



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 : Biologie des êtres vivants



MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

Spécialité : ECOPHYSIOLOGIE ANIMALE

Thème

**Impact d'une huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur les larves de *Trogoderme granarium* :  
Toxicité, Répulsion, Biochimie et Indices nutritionnels**

Présenté par :

Melle BRAHMI Amina

Melle YOUSFI Roumaïssa

Membres de Jury :

Pr. TINE-DJEBBAR Fouzia	U. Larbi Tébessi-Tébessa	Rapporteur
Dr. TINE Samir	U. Larbi Tébessi-Tébessa	Président
Pr. TALEB Salima	U. Larbi Tébessi-Tébessa	Examineur

Année universitaire : 2020/2021

## **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.

La première personne que nous tenons à remercier est notre encadrant **Pr. TINE DJEBBAR Fouzia**, pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.

Tous nos considérations à l'égard de **Dr. TINE Samir** qui nous avons fait l'honneur de juger le présent travail.

Nos plus vifs remerciements vont à **Pr. TALEB Salima** qui a bien voulu accepter d'être membre du jury et de nous faire l'honneur de juger ce travail.

A nos parents et tous nos frères et sœurs.

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

# Sommaire

<b>I. INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>II. MATERIELS ET METHODES</b>	<b>3</b>
2.1. Présentation de l'insecte, <i>Trogoderma granarium</i> (Everts, 1898)	3
2.2. Collecte et élevage	5
2.3. Présentation de la plante, <i>Eucalyptus globulus</i> (Labill, 1800)	5
2.4. Récolte et séchage de la plante	6
2.5. Extraction des huiles essentielles	6
2.6. Test de toxicité par fumigation	8
2.7. Test de répulsion	9
2.8. Détermination du pouvoir anti-appétant et des indices nutritionnels	10
2.9. Extraction et dosage des constituants biochimiques	11
2.10. Dosage des biomarqueurs	15
2.10.1. Dosage de l'acétylcholinestérase	15
2.10.2. Dosage des glutathion S-transférases	16
2.10.3. Dosage du glutathion	16
2.11. Dosage des enzymes digestives	17
2.11.1. Dosage de l'activité amylase	18
2.11.2. Dosage de l'activité chitinase	18
2.11.3. Dosage de l'activité lipase	19
2.11.4. Dosage de l'activité protéase	19
2.12. Effet sur l'émergence	20
2.13. Analyses statistiques	21
<b>III. RESULTATS</b>	<b>22</b>
3.1. Rendement de l'huile	22
3.2. Toxicité de l'HE par fumigation	22
3.3. Effet répulsif de l'HE d' <i>E. globulus</i>	23
3.4. Effet de l'HE sur les biomarqueurs	24
3.5. Effet sur la composition biochimie de <i>T. granarium</i>	25
3.6. Effet de l'HE sur les indices nutritionnels	26
3.7. Effet de l'HE sur les enzymes digestives	27
3.8. Effet de l'HE sur le taux d'inhibition de l'émergence	28
<b>IV. Discussion</b>	<b>30</b>
4.1. Rendement en huile essentielle	30
4.2. Toxicité de l'huile essentielle	31

4.3. Effet répulsif du traitement	33
4.4. Effet de traitement sur les biomarqueurs	34
4.4.1. Effet du traitement sur l'AChE	34
4.4.2. Effet du traitement sur les GSTs	35
4.4.3. Effet du traitement sur le GSH	36
4.5. Effet du traitement sur la composition biochimique	37
4.5.1. Effet du traitement sur les protéines	37
4.5.2. Effet du traitement sur les lipides	39
4.5.3. Effet du traitement sur les glucides	39
4.6. Effet du traitement sur les indices nutritionnels	40
4.7. Effet sur les enzymes digestives	41
4.8. Effet du traitement sur l'émergence	42
<b>V. CONCLUSION</b>	<b>44</b>
<b>RESUMES</b>	
Français	45
Anglais	46
Arabe	47
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>48</b>

## Liste des figures

Figures	Titres	Pages
<b>Figure 1.</b>	Larves de <i>T. granarium</i> (Brahmi & Yousfi, 2021).	<b>4</b>
<b>Figure 2.</b>	Nymphe de <i>T. granarium</i> (Brahmi & Yousfi, 2021).	<b>4</b>
<b>Figure 3.</b>	Adulte de <i>T. granarium</i> (Brahmi & Yousfi, 2021).	<b>4</b>
<b>Figure 4.</b>	Tamisage et tri des insectes (Brahmi & Yousfi, 2021).	<b>5</b>
<b>Figure 5.</b>	Arbre d' <i>Eucalyptus globulus</i> (Brahmi & Yousfi, 2021).	<b>6</b>
<b>Figure 6.</b>	Figure 6. Séchage des feuilles d' <i>Eucalyptus globulus</i> (Brahmi & Yousfi, 2021).	<b>6</b>
<b>Figure 7.</b>	Montage de l'hydrodistillateur de type Clevenger (Brahmi & Yousfi, 2021).	<b>7</b>
<b>Figure 8.</b>	Récupération et pesée de l'HE (Brahmi & Yousfi, 2021).	<b>8</b>
<b>Figure 9.</b>	Test de toxicité par fumigation (Brahmi & Yousfi, 2021).	<b>8</b>
<b>Figure 10.</b>	Test de répulsion (Brahmi & Yousfi, 2021).	<b>10</b>
<b>Figure 11.</b>	Extraction et dosage des glucides, protéines et lipides totaux (Shibko et al., 1966).	<b>14</b>
<b>Figure 12.</b>	Test d'émergence (Brahmi & Yousfi, 2021).	<b>20</b>
<b>Figure 13.</b>	Toxicité d' <i>E. globulus</i> appliquée par fumigation ( $\mu$ l/l d'air) sur les larves de <i>T. granarium</i> : Mortalité corrigée (%) ( $m \pm SEM$ , n=5 répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey	<b>23</b>
<b>Figure 14.</b>	Effets de l'HE d' <i>E. globulus</i> appliquée par fumigation sur les larves de <i>T. granarium</i> : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	<b>23</b>
<b>Figure 15.</b>	Effet de l'HE d' <i>E. globulus</i> (CL25 et CL50) sur l'activité spécifique de l'AcChE (A), de la GST (B) et sur le taux du GSH (C) chez les larves de <i>T. granarium</i> à 72 h après traitement ( $m \pm SEM$ , n=3 répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.	<b>25</b>
<b>Figure 16.</b>	Effet de l'HE d' <i>E. globulus</i> (CL25 et CL50) appliquée par fumigation sur le taux de protéines (A), de glucides (B) et de lipides (C) ( $\mu$ g/mg de poids frais) chez les larves de <i>T. granarium</i> ( $m \pm SEM$ , n=3 répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey	<b>26</b>
<b>Figure 17.</b>	Effet de l'HE d' <i>E. globulus</i> (CL25 et CL50) sur l'activité enzymatique de la lipase (A), $\alpha$ -amylase (B), protéase (C) et chitinase (D) chez les larves de <i>T. granarium</i> à 72 h après traitement ( $m \pm SEM$ , n=3 répétitions, comportant chacune 10 individus).	<b>28</b>
<b>Figure 18.</b>	Effet de l'HE d' <i>E. globulus</i> sur le taux d'inhibition de l'émergence (%) de <i>T. granarium</i> ( $m \pm SEM$ , n=6 répétitions, comportant chacune 10 individus).	<b>29</b>

## Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 1.	La classification systématique de <i>Trogoderma granarium</i> .	3
Tableau 2.	La classification botanique d' <i>Eucalyptus globulus</i> .	5
Tableau 3.	Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et al. (1970).	9
Tableau 4.	Dosage des protéines totales chez les larves de <i>T. granarium</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	12
Tableau 5.	Dosage des glucides totaux chez les larves de <i>T. granarium</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	12
Tableau 6.	Dosage des lipides totaux chez les larves de <i>T. granarium</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	13
Tableau 7.	Rendement et caractéristiques organoleptiques de l'HE extraite d' <i>Eucalyptus globulus</i> .	22
Tableau 8.	Efficacité de l'HE d' <i>E. globulus</i> appliquée par fumigation sur les larves de <i>T. granarium</i> : analyse des probits.	23
Tableau 9.	Pourcentages (PR), indices (IR) et classes (CR) de répulsion de l'HE d' <i>E. globulus</i> sur les larves de <i>T. granarium</i> .	24
Tableau 10.	Effets de l'HE d' <i>E. globulus</i> sur les indices nutritionnels chez les larves de <i>T. granarium</i> ( $m \pm SEM$ ; n=6 répétitions comportant chacune 10 larves).	27
Tableau 11.	Effet insecticide de certaines HEs à l'égard de différentes espèces de Coléoptères, ravageurs des denrées stockées.	32
Tableau 12.	Pourcentage de répulsion (%) de certaines plantes sur différentes espèces de ravageurs des denrées stockées	34

# *Introduction*

### I. INTRODUCTION

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (Djermoun, 2009 ; Ranum *et al.*, 2014). Malheureusement, au cours de leur stockage, ces céréales subissent des altérations diverses, d'ordre abiotique et biotique (Caid *et al.*, 2008). Les facteurs biotiques incluent les différents ravageurs des stocks tels que les oiseaux, les rongeurs et les insectes. Les facteurs abiotiques favorisent le milieu de vie de ces prédateurs comme la température, l'humidité et aussi la teneur en gaz carbonique et oxygène (Kouassi, 1991 ; Gwinner *et al.*, 1996 ; Berhaut *et al.*, 2003 ; Sharma *et al.*, 2014).

Les insectes sont les principaux agents biologiques responsables des pertes de ces denrées, dont les dégâts peuvent atteindre jusqu'à 10% à l'échelle mondiale (De Carvalho *et al.*, 2013), et plus de 50% dans les pays en voie de développement (Brader *et al.*, 2002). Ces insectes nuisibles renferment plusieurs ordres mais les plus fréquents sont les Coléoptères et les Lépidoptères (Delobel *et al.*, 1993).

Les dommages causés par ces ravageurs se traduisent par la diminution du poids et de la qualité des produits (Rajendran, 2002), la baisse du pouvoir germinatif (Dabiré *et al.*, 2008), et la perte de leur valeur commerciale (Dal *et al.*, 2001). 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).

Actuellement, la protection des cultures et des denrées stockées est difficile car les moyens fournis pour ce but sont moins fiables et plus coûteux. Pour cela, les chercheurs s'orientent vers l'utilisation des bioinsecticides d'origine végétale en particulier les plantes aromatiques des familles des *Rutacées*, *Méliacées*, *Astéracées*, *Labiataées*, *Pipéracées*, *Verbénacées* et *Annonacées* qui par leurs extraits végétaux, agissent comme des biopesticides (Tapondjou *et al.*, 2005 ; Kellouche, 2005 ; Isman, 1995).

Au cours de ces dernières années, les huiles essentielles extraites de plantes représentent les voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs. Leurs applications dans la protection

des stocks a fait l'objet de nombreux travaux. Leur toxicité s'exprime de différentes manières : activités ovicide, larvicide, anti-nutritionnelle et fumigante (Kéïta *et al.*, 2000 ; Regnault, 2002).

Dans ce contexte, notre étude a été consacrée dans **une première partie** à l'extraction de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* ainsi qu'à la détermination de son rendement.

**La deuxième partie** est consacrée à l'évaluation de la toxicité de l'huile d'*Eucalyptus globulus* par fumigation sur les larves de *Trogoderma granarium* et de son potentiel de répulsion vis-à-vis de cet insecte ravageur.

**La troisième partie** examine les effets létaux (CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub>) de cette huile par fumigation sur les biomarqueurs enzymatiques : les glutathion S-transférases (GSTs) et l'acétylcholinestérase et non enzymatique : le glutathion (GSH), qui permettront de mettre en évidence l'intensité du mécanisme de détoxification ainsi que l'effet neurotoxique.

**La quatrième partie** vise à évaluer les effets létaux (CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub>) de ce biopesticide par fumigation, sur les protéines et les réserves énergétiques (glucides et lipides) chez les larves de *T. granarium*.

Dans **la cinquième partie**, nous avons testé l'effet de cette huile sur les indices nutritionnels et les enzymes digestives (Lipase,  $\alpha$ -amylase, protéase et chitinase) chez les larves de *T. granarium*.

