



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Larbi Tébessi -Tébessa-  
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la vie  
Département : Êtres Vivants



**MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER**

**Spécialité : BIOLOGIE ANIMALE**  
**Option : ECOPHYSIOLOGIE ANIMALE**

### **Thème**

# **Activité biologique et investigation phytochimique de différentes parties d'une plante médicinale**

**Présenté par : BOUAZIZ Achouak**

**ABDERRAZAK Douaa**

**Devant le jury :**

**Pr. TINE Samir**

**Promoteur**

**U. Larbi Tébessi**

**Pr. TINE-DJEBBAR Fouzia**

**Président**

**U. Larbi Tébessi**

**Dr. GOUDJIL Tahar**

**Examineur**

**U. Larbi Tébessi**

**Année Universitaire : 2021-2022**



# *Remerciements*

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu tout puissant et  
miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce  
.modeste travail*

*Nous remercions Professeur TINE-DJEBBAR Fouzia d'avoir accepté  
de présider ce jury. Merci beaucoup pour vos conseils, votre orientation,  
.votre confiance et votre patience*

*Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadreur  
.Professeur TINE Samir, qui nous a fait l'honneur de diriger ce travail*

*Nous remercions Docteur Goudjil Tahar qui a bien voulu accepter  
.d'être membre de jury et de nous faire l'honneur de juger ce travail*

*.A nos parents et tous nos frères, nos sœurs et nos amies*

*Nos remerciements s'adressent également à ceux qui ont contribué de  
loin ou de près à la réalisation de ce travail.*

## Sommaire

Titres	Page
<b>I. INTRODUCTION</b>	01
<b>II. MATERIEL ET METHODES</b>	03
2.1. Présentation de <i>Tribolium confusum</i> (Jaquelin Du Val, 1868)	03
2.2. Présentation de la plante, <i>Schinus molle</i> (Linné, 1758)	04
2.3. Présentation du limonène	05
2.4. Extraction de l'huile essentielle	05
2.5. Screening phytochimique	06
2.5.1. Recherche des quinones	07
2.5.2. Recherche de saponines	07
2.5.3. Recherche de Flavonoïdes	07
2.5.6. Recherche de Leucoanthocyanes	07
2.6. Traitement par fumigation	07
2.7. Test de répulsion	08
2.8. Analyse statistique	09
<b>III. RESULTATS</b>	10
3.1. Rendement de l'huile essentielle	10
3.2. Screening phytochimique	10
3.3. Essais toxicologiques	11
3.3.1. Toxicité de la molécule bioactive, le limonène	11
3.3.2. Toxicité de l'huile essentielle	13
3.4. Effet répulsif	14
3.4.1. Effet répulsif de la molécule bioactive, le limonène	14
3.4.2. Effet répulsif de l'HE des feuilles de <i>S. molle</i>	15
3.4.3. Effet répulsif de l'HE des graines de <i>S. molle</i>	16
<b>IV. DISCUSSION</b>	18
4.1. Rendement en huile essentielle (feuilles et graines)	18
4.2. Composition chimique	19
4.3. Essais toxicologiques	19
4.4. Effet répulsif	20
<b>V. CONCLUSION</b>	22
<b>VI. RESUMES</b>	
Français	
Anglais	
Arabe	
<b>VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	

## Liste des figures

Figures	Titres	Pages
<b>01</b>	Présentation de <i>Tribolium confusum</i> (Bouaziz & Abderrazak, 2022).	<b>03</b>
<b>02</b>	Présentation de <i>Schinus molle</i> (Bouaziz & Abderrazak, 2022).	<b>04</b>
<b>03</b>	Molécule bioactive, le limonène (Bouaziz & Abderrazak, 2022).	<b>05</b>
<b>04</b>	Extraction de l'HE de <i>Schinus molle</i> (Bouaziz & Abderrazak, 2022).	<b>06</b>
<b>05</b>	Traitement par fumigation (Bouaziz & Abderrazak, 2022).	<b>08</b>
<b>06</b>	Test de répulsion (Bouaziz & Abderrazak, 2022).	<b>09</b>
<b>07</b>	Toxicité de molécule bioactive appliquée par fumigation ( $\mu\text{l/l}$ d'air) sur les adultes de <i>Tribolium confusum</i> à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ( $m \pm \text{SEM}$ , $n=5$ répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.	<b>12</b>
<b>08</b>	Effet de la molécule bioactive appliquée par fumigation sur les adultes de <i>Tribolium confusum</i> à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	<b>12</b>
<b>09</b>	Toxicité de l'HE des feuilles de <i>Schinus molle</i> appliquée par fumigation ( $\mu\text{l/ml}$ ) sur les adultes de <i>Tribolium confusum</i> à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ( $m \pm \text{SEM}$ , $n=4$ répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.	<b>13</b>
<b>10</b>	Effet de l'HE de <i>S. molle</i> appliquée par fumigation sur les adultes de <i>Tribolium confusum</i> à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	<b>14</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableaux</b>	<b>Titres</b>	<b>Pages</b>
<b>01</b>	Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald <i>et al.</i> (1970).	<b>09</b>
<b>02</b>	Rendement et caractéristiques organoleptiques des HEs extraites des feuilles et des graines de <i>Schinus molle</i> .	<b>10</b>
<b>03</b>	Screening phytochimique des feuilles et des graines de <i>Schinus molle</i> .	<b>10</b>
<b>04</b>	Efficacité de la molécule bioactive appliquée par fumigation sur les adultes de <i>Tribolium confusum</i> : analyse des probits.	<b>12</b>
<b>05</b>	Efficacité de l'HE des feuilles de <i>Schinus molle</i> appliquée par fumigation sur les adultes de <i>Tribolium confusum</i> : analyse des probits.	<b>14</b>
<b>06</b>	Pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de la molécule bioactive à l'égard des adultes de <i>Tribolium confusum</i> .	<b>15</b>
<b>07</b>	Pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de l'HE des feuilles de <i>Schinus molle</i> à l'égard des adultes de <i>Tribolium confusum</i> .	<b>16</b>
<b>08</b>	Pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de l'HE des graines de <i>Schinus molle</i> à l'égard des adultes de <i>Tribolium confusum</i> .	<b>17</b>

# ***INTRODUCTION***

## I. INTRODUCTION

La région du Maghreb et particulièrement l'Algérie est confrontée à un défi d'augmentation durable de la production des céréales pour subvenir au besoin croissant de la population galopante (FAO, 2016). En fait, les grains de céréales constituent depuis toujours la principale ressource alimentaire de l'homme et des animaux domestiques (Aoues *et al.*, 2017). Elles présentent, un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays dans le monde (Ammar, 2015). C'est pourquoi la connaissance des phénomènes régissant leur conservation et la maîtrise des techniques de leur stockage sont déterminantes pour la survie de millions de personnes (Mason *et al.*, 2017).

Les denrées stockées en général dans des conditions inadéquates, sont attaquées principalement par des insectes ravageurs d'où une perte quantitative qui s'explique par une diminution du poids de l'ordre de 10% à 40% dans les conditions traditionnelles (Rajendran, 2002), et une perte qualitative qui déprécie la valeur nutritionnelle de ces aliments par la réduction de la teneur en protéines (Aoues *et al.*, 2017), le rendent impropre à la consommation par l'activité métabolique des insectes qui crée un milieu favorable au développement des micro-organismes produisant des toxines (Hubert *et al.*, 2018).

Plusieurs types de déprédateurs sont à l'origine de ces pertes et les principaux sont des coléoptères tels que *Sitophilus granarius*, *Rhyzoperta dominica* et *Tribolium castaneum* (Kučerová *et al.*, 2003; Lorini, 2008; Rahman *et al.*, 2007).

Face à ces pertes post-récolte, différentes méthodes de lutte ont été mises au point. Il s'agit entre autres, de la lutte physique, mécanique, biologique, et de la lutte chimique. Cette dernière est la méthode la plus répandue en utilisant des insecticides chimiques. Cependant les applications de ces produits posent de sérieux problèmes pour la santé humaine (Dauguet *et al.*, 2006), pour les écosystèmes, ainsi que la résistance accrue des ravageurs à ces insecticides (Benhalima *et al.*, 2004).

Ces dernières années, le recours aux substances d'origine végétale, en tant que biopesticides dans la protection des graines, apparaît comme la meilleure alternative de lutte propre et douce contre les déprédateurs des denrées stockées. C'est pourquoi de nombreux travaux ont été menés pour proposer des méthodes de protection respectueuse de l'environnement telles que les huiles essentielles (Kellouche *et al.*, 2004 ; Hedjal, 2014 ; Ait Aider *et al.*, 2016).