# *Matériel et méthodes*

## II. MATERIEL ET METHODES

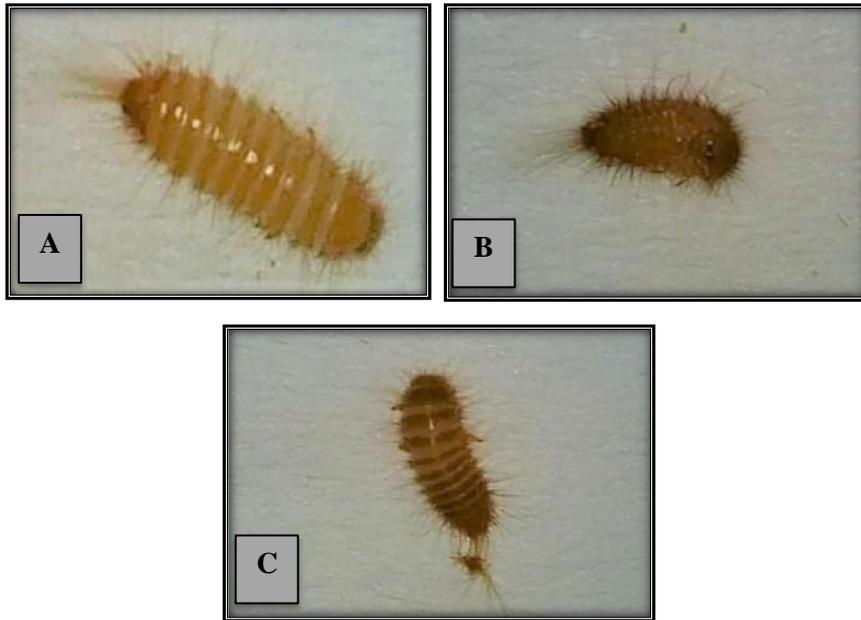
### 2.1. Présentation de l'insecte, *Trogoderma granarium* (Everts, 1898)

*Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera : Dermestidae) est l'un des ravageurs les plus notoires des céréales stockées dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales du monde (Ahmedani et al., 2011). Les populations vivantes, peuvent rester dans les conteneurs, matériaux d'emballage et cales non nettoyés pendant de longues périodes, infestant le matériel non hôte. *T. granarium* peut également augmenter la probabilité de contamination par *Aspergillus flavus* (Sinha & Sinha, 1990).

Les larves à l'éclosion mesurent environ 1,6 à 1,8 mm de long. Elles sont uniformément blanc jaunâtre, sauf que les poils de la tête et du corps sont bruns. À mesure que les larves augmentent en taille, leur couleur corporelle devient dorée ou brun rougeâtre, plus de poils se développent la queue devient proportionnellement plus courte (Fig. 1, 2 et 3). Les larves matures mesurent environ 6 mm de long et 1,5 mm de large (Hadaway 1956). Ce ravageur est dangereux principalement pour les denrées stockées sous climat chaud et sec, il peut détruire totalement les céréales ou les légumineuses en un laps de temps très court.

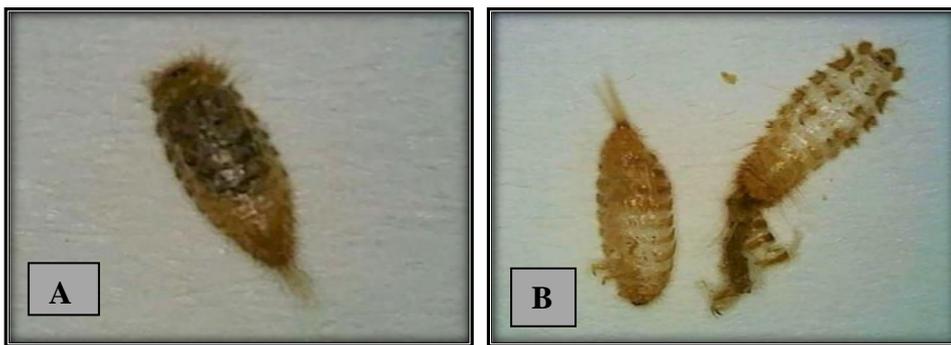
**Tableau 1.** La classification systématique de *Trogoderma granarium*

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Sous-embranchement</b>	Hexapoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Coleoptera
<b>Sous-ordre</b>	Polyphaga
<b>Super-famille</b>	Bostrichoidea
<b>Famille</b>	Dermestidae
<b>Genre</b>	Trogoderma
<b>Espèce</b>	<i>Trogoderma granarium</i> (Everts, 1898)



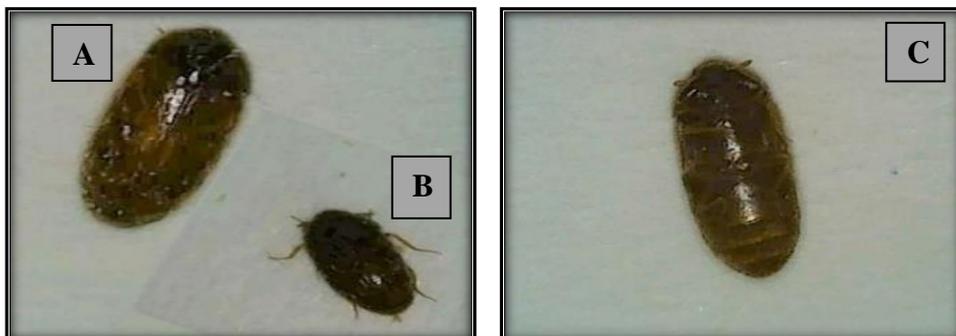
**Figure 1.** Larves de *T. granarium* (Brahmi & Yousfi, 2021).

(A : Femelle ; B : Face ventrale ; C : Mâle)



**Figure 2.** Nympe de *T. granarium* (Brahmi & Yousfi, 2021).

(A : Nympe de *T. granarium* ; B : Exuvie).



**Figure 3.** Adulte de *T. granarium* (Brahmi & Yousfi, 2021).

(A : Femelle ; B : Mâle ; C : Face ventrale)

## 2.2. Présentation de la plante, *Eucalyptus globulus* (Labill, 1800)

*Eucalyptus globulus* est un arbre exotique, aromatique et médicinal qui appartient à la famille des Myrtacées, appelé aussi gommier de Tasmanie qui fait référence à son pays d'origine (Australie). Cet arbre peut résister au froid et croître sur des sols secs, siliceux calcaires, humides ou argileux, salés ou non, près ou loin de la mer (Merrouche *et al.*, 2016). *Eucalyptus globulus* pousse rapidement pour des hauteurs mesurant 30 à 60 mètres jusqu'à 100 mètres dans certain cas.

**Tableau 2.** La classification botanique d'*Eucalyptus globulus*.

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Embranchement</b>	Spermaphytes
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida/Dicotylédones
<b>Sous classe</b>	Rosidae
<b>Ordre</b>	Myrtales
<b>Famille</b>	Myrtaceae
<b>Genre</b>	Eucalyptus
<b>Espèce</b>	<i>Eucalyptus globulus</i> (Labill, 1800)



**Figure 4.** Arbre d'*Eucalyptus globulus* (Brahmi & Yousfi, 2021).

# *Résultats*

### III. RESULTATS

#### 3.1. Rendement de l'huile

L'huile essentielle obtenue par hydrodistillation des feuilles d'*Eucalyptus globulus* présente un aspect liquide, limpide et jaune pâle et se caractérise par une forte odeur. Le rendement de cette huile marque un taux de 3,401%.

**Tableau 3.** Rendement et caractéristiques organoleptiques de l'HE extraite d'*Eucalyptus globulus*.

Rendement	Aspect	Couleur	Odeur	Saveur	Solubilité
3,401%	Liquide	Jaune pâle	Camphrée, fraîche	Aromatique, un peu amère.	Liposoluble

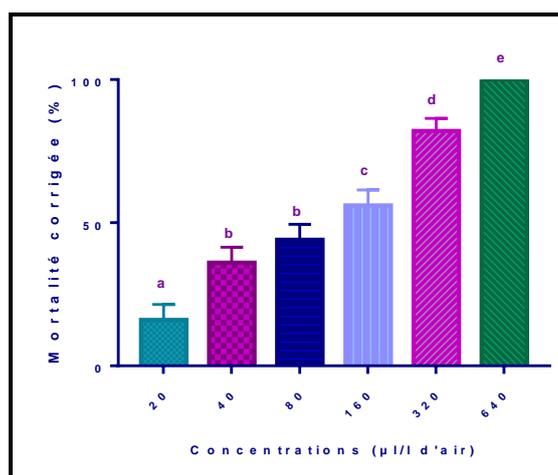
#### 3.2. Toxicité de l'HE par fumigation

Après un test de screening, différentes concentrations de l'HE d'*E. globulus* ont été appliquées par fumigation sur les larves de *T. granarium* (20, 40, 80, 160, 320 et 640 µl/l d'air). Aucune mortalité n'a été observée dans les séries témoins.

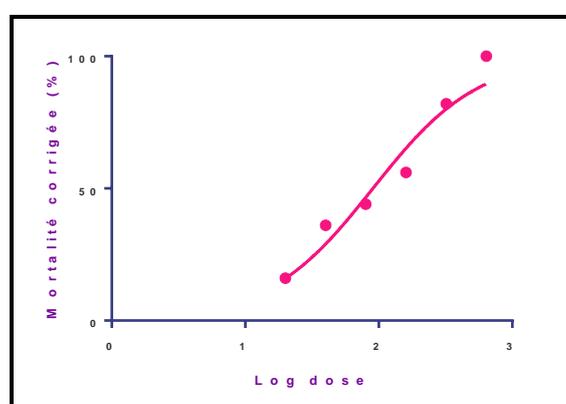
Les mortalités corrigées enregistrées chez *T. granarium* au cours des tests de toxicité par fumigation varient de 16% pour la dose la plus faible (20µl/l d'air) jusqu'à 100% pour la plus forte dose (640 µl/l d'air) (Fig. 13). Ces mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées ( $F_{5,24} = 203,8$  ;  $p < 0,001$ ).

Les résultats montrent que l'*E. globulus* appliqué par fumigation exerce une activité insecticide avec une relation dose-réponse à l'égard de *T. granarium*. Le classement des doses par le test HSD de Tukey révèle l'existence de 5 groupes de moyennes pour les mortalités obtenues.

La courbe dose-réponse exprimant le pourcentage des mortalités en fonction du logarithme des doses appliquées (Fig. 14) a permis l'estimation des concentrations létales (CL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le HillSlope (Tableau 8).



**Figure 5.** Toxicité d'*E. globulus* appliquée par fumigation (µl/l d'air) sur les larves de *T. granarium* : Mortalité corrigée (%) ( $m \pm SEM$ , n=5 répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.



**Figure 6.** Effets de l'HE d'*E. globulus* appliquée par fumigation sur les larves de *T. granarium* : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

**Tableau 4.** Efficacité de l'HE d'*E. globulus* appliquée par fumigation sur les larves de *T. granarium* : analyse des probits.

Temps (heures)	R <sup>2</sup>	Hill Slope	CL <sub>25</sub> (µl/l d'air) IC (95%)	CL <sub>50</sub> (µl/l d'air) IC (95%)	CL <sub>90</sub> (µl/l d'air) IC (95%)
12	0,99	1,91	<b>33,32</b> [13,60 - 61,35]	<b>90,47</b> [56,16 - 140,60]	<b>667</b> [291,90 - 2476]

### 3.3. Effet répulsif de l'HE d'*E. globulus*

Les résultats du pouvoir répulsif à l'égard de *T. granarium* sont présentés dans le tableau 9. Le pourcentage de répulsion marque une augmentation en fonction des concentrations appliquées et du temps d'exposition. Les forts taux de répulsion (60%, 70 % et 85%) sont observés à 30min, 1h et 3h après traitement respectivement avec la plus forte concentration (5µl/ml). Par ailleurs, les indices de répulsion marquent une diminution en fonction du temps

d'exposition et des concentrations appliquées. De plus, on note que l'HE d'*E. globulus* est classée en catégorie 5 de répulsion.

**Tableau 5.** Pourcentages (PR), indices (IR) et classes (CR) de répulsion de l'HE d'*E. globulus* sur les larves de *T. granarium*.

Concentrations	Temps	PR%	IR	CR
2,5µl/ml	30min	20	0,80	I
	1h	30	0,70	II
	3h	35	0,65	II
5µl/ml	30min	25	0,75	II
	1h	35	0,65	II
	3h	55	0,45	III
10µl/ml	30min	45	0,55	III
	1h	50	0,50	III
	3h	65	0,35	IV
20µl/ml	30min	60	0,40	III
	1h	70	0,30	IV
	3h	85	0,15	V

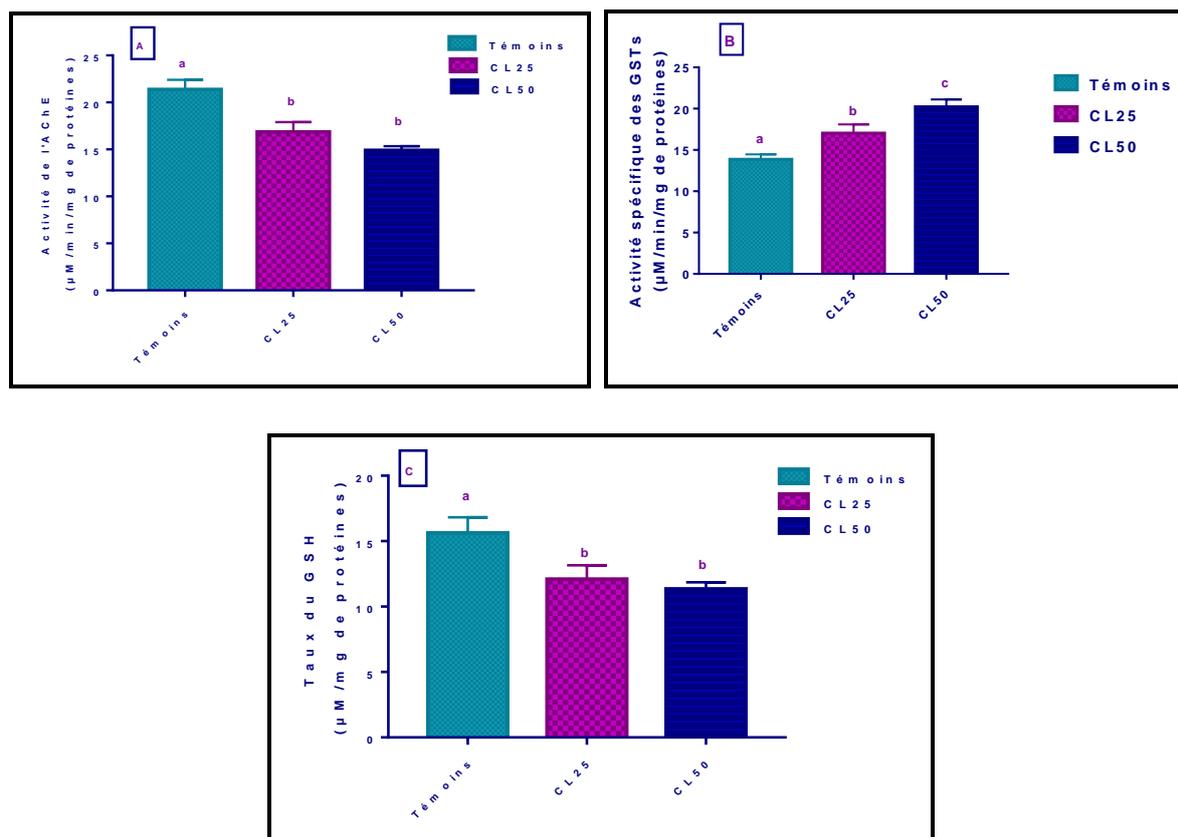
### 3.4. Effet de l'HE sur les biomarqueurs

L'HE testée par fumigation avec la CL<sub>25</sub> et la CL<sub>50</sub> a été évaluée sur les biomarqueurs enzymatique (AChE, GST) et non enzymatique (GSH) à 72h après traitement. Les résultats sont représentés dans la Figure 15.

Les résultats du dosage du biomarqueur de neurotoxicité (Acétylcholinestérase) révèlent une diminution significative de l'activité spécifique de cette enzyme chez les traités à la CL<sub>25</sub> et la CL<sub>50</sub> ( $F_{2,6} = 42,49$  ;  $p = 0,0003$ ) par rapport aux témoins. Aucun effet dose n'a été signalé (CL<sub>25</sub> vs CL<sub>50</sub> :  $p > 0,05$ ) au cours de cette période.

Concernant l'activité spécifique des glutathion-S-transférases, on note une augmentation significative de ce biomarqueur de détoxication après traitement avec les deux concentrations appliquées ( $F_{2,6} = 39,58$  ;  $p < 0,001$ ) avec un effet dose (CL<sub>25</sub> vs CL<sub>50</sub> :  $p = 0,0103$ ).

Enfin, le taux du GSH révèle une diminution significative chez les traités avec les deux concentrations appliquées ( $F_{2,6} = 16,56$  ;  $p < 0,0036$ ) sans effet dose (CL<sub>25</sub> vs CL<sub>50</sub> :  $p > 0,05$ ).



**Figure 7.** Effet de l'HE d'*E. globulus* (CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub>) sur l'activité spécifique de l'AChE (A), de la GST (B) et sur le taux du GSH (C) chez les larves de *T. granarium* à 72 h après traitement (m ± SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.

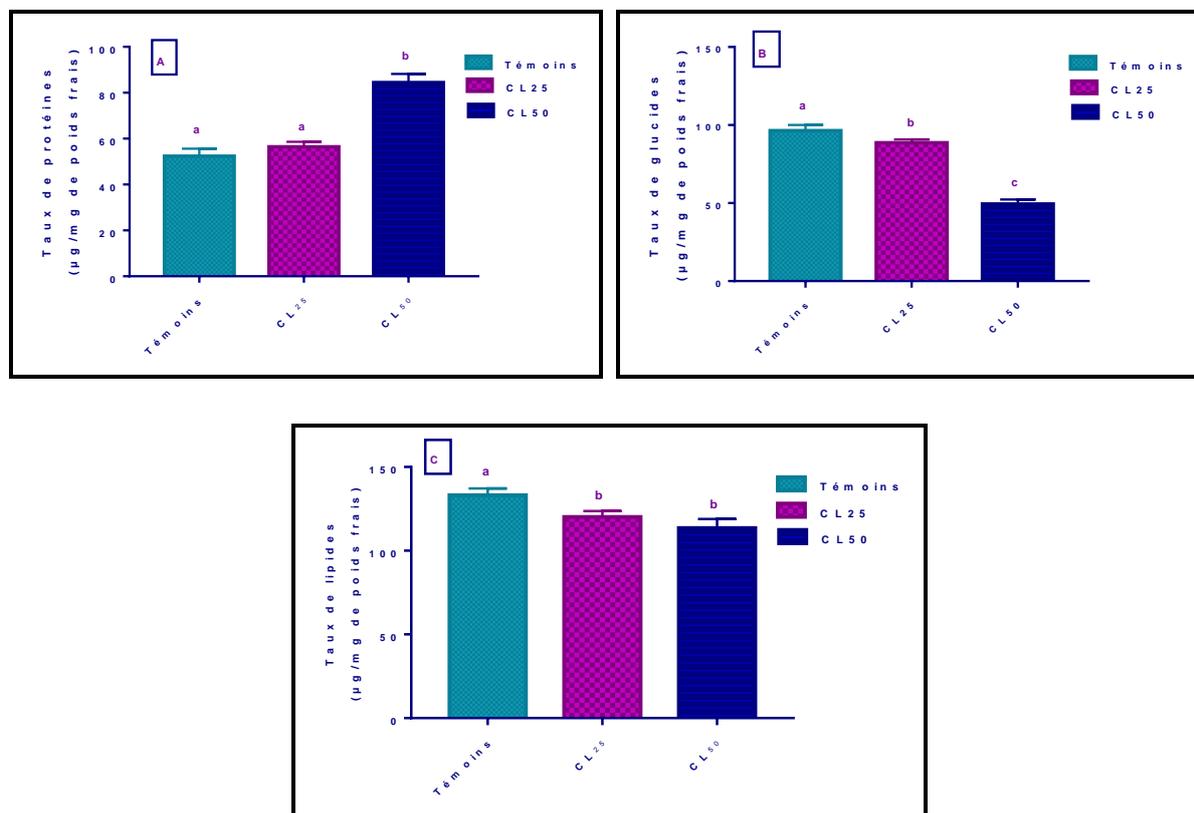
### 3.5. Effet sur la composition biochimie de *T. granarium*

L'HE a été appliqué par fumigation sur les larves de *T. granarium* avec deux concentrations létales (CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub>). Ses effets ont été évalués sur la composition biochimique (glucides, lipides et protéines) de cette espèce à 72h après traitement.

D'après les résultats représentés dans la Figure 16 on note une augmentation significative du contenu en protéine totales après traitement avec la concentration la plus forte (Témoins vs CL<sub>50</sub> ; p=0,0002) avec un effet dose (CL<sub>25</sub> vs CL<sub>50</sub> : p=0,0034). Le test HSD de Tukey met en évidence 2 groupes de moyennes, le premier groupe formé des témoins et des traités à la CL<sub>25</sub> et un second groupe composé des traités à la CL<sub>50</sub>.

En ce qui concerne le contenu en glucides, le traitement provoque une diminution significative avec un effet dose-réponse à 72 après traitement (témoins vs CL<sub>25</sub> : p=0,0406 ; témoins vs CL<sub>50</sub> : p<0,001 ; CL<sub>25</sub> vs CL<sub>50</sub> : p<0,001). Le classement des moyennes par le test HSD de Tukey révèle 3 groupes, chacun étant formé par une série.

Les résultats du dosage des lipides mettent en évidence une diminution significative après traitement à l'HE avec les deux concentrations appliquées sans effet dose (témoins vs CL<sub>25</sub> :  $p=0,0245$  ; témoins vs CL<sub>50</sub> :  $p=0,0036$  ; CL<sub>25</sub> vs CL<sub>50</sub> :  $p>0,05$ ). Le classement des moyennes par le test HSD de Tukey révèle 2 groupes, un premier groupe constitué des témoins et un deuxième groupe formé des traités à la CL<sub>25</sub> et la CL<sub>50</sub>.



**Figure 8.** Effet de l'HE d'*E. globulus* (CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub>) appliquée par fumigation sur le taux de protéines (A), de glucides (B) et de lipides (C) (µg/mg de poids frais) chez les larves de *T. granarium* ( $m \pm SEM$ ,  $n=3$  répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.

### 3.6. Effet de l'HE sur les indices nutritionnels

Les résultats des indices nutritionnels déterminés chez les témoins et les traités à la CL<sub>25</sub> et la CL<sub>50</sub> d'une huile essentielle d'*E. globulus* sont mentionnés dans le Tableau 10.

Les résultats montrent que l'HE influencent tous les indices nutritionnels après traitement des larves de *T. granarium*.

Le taux de la croissance relative (RGR) était inversement proportionnel aux concentrations d'HE appliquées, il est significativement réduit après traitement ( $F_{2,15}=77,59$  :  $p<0,001$ ) sans effet dose (CL<sub>25</sub> vs CL<sub>50</sub> :  $p>0,05$ ).

Concernant le taux de consommation relative (RCR), les résultats montrent une diminution significative de cet indice chez les traités à la CL<sub>25</sub> et la CL<sub>50</sub> par rapport aux témoins sans effet dose (témoins vs CL<sub>25</sub> :  $p < 0,001$  ; témoins vs CL<sub>50</sub> :  $p < 0,001$  ; CL<sub>25</sub> vs CL<sub>50</sub> :  $p > 0,05$ ).

Les résultats de l'efficacité de la conversion des aliments ingérés (ECI) révèlent une diminution significative suite au traitement avec les deux concentrations appliquées ( $F_{2,15} = 20,83$  ;  $p < 0,001$ ). Aucun effet dose n'a été signalé ( $p > 0,05$ ).

Enfin les résultats de l'indice anti appétant montrent que le traitement par la CL<sub>25</sub> et la CL<sub>50</sub> induit une augmentation de cet indice ( $p = 0,0385$ ) et le fort taux est enregistré chez les traités avec la dose la plus élevée (CL<sub>50</sub>) par rapport aux traités à la CL<sub>25</sub>.

**Tableau 6.** Effets de l'HE d'*E. globulus* sur les indices nutritionnels chez les larves de *T. granarium* (m ± SEM ; n=6 répétitions comportant chacune 10 larves).