De nombreuses familles de plantes ; Rutacées, Méliacées, Astéracées, Labiées, Pipéracées, Verbénacées et Annonacées sont utilisées comme pesticides botaniques (Isman, 1995). Leur toxicité s'exprime de différentes manières : activités ovicide, larvicide (Kéïta *et al.*, 2000 ; Regnault-Roger, 2002 ; Pavela, 2004a), perturbation de la croissance des insectes (Pavela, 2004b), diminution de la fécondité et de la fertilité (Pavela, 2005). Ils peuvent agir aussi comme des fumigants (Pinho *et al.*, 2014; Saeidi *et al.*, 2014; Jayakumar *et al.*, 2017; Kheloul *et al.*, 2020) et des répulsifs (Akhtar *et al.*, 2013; Hossain & Khalequzzaman, 2018; Ebrahimifar *et al.*, 2020) .

Dans ce contexte, notre étude a été consacrée dans **une première partie** à l'extraction de l'huile essentielle des feuilles et des graines du faux poivrier (*Schinus molle*) ainsi qu'à la détermination de son rendement.

**La deuxième partie** est consacrée à un screening photochimique des feuilles et des graines de notre plante.

**La troisième partie** vise à déterminer la toxicité de l'huile des feuilles de *Schinus molle* par fumigation et de l'huile des graines par fumigation et par contact à l'égard des adultes de *Tribolium confusum*.

**La quatrième partie** consiste à évaluer le potentiel de répulsion de l'huile des feuilles et des graines vis-à-vis de cet insecte ravageur.



*MATERIEL ET  
METHODES*

## II. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Présentation de *Tribolium confusum* (Jaquelin Du Val, 1868)

*Tribolium confusum* est l'insecte ravageur le plus répandu et le plus flétrissant des insectes ravageurs des céréales stockées dans le monde (Thomas, 1934). L'adulte de cet insecte est un coléoptère allongé brun rougeâtre dont la longueur du corps varie de 4,0 à 4,5 mm et la largeur de 1,0 à 1,2 mm (Mohamed, 2013). Les mâles et les femelles sont morphologiquement indiscernables en microscopie optique (Zohry *et al.*, 2017). Cet insecte vit dans presque tous les types de farine et de céréales concassées (Fig 1).

La position systématique de *Tribolium confusum* est la suivante :

- **Règne** : Animalia
- **Embranchement** : Arthropoda
- **Sous-embranchement** : Hexapoda
- **Classe** : Insecta
- **Ordre** : Coleoptera
- **Famille** : Tenebrionidae
- **Genre** : Tribolium
- **Espèce** : *Tribolium confusum* (Jaquelin Du Val, 1868)



**Figure 1.** Présentation de *Tribolium confusum* (Bouaziz & Abderrazak, 2022).

## 2.2. Présentation de la plante, *Schinus molle* (Linné, 1758)

Le faux poivrier (*Schinus molle*) est un arbre appartenant à la famille des Anacardiaceae, originaire d'Amérique du sud. Les membres de cette famille se trouvent principalement dans les régions tropicales et subtropicales du monde, mais sont également représentés dans les forêts de la Méditerranée (Madhu Babu Kasimala, 2010). C'est un arbre ligneux qui peut atteindre 15 mètres de haut avec ses branches élancées et retombantes. Ses feuilles sont alternes, fermes avec 7 à 13 paires de folioles linéaires et feuillées qui sentent le poivre (Bendaoud *et al.*, 2010) (Fig. 2).

La classification de cette plante est la suivante :

- **Règne** : Plantae
- **Sous-règne** : Tracheobionta
- **Division** : Magnoliophyta
- **Classe** : Magnoliopsida
- **Sous classe** : Rosidae
- **Ordre** : Sapindales
- **Famille** : Anacardiaceas
- **Genre** : Schinus
- **Espèce** : *Schinus molle* L.,1753



**Figure 2.** Présentation de *Schinus molle* (Bouaziz & Abderrazak, 2022).

### 2.3. Présentation du limonène

Le limonène appartient à la famille des terpènes et est le composant principal des huiles essentielles de l'écorce des agrumes (Aissou, 2017). C'est l'un des composants du *Schinus molle*. Aujourd'hui, le limonène est obtenu principalement par un procédé à froid impliquant une séparation centrifuge ou par entraînement à la vapeur (Ciriminna *et al.*, 2014) (Fig. 3).



**Figure 3.** Molécule bioactive, le limonène (Bouaziz & Abderrazak, 2022).

### 2.4. Extraction de l'huile essentielle

La collecte des feuilles et des graines de *Schinus molle* a été faite durant le mois de novembre 2021 dans la région d'El Hammamet à Tébessa. Les feuilles et les graines ont été rincées à l'eau du robinet pour éliminer le sol et les autres contaminants de surface. L'extraction de l'huile essentielle a été effectuée au niveau du laboratoire de recherche Eau et Environnement de l'Université Larbi Tébessi, Tébessa. Après séchage des feuilles et des graines à l'air libre et à l'obscurité, 100 g de chaque matière sèche a été mélangée avec 500 ml d'eau distillée. Le mélange a été introduit dans un ballon d'une capacité d'un litre, à fond rond et à 3 cols, surmonté d'une colonne de 60 cm de longueur. Le tout sera mis sur une chauffe ballon à une température voisine de 100°C et raccordé avec le reste de l'appareil d'extraction (clevenger). Ces mélanges sont portés à ébullition pendant 2 heures, pendant ce temps, la vapeur se dirige vers le col du cygne puis dans le réfrigérant où elle se condense rapidement et tombe dans l'ampoule de décantation.

L'huile essentielle recueillie a été filtrée en présence de sulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) pour éliminer les traces d'eau résiduelle. Elle est ensuite récupérée et stockée à 4°C et à l'obscurité dans des flacons en verre, hermétiquement fermé et couvert du papier aluminium pour la préserver de la lumière. La quantité d'huile obtenue est pesée pour le calcul du rendement (Mawussi, 2008 ; Tchoumboungang *et al.*, 2009) (Fig. 4). Le rendement en HE est le rapport entre le poids de l'HE extraite et le poids de la biomasse végétale. Il est exprimé en pourcentage (%) et calculé par la formule suivante :

$$R = [\Sigma \text{PB} / \Sigma \text{PA}] \times 100$$

**R**: Rendement en huile (%)

**PA**: Poids de la matière sèche de la plante en g (feuilles ou graines)

**PB** : Poids de l'huile en g



**Figure 4.** Extraction de l'HE de *Schinus molle* (Bouaziz & Abderrazak, 2022).

## 2.5. Screening phytochimique

Le screening phytochimique est un moyen pour mettre en évidence la présence des groupes de familles chimiques présentes dans une plante donnée.

### 2.5.1. Recherche des quinones

Humecter 5 g de matériel végétal broyé de quelques gouttes de HCl. Mettre à macération ce matériel végétal pendant une heure ou 24 heures dans un Erlen Meyer fermé et contenant 10 ml d'éther de pétrole. Après filtration, 2 ml de filtrat sont agités avec 2 ml de NaOH à 10 %. La coloration rouge virant au violet apparaît en présence des quinones.

### 2.5.2. Recherche de saponines

Un décocté à 2 % est préparé avec 2 g de poudre dans 100 ml d'eau bouillante et maintenir à ébullition pendant 30 minutes. A partir de cette solution mère on prépare 10 tubes de 1-10 ml, le volume final étant réajusté à 10 ml avec de l'eau distillée. Chaque tube est agité pendant 15 secondes puis laissé au repos pendant 15 min en position verticale. Une hauteur de mousse persistante, supérieure à 1 cm indique la présence de saponines.

### 2.5.3. Recherche de Flavonoïdes

10 g de la poudre a été macérée dans 150 ml d'HCl à 1% pendant 24 h. Ajouter le NH<sub>4</sub>OH au 10 ml du filtrat pour rendre la solution basique. L'apparition d'une couleur jaune clair après 3h dans la partie supérieure du tube montre la présence des flavonoïdes.

### 2.5.4. Recherche de Leucoanthocyanes

Les leucoanthocyanes sont révélés par l'ajout à 5 ml d'infusé de 4 ml d'alcool chlorhydrique (Ethanol/HCl pur : 3-1). Après quelques minutes de chauffage au bain marie à 50°C, L'apparition d'une coloration rouge (rouge cerise) est caractéristique de leur présence.

## 2.6. Traitement et bio essais

### 2.6.1. Traitement par fumigation

Après un screening préalable, différentes concentrations ont été appliqués : (42, 84, 168, 336 et 672µl/l d'air) pour le traitement par limonène, et (336, 500, 672 et 834 µl /l d'air) pour le traitement par l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* sur un disque de papier filtre de 2 cm de diamètre, suspendu à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle. Le traitement a été administré dans des boîtes en plastiques d'une capacité de 60 ml contenant 10 g de blé sain. Cinq répétitions de 10 individus ont été réalisées pour chaque concentration. Une série témoin est conduite en parallèle avec des disques sans traitement (Fig. 5).

Les mortalités enregistrées à 24, 48 et 72 h après traitement ont été corrigées selon la formule d'Abbott (1925), et les concentrations létales ainsi que leurs intervalles de confiance (95% IC) ont été calculées grâce à un Logiciel GRAPHPAD PRISM 7.