Concentrations	RGR	RCR	ECI	FDI
	(mg/mg/h)		(%)	
Témoins	0,38 ± 0,06a	11,55 ± 2,09a	3,39 ± 0,23a	-
CL <sub>25</sub>	0,06 ± 0,02b	3,85 ± 0,54b	1,72 ± 0,52b	58,82 ± 3,27a
CL <sub>50</sub>	0,03 ± 0,01b	2,24 ± 0,63b	1,54 ± 0,49b	70,11 ± 6,33b
P	<0,001	<0,001	<0,001	0,038
F	77,59	49,5	20,83	2,38
df	2	2	2	10

### 3.7. Effet de l'HE sur les enzymes digestives

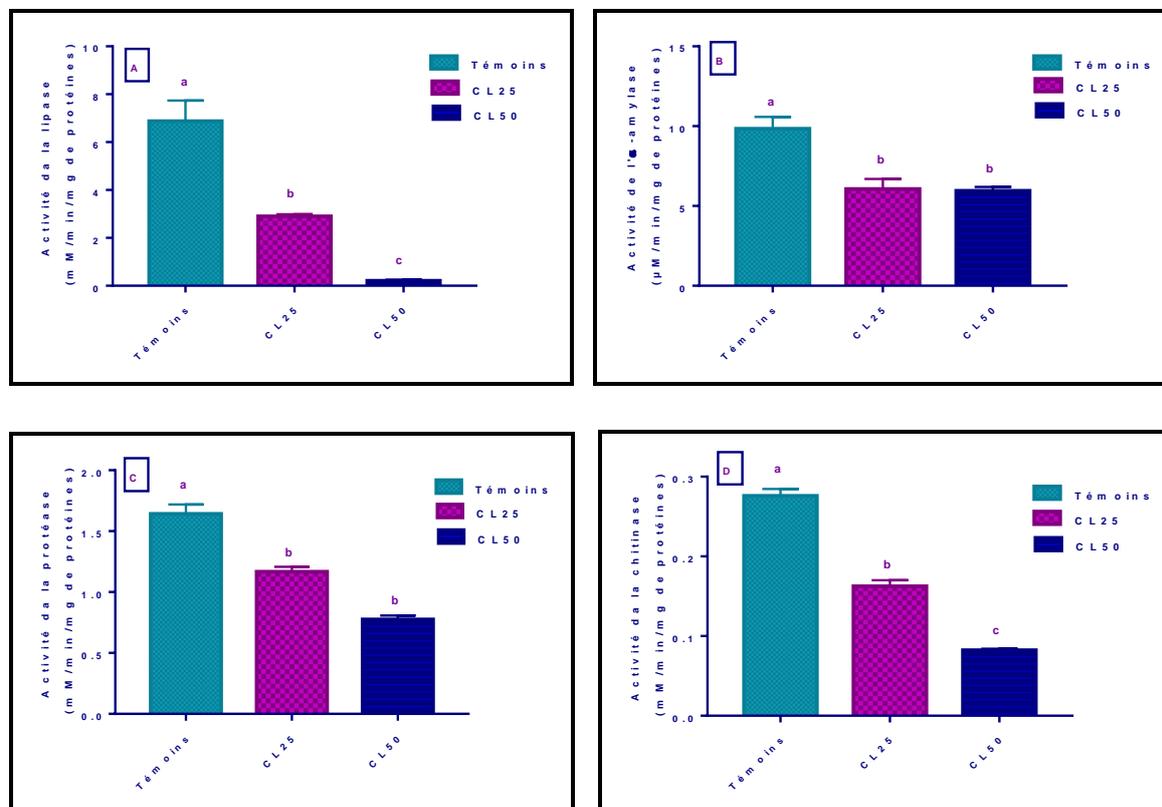
Les larves de *T. granarium* ont été traitées par fumigation avec deux concentrations létales (CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub>). Les effets de l'HE ont été évalués sur l'activité spécifique de quatre enzymes digestives :  $\alpha$ -amylase, chitinase, lipase et protéase.

Les résultats mentionnés dans la figure 17A, montrent une diminution significative de l'activité de la lipase chez les traités à la CL<sub>25</sub> et la CL<sub>50</sub> ( $F_{2,6} = 134,2$  :  $p < 0,001$ ) avec un effet dose (CL<sub>25</sub> vs CL<sub>50</sub> :  $p = 0,0014$ ) au cours de la période testée.

Concernant l'activité de  $\alpha$ -amylase et d'après les résultats mentionnés dans la figure 17B, on note une diminution significative de cette enzyme chez les traités à la CL<sub>25</sub> ( $p = 0,0005$ ) et à la CL<sub>50</sub> ( $p < 0,0004$ ) par rapport aux témoins, sans effet dose ( $p > 0,05$ ).

Les résultats de l'activité de la protéase révèlent une diminution de cette enzyme après traitement avec les deux concentrations appliquées sans effet dose (témoins vs CL<sub>25</sub> :  $p < 0,001$  ; témoins vs CL<sub>50</sub> :  $p < 0,001$  ; CL<sub>25</sub> vs CL<sub>50</sub> :  $p > 0,05$ ) (Fig. 17C).

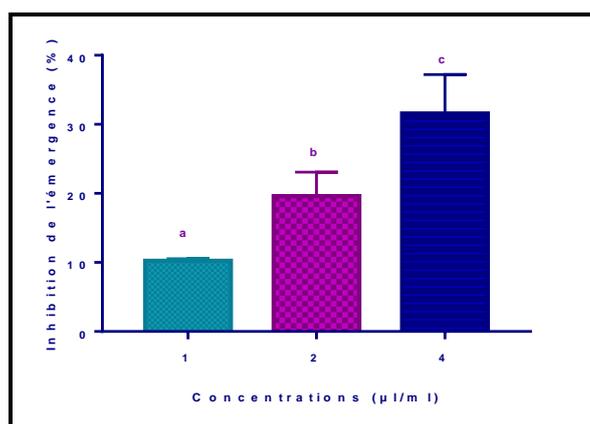
Enfin, les résultats du dosage de la chitinase présentés dans la figure 17D, montrent une diminution significative de cette enzyme chez les traités avec les deux concentrations avec un effet dose (témoins vs CL<sub>25</sub> :  $p < 0,001$  ; Témoins vs CL<sub>50</sub> :  $p < 0,001$  ; CL<sub>25</sub> vs CL<sub>50</sub> :  $p < 0,001$ ).



**Figure 9.** Effet de l'HE d'*E. globulus* (CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub>) sur l'activité enzymatique de la lipase (A),  $\alpha$ -amylase (B), protéase (C) et chitinase (D) chez les larves de *T. granarium* à 72 h après traitement (m  $\pm$  SEM, n=3 répétitions, comportant chacune 10 individus).

### 3.8. Effet de l'HE sur le taux d'inhibition de l'émergence

L'HE a été appliquée par ingestion sur les larves de *T. granarium* avec trois concentrations (1, 2 et 4  $\mu$ l/ml) et l'effet a été examiné jusqu'à l'émergence. Il ressort de nos résultats une augmentation significative du taux d'inhibition de l'émergence en fonction des concentrations appliquées ( $F_{2,15} = 46,69$  ;  $p < 0,001$ ).



**Figure 10.** Effet de l'HE d'*E. globulus* sur le taux d'inhibition de l'émergence (%) de *T. granarium* (( $m \pm SEM$ ,  $n=6$  répétitions, comportant chacune 10 individus).

# *Discussion*

## IV. Discussion

### 4.1. Rendement en huile essentielle

Les huiles essentielles ou huiles volatiles, sont des métabolites secondaires que les plantes aromatiques produisent habituellement pour combattre les infections et les parasites (Koroch *et al.*, 2007). Ces biopesticides peuvent être repartis au niveau des différentes parties des végétaux supérieurs : les fleurs (oranger, rose, lavande, girofle), les feuilles (eucalyptus, menthe, thym, laurier, sarriette, sauge...), les fruits (fenouil, anis, épicarpes des Citrus...), la tige (citronnelles...), les rhizomes et les racines (gingembre, vétiver, iris...), les graines (noix de muscade, coriandre...), le Bois et l'écorce (cannelle, santal, bois de rose...) (Teixeira *et al.*, 2013). Elles peuvent aussi être présentes dans différentes parties chez la même plante dont la composition varie d'une partie à l'autre, leur production se déroule dans le cytoplasme des cellules sécrétrices après elles s'accumulent dans des cellules glandulaires spécialisées situées en surface et recouvertes d'une cuticule (Bruneton, 1999 ; Ghestem *et al.*, 2001 ; Belaiche, 1979 ; Paris & Hurabielle, 1981).

Le rendement et la composition chimique des huiles varient beaucoup avec la plante utilisée, son origine ainsi que le matériel et les méthodes adoptés pour l'extraction (Marie *et al.*, 2006). L'extraction par hydrodistillation reste la méthode la plus utilisée et la plus simple pour l'obtention des meilleurs rendements, sans altération des huiles essentielles fragiles (Paris & Hurabielle, 1981 ; Khebizi & khocheman, 2011). Au cours de cette étude, le rendement en huile essentielle obtenu à partir des feuilles d'*Eucalyptus globulus* est de 3,40%. Cette valeur est importante par rapport à celle enregistrée par Pereira *et al.* (2005) qui est de 1,57%.

Ces résultats sont différents de ceux signalés dans certaines régions de l'Algérie, où on note un rendement de 0,43% dans la région de Msila (Rabiai, 2014), 0,50% dans la région d'Enaama (Abdellah & Louiza, 2018). Par ailleurs, le rendement de cette même plante présente également des variations d'un pays à un autre, il est de 1,10% en Inde (Joshi *et al.*, 2016), 1,90-2,7% au Maroc (Zira & Benjilali, 1996), 2,68% en Argentine (Viturro, 2003), 0,2% à Uganda (Cuéllar & Yunus, 2009), et 0,8-2% en Ethiopie (Gebrekidan, 2012).

Plusieurs facteurs peuvent avoir un impact direct sur le rendement en HE tels que les facteurs écologiques notamment climatiques, les facteurs géographiques, la nature du sol, le taux d'ensoleillement et l'altitude (Sandret, 1967; Hajji *et al.*, 1989; Verma *et al.*, 2015; Dosoky *et al.*, 2016; Da Silva *et al.*, 2017). De plus, l'âge de l'arbre et la maturité des feuilles peuvent

affecter ce rendement, car les jeunes feuilles ont tendance à avoir un rendement en huile plus élevé que celui des adultes (Shiferaw *et al.*, 2019 ; Kara & Saidi, 2016). Par ailleurs, plusieurs études ont montré que le rendement des HEs est faible au niveau des parties végétales fraîches (Mendes Silva *et al.*, 2011). Ceci pourrait être expliqué par la grande proportion d'eau présente.

### 4.2. Toxicité de l'huile essentielle

L'utilisation traditionnelle des plantes dans la lutte contre les déprédateurs des denrées stockées, et en tant que répulsives des insectes volants a fait preuve de son efficacité. Ces pratiques ont démontré que les huiles essentielles et leurs constituants sont toxiques à l'égard d'un grand nombre d'insectes par contact et par fumigation (Saheb, 2007).

Les huiles essentielles peuvent constituer des solutions efficaces, faciles à appliquer, à faible persistance (Isman, 2000 ; 2006), biodégradables et respectueuses de l'environnement (Pérez *et al.*, 2010). Elles présentent une toxicité faible contre les vertébrés : poissons, oiseaux et mammifères (Enan *et al.*, 1998) et jouent un rôle important dans la protection des plantes contre les ravageurs (Isman, 2000 ; Isman & Machial, 2006 ; Bakkali *et al.*, 2008). Les biopesticides à base d'huiles essentielles forment une classe d'insecticides intéressante car étant constituées de plusieurs composés à mécanismes d'action variés. En plus, elles ont des modes d'application multiples (Chiasson & Beloin, 2007).

La toxicité des huiles essentielles réside dans leur grande capacité à altérer certains processus physiologiques chez l'organisme cible. Etant volatiles, elles peuvent agir comme fumigènes, répulsifs, insecticides de contact (Lee *et al.*, 2004), perturbateurs de la reproduction (Isik *et al.*, 2009), et de la croissance et anti-appétants (Berenbaum & Zangerl, 1996). Elles peuvent être cytotoxique, neurotoxique, irritant ou allergène (Guba, 2001).

Notre étude sert à évaluer l'effet toxique de l'HE extraite d'*Eucalyptus globulus* sur les larves de *Trogoderma granarium* par fumigation. Les résultats ont montré une activité insecticide de cette huile avec une relation dose-réponse. La fumigation consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique, qu'on appelle fumigant. Son intérêt majeur est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur des grains et donc détruire les œufs, les larves et les nymphes qui s'y développent (Aidani, 2015).

L'activité insecticide de l'HE d'*Eucalyptus* a été prouvée dans plusieurs travaux et sur plusieurs espèces d'insectes (Tableau 11), tels que *Acanthoscelides obtectus* (Papachristos & Stamopoulos, 2002 ; 2004), *Pediculus humanus capitis* (Yang *et al.*, 2004), *Musca domestica*

(Abdel Halim & Morsy, 2005), les moustiques (Erler *et al.*, 2006 ; Lucia *et al.*, 2007 ; Manimaran *et al.*, 2012) et sur divers ravageurs des stocks (Mossi *et al.*, 2011 ; Negahban & Moharramipour, 2007 ; Aref & Valizadegan, 2015 ; Mahfuz & Khalequzzaman, 2007).

L'activité insecticide des huiles d'Eucalyptus est due à leurs composants tels que le 1,8-Cinéole, le Citronellal, le Citronellol, le p-Cymène, l'Eucamalol, le Limonène, le Linalol, le  $\alpha$ -Pinène, le -Terpinène, le  $\alpha$ -Terpinéol et l'Allocimène (Batish *et al.*, 2008 ; Choi *et al.*, 2002).

La bioactivité de l'huile essentielle dépend du type et de la nature des constituants et de leur concentration. Il varie en outre avec l'espèce, l'origine, la saison, le type de sol, le climat, l'âge des feuilles, la méthode de séchage du matériel végétal et méthode d'extraction de l'huile (Batish *et al.*, 2008). Les différents constituants de l'huile essentielle d'Eucalyptus agissent en synergie pour amplifier son activité pesticide globale (Batish *et al.*, 2008).

**Tableau 7.** Effet insecticide de certaines HEs à l'égard de différentes espèces de Coléoptères, ravageurs des denrées stockées.