**Figure 5.** Traitement par fumigation (Bouaziz & Abderrazak, 2022).

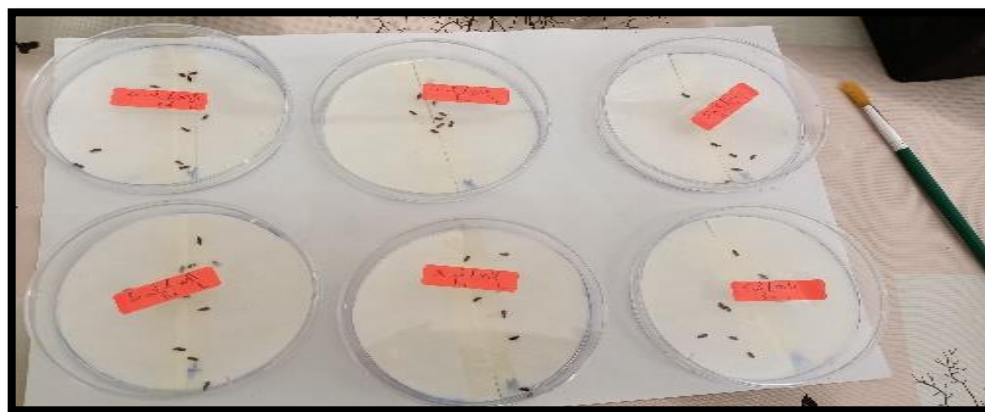
## 2.7. Test de répulsion

Ce test est utilisé pour calculer le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle du faux poivrier (feuilles et graines) et de la molécule bioactive (Limonène) à l'égard des adultes de *Tribolium* par la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par McDonald *et al.* (1970). Des disques de papier filtre de 8 cm de diamètre, sont coupés en deux parties égales, une moitié du papier est traitée avec l'huile ou limonène additionnée d'acétone et l'autre moitié est traitée avec de l'acétone uniquement.

Des doses de 5, 10, 20  $\mu\text{l/l}$  d'huile et de limonène ont été diluées dans l'acétone, pour que la répartition soit homogène sur le papier filtre. Les deux demi disques de papier filtre sont séchés à l'air libre et le disque est reconstitué puis mis dans une boîte de pétri (Fig. 6). Dix individus sont déposés sur le papier filtre au milieu des boîtes de pétri et trois répétitions sont réalisées pour chaque dose. Après 15 min, 1 h et 3 h de traitement, le dénombrement de ce dernier sur les demi-disques est réalisé. Le pourcentage de répulsion (PR) est ainsi calculé selon la formule utilisée par Nerio *et al.* (2009) comme suit :

**NC** : Nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité uniquement avec l'acétone.

**NT** : Nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité avec l'huile ou limonène.



**Figure 6.** Test de répulsion (Bouaziz & Abderrazak, 2022).

Le pourcentage de répulsion calculé, est attribué à l'une des différentes classes variant de 0 à 5 (Mc Donald *et al.*, 1970) (Tableau 1).

**Tableau 1.** Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald *et al.* (1970).

Classes	Intervalles de répulsion	Propriétés
<b>0</b>	$PR \leq 0,01\%$	Très faiblement répulsif
<b>I</b>	$0,1\% < PR \leq 20\%$	Faiblement répulsif
<b>II</b>	$20\% < PR \leq 40\%$	Modérément répulsif
<b>III</b>	$40\% < PR \leq 60\%$	Moyennement répulsif
<b>IV</b>	$60\% < PR \leq 80\%$	Répulsif
<b>V</b>	$80\% < PR \leq 100\%$	Très répulsif

## 2.8. Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée grâce au logiciel GRAPH PAD PRISM 7. Les résultats obtenus ont été exprimés par la moyenne  $\pm$  l'écart-moyen (SEM). L'analyse de la variance à un critère de classification et le test HSD de Tukey ont été utilisés.



***RESULTATS***

### III. RESULTATS

#### 3.1. Rendement de l'huile essentielle

Les huiles essentielles obtenues par hydrodistillation des feuilles et des graines de *Schinus molle* présentent un aspect liquide, limpide et se caractérisent par une forte odeur (**Tableau 2**).



**Tableau 2.** Rendement et caractéristiques organoleptiques des HEs extraites des feuilles et des graines de *Schinus molle*.



Parties	Rendement	Aspect	Odeur	Solubilité
Feuilles	0,76 %	Liquide limpide	Aromatique	Liposoluble
Graines	0,50%	Liquide limpide	Aromatique	Liposoluble

#### 3.2. Screening phytochimique

Les résultats de l'analyse phytochimique sont présentés dans le tableau 3. Le signe "+" traduit la présence du groupe de composés chimiques et le signe "-" une réaction négative ce qui signifie l'absence de ce groupe de composés. Les résultats indiquent que les graines et les feuilles de *Schinus molle* contiennent des flavonoïdes, des saponines, des leucoanthocyanes et sont dépourvues de quinones.

**Tableau 3.** Screening phytochimique des feuilles et des graines de *Schinus molle*

Parties de la plante	Groupe chimique	Type de réaction	Résultats
Feuilles	Flavonoïdes	Couleur jaune rougeâtre (+)	
Graines			
Feuilles	Saponine	Apparition de mousse	

<b>Graines</b>		(+)	
<b>Feuilles</b>	<b>Quinones</b>	Pas de couleur (-)	
<b>Graines</b>			
<b>Feuilles</b>	<b>Leucoanthocyanes</b>	Couleur rouge (+)	
<b>Graines</b>			

### 3.3. Essais toxicologiques

Les essais toxicologiques ont permis de déterminer l'efficacité de l'HE de *S. molle*, et de la molécule bioactive, le limonène, évaluée à partir de la mortalité enregistrée chez les adultes de *Tribolium confusum* à différentes périodes après traitement.

#### 3.3.1. Toxicité de la molécule bioactive, le limonène

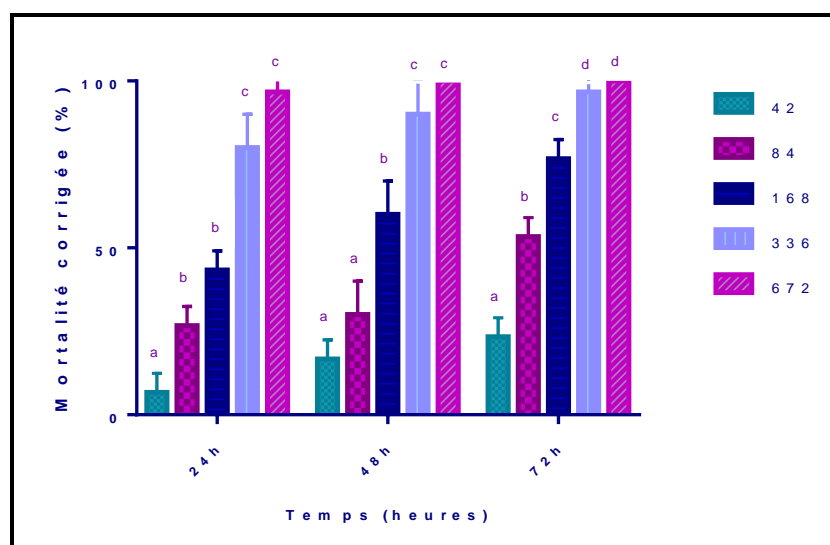
Après un test de screening, différentes concentrations de molécule bioactive ont été appliquées par fumigation sur les adultes de *Tribolium confusum* (42, 84, 168, 336 et 672  $\mu\text{l/l}$  d'air). Aucune mortalité n'a été observée dans les séries témoins.

Les mortalités corrigées enregistrées chez les adultes de *T. confusum* au cours des tests de toxicité par fumigation varient de 6,66% à 24 h jusqu'à 23,33% à 72 h pour la dose la plus faible (42  $\mu\text{l/l}$ ) et de 96,66% à 24 h jusqu'à 100% à 72 h pour la dose la plus forte (672  $\mu\text{l/l}$  d'air) (Fig. 7)

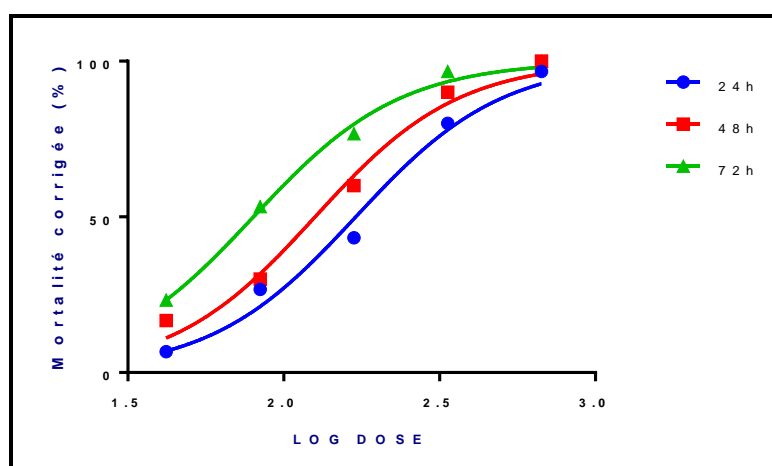
Ces mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps après traitement chez cette espèce à 24 ( $F_{4, 10} = 89,07$  ;  $p < 0,0001$ ), à 48 ( $F_{4, 10} = 59,35$  ;  $p < 0,0001$ ), et à 72 h ( $F_{4, 10} = 115,6$  ;  $p < 0,0001$ ). Les résultats montrent que l'huile appliquée par fumigation exerce une activité insecticide avec une relation dose-réponse.

Le classement des doses par le test HSD de Tukey révèle l'existence de 3 groupes de moyennes à 24 h et 48 h et 4 groupes à 72 h. La courbe dose-réponse exprimant le

pourcentage des mortalités en fonction du logarithme des doses appliquées (Fig. 8) a permis l'estimation des concentrations létales (CL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le HillSlope (Tableau 4).



**Figure 7.** Toxicité de molécule bioactive appliquée par fumigation ( $\mu\text{l/l}$  d'air) sur les adultes de *Tribolium confusum* à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ( $m \pm \text{SEM}$ ,  $n=5$  répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.



**Figure 8.** Effet de la molécule bioactive appliquée par fumigation sur les adultes de *Tribolium confusum* à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

**Tableau 4.** Efficacité de la molécule bioactive appliquée par fumigation sur les adultes de *Tribolium confusum* : analyse des probits.

Période	R <sup>2</sup>	Slope	CL <sub>25</sub> ( $\mu\text{l/L}$ ) IC (95%)	CL <sub>50</sub> ( $\mu\text{l/L}$ ) IC (95%)	CL <sub>90</sub> ( $\mu\text{l/L}$ ) IC (95%)
24h	0,98	1,857	94,23	170,3	555,8

			[61,81-134,1]	[130,8-219,8]	[344,5-1059]
<b>48h</b>	0,98	1,891	<b>70,52</b> [46,9-98]	<b>126,1</b> [98,64-159,3]	<b>403</b> [258,9-714,8]
<b>72h</b>	0,99	1,849	<b>44,14</b> [34,52-53,87]	<b>79,96</b> [69,08-92,06]	<b>262,4</b> [195,9-367,3]

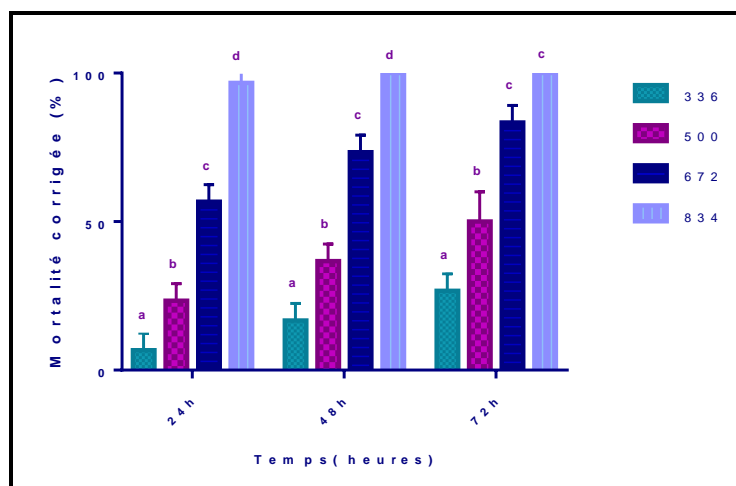
### 3.3.2. Toxicité de l'huile essentielle

Après un test de screening, différentes concentrations de l'HE des feuilles de *Schinus molle* ont été appliquées par fumigation sur les adultes de *Tribolium confusum* (336, 500, 672 et 834 $\mu$ l/l d'air). Aucune mortalité n'a été observée dans les séries témoins.

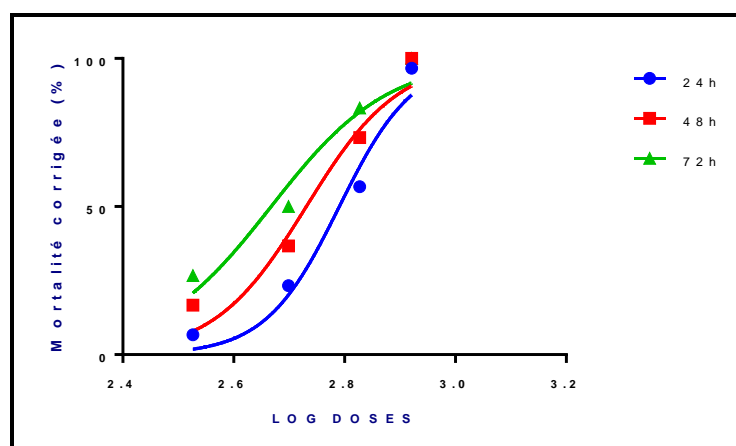
Les mortalités corrigées enregistrées chez les adultes de *Tribolium confusum* au cours des tests de toxicité par fumigation varient de 6,66% à 24 h jusqu'à 26,66 % à 72 h pour la dose la plus faible (336  $\mu$ l/l) et de 96,66% à 24 h jusqu'à 100% à 72 h pour la dose la plus forte (834 $\mu$ l/l d'air) (Fig. 9).

Ces mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps après traitement chez les adultes de *Tribolium confusum* traité par fumigation à 24 ( $F_{3,8} = 142,3$  ;  $p < 0,0001$ ), à 48 ( $F_{3,8} = 166,2$  ;  $p < 0,0001$ ), et à 72 h ( $F_{3,8} = 78,13$  ;  $p < 0,0001$ ) après traitement.

Les résultats montrent que l'HE des feuilles de *Schinus molle* appliquée par fumigation exerce une activité insecticide avec une relation dose-réponse à l'égard de *Tribolium confusum*. Le classement des doses par le test HSD de Tukey révèle l'existence de 4 groupes de moyennes pour à 24h et 48h et 3 groupes à 72h. La courbe dose-réponse exprimant le pourcentage des mortalités en fonction du logarithme des doses appliquées (Fig. 10) a permis l'estimation des concentrations létales (CL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le HillSlope (Tableau 5).



**Figure 9.** Toxicité de l’HE des feuilles de *Schinus molle* appliquée par fumigation ( $\mu\text{l/ml}$ ) sur les adultes de *Tribolium confusum* à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ( $m \pm \text{SEM}$ ,  $n=4$  répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.



**Figure 10.** Effet de l’HE des feuilles de *S. molle* appliquée par fumigation sur les adultes de *Tribolium confusum* à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

**Tableau 5.** Efficacité de l’HE des feuilles de *Schinus molle* appliquée par fumigation sur les adultes de *Tribolium confusum* : analyse des probits.

Périodes	R <sup>2</sup>	Slope	CL <sub>25</sub> ( $\mu\text{l/L}$ )	CL <sub>50</sub> ( $\mu\text{l/L}$ )	CL <sub>90</sub> ( $\mu\text{l/L}$ )
			IC (95%)	IC (95%)	IC (95%)
<b>24h</b>	0,96	6,517	<b>521,7</b> [312,3 - 673,7]	<b>617,5</b> [479,5 - 748,3]	<b>865</b> [623 - 1993]
<b>48h</b>	0,95	5,208	<b>435,9</b> [184,8 - 493,5]	<b>538,3</b> [368,5 - 682]	<b>820,8</b> [645 - 2594]
<b>72h</b>	0,95	4,112	<b>356,1</b> [110,4 - 517,5]	<b>465,1</b> [275,6 - 604,6]	<b>793,7</b> [516,7 - 2725]

### 3.4. Effet répulsif

#### 3.4.1. Effet répulsif de la molécule bioactive, le limonène

Les résultats du pouvoir répulsif à l'égard des adultes de *Tribolium confusum* sont présentés dans le tableau 6. Le pourcentage de répulsion marque une augmentation en fonction des concentrations appliquées et du temps d'exposition. Les forts taux de répulsion (66,66 %, 46,66%, 40 %, 33,33% et 26,66%) sont observés à 15min, 30min, 1h, 2h et 3h après traitement respectivement avec la plus forte concentration (20 µl/ml). Par ailleurs, on note que la molécule bioactive est classée en catégorie 4 de répulsion.

**Tableau 6.** Pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de la molécule bioactive à l'égard des adultes de *Tribolium confusum*.

Temps	Concentrations	PR (%)	Classe
15 min	5 µl/ml	33,33	II
30 min		26,66	II
1h		20,00	I
2h		13,33	I
3h		6,66	I
15 min	10 µl/ml	46,66	III
30 min		40,00	II
1h		33,33	II
2h		26,66	II
3h		20,00	I
15 min	20 µl/ml	66,66	IV
30 min		46,66	III
1h		40,00	II
2h		33,33	II
3h		26,66	II

#### 3.4.2. Effet répulsif de l'HE des feuilles de *S. molle*

Les résultats du pouvoir répulsif à l'égard des adultes de *Tribolium confusum* sont présentés dans le tableau 7. Le pourcentage de répulsion marque une augmentation en

fonction des concentrations appliquées et du temps d'exposition. Les forts taux de répulsion (80%, 73,33%, 66,66%, 46,66% et 40%) sont observés à 15min, 30min, 1h, 2h et 3h après traitement respectivement avec la plus forte concentration (20 µl/ml). De plus, on note que l'HE des feuilles de *Schinus molle* est classé en catégorie 4 de répulsion.