Plante	Espèces visées	Référence
<i>E. camaldulensis</i>	<i>Tribollum confusum</i> et <i>Ephestia kuehniella</i>	Tunç <i>et al.</i> (2000)
<i>Eucalyptus sp</i>	<i>Sitophilus oryzae</i>	Lee <i>et al.</i> (2001)
<i>Eucalyptus sp</i>	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	Kanat & Alma (2003)
<i>Eucalyptus sp</i>	<i>Aedes albopictus</i> , <i>A. aegypti</i> et <i>Culex pipiens pallens</i>	Zhu <i>et al.</i> (2006)
<i>Eucalyptus sp</i>	<i>Tribolium castaneum</i> , <i>Rhyzopertha dominica</i> , <i>Sitophilus oryzae</i> , <i>Sitophilus zeamais</i> , <i>Corcyra cephalonica</i> et <i>Sitotroga cerealella</i>	Rajendran & Sriranjini (2008)
<i>E. intertexta</i> <i>E. sargentii</i> <i>E. camaldulensis</i>	<i>Callosobruchus maculatus</i> , <i>Sitophilus oryzae</i>	Negahban & Moharramipour (2007)
<i>E. nicholii</i> , <i>E. blakelyi</i> <i>E. codonocarpa</i>	<i>Sitophilus oryzae</i> , <i>Tribolium castaneum</i> et <i>Rhyzopertha dominica</i>	Lee <i>et al.</i> (2007)
<i>E. saligna</i>	<i>Sitophilus zeamais</i> et <i>Tribolium confusum</i>	Tapondjou <i>et al.</i> (2005)

### 4.3. Effet répulsif du traitement

La répulsion est un mécanisme de défense exercé par les plantes contre les insectes (Jayakumar *et al.*, 2017). Ce phénomène physiologique peut être utilisé pour lutter contre les dégâts causés par ces insectes ravageurs. Selon les travaux réalisés par Mann & Kaufman (2012), les composés phytochimiques affectent les principales fonctions métaboliques, biochimiques, physiologiques et comportementales des insectes (Mann & Kaufman, 2012), et peuvent bloquer également les voies respiratoires, entraînant l'asphyxie et la mort des ravageurs (Kaufmann & Briegel, 2004 ; Rotimi *et al.*, 2011). Les substances répulsives agissent localement ou à distance empêchant un insecte de voler, d'atterrir ou de piquer un animal ou l'Homme (Blackwell *et al.*, 2003; Nerio *et al.*, 2009; Sendi & Ebadollahi, 2013). Cette activité est liée aux principes actifs et aux autres constituants chimiques de l'huile (Damalas & Eleftherohorinos, 2011).

Nos résultats montrent que l'HE extraite d'*Eucalyptus globulus* a un effet répulsif (85 %) vis-à-vis des larves de *Trogoderma granarium* ce qui signifie que notre HE appartient à la catégorie des huiles très répulsifs. Les résultats montrent par Hasni & Hayat (2017) sur la même plante à l'égard de *R. domonica* (68, 35%).

Les propriétés répulsives des HEs et des extraits d'*Eucalyptus* sont bien documentées. Ceux-ci présentaient un pouvoir répulsif élevé contre diverses espèces d'insectes (Landolt *et al.*, 1999 ; Hadis *et al.*, 2003 ; Trongtokit *et al.*, 2005 ; Yang & Ma, 2005 ; Jaenson *et al.*, 2006 ; Gillij *et al.*, 2008 ; Toloza *et al.*, 2008). Des répulsifs à base d'huiles d'*eucalyptus* ont été formulés et évalués contre les moucheron piqueurs de *Leptoconops* (Carroll & Loye, 2006).

Papachristos & Stamopoulos (2002) ont montré que les HEs de 13 plantes aromatiques telles que *Thuja orientalis*, *C. sinensis*, *P. terebinthus*, *M. viridis*, *E. globulus*, *M. microphylla*, *R. officinalis* et *L. hybrida*, ont manifesté des effets répulsifs importants contre *Acanthoscelides obtectus*. Ces auteurs ont remarqué que les HEs les plus toxiques exhibent au même temps des effets répulsifs contre cet insecte. Un certain nombre d'huiles essentielles présentent également une activité répulsive contre divers insectes ravageurs (Traboulsi *et al.*, 2005; Shaaya & Kostyukovskiy, 2006; Kalita & Bhola, 2014; Nascimento *et al.*, 2017) (Tableau 12).

**Tableau 8.** Pourcentage de répulsion (%) de certaines plantes sur différentes espèces de ravageurs des denrées stockées

Plante	Espèces	PR (%)	Références
<i>Syzygium aromaticum</i>		86	
<i>Eucalyptus smithii</i>	<i>Callosobruchus maculatus</i>	86	<b>Aïboud et al. (2011)</b>
<i>Pimenta racemosa</i>		87	
<i>Citrus limonum</i>		75	
<i>Citrus paradisi</i>	<i>Acanthoscelides obtectus</i>	65	<b>Hamdani (2012)</b>
<i>Citrus aurantium</i>		85	
<i>Callistemon viminalis</i>	<i>Acanthoscelides obtectus</i>	36,6 à 80	<b>Ndomo et al. (2009)</b>
<i>Azadirachta indica</i>	<i>Sitophilus zeamais</i>	47,00	<b>Perera et al. (2016)</b>
<i>Psidium guajava</i>	<i>Sitophilus oryzae</i>	78,43	<b>Akhtar et al. (2013)</b>
<i>Datura stramonium</i>	<i>Tribolium castaneum</i>	70,8	<b>Hanif et al. (2016)</b>
	<i>Rhyzopertha dominica</i>	72,51	
	<i>Trogoderma granarium</i>	76,63	

#### 4.4. Effet de traitement sur les biomarqueurs

Les biomarqueurs sont des importants éléments d'évaluation des risques écotoxicologiques liés à la pollution, ils mesurent l'interaction entre un système biologique et un agent environnemental. Ils peuvent être chimiques, physiques ou biologiques (Who, 1993). L'inhibition ou l'induction des biomarqueurs dépend de l'évaluation du niveau d'exposition et des effets toxiques des xénobiotiques sur l'organisme (Strum et al., 2000 ; Varo et al., 2001).

##### 4.4.1. Effet du traitement sur l'AChE

Dans le système nerveux de divers organismes, l'acétylcholinestérase est une enzyme clé pour mettre fin à l'influx nerveux en catalysant l'hydrolyse du neurotransmetteur : l'acétylcholine (Oehmichen & Besserer 1982 ; Grundy & Still, 1985 ; Wang et al. 2004). Cette enzyme est indispensable au bon fonctionnement des synapses cholinergiques (Haubrüge & Amichote, 1998).

Le rôle de l'acétylcholinestérase est d'hydrolyser l'acétylcholine en acétate et choline afin de stopper la stimulation du récepteur et par conséquent la repolarisation de la membrane (Soreq & Zakut, 1993 ; Charpentier et al., 2000). Si l'action de cette enzyme est bloquée, la membrane post-synaptique se trouve continuellement excitée (Haubrüge & Amichote, 1998). L'augmentation de la concentration d'acétylcholine dans le synapse et l'excitation excessive du système nerveux entraînent une liaison prolongée de l'acétylcholine à son récepteur

postsynaptique, ce qui entraîne une intoxication, notamment une agitation, une hyperexcitabilité, des tremblements, des convulsions et une paralysie, aboutissant finalement à la mort (Estrada Mandaca *et al.*, 1998 ; Bairy, 2000 ; Samuel & Laurent, 2005 ; Braquenier, 2009 ; Rajashekar *et al.*, 2014).

L'analyse des résultats obtenus après dosage de l'AChE chez les larves de *trogoderma granarium* traitées avec l'HE d'*Eucalyptus globulus* révèlent une diminution de ce biomarqueur traduite par la neurotoxicité de cette huile.

Plusieurs travaux sur les huiles essentielles extraites à partir de plusieurs plantes ont enregistré une inhibition de l'activité de l'AChE (Orhan *et al.*, 2009 ; Tel *et al.*, 2010 ; Orhan *et al.*, 2013 ; Seo *et al.*, 2014). Les HEs extraites de deux plantes, *Cuminum cyminum* et *Piper nigrum* inhibent l'activité de l'AChE chez deux ravageurs, *Sitophilus zeamais* et *Sitophilus oryzae* (Chaubey, 2011 ; 2017). Des résultats similaires ont été signalés par El kady *et al.* (2008), qui ont observé une diminution de l'activité de l'AChE chez *Cx. pipiens* et *An. multicolor* après traitement avec deux bioinsecticides (Spinotoram et Vertemic). De plus, plusieurs travaux réalisés sur les moustiques ont signalé les mêmes observations après traitement aux huiles essentielles extraites de plantes appartenant à la famille des Lamiacées et Lauracées (Dris, 2018 ; Bougeurra, 2019 ; Guenez, 2020).

#### 4.4.2. Effet du traitement sur les GSTs

Les GSTs sont des enzymes multifonctionnelles impliquées dans l'étape de conjugaison du « glutathion réduit » à un grand nombre de xénobiotiques (Boyer, 2006). Elles sont surtout localisées dans le cytoplasme des cellules, du corps gras et des muscles alaires (Haubruge & Amichot, 1998). Elles ont un rôle important dans la détoxification de substances xénobiotiques et interviennent en catalysant la conjugaison de ces substances avec le groupement thiol du glutathion endogène (Jakoby & Habig, 1980). Ceci résulte en synthèse d'un acide mercapturique qui est ensuite facilement éliminable. Donc, le rôle majeur du glutathion est de convertir des composés lipophiles en molécules hydrophiles facilement excrétables (Habig *et al.*, 1974). Les GSTs permettent le développement de la résistance envers les insecticides, les herbicides et les antibiotiques. Elles jouent un rôle important dans la physiologie du stress, le transport intracellulaire et dans la biosynthèse des hormones (George, 1994 ; Board & Menon, 2013).

Chez les insectes, l'augmentation de cette enzyme traduit une mise en place du processus de détoxification qui est une forme de défense de l'insecte contre le pesticide (Clark, 1989). Mais la

diminution des GSTs peut être liée à l'implication de cette enzyme dans la biosynthèse des hormones et aussi dans le transport intracellulaire (Board & Menon, 2013; Enayati *et al.*, 2005).

L'activité spécifique des GSTs chez les larves de *T. granarium*, traitées à l'huile essentielle a augmenté d'une manière significative par rapport aux témoins. Des résultats similaires ont été également signalés chez *Zonocerus variegatus* exposé à l'extrait d'*Ocimum gratissimum* (Adeyi *et al.*, 2015), chez *Glyphodes pyloalis* traitée à l'extrait d'*Artemisia annua* (Khosravi *et al.*, 2011), et chez *Eurygaster integriceps* exposée à l'extrait d' *A. annua* (Zibae & Bandani 2010), chez *Tribolium castaneum* traité à l'HE d'*Artemisia dracuncululus* (Shojaei *et al.*, 2017) et chez *Myzus persicae* traité par les huiles extraites de certaines plantes de la famille des Asteraceae (Czerniewicz *et al.*, 2018). De plus, Guettal (2021) a montré une augmentation de ce biomarqueur suite au traitement des adultes de *S. granarius* avec le citron, l'azadirachtine et le mélange

Par contre, une réduction de l'activité des GSTs a été notée chez les larves L3 de *T. castaneum* et *C. maculatus* traitées aux HEs de cardamome, de cannelle et de muscade (Tarigan & Harahap, 2016), chez les larves de *Tribolium castaneum* traitées à l'huile d'*Agastache foeniculum* (Ebadollahi *et al.*, 2013), chez les larves de *Culex quinquefasciatus* traitées à l'HE de *Citrus grandis* (Mahanta *et al.*, 2017) et chez les larves de *T. castaneum* traitées aux HEs de six plantes : *Allium sativum*, *Mentha piperita*, *Ocimum basilicum*, *Thymus vulgaris*, *Sesamum indicum* et *Chamaemelum nobile* (El-Aziz *et al.*, 2009).

#### 4.4.3. Effet du traitement sur le GSH

Le glutathion (GSH) est un tripeptide soluble dans l'eau, constitué de trois acides aminés ; glutamate, cystéine et glycine (L- $\gamma$ -glutamyl-L cysteinyl glycine), produit naturellement dans le corps (Kim *et al.*, 2005; Meister & Anderson, 1983; Noctor *et al.*, 1998). Le glutathion est un biomarqueur non-enzymatique qu'il peut être transporté et/ou produit dans d'autres compartiments cellulaires. Le GSH joue un rôle majeur dans le processus de défense intracellulaire. C'est le principal système impliqué dans la détoxification des ions peroxyde et dans la lutte contre le stress oxydatif (Gannagé-Yared *et al.*, 1998). Le glutathion sous sa forme réduit est un composé important pour le maintien de l'équilibre redox de la cellule. Cette fonction thiol peut aussi fixer des fonctions électrophiles et sert donc à la détoxification de nombreux pesticides qui contiennent une telle fonction (Habig *et al.*, 1974). L'oxydation du glutathion réduit se fait par le glutathion peroxydase et la réduction du glutathion oxydé par le glutathion réductase (Gannagé-Yared *et al.*, 1998).