**Tableau 7.** Pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de l'HE des feuilles de *Schinus molle* à l'égard des adultes de *Tribolium confusum*.

Temps	Concentration	PR (%)	Classe
15 min	5 µl/ml	40,00	II
30 min		33,33	II
1h		26,66	II
2h		20,00	I
3h		13,33	I
15 min	10 µl/ml	66,66	IV
30 min		60,00	III
1h		53,33	III
2h		33,33	II
3h		26,66	II
15 min	20 µl/ml	80,00	IV
30 min		73,33	IV
1h		66,66	IV
2h		46,66	III
3h		40,00	II

#### 3.4.3. Effet répulsif de l'HE des graines de *S. molle*

Les résultats du pouvoir répulsif de l'HE de graines à l'égard des adultes de *Tribolium confusum* sont présentés dans le tableau 8. Le pourcentage de répulsion marque une



augmentation en fonction des concentrations appliquées et du temps d'exposition. Les forts taux de répulsion (73,33 %, 80%, 73,33%, 66,66% et 46,66%) sont observés à 15min, 30min, 1h, 2h et 3h après traitement respectivement avec la plus forte concentration (20 µl/ml). Par ailleurs, on note que l'HE des graines de *Schinus molle* est classé en catégorie 4 de répulsion.

**Tableau 8.** Pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de l'HE des graines de *Schinus molle* à l'égard des adultes de *Tribolium confusum*.

Temps	Concentrations	PR (%)	Classe
15 min	5 µl/ml	33,33	II
30 min		46,66	III
1h		26,66	II
2h		26,66	II
3h		20,00	I
15 min	10 µl/ml	46,66	III
30 min		53,33	III
1h		53,33	III
2h		40,00	II
3h		40,00	II
15 min	20 µl/ml	73,33	IV
30 min		80,00	IV
1h		73,33	IV
2h		66,66	IV
3h		46,66	III

# *DISCUSSION*

## IV. DISCUSSION

### 4.1. Rendement en huile essentielle (feuilles et graines)

Le rendement en huile essentielle obtenu par hydrodistillation des feuilles de *Schinus molle* a enregistré une valeur de 0,76 % pour les feuilles et une valeur de 0,508% pour les graines au cours de notre étude. Plusieurs études réalisées sur le genre *Schinus*, montrent que le rendement en huile essentielle varie d'une espèce à une autre.

Les travaux de [Djebaili \(2013\)](#) ont signalé des différences dans le rendement en HE selon la partie de la plante ou l'organe qui a subi l'extraction car ils ont noté un rendement de 1,66% dans les feuilles, 1,07 % dans les fruits, et 0,45% dans la plante entière. [Guenther \(1972\)](#) a confirmé que la quantité et la qualité des huiles diffèrent selon les parties de la plante examinées. De plus, un rendement de 0,75% des feuilles a été signalé l'année passée dans la région de Tébessa ([Soltani & Abess, 2021](#)). Ces auteurs ont confirmé que le rendement en huile diffère même dans la même région selon le changement climatique de chaque année. Par ailleurs, ces résultats sont également différents de ceux signalés dans certaines régions de l'Algérie, où ils ont constaté un rendement de 0,22-1,097% pour les feuilles et de 0,09-0,917% pour les fruits ([Martins et al., 2013](#)). Les travaux de [Belhamel et al. \(2008\)](#) ont mis en évidence un rendement de 2,11% à partir des feuilles de *S. molle* collectées de la région de Bejaia.

Des variations au niveau du rendement ont été également constatées d'une région à une autre. Ce rendement affiche un taux de 1,6% pour les feuilles et 2% pour les fruits collectés en Italie ([Maffei, 1990](#)) et de 3,4% pour les fruits et 1,1% pour les feuilles collectées en Tunisie ([Zahed et al., 2010](#)).

Par contre, de forts rendements ont été signalés dans les études de [Rouibi et al. \(2010\)](#), avec 2,22% pour les feuilles et 6,33% pour les graines. Ce qui signifie que la formation et l'accumulation des HES de *S. molle* est favorisé dans un climat humide où le degré d'humidité est trop élevé et la température moyenne annuelle ne dépasse pas les 34°C ([Djebaili, 2013](#)).

Plusieurs facteurs peuvent avoir un impact direct sur le rendement en HE (Tableau) tels que la période et la saison de récolte, le climat, la zone géographique, et la durée de séchage ([Djenane, 2015](#) ; [Vekiari et al., 2002](#) ; [Kelen & Tepe, 2008](#) ; [Fathi & Sefidkon, 2012](#) ; [Rocha et al., 2014](#); [Verma et al., 2015](#); [Dosoky et al., 2016](#) ; [Da Silva et al., 2017](#)).

## 4.2. Composition chimique

Un screening phytochimique est un moyen pour mettre en évidence la présence des groupes de familles chimiques présentes dans une plante (EL-Haoud *et al.*, 2018). Notre étude phytochimique réalisée sur les graines et les feuilles de *Schinus molle* a montré la présence des flavonoïdes, des leucoanthocyanes et des saponines et l'absence des quinones. Ces résultats sont confirmés par d'autres travaux. Ces composants sont connus par leurs propriétés bioactives (Bruneton, 2009 ; Bimakr *et al.*, 2011).

D'autres travaux ont mentionné la présence des saponines et l'absence de flavonoïde et quinone (Bouaraba & Hamaim, 2017). Attou & Bouzid (2016) ont mis en évidence une composition plus riche en Saponines et moins riche en flavonoïde avec l'absence de quinone. D'autre part, le screening phytochimique de la même plante a montré la présence des flavonoïdes et l'absence des quinones et des saponines (Seladiji, 2014).

Ceci peut être expliqué par une différence au niveau de plusieurs paramètres soient géographiques, physicochimiques ou biologiques tels que : la différence du site de récolte y compris l'environnement de la plante, la lumière, les précipitations, la topographie, la saison, le type de sols, la période de récolte, le patrimoine génétique ou la partie de la plante étudiée (Malik *et al.*, 2012 ; Sujana *et al.*, 2013 ; Akhtar *et al.*, 2015).

## 4.3. Essais toxicologiques

La toxicologie s'intéresse à la composition chimique et aux effets de toutes les substances toxiques connues. Les tests toxicologiques ont pour objectif de déterminer le pouvoir insecticide d'une matière active à l'égard d'un insecte donné, ils sont nécessaires pour évaluer les concentrations létales.

Les huiles essentielles et leurs constituants sont de plus en plus considérés comme une alternative intéressante aux pesticides agressifs pour la conservation des produits stockés. Cela est dû à leur nature apparemment complexe, car elles constituent une source riche en produits chimiques bioactifs (Kostantopoulou *et al.*, 1992; Shaaya *et al.*, 1997).

Le limonène fait partie de nombreux monoterpènes cycliques dont les propriétés insecticides sont connues. Ceci fait suite à de nombreuses études de validation utilisant différents tests tels

que les activités de fumigation, de contact et d'ingestion sur les insectes (Paul *et al.*, 2008). L'exposition au Limonène par fumigation pendant 24h, provoque une CL<sub>50</sub> de 19ppm contre les charançons du riz. Cependant, ce composé s'est avéré avoir peu ou pas d'effet sur les blattes en utilisant un test d'ingestion (Karr & Coats, 1992). Des études antérieures, ont montré la toxicité du limonène contre *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*. Cette toxicité pourrait être due à sa capacité à pénétrer dans le corps de l'insecte via le système respiratoire (fumigation), via la cuticule (effet de contact), ou via le système digestif (effet d'ingestion) (Prates *et al.*, 1998). En outre, le limonène appliqué à de faibles concentrations a induit une faible activité contre *Callosobruchus chinensis* et *Sitophilus oryzae* (Park *et al.*, 2003).

Les huiles essentielles sont des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (Cseke *et al.*, 1999). Ces dernières peuvent affecter la croissance, le développement et le comportement des insectes et peuvent agir comme anti-appétant (Hummelbrunner & Isman, 2001), fumigants, répulsifs (Watanabe *et al.*, 1993), ou régulateurs de croissance (Ahmad *et al.*, 2015; Bezzar *et al.*, 2016). Le taux de pénétration à travers la cuticule, le transport dans les tissus de l'organisme, le métabolisme (Besard *et al.*, 2011) mais aussi la régulation des récepteurs membranaires ou encore les canaux ioniques ciblés par les insecticides peuvent jouer un rôle crucial pour expliquer les différences de sensibilité des insectes aux pesticides (Lavialle-Defaix *et al.*, 2010).

Notre étude a pour but de tester par fumigation la toxicité de l'huile extraite des feuilles de *S. molle* à l'égard des adultes de *Tribolium confusum*. L'application de l'HE de *S. molle* par fumigation et par ingestion a induit une toxicité à l'égard des adultes de *S. granaries* et de *R. dominica*. Ces tests toxicologiques ont montré que *R. dominica* est l'espèce la plus sensible au traitement et que l'ingestion est le mode d'application le plus efficace par rapport à la fumigation (Soltani & Abes, 2021). Des résultats similaires ont été observés chez *S. granarius* traité à l'HE de *Citrus limonum* et l'azadirachtine avec l'efficacité de l'ingestion par rapport à la fumigation (Guettal, 2021). Par ailleurs, les travaux de Tine *et al.* (2019) réalisés sur *R. dominica* après application de l'huile de *Lavandula angustifolia*, ont révélé l'activité insecticide de ce produit avec une relation dose-réponse.

#### 4.4. Effet répulsif

L'activité répulsive est un phénomène physiologique qui s'effectue chez les insectes comme mécanisme de défense contre les toxines sécrétées par les plantes (Ben Slimen &

---

Baoundi, 2016). Ce potentiel de répulsion peut être utilisé pour lutter contre les dégâts causés par ces insectes ravageurs.

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que l'HE de *S. molle* et la molécule bioactive ont un effet répulsif vis à vis de *Tribolium confusum*. Des résultats similaires ont été constatés à l'égard de *R. dominica* et *S. granarius* (Soltani & Abes, 2021). Guettal (2021) a montré que le citron a un pouvoir répulsif plus important vis à vis des adultes de *S. granarius* par rapport à l'azadirachtine et la combinaison. Les résultats de Hanif *et al.* (2016) ont également montré une activité répulsive de l'azadirachtine vis-à-vis de *Tribolium castaneum* et de *R. dominica* avec des taux de 77,66% et 81,48% respectivement.

Certains travaux effectués ont aussi montré l'effet répulsif des huiles essentielles sur d'autres insectes. En effet, les travaux d'Aïboud. (2011) ont montré un effet répulsif important des huiles essentielles extraites de *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus smithii* et *Pimenta racemosa* sur *Callosobruchus maculatus* avec des taux de répulsion de 86%, 86% et 87% après une demi-heure d'exposition.

La toxicité et le potentiel répulsif des composés phytochimiques à l'égard des ravageurs dépendent de plusieurs facteurs tels que la composition chimique des huiles et la sensibilité de l'insecte (Casida & Quistad, 1995).

***CONCLUSION***

## V. CONCLUSION

Les insectes ravageurs des denrées, majoritairement des Coléoptères peuvent causer la perte totale d'un stock donc l'intérêt du développement d'alternatives pour protéger les cultures contre leurs ennemis est souligné vu les effets néfastes de l'utilisation des produits chimiques de synthèse pour l'homme, les animaux non ciblés et l'environnement. Actuellement, de nombreux bioinsecticides d'origine végétale font l'objet d'études pour remplacer les insecticides chimiques dans le domaine de la phytoprotection.

Le travail réalisé, nous a permis d'évaluer chez une espèce de Coléoptère ravageur des denrées stockées, *Tribolium confusum*, l'effet d'une huile essentielle extraite de *Schinus molle* et d'une molécule bioactive, le limonène.

Les résultats de rendement en huile essentielle obtenus à partir du faux poivrier, *Schinus molle*, sont de l'ordre de 0,76% pour les feuilles et 0,50% pour les graines.

De cette étude, il ressort que la plante étudiée constitue une bonne source pour divers groupes chimiques : flavonoïdes, leucanthocyanes, quinone et saponines connus par leurs propriétés bioactives.

Les essais toxicologiques réalisés par fumigation a permis de déterminer les concentrations létales (CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub>). Le *S. molle* et la molécule bioactive présentent un effet insecticide sur *Tribolium confusum* avec une relation dose-réponse. Le test de répulsion réalisé par la méthode de la zone préférentielle a permis de mettre en évidence le pouvoir répulsif de l'HE et du limonène à l'égard des adultes de *Tribolium confusum*.

A l'issu de ce travail, nous émettons quelques réflexions et recommandations sous forme de perspectives pour une bonne exploitation du sous-produit de cette essence forestière tant préservée.

- ❖ Etudier les autres activités des huiles essentielles : antifongique, antivirale, antiparasitaire, antioxydantes, anti-inflammatoires ...etc.
- ❖ Cibler d'autres ravageurs afin d'élargir le spectre d'action de cette huile.
- ❖ Evaluer l'effet de cette huile sur le potentiel reproducteur de *Tribolium confusum*.
- ❖ En dernier lieu, nous suggérons des essais pilotes dans les entrepôts de stockage afin de mieux évaluer l'efficacité de ce traitement in situ.



# *RESUMES*

## VI. RESUME

Notre travail a été réalisé afin d'évaluer l'activité insecticide de l'huile essentielle du faux poivrier, *Schinus molle* et du Limonène à l'égard d'un ravageur de stock, *Tribolium confusum*.

Le rendement en huile essentielle des feuilles et des graines de *Schinus molle* obtenue par hydrodistillation, affiche des valeurs sont de l'ordre de 0,76 % et 0,50% de la matière sèche.

Le screening phytochimique de la plante a mis en évidence la présence des flavonoïdes, des leucoanthocyanes, des saponines et des quinones.

Les essais toxicologiques réalisés par fumigation vis-à-vis des insectes cibles ont permis de déterminer les concentrations létales (CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub>) à 24, 48 et 72 heures après traitement. Le *S. molle* et la molécule bioactive, le Limonène présentent un effet insecticide à l'égard de *Tribolium confusum* avec une relation dose-réponse.

Le test de répulsion réalisé par la méthode de la zone préférentielle a permis de mettre en évidence le pouvoir répulsif de l'HE et du limonène à l'égard des adultes de *Tribolium confusum*.

**Mots clés :** *Schinus molle*, Huile essentielle, Limonène, *Tribolium confusum*, Screening Phytochimique, Toxicité, Répulsion.

## ABSTRACT

The present study was conducted to investigate the insecticidal activity of *Schinus molle* essential oil and Limonene against the stock pest, *Tribolium confusum*.

The essential oil yield of the leaves and seeds of *Schinus molle* obtained by hydrodistillation, gave values of the order of 0.76% and 0.50% of the dry matter.

The phytochemical screening of the plant highlighted the presence of flavonoids, leucoanthocyanins, saponins and quinones.

Toxicological tests against the target insects by fumigation have allowed determining the lethal concentrations (LC<sub>25</sub> and LC<sub>50</sub>) at 24, 48 and 72 hours after treatment. *S. molle* and the bioactive molecule exhibit an insecticidal effect on *Tribolium confusum* with a dose-response relationship.

The repulsion test performed by the preferential zone method demonstrated the repellent activity of the essential oil and the limonene in *Tribolium confusum* adults.

**Keywords:** *Schinus molle*, Essential oil, *Tribolium confusum*, Phytochemical screening, Toxicity, Repulsion.

## ملخص

تم تنفيذ عملنا لتقييم النشاط المبيدي للزيوت الأساسية للفلفل الكاذب، *Schinus molle* والليمونين على آفة المخزون، *Tribolium confusum*.

أعطى التقطير المائي لأوراق وبذور الفلفل الكاذب مردود بترتيب 0.76 %، 0.50 % من المادة الجافة عن طريق التبخير.

الفحص الكيميائي النباتي للنبات كشف على وجود الفلافونويد، الصابونين، الكينون و Leucoanthocyanins.

سمحت الاختبارات السمية ضد الحشرات المستهدفة المطبقة عن طريق التبخير بتحديد التركيزات المميتة ( $LC_{25}$ ) و  $LC_{50}$  في 24، 48 و 72 ساعة بعد العلاج. *S. molle* والجزء النشط بيولوجيا يظهران تأثيرا مبيدي على حشرة *Tribolium confusum* مع علاقة الجرعة والاستجابة.

أظهر اختبار التأثير الطارد الذي أجري بطريقة المنطقة التفضيلية القوة الطاردة للزيت العطري والليمونين لدى البالغين من *Tribolium confusum*.

الكلمات الرئيسية: *Schinus molle*، زيت عطري، *Tribolium confusum*، الفحص الكيميائي النباتي، الفلافونويد، Leucoanthocyanins، صابونين، كينون، السمية، التنافر.

*REFERENCES*  
*BIBLIOGRAPHIQUES*

## VII. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### A

**Abbott, W. B. (1925).** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*. 18(2) : 265-267.

**Aïboud, K. (2011).** Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) et impact des traitements sur la germination des graines de *Vigna unguiculata*, Mémoire de Magister en Sciences biologiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 58p.

**Aïssou, M., Chemat-Djenni, Z., Yara-Varon, E., Fabiano-Tixier, A. S. & Chemat, F. (2017).** Limonene as an agro-chemical building block for the synthesis and extraction of bioactive compounds. *Journal of Comptes Rendus Chimie*. 20 : 346-358.

**Ait Aider, F., Kellouche A., Fellag, H. & Debras, J. F. (2016).** Evaluation of the bio-insecticidal effects of the main fatty acids of olive oil on *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera Bruchidae) in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.)). *Journal of Plant Diseases and Protection*. 123(5): 235-245.