Le taux du GSH chez les larves de *T. granarium*, traitées à l'huile essentielle a diminué par rapport aux témoins, ce qui est en accord avec plusieurs travaux réalisés. [Dris \(2018\)](#) a montré que les HEs extraites à partir de trois plantes, *L. dentata*, *M. piperita* et *O. basilicum* provoquent une réduction du taux de la GSH chez deux espèces de moustiques, *Cs. Longiareolata* et *Cx. pipiens*. Nos résultats corroborent avec ceux de [Kiran et al. \(2017\)](#) qui ont constaté que les HEs de *Boswellia carterii* diminuent le taux de la GSH chez *Callosobruchus chinensis* et *C. maculatus*. Des résultats similaires ont été signalés par [Kiran & Prakash. \(2015\)](#) chez *S. oryzae* et *R. dominicia* après traitement par les HEs de *Gaultheria procumbens*.

Par contre, les travaux de [Singh et al. \(2017\)](#) mettent en évidence une augmentation du taux de la GSH chez *S. oryzae* exposée à l'anhydride 2,3-diméthylmaléique et chez *B. germanica* traitée par l'azadirachtine ([Saci, 2006](#)) et le spinosad ([Meghlaoui & Mansouri, 2010](#)).

La diminution de la GSH pourrait être expliquée par une consommation accrue de ce cofacteur par les GSTs afin de détoxifier les bioinsecticides. Cette diminution traduit une réduction du système antioxydant non enzymatique ([Tine, 2013](#)).

#### **4.5. Effet du traitement sur la composition biochimique**

Au moment où l'insecte entre en contact avec l'insecticide, ce dernier pénètre dans l'organisme et atteint, plus ou moins rapidement, au niveau cellulaire, les protéines et les enzymes cibles dont il entrave le fonctionnement normal ([Haubruge & Amichot, 1998](#)). Sur le plan physiologique, la détermination de la composition chimique de l'insecte telles que les protéines, les lipides et les glucides est importante à cause de leurs rôles cruciales dans le maintien du bon fonctionnement de l'organisme.

##### **4.5.1. Effet du traitement sur les protéines**

[Yazdani et al. \(2003\)](#) ont montré que les protéines sont nécessaires au développement, à la croissance et à l'accomplissement des activités vitales des insectes. Les enzymes des voies métaboliques sont principalement des protéines ([Preet & Sneha, 2011](#)), elles interviennent dans la régulation hormonale, le catabolisme enzymatique en plus que son incorporation dans la structure cellulaire comme les glucides et les lipides ([Cohen, 2010 ; Sugumaran, 2010](#)). Chez les insectes, comme les niveaux des protéines et des acides aminés sont très élevés, elles jouent un rôle majeur durant les différentes phases de leur vie ([Chippendale, 1970](#)). La teneur de l'insecte en protéines dépend de sa synthèse, sa dégradation, du mouvement de l'eau entre les tissus et de l'hémolymphe ([Gnanamani & Dhanasekaran, 2017](#)). Cependant, elles peuvent être inductibles à la suite d'une exposition à des xénobiotiques ([Haubruge & Amichot, 1998](#)). La

réduction de la teneur en protéines des larves a été attribuée à un ou à une combinaison de facteurs, comme une réduction de la synthèse des protéines ou une augmentation de la dégradation des protéines pour détoxifier les principes actifs présents dans l'extrait de plantes ou huiles essentielles (Vijayaraghavan *et al.*, 2010).

Nos résultats ont montré que le traitement des larves de *T. granarium* avec la CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub> de l'HE d'*Eucalyptus globulus* montre une augmentation du taux des protéines avec une relation dose-réponse. Ce qui a été observés chez les adultes de *R. dominica* traités à l'azadirachtine (Tine *et al.*, 2017), à l'*Eucalyptus globulus* et *Artemisia herba-alba* (Shiva & Aref, 2015) et chez les larves de *Rhizotrogini* traitées aux extraits hydroalcooliques des feuilles de *Nerium oleander* (Madaci *et al.*, 2008). Par contre les résultats de Guettal (2021) ont montré que le traitement des adultes de *S. granarius* par l'huile de *C. limonum*, l'azadirachtine et leur combinaison par fumigation et par ingestion, induit une perturbation du contenu en protéines en le diminuant. Cela concorde avec les observations d'Ali *et al.* (2017) qui ont révélé une réduction de la teneur en protéines totales chez les larves de *S. littoralis* traitées avec les extraits d'ail et de citron et chez *Choristoneura rosaceana* traitées avec de l'azadirachtine (Huang *et al.*, 2004). Des résultats similaires ont été enregistrés chez les larves de *Plodia interpunctella* après traitement à l'huile d'*Artemisia khorassanica* (Borzoui *et al.*, 2016), chez *Helicoverpa armigera* après traitement à l'HE d'*Azadirachta indica* (War *et al.*, 2014), chez les larves de *T. castaneum* soumises à la fumigation avec *Agastache foeniculum* (Ebadollahi *et al.*, 2013) et chez *T. castaneum* et *C. maculatus* (Tarigan & Harahap, 2016).

#### 4.5.2. Effet du traitement sur les lipides

Les lipides font partie intégrante des parois cellulaires des insectes, et contribuent également à d'autres fonctions comme la synthèse des hormones juvéniles, la métamorphose des larves en pupes et en adultes (Chapman, 1998 ; Timmermann & Briegel, 1999 ; Caroci *et al.*, 2004). Ils sont considérés comme source essentiel d'énergie métabolique, d'entretien cellulaire, de la reproduction, de l'embryogenèse et de métamorphose. Au cours de la vitellogenèse, des quantités appréciables de lipides sont déposés dans les œufs (Bailey, 1975). L'épuisement du taux de ce composant biochimique après traitement aux produits toxiques est dû au stress induit suite à l'exposition à un insecticide (Sancho *et al.*, 1998 ; Rambabu & Rao, 1994) qui se traduit par une altération de leurs synthèse (Klowden, 2007), à un dysfonctionnement hormonal qui contrôle le métabolisme lipidique (Steel, 1981), à l'utilisation de cette réserve métabolique (Sak *et al.*, 2006), à la formation des lipoprotéines, à la réparation des dommages cellulaires et à l'augmentation de la lipolyse pour fournir de l'énergie (Lohar & Wright, 1993; Steele, 1985).

Les perturbations des activités physiologiques et métaboliques provoquées par ces traitements expliquaient la mortalité de ces insectes.

Nos résultats ont montré que le traitement des larves de *T. granarium* avec la CL<sub>25</sub> et la CL<sub>50</sub> de l'HE d'*Eucalyptus globulus* provoque une diminution du taux des lipides avec une relation dose-réponse. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par [Dris \(2018\)](#) qui a constaté que le contenu en lipides est réduit chez les larves et les pupes de *Cx. pipiens* après traitement au basilic, à la lavande et la menthe. De plus, les résultats de [Guettal et al. \(2021\)](#) révèlent une diminution de ces réserves énergétiques suite aux traitements des adultes de *S. granarius* par l'huile de citron, l'azadirachtine et la mixture. Les travaux de [Senthil kumar et al. \(2009\)](#), ont également démontré une réduction des lipides totaux chez les larves d'*An. stephensi* traitées avec certains extraits de plantes. Des résultats similaires ont été observés par [Sharma et al. \(2011\)](#) qui ont rapporté que les teneurs en lipides chez les larves d'Anophélinés et de Culicinés diminuent de 28,57% et de 25% respectivement après traitement avec l'extrait d'*Artemisia annua*.

#### 4.5.3. Effet du traitement sur les glucides

Les glucides forment un groupe de composés très importants. Certains ont un rôle structural (cellulose, chitine, acide hyaluronique) alors que d'autres représentent une source d'énergie pour les organismes vivants ([Wiens & Gilbert, 1967](#)), soit immédiatement utilisable (tréhalose), soit sous forme de réserves (glycogène). Le taux de glycogène et de tréhalose dans les tissus sont étroitement liés aux événements physiologiques tels que le vol, la mue, et la reproduction ([Wiens & Gilbert, 1967](#)). Le tréhalose est la fraction la plus importante des glucides circulants. Il joue un rôle métabolique de premier plan dans le cycle de développement ([Steel, 1981](#)) et constitue une source énergétique essentielle en libérant le glucose sous l'action d'une enzyme, tréhalase, sa concentration dans l'hémolymphe est déterminée par la vitesse de deux processus : son retrait pour les besoins énergétiques de l'insecte et son stockage dans le corps gras ([Wyatt, 1967](#)).

Les résultats obtenus au cours de notre expérimentation révèlent une diminution du contenu en glucide ce qui est en accord avec les résultats obtenus précédemment dans notre laboratoire en utilisant la même plante contre une espèce de moustiques, *Culiseta longiareolata* ([Khaled & Dib, 2015](#)). Les travaux de [Guettal \(2021\)](#), montrent une diminution de ce composé après traitement de *S. granarius* par l'huile de *C. limonum*. La déplétion du glucose peut être due aux conditions de stress imposées à ces insectes qui ont besoin plus d'énergie pour couvrir les

dépenses énergétiques via une induction par des neuropeptides (Gäde, 2004; Mojarab-Mahboubkar *et al.*, 2015). Elle peut également être due à une accélération de la glycolyse au niveau du corps adipeux, au transport du glycogène du corps gras à l'hémolymphe en réponse à l'épuisement énergétique lorsque les individus sont exposés à des toxines (Zibae, 2011).

#### 4.6. Effet du traitement sur les indices nutritionnels

L'impact d'utilisation des pesticides botaniques sur le comportement alimentaire des insectes a été confirmé par Rajashekar *et al.* (2012), dont l'alimentation est perturbée ou inhibée en rendant par conséquent les matériaux traités peu attractifs ou désagréables

Dans ce contexte, le taux de la croissance relative (RGR), le taux de consommation relative (RCR), l'efficacité de la conversion des aliments ingérés (ECI) et l'indice de dissuasion alimentaire (FDI) sont les paramètres choisis pour évaluer le pouvoir anti-appétant de l'HE extraite d'*Eucalyptus globulus* à l'égard de *Trogoderma granarium*. Les résultats obtenus indiquent une diminution en ECI qui est une mesure globale de la capacité d'un insecte à utiliser la nourriture ingérée pour sa croissance et son développement ce qui signifie que plus la nourriture est métabolisée afin de produire de l'énergie, moins elle est convertie en substance corporelle (croissance) (Koul *et al.*, 2004). Le taux de consommation relatif est utilisé pour mesurer l'exploitation des aliments par les insectes, sa diminution reflète l'incapacité des larves de *T. granarium* à exploiter les aliments ingérés. La diminution du RGR et du RCR chez les larves traitées peut confirmer les effets toxiques des composés allélochimiques de la plante sur la membrane péritrophique et les dommages induits au niveau de l'intestin moyen (Marie *et al.*, 2009).

#### 4.7. Effet sur les enzymes digestives

La digestion est la décomposition des macromolécules ingérées en petits molécules absorbables et utilisables par les cellules, un processus qui se déroule par le biais d'un ensemble d'enzymes, pour cela, toute perturbation de ces derniers va empêcher l'insecte à accomplir cette fonction biologique (Zibae & Bandani, 2010). Dans ce cadre, notre étude s'intéresse à l'évaluation de l'effet de l'HE sur quatre enzymes indispensables pour la digestion.

L'application de l'HE d'*E. globulus* perturbe significativement l'activité des enzymes digestives chez les larves de *T. granarium* par rapport aux témoins avec une relation dose-réponse. Une diminution significative a été notée pour l'activité des quatre enzymes étudiées.

Les protéases jouent un rôle crucial dans la digestion des aliments grâce à son action protéolytique. Différents types de protéases sont nécessaires vue la variation des résidus d'acides aminés le long de la chaîne peptidique. Selon [Johnson \*et al.\* \(1990\)](#), [Senthil-Nathan \*et al.\* \(2006\)](#) et [Zibae & Bandani \(2010\)](#), les insecticides botaniques peuvent interférer avec la production de certains types de protéases et les empêchent de digérer les protéines ingérées.

Les lipases (EC 3.1.1) sont des enzymes qui hydrolysent les liaisons externes des molécules de graisses. Bien qu'il existe quelques études sur les lipases digestives des insectes, leur activité est affectée de manière significative par l'utilisation des insecticides botaniques. [Senthil Nathan \*et al.\* \(2006\)](#) ont montré que le traitement de *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera : Pyralidae) par l'azadirachtine diminue fortement l'activité de la lipase dans l'intestin moyen. [Zibae \*et al.\* \(2008\)](#) ont noté une inhibition de l'activité lipase dans l'intestin moyen de *Chilo suppressalis* (Lepidoptera : Pyralidae) après traitement à l'extrait d'*A. annua*.

Les chitinases sont les enzymes qui hydrolysent les liaisons glycosidiques des molécules de chitine, plus précisément, elles hydrolysent les liaisons  $\beta$ -(1-4) des résidus de N-acétyl- $\beta$ -D -glucosamine ([Merzendorfer & Zimoch, 2003](#)), et interviennent dans la formation et la dégradation de la membrane péritrophique qui protège l'épithélium intestinal ([Shen & Jacobs-Lorena, 1997](#)).

L' $\alpha$ -amylase est l'enzyme clé qui catalyse l'hydrolyse de la chaîne  $\alpha$ -1-4 glycane de l'amidon et du glycogène qui sont les formes stockées de carbohydrates ([Terra & Ferreira, 2005](#)). [Saleem & Shakoori \(1987\)](#) ont montré que les concentrations sublétales de pyréthroides diminuent l'activité de l' $\alpha$ -amylase dans l'intestin des larves de *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae). [Shekari \*et al.\* \(2008\)](#) ont montré que l'activité de l' $\alpha$ -amylase chez *Xanthogaleruca luteola* (Coleoptera : Chrysomellidae) traitée par l'extrait d'*Artemisia annua* diminue après 24 h de traitement. [Zibae & Bandani \(2010\)](#) ont montré que l'extrait d'*A. annua* provoque la réduction de l'activité  $\alpha$ -amylase chez *Eurygaster integriceps* (Hemiptera : Scutelleridae).

Dans ce type d'inhibition, les extraits végétaux peuvent se lier à l'enzyme en même temps que l'enzyme se lie au substrat, et cette liaison affecte la liaison du substrat et vice versa ([Zibae et Bandani, 2010](#)). Bien qu'il soit possible pour des inhibiteurs de type mixte de se lier au site actif, ce type d'inhibition résulte généralement d'un effet allostérique, où l'inhibiteur se lie à un site différent sur une enzyme. La liaison de l'inhibiteur à ce site allostérique modifie la

conformation (structure tertiaire ou forme tridimensionnelle) de l'enzyme de sorte que l'affinité du substrat pour le site actif est réduite (Zibae & Bandani, 2010).

L'activité de ces enzymes est liée aux conditions physiologiques du ravageur et reflète l'absorption, la digestion et le transport positif des nutriments dans l'intestin moyen. Selon Wilson & Goulding (1986), les insecticides botaniques ont un rôle dans la réduction de l'affinité de l'enzyme envers son substrat (Zibae & Bandani, 2010).

#### **4.8. Effet du traitement sur l'émergence**

D'après les résultats obtenus au cours de notre expérimentation, nous avons enregistré une inhibition de l'émergence de *T. granarium* traité à l'huile d'*E. globulus* et qui augmente en fonction des concentrations appliquées.

Une réduction de l'émergence de plus de 50% a été observée chez *R. dominica* après traitement à trois huiles essentielles *Ferula assa foetida*, *Pelargonium hortorum* et *Juglans regia* (Bahrami et al., 2016). Yahiatene (2013) a constaté que plus la dose du traitement (acide oléique et l'huile d'olive) est importante, plus la viabilité des larves de *C. maculatus* diminue. Namane & Mezani (2014) n'ont observé aucune émergence des adultes de *C. maculatus* après traitement des graines de niébé, avec l'huile d'olive issue de quatre régions différents de la wilaya de Tizi Ouzou.

*Conclusion*

## V. CONCLUSION

Le travail réalisé, nous a permis d'évaluer chez un ravageur des denrées, *Trogoderma granarium*, l'effet de l'huile essentielle extraite d'*Eucalyptus globulus* appliquée par fumigation. La répulsion, la composition biochimique, les biomarqueurs, le pouvoir anti appétant, les indices nutritionnels et l'émergence ont été déterminés.

L'application de l'HE par fumigation sur les larves de *Trogoderma granarium*, nous a permis d'établir les concentrations létales. Ce traitement manifeste une toxicité avec une relation dose-réponse. De plus, il possède une activité répulsive vis-à-vis de cette espèce.

L'HE d'*Eucalyptus globulus* testée avec les deux concentrations létales (CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub>) sur les larves de *Trogoderma granarium*, semble affecter la composition biochimique (Glucides, lipides et protéines) des individus traités comparativement aux témoins.

L'évaluation d'un biomarqueur de neurotoxicité, indique que l'HE d'*Eucalyptus globulus* provoque une inhibition de l'activité spécifique de l'AChE chez *T. granarium*. De plus, cette huile provoque une réduction du taux de la GSH et une augmentation de l'activité de la GST chez les traités comparativement aux témoins.

Par ailleurs, l'évaluation de l'effet de l'HE sur la détermination du pouvoir anti appétant et des indices nutritionnels des larves de *Trogoderma granarium* montre une perturbation de ces paramètres.

Enfin, les activités spécifiques des enzymes digestives sont également perturbées sous l'effet de l'HE. Les résultats révèlent une diminution significative de l'activité de l' $\alpha$ -amylase, chitinase, protéase et lipase chez les larves de *Trogoderma granarium*.

A l'avenir, il serait intéressant de compléter le présent travail en évaluant l'effet de ces HEs sur le potentiel reproducteur des adultes de *T. granarium*, l'évaluation de l'effet des principes actifs (composants majoritaires et minoritaires) de l'huile s'avère indispensable.

# *Résumés*

## Résumé

Notre travail a été réalisé pour évaluer l'impact d'une huile essentielle extraite d'*Eucalyptus globulus* sur le taux de mortalité, le potentiel répulsif, sur la composition biochimique et sur les indices nutritionnels d'un ravageur des stocks, *Trogoderma granarium*.

L'hydrodistillation des feuilles d'*Eucalyptus globulus* a donné un rendement de 3,40 %. Cette huile a été testée par fumigation sur plusieurs paramètres des larves de *Trogoderma granarium* :

**Aspect toxicologique :** a permis de déterminer le pouvoir insecticide de cette huile essentielle par fumigation contre les larves de *Trogoderma granarium* à différentes périodes. L'Eucalyptus révèle une activité adulticide avec une relation dose-réponse.

**Aspect répulsif :** a permis de mettre en évidence le pouvoir répulsif de cette huile à l'égard des larves de *T. granarium*. Cet extrait est très répulsif et il appartient à la catégorie 5.

**Aspect nutritionnel :** cet aspect met en valeur l'efficacité de cette huile essentielle sur les indices nutritionnels de *T. granarium*. Les résultats révèlent une diminution du pouvoir anti-appétant, du taux de la croissance et la consommation relative et du taux de la conversion des aliments ingérés.

**Aspect biochimique :** révèle un épuisement des réserves énergétiques et une perturbation du contenu en protéines chez les larves du traitement par fumigation avec les deux concentrations létales (CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub>). Le produit affecte relativement ces paramètres biochimiques au cours de la période testée (24h).

**Biomarqueurs :** qui sont permis de cerner l'efficacité de notre huile sur les biomarqueurs de stress oxydatif, GSH et GST et l'activité de l'acétylcholine, AChE au cours de la période testée.

**Enzymes digestives :** Protéase, lipase, chitinase et l' $\alpha$ -amylase sont les quatre enzymes digestives choisis pour le dosage.

**Mots clés :** *Trogoderme granarium*, *Eucalyptus globulus*, toxicité, fumigation, répulsion, indices nutritionnels, composition biochimique, biomarqueurs, digestion.

## Abstract

Our work was carried out to assess the impact of essential oil extracted from *Eucalyptus globulus* on the nutritional indices of a stock pest *Trogoderma granarium*.

The Hydrodistillation of *eucalyptus globulus* leaves gave a yield of 3.40 1%, which was tested via fumigation on several parameters of *Trogoderma granarium* larvae

**In terms of toxicity:** allowed to determine the insecticidal power of our essential oil by fumigation against the larvae of *Trogoderma granarium* at different periods. The essential oil reveals a toxic effect that affects 82% to 100% of people with high doses.

**Repulsive power:** the reptation test carried out by the method of MC Donald et al. (1970), demonstrated the repellency of our oil against *T. granarium* larvae. Our oil is classed among very repellent oils.

**Antifeedant power and nutritional indices:** to assess the of our essential oil on the nutritional indices of *T. granarium* by testing RGR, RCR, ECI and FDI.

**On the biochemical level:** allowed to determine the variations in metabolic reserves (carbohydrates, lipids and proteins) according to the treatment by fumigation with the two lethal concentrations (LC<sub>25</sub> and LC<sub>50</sub>). The product relatively affects these biochemical parameters during the tested period (24h).

**Biomarkers:** which are used to identify the efficiency of our oil on oxidative stress biomarkers, GSH and GST and the activity of acetylcholine, AChE during the tested period.

**Digestive enzymes:** Protease, lipase, chitinase and  $\alpha$ -amylase are the four digestive enzymes chosen for the assay.

**Key words:** *Trogoderma granarium*, *Eucalyptus globulus*, toxicity, fumigation, repulsion, nutritional indices, biochemical composition, biomarkers, digestion.

## الخلاصة

لقد تم عملنا لتقييم تأثير الزيت العطري المستخرج من نبات الكاليتوس على المؤشرات الغذائية لثاقبة الحبوب المخزنة *Trogoderma granarium*.

أعطى التقطير المائي لأوراق الكاليتوس مردود 3،401%، والذي تم اختياره عن طريق التبخير. على عدة معايير ليرقات *Trogoderma granarium*.

على صعيد السمية: جعل من الممكن تحديد قوة الإبادة الحشرية لزيتنا الأساسي عن طريق التبخير ضد يرقات *Trogoderma granarium* يكشف الزيت العطري عن تأثير سام يصيب 82% إلى 100% من الأفراد بجرعات عالية. الطرد: اختبار الطرد الذي تم إجراؤه بواسطة طريقة (MC Donald et al. (1970)، أظهر القوة الطاردة لزيتنا ضد يرقات *T. granarium* يصنف زيتنا من بين الزيوت شديدة الطرد.

القدرة على غلق الشهية والمؤشرات الغذائية: لتقييم فعالية الزيت العطري لدينا على المؤشرات الغذائية لـ *T. granarium* عن طريق اختبار RGR، RCR، ECI و FDI.

على المستوى البيوكيميائي: جعل من الممكن تحديد الاختلافات في الاحتياطيات الأيضية (الكربوهيدرات والدهون والبروتينات) وفقاً للمعالجة عن طريق التبخير بالتركيزات المميتة (LC25) و (LC50) يؤثر المنتج نسبياً على هذه المعلمات البيوكيميائية أثناء المعالجة.

المؤشرات الحيوية: التي تُستخدم لتحديد فعالية زيتنا في المؤشرات الحيوية للإجهاد التأكسدي، GSH، GST والنشاط الانزيمي لAChE أثناء العلاج.

الإنزيمات الهضمية: البروتياز، الليباز، الكيتيناز وألفا أميلاز هي الإنزيمات الهاضمة الأربعة المختارة للمقايضة.

الكلمات المفتاحية: *Trogoderma granarium*، نبات الكاليتوس، السمية، التبخير، التنافر، المؤشرات الغذائية، التركيب الكيميائي الحيوي، المؤشرات الحيوية، الهضم.

*Références  
bibliographiques*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

**Abdel Halim, A.S., Morsy, T.A. (2005).** The insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* oil on the development of *Musca domestica* third stage larvae. Journal of the Egyptian Society of Parasitology. 35 (2): 631-636.

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

**Abdellah, H., & Louiza, K. (2018).** Extraction des huiles essentielles de deux espèces aromatiques *Eucalyptus* (*Eucalyptus globulus*) et le Romarin (*Rosmarinus officinalis L.*) et leurs activités insecticides contre le puceron vert de certains arbres fruitiers.

**Adeyi, A. O., Akozi, G. O., Adeleke, M. A., Agbaogun, B. K. O., & Idowu, A. B. (2015).** Induction and activity of glutathione S-transferases extracted from *Zonocerus variegatus* (Orthoptera : Pyrgomorphidae) exposed to insecticides. International Journal of Tropical Insect Science. 35(1): 27-33.

**Ahmedani, M. S., Haque, M. I., Afzal, S. N., Naeem, M., Hussain, T., & Naz, S. (2011):** Quantitative losses and physical damage caused to wheat kernel (*Triticum aestivum L.*) by khapra beetle infestation. Pakistan Journal of Botany 43(1): 659-668.

**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.

**Aidani H. (2015).** Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ». Mémoire de master, Université de Tlemcen. 80p.

**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 Agricultural and Applied Sciences. 5(1).

**Ali, A. M., Mohamed, D. S., Shaurub, E.-S. H. & Elsayed, A. M. (2017).** Antifeedant activity and some biochemical effects of garlic and lemon essential oils on *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 3: 1476-1482.

**Aref, S. P. & Valizadegan, O. (2015).** Fumigant toxicity and repellent effect of three Iranian Eucalyptus species against the lesser grain beetle, *Rhyzopertha Dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 3(2): 198-202.

## B

**Bahrami, R., Kocheili, F. & Ziaee, M. (2016).** Effects of asafoetida, geranium and walnut leaves essential oils on nutritional indices and progeny reduction on *Rhyzopertha dominica* adults (Coleoptera: Bostrychidae). *Journal of Crop Protection*. 5 (3): 369-375.