**Akhtar, J., Chee Loong T., Long Wee L., Nursia, H., Ani, I. & Ramlan, A. (2014).** Factors affecting delignification of oil palm empty fruit bunch by microwave-assisted dilute acid/alkali pretreatment. *Bioresources*. 10(1): 588-596

**Akhtar, M., Arshad, M., Raza, A. B. M., Chaudhary, M. I., Iram, N., Akhtar, N. & Mahmood, T. (2013).** Repellent effects of certain plant extracts against rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *International Journal of Agriculture and Applied Sciences*. 5(1) : 69-73

**Ammar, M. (2015).** Organisation de la chaîne logistique dans la filière des céréales en Algérie État et lieux et perspectives. Master en Science. P121.

**Aoues K., Boutoumi H. & Benriam A. (2017).** État Phytosanitaire du Blé Dur Locale Stocké en Algérie. *Revue Agrobiologia*. 7(1) : 286-296.

---

**Attou S. & Bouzid F. Z. (2016).** Étude thermodynamique de l'efficacité inhibitrice de l'huile essentielle de la plante *Schinus molle* sur la corrosion de l'acier C38 au carbone dans H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Mémoire de Master. 41p.

**B**

**Bendaoud, H., Romdhane, M., Souchard, J. P., Cazaux, S. & Bouajila, J. (2010).** Chemical Composition and Anticancer and Antioxidant Activities of *Schinus molle* L. and *Schinus terebinthifolius* Raddi Berries Essential Oils. C: Food Chemistry. 75(6): 1750-3841.

**Benhalima, H., Chaudhry, M.Q., Mills, K.A. & Price, N.R. (2004).** Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. Journal of Stored Products Research. 40(3): 241-249.

**Besard, L., Mommaerts, V., Abdu-Alla, G. & Smaghe, G. (2011).** Lethal and sublethal side-effect assessment supports a more benign profile of spinetoram compared with spinosad in the bumblebee *Bombus terrestris*. Pest Management Science. 67(5) : 541-547.

**Bezzar, R. (2016).** Effets d'un biopesticide, l'azadirachtine, sur un modèle de référence, *Drosophila melanogaster* (Diptera): Toxicité, Développement et Digestion. Thèse de Doctorat en Biologie Animale. Université Badji Mokhtar, Annaba.

**Bimakr, M., Rahman, R. A., Taip, F. S., Ganjloo, A., Salleh, L. M., Selamat, J. & Zaidul, I. S. M. (2011).** Comparison of different extraction methods for the extraction of major bioactive flavonoid compounds from spearmint (*Mentha spicata* L.) leaves. Food and Bioproducts Processing. 89(1) : 67-72.

**Bouaraba, I. & Hamaim, E. (2017).** Evaluation de l'effet insecticide et fongicide des bioproduits. Diplôme de Master en sciences agronomiques. 57p.

**Bruneton, J. (2009).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e éd.). Lavoisier.

---

C

**Casida E. J. & Quistad B. G. (1995).** Pyrethrum Flowers: Production, Chemistry, Toxicology, and Uses. Oxford University Press. 356 pp.

**Cseke, L.J., Kirakosyan, A., Kaufman, P.B., Warber, S., Duke, J.A. & Briemann, H.L. (1999).** Natural products from plants. Second Edition. CRC, London, Newyork. 551p.

D

**Dauguet, S., Lacoste, F., Ticot, B., Loison, J. P., Evrard, J., Bouchtane, B. & Soulet, B. (2006).** La filière oléagineuse se mobilise autour de la problématique des résidus d'insecticides. Qualité et Sécurité Sanitaire des Aliments. 13(6) : 373-377.

**Da Silva, J., Andrade, E., Barreto, L., da Silva. N., Ribeiro, A., Montenegro, R. & Maia, J. (2017).** Chemical composition of four essential oils of eugenia from the brazilian amazon and their cytotoxic and antioxidant activity. Medicines. 4(3) :2-10.

**Djebaili, H. (2013).** L'effet des facteurs d'environnement sur la variation de quelques métabolites secondaires chez deux espèces médicinales : *Juniperus oxycedrus L.* (Cupressacées) et *Schinus molle L.* (Anacardiacées). Mémoire de Magister. Université Larbi Ben M'hidi.

**Djenane, D. (2015).** Chemical profile, antibacterial and antioxidant activity of Algerian citrus essential oils and their application in *Sardina pilchardus*. Foods. 4(2): 208-228.

**Dosoky, N. S., Satyal, P., Gautam, T. P. & Setzer, W. N. (2016).** Composition and biological activities of *Murraya paniculata* (L.) Jack essential oil from Nepal. Medicines. 3(1): 2-10.

E

**Ebrahimifar, J., Jamshidnia, A., Sadeghi, R. & Ebadollahi, A. (2020).** Repellency of *Ferulagoangulata* (Schlecht.) Boiss essential oil on two major stored-product insect pests without effect on wheat germination. International Journal of Tropical Insect Science. 41: 217-223.

---



F

**FAO. (2016).** Food and agriculture organization. 2016.

**Fathi, E. & Sefidkon, F. (2012).** Influence of Drying and Extraction Methods on Yield and Chemical Composition of the Essential Oil of *Eucalyptus sargentii*. Journal of Agricultural Science and Technology. 14(5): 1035-1042.

G

**Guenther, E. (1972).** The production of essential oils. The essential Oils. 1 : 87-226.

**Guettal, S. 2021.** Effets de deux biopesticides d'origine végétale sur un ravageur des denrées stockées. Thèse de Doctorat en Biologie et Physiologie Animale. Université Larbi Tébessi, Tébessa.

**Guettal, S., Tine, S., Hamaidia, K., Tine-Djebbar, F. & Soltani, N. (2021).** Effect of *Citrus limonum* essential oil against granary weevil, *Sitophilus granarius* and its chemical composition, biological activities and energy reserves. International Journal of Tropical Insect Science. 41(2) : 1531-1541.141p.

**Guerdouh, S., & Roula, M. E. (2020).** Etude phytochimique et activité antibactérienne de *Schinus molle* L (Thèse de Doctorat, Université de Jijel).

H

**Hanif, Ch. M. S., Mansoor, U. L. H., Sagheer, M., Hafiz, M. A., Malik, R. & Waqas, M. (2016).** Insecticidal activity of different botanicals (Bitterapple, Neem and Tobacco) towards *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Global Innovation Agriculture Social Science. 4(4): 197-203.

**Hedjal-Chebheb, M. (2014).** Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux et plantes aromatiques de provenance Algérienne et Tunisienne. Étude de leurs activités biologiques à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées, *Callosobruchus maculatus* F. 1775 (Coleoptera: Bruchidae). Université Mouloud Mammeri.

---

**Hossain, S. & Khalequzzaman, M. (2018).** Repellent and oviposition deterrent activity of leaf extracts of *Azadirachta indica* A. Juss., *Persicaria hydropiper* (L.) Spach. and *Vitex negundo* Linn. against the melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 6(2): 2291-2295.

**Hubert, J., Stejskal, V., Athanassiou, C. G., & Throne, J. E. (2018).** Health hazards associated with arthropod infestation of stored products. *Annual Review of Entomology. Journal of Zoology*. 63: 553-573.

**Hummelbrunner, L. A. & Isman, M. B. (2001).** Acute, sublethal, antifeedant, and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49(2): 715-720.

I

**Isman, M.B. (1995).** Leads and prospects for the development of new botanical insecticides. *Review of Pesticide of Toxicology*. 3 : 1-20.

J

**Jayakumar, M., Seenivasan, S. P., Rehman, F. & Ignacimuthu, S. (2017).** Fumigant effect of some essential oils against pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera : Bruchidae). *African Entomology*. 25(1): 193-199.

K

**Karr, L.L. & Coats, J.R. (1992).** Effects of four monoterpenoids on growth and reproduction of the *German cockroach* (Blattodea: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology*. 85: 425-429.

**Kasimala, M. B. & Kasimala, B. B. (2012).** A review on Brazilian pepper plant: *Schinus molle*. *Journal of Atoms and Molecules*. 2(2): 6-13.

**Kéïta, S. M., Vincent, C., Schmit, J. P., Ramaswamy, S. & Belanger, A. (2000).** Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*. 36(4): 355-364.

---

**Kelen, M. & Tepe, B. (2008).** Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of the essential oils of three *Salvia* species from Turkish flora. *Bioresource Technology*. 99(10): 4096-4104.

**Kellouche, A., Soltani, N., Kreiter, S., Auger, J., Arnold, I. & Kreiter, P. (2004).** Biological activity of four vegetable oils on *Callosobruchus Maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae). *Redia*. 87: 39-47

**Kheloul, L., Anton, S., Gadenne, C. & Kellouche, A. (2020).** Fumigant toxicity of *Lavandula spica* essential oil and linalool on different life stages of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 23(2): 320-326.

**Kostantopoulou, L., Vassilopoulou, L., Mauragani-Tsipidov, P. & Scouras, Z.G. (1992).** Insecticidal effects of essential oils. A study of the effect of essential oils extracted from eleven Greek aromatic plants on *D. auraria*. *Experimentia*. 48(6): 616-619.

**Kucerová, Z., Aulický, R. & Stejskal, V. (2003).** Accumulation of pest-arthropods in grain residues found in an empty store. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 110 (5): 499-504.

## L

**Lavialle-Defaix, C., Moignot, B., Legros, C. & Lapied, B. (2010).** How does calcium- dependent intracellular regulation of voltage-dependent sodium current increase the sensitivity to the oxadiazine insecticide indoxacarb metabolite decarbomethoxylated. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*. 333 (1): 264-272.

**Lorini, I. (2007).** Manual técnico para o manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados. Embrapa Trigo-Documentos (INFOTECA-E). 80 p.

## M

**Maffei, M. (1990).** Essential oils from *Schinus molle* L. Berries and *Leaves flavour* and fragrance journal. 5: 49-52.

---

**Malik, A. J., Shilpa, G., Navneet, K., Shuchi, S., Inderjit, S. & Harsh, N. (2012).** Selenium antagonises the toxic effects of arsenic on mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) plants by restricting its uptake and enhancing the antioxidative and detoxification mechanisms. *Environmental and Experimental Botany journal*. 77: 242-248.

**Martins, M. d. R., Arantes, S., Candeias, F., Tinoco, M. T. & Cruz-Morais, J. (2013).** Antioxidant, antimicrobial and toxicological properties of *Schinus molle* L. essential oils. *Journal of Ethnopharmacology*. 151(1) : 485-492.

**Mason, N. M., Jayne, T. S. & van de Walle, N. (2017).** The political economy of fertilizer subsidy programs in Africa: Evidence from Zambia. *American Journal of Agricultural Economics*. 99(3): 705-731.

**Mawussi, G. (2008).** Bilan environnemental de l'utilisation de pesticides organochlorés dans les cultures de coton, café et cacao au Togo et recherche d'alternatives par l'évaluation du pouvoir insecticide d'extraits de plantes locales contre le scolyte du café (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Thèse De Doctorat De L'université De Toulouse.

**Mc Donald, L. L., Guy, R. H. & Speirs, R. D. (1970).** Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents, and attractants against stored-product insects. Unites States Department Agriculture. Marketing Research Report. 882p.

**Mohammed, H. H. (2013).** Repellency of Ethanolic extract of some indigenous plants against *Tribolium confusum* (du val) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 2(6): 27-31.

**Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J. & Stashenko, E. E. (2009).** Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). *Journal of Stored Products Research*. 45(3): 212-214.

P

**Park, K., Lee, S. G., Choi, D. H., Park, J.D. & Ahn, Y. J. (2003).** Insecticidal activities of constituents identified in the essential oil from leaves of *Chamaecyparis obtusa* against *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Stored Products Research*. 39(4): 375-384.

**Paul, E. & Alvaro, M. V. (2008).** Limonene - A Review: Biosynthetic, Ecological and Pharmacological Relevance. *Natural Product Communications*. 3(7): 1193-1202.

**Pavela, R., Barnet, M. & Kocourek, F. (2004a).** Effect of azadirachtin applied systemically through roots of plants on the mortality, development and fecundity of the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*). *Phytoparasitica*. 32(3): 286-294.

**Pavela, R. (2004b).** Insecticidal activity of certain medicinal plants. *Fitoterapia*. 75(7-8): 745-749.

**Pavela, R. (2005).** Insecticidal activity of some essential oils against larvae of *Spodoptera littoralis*. *Fitoterapia*. 76(7-8): 691-696.

**Pinho, A. I., Wallau, G. L., Nunes, M. E. M., Leite, N. F., Tintino, S. R., da Cruz, L. C. & Franco, J. L. (2014).** Fumigant activity of the *Psidium guajava* var. pomifera (Myrtaceae) essential oil in *Drosophila melanogaster* by means of oxidative stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 1-8.

**Prates, H. T., Santos, J. P., Waquil, J. M., Fabris, J. D., Alveira. A. B. & Foster, J. E. (1998).** Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*. 34(4): 243-249.

R

---

**Rahman, S. S., Rahman, M. M. d., Khan, M. M. R., Begum, S. A., Roy, B. & Shahed, S. M. F. (2007).** Ethanolic extract of melgota (*Macaranga postulata*) for repellency, insecticidal activity against rice weevil (*Sitophilus oryzae*). African Journal of Biotechnology. 6(4): 379-383.

**Rajendran, S. (2002).** Postharvest pest losses. Encyclopedia of Pest Management. (Print). 2008 : 654-656.

**Regnault-Roger, C. (2002).** De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire. In : Philogène B.J.R, Regnault-Roger C. & Vincent C., coord. Biopesticides d'origine végétale. Paris : Lavoisier-Éditions Tec et Doc. Pp : 19-39.

**Rocha, M. V. P., Matos, L. J. B. L., DeLima, L. P., Figueiredo, P. M. D. S., Lucena, I. L., Fernandes, F. A. N. & Gonçalves, L. R. B. (2014).** Ultrasound-assisted production of biodiesel and ethanol from spent coffee grounds. Bioresource Technology. 167: 343-348.

**Rouibi, A., Saidi, F. & Boutoumi, H. (2009).** Identification par CG/MS et détermination des effets antimicrobiens des huiles essentielles du faux poivrier (*Schinus molle* L.). In International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants-SIPAM 2009. 853: 219-228.

## S

**Saeidi, M., Moharramipour, S. & Sefidkon, F. (2014).** Chemical composition and fumigant toxicity of three *citrus* essential oils against eggs, larvae and adults of *Callosobruchus maculatus* (Col.: Bruchidae). Journal of Entomological Society of Iran. 34(3) : 17-25.

**Seladiji, M. 2014.** Étude phytochimique, activités antioxydantes et antimicrobiennes des extraits de cinq plantes médicinales et analyse de leurs huiles essentielles. Thèse de doctorat en Biologie Cellulaire et Biochimie. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.

**Shaaya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J. & Sukprakarn, C. (1997).** Plant oils as fumigant and contact insecticides for the control of stored product insects. Journal of Stored Products Research. 33(1) : 7-15.

**Soltani, M. & Abess, I. (2021).** Effet d'une huile essentielle extraite de *schinus molle* sur les ravageurs de denrées stockées. Diplôme de Master en Biologie et Écophysiologie Animal. 24 p.

---

**Sujana, P., Sridhar, T. M., Josthna, P. & Naidu, C. V. (2013).** Antibacterial Activity and Phytochemical Analysis of *Mentha piperita* L. (Peppermint)-An Important Multipurpose Medicinal Plant. American Journal of Plant Sciences. 4(1): 77-88.

T

**Tchoumboungang, F., Dongmo, P. M. J., Sameza, M. L., Mbanjo, E. G. N., Fotso, G. B. T. & Menut, C. (2009).** Activité larvicide sur *Anopheles gambiae* Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun. Biotechnologie, Agronomie Société et Environnement. 13(1): 77-84.

**Thomas, P. (1934).** Observations on the general biology of the Flour Beetle, *Tribolium Confusum*. The Quarterly Review of Biology. 9(1): 36-54.

**Tine, S., Sayada, N., Tine-Djebbar, F, & Soltani, N., (2019).** Chemical composition and activity of Lavadula Angustifolia essential oil Against Stored-Product Pest Rhysopertha Dominica (F.). Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration. 1491-1500.

**Toudert-Taleb, K., Hedjal-Chebheb, M., Hami, H., Debras, J. F. & Kellouche, A. 2014.** Composition of essential oils extracted from six aromatic plants of kabylian origin (Algeria) and evaluation of their bioactivity on *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Bruchidae). African Entomology. 22(2): 417-427.

V

**Vekiari, A. S., Eftihios, E. P., Parthena, P., Dimitrios, P., Christina, P. & Manolis, V. (2002).** Composition and Seasonal Variation of the Essential Oil from Leaves and Peel of a Cretan Lemon Variety. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50(1): 147-153.

**Verma, S. R., Rajendra, C. P. & Amit, C. (2015).** Harvesting season and plant part dependent variations in the essential oil composition of *Salvia officinalis* L. grown in northern India. Journal of Herbal Medicine. 5(3): 165-171.

W

---

**Watanabe, K., Shono, Y., Kakimizu, A., Okada, A., Matsuo, N., Satoh, A. & Amp, N. H. (1993).** New mosquito repellent from *Eucalyptus camaldulensis*.  
Journal of Agricultural and Food Chemistry. 41(11): 2164-2166.

Z

**Zahed, N., Hosni, K., Ben Brahim, N., Kallel, M. & Sebei, H. (2010).** Allelopathic effect of *Schinus molle* essential oils on wheat germination. Acta Physiologiae Plantarum. 32(6): 1221-1227.

**Zohry, N. M. (2017).** Scanning electron morphological studies of *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleopteran: Tenebrionidae). The Journal of Basic and Applied Zoolog. 78(1): 1-8.