**Bailey, E. (1975).** Biochemistry of insect flight. In *Insect biochemistry and function* 89-176. Springer, Dordrecht.

**Bainy, A.C.D. (2000).** Biochemical responses in penaeids caused by contaminants. *Aquaculture*. 191: 163 - 168.

**Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008).** Biological effects of essential oils-a review. *Food Chem. Toxicol.* 46: 446-475.

**Batish, D. R., Singh, H. P., Kohli, R. K. & Kaur, S. (2008).** Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*. 256 (12): 2166-2174.

**Belaiche, P. (1979).** *Traité de phytothérapie et d'aromathérapie : Les maladies infectieuses.* Maloine.

**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: 241-249.

**Berenbaum, M. R. & Zangerl AR. (1996).** Phytochemical diversity. Adaptation or random variation, *Rec Adv Phytochem* 30 :1-24

**Berhaut, P., Le Bras, A., Niquet, G., & Griaud P. (2003).** *Stockage et conservation des Grains à la ferme*, ARVALIS, Institut du végétale, Ed. Tec et Doc, Paris, 108 P.

- Berhaut, P., Le Bras, A. & Niquet, N., (2003).** Stockage et conservation des grains à la ferme. Ed. ARVALIS- Institut du végétale. Paris, France. 97-98
- Bernfeld, P. (1955).**  $\alpha$ -amylases. *Method.Enzymol.*1: 149-151.
- Blackwell, A., Stuart, A.E. & Estambale, B.A. (2003).** The repellent and antifeedant activity of oil of *Myrica gale* against *Aedes aegypti* mosquitoes and its enhancement by the addition of salicylic acid. *Proceedings of the Royal College of Physicians of Edinburgh.* 33: 209-214.
- Board, P. G. & Menon, D. (2013).** Glutathione transferases, regulators of cellular metabolism and physiology. *Biochimica et biophysica acta (bba)-general subjects.* 1830(5): 3267-3288.
- Borzoui, E., Naseri, B., Abedi, Z. & Karimi-Pormehr, M. S. (2016).** Lethal and Sublethal Effects of essential oils from *Artemisia khorassanica* and *Vitex pseudo-negundo* against *Plodia interpunctella* (Lepidoptera : Pyralidae). *Environmental Entomology.* 45(5): 1220-1226.
- Bouguerra, N. (2019).** Efficacité comparée des extraits de deux plantes, *Thymus vulgaris* et *Origanum vulgare* à l'égard d'une espèce de moustique, *Culex pipiens* : Composition chimique, Toxicité, Biochimie et Biomarqueurs. Thèse de Doctorat en Sciences. Spécialité : Biologie Animale. Université Larbi Tébessi, Tébessa, 137p.
- Boyer, S. (2006).** Résistance métabolique des larves de moustiques aux insecticides : conséquences environnementales. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat. Université Joseph Fourier. Grenoble I. 78p.
- Brader, B., Lee, R.C., Plarre, R., Burkholder, W., Kitto, G.B., Kao, C.H., Polston, L., Dorneanu, E., Szabo, I., Mead, B., Rouse, B., Sullins, D. & Denning R. (2002).** A comparison of screening methods for insect contamination in wheat. *Journal of Stored Products Research.* 3875-86.
- Bradford, M. M. (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry,* 72(1-2), 248-254.
- Braquenier, J.B. (2009).** Etude de la toxicité développementale d'insecticides organophosphorés : Analyse comportementale de la souris CD1. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat. Université de Liege. 217p.
- Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition, Ed. TEC et DOC, Paris.

## C

- Caid, H.S., Ecchammakh, T., Elamrani, A., Khalid, A., Boukroute, A., Mihamou, A. & Demandre, C. (2008).** Altérations accompagnant le vieillissement accéléré de blé tendre. Cahiers Agricultures. 17(1) : 39-44.
- Caroci, A. S., Li, Y. & Noriega, F. G. (2004).** Reduced juvenile hormone synthesis in mosquitoes with low teneral reserves reduces ovarian previtellogenic development in *Aedes aegypti*. Journal of Experimental Biology. 207(15): 2685-2690.
- Carroll, S. P. & Loye, J. (2006).** Field test of a Lemon Eucalyptus repellent against *Leptoconops* biting midges. Journal of the American Mosquito Control Association. 22(3): 483-485.
- Chapman, R. F. & Chapman, R. F. (1998).** The insects: Structure and function. Cambridge university press.
- Charpentier, A., Menozzi, P., Marcel, V., Villatte, F. & Fournier, D. (2000).** A method to estimate acetylcholinesterase-active sites and turnover in insects. Analytical Biochemistry. 285:76 - 81.
- Chaubey, M.K. (2011).** Fumigant toxicity of essential oils against rice weevil *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: curculionidae). Journal of Biological Sciences. 11(6) :411- 416.
- Chaubey, M.K. (2017).** Evaluation of insecticidal properties of *Cuminum cyminum* and *Piper nigrum* essential oils against *Sitophilus zeamais*. Journal of Entomology. 14:148 -154.
- Chiasson H. & Beloin N. (2007).** Les huiles essentielles, des biopesticides « Nouveau genre », Revue de littérature, Bulletin de la Société d'entomologie du Québec, Antennae. 14 (1) : 6.
- Chippendale, G. M. (1970).** Metamorphic changes in fat body proteins of the southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella*. Journal of Insect Physiology. 16(6): 1057-1068.
- Choi, W.S., Park, B.S., KU, S.K. & Lee, S. (2002).** Repellent activities of essential oils and monoterpenes against *Cules pipiens pallens*. Journal of the American Mosquito Control Association 18(4): 348-351.

**Clark, A. G. (1989).** The comparative enzymology of the glutathione S-transferases from non-vertebrate organisms. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*. 92(3): 419-446.

**Clements, A. N. (1992).** The biology of mosquitoes. In: *Development, Nutrition and Reproduction*. Vol 1 Chapman and Hall, London.

**Clevenger, J.F. (1928).** Apparatus for the determination of volatile oil. *Journal of the American Pharmaceutical Association*. 17: 341-346.

**Cohen, E. (2010).** Chapter 2 - Chitin Biochemistry: Synthesis, Hydrolysis and Inhibition. In J. Casas & S. J. Simpson (Éds.), *Advances in Insect Physiology*. Academic Press. 38: 5-74.

**Cuéllar, A. C. & Yunus, R. H. (2009).** Evaluation of the yield and the antimicrobial activity of the essential oils from: *Eucalyptus globulus*, *Cymbopogon citratus* and *Rosmarinus officinalis* in mbarara district (Uganda). *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 1(2): 240-249.

**Czerniewicz, P., Chrzanowski, G., Sprawka, I. & Sytykiewicz, H. (2018).** Aphicidal activity of selected Asteraceae essential oils and their effect on enzyme activities of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). *Pesticide biochemistry and physiology*. 145: 84–92.

## D

**Da Silva, G. S., Canuto, K. M., Ribeiro, P. R. V., de Brito, E. S., Nascimento, M. M., Zocolo, G. J. & de Jesus, R. M. (2017).** Chemical profiling of guarana seeds (*Paullinia cupana*) from different geographical origins using UPLC-QTOF-MS combined with chemometrics. *Food Research International*. 102: 700-709.

**Dabiré, C., Niango, Ba.M. & Sanon, A., (2008).** Effects of crushed fresh *Cleome viscosa* L. (Capparaceae) plants on the cowpea storage pest, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera: Bruchidae). *International Journal of Pest Management*. 54 (4): 319-326.

**Dal, B.G., Padin, S., Lopez-lastra, C. & Fabrizio, M. (2001).** Laboratory evaluation of Chemical-biological control of the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grains. *Journal of Stored Products Research*. 37: 77-84.

**Damalas, C. A. & Eleftherohorinos, I. G. (2011).** Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International journal of environmental research and public health*. 8(5): 1402-1419.

- 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
- De Carvalho, B.N.C.R., Negrisoni-Junior, A.S., Bernardi, D. & Silveira-Garcia, M. (2013).** Activity of eight strains of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernema matidae, Heterorhabditidae) against five stored product pests. Experimental Parasitology.134: 384-388.
- Delobel. & Tran, (1993).** Les Coléoptères des denrées entreposées dans les régions chaudes. Ed. Orstom. 125-129.
- Djermoun, A. (2009).** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie.1:45-53.
- Dosoky, N. S., Satyal, P., Pokharel, S. & Setzer, W. N. (2016).** Chemical composition, enantiomeric distribution, and biological activities of *Rhododendron anthopogon* leaf essential oil from Nepal. Natural Product Communications. 11(12): 1895 - 1898.
- Doumandji, A., Doumandji-Mitiche, B. & Doumandji, S.A. (2003).** Technologie de transformation des blés et problème dans aux insectes au stock, Ed. Office de publication universitaire, Alger, 66p.
- Dris, D. (2018).** Etude de l'activité larvicide des extraits de trois plantes *Mentha piperita*, *Lavandula dentata* et *Ocimum basilicum* sur les larves de deux espèces de moustiques *Culex pipiens* (Linné) et *Culiseta longiareolata*. (Aitken). Thèse de Doctorat en sciences. Spécialité : Biologie Animale. Université Badji Mokhtar, Annaba. 140 pages.
- Duchateau, G. & Florkin, M. (1959).** Sur la tréhalosémie des insectes et sa signification. Arch. Insect. Physiol. Biochem., 67: 306-314.

## E

- Ebadollahi, A., Khosravi, R., Sendi, J.J., Honarmand, P. & Amini, R.M. (2013).** Toxicity and physiological effects of essential oil from *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae. Annual Review & Research in Biology. 3(4):649-658.
- EL Kady, A.G., Kamel, H.N., Mosleh, Y.Y. & Bahght, I.M. (2008).** Comparative toxicity of two bio-insecticides (Spinetoram and Vertemic) compared with methomyl against *Culex pipiens* and *Anopheles multicolor*. World Journal of Agricultural Sciences.4 (2): 198-205.

**El-Aziz, A., Mona, F. & El-Sayed, Y. A. (2009).** Toxicity and biochemical efficacy of six essential oils against *Tribolium confusum* (du val) (Coleoptera : Tenebrionidae). Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology. 2(2): 1-11.

**Ellman, G.L., Courtney, K.D., Andres, V. & Featherstone, R.M. (1961).** A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. Biochem. Pharmacol. 7:88-95.

**Enan, E., Beigler, M. & Kende, A. (1998).** Insecticidal action of terpenes and phenols to cockroaches: effect on octopamine receptors. In: Proceedings of the International Symposium on Plant Protection, Gent, Belgium

**Enayati, A. A., Ranson, H. & Hemingway, J. (2005).** Insect glutathione transferases and insecticide resistance. Insect molecular biology. 14(1): 3-8.

**Erler, F., Ulug, I. & Yalcinkaya, B. (2006).** Repellent activity of five essential oils against *Culex pipiens*. Fitoterapia 77: 491-494.

## G

**Gäde, G. (2004).** Regulation of intermediary metabolism and water balance of insects by neuropeptides. Annual Reviews in Entomology. 49(1): 93-113.

**Gannagé-Yared, M., Khneisser, I., Salem, N., Gouyette, A., Loiselet, J. & Halaby, G. (1998).** Glutathion et glutathion S-transférase sanguins et leucocytaires: relation avec la cholestérolémie chez des volontaires sains. Annales de Biologie Clinique. 56 (3) : 321-327.

**Garcia-Carreno, F.L. & Haard, N.F. (1993).** Characterization of protease classes in langostilla (*Pleuroncodes planipes*) and crayfish (*Pacifastacus astacus*) extracts. Journal of Food Biochemistry. 17 (2): 97-113.

**Gebrekidan, A., Subramanian, A. & Nigussie, K. (2012).** Yield, contents and chemical composition variations in the essential oils of different *Eucalyptus globulus* trees from Tigray, Northern Ethiopia. JPBMS. 17(11): 1-6.

**George, S.G. (1994).** Enzymology and molecular biology of phase II xenobiotic conjugating enzymes in fish. In: Malins, D.C., Ostrander, G. K. Aquatic Toxicology Molecular Biochemical and Cellular. Perspect Lewis, Boca Raton, FL. 37- 85.

**Ghuestem, A., Seguin, E., Pari, S M. & Orecchioni, A. M. (2001).** Le préparateur en pharmacie. Dossier 2, -Botanique, Pharmacognosie, Phytothérapie, Homéopathie. Ed. TEC et DOC, Paris.

**Gillij, Y. G., Gleiser, R. M. & Zygadlo, J. A. (2008).** Mosquito repellent activity of essential oils of aromatic plants growing in Argentina. *Bioresource technology*. 99(7): 2507-2515.

**Gnanamani, R. & Dhanasekaran, S. (2017).** Efficacy of *azadirachta indica* leaf extract on the biochemical estimation of a lepidopteran pest *Pericallia ricini* (Lepidoptera: Arctiidae). *World Applied Sciences Journal*. 35(2): 177-181.

**Goldsworthy, G. J., Mordue, W. & Guthkelch, J. (1972).** Studies on insect adipokinetic hormones. *General and Comparative Endocrinology*. 18(3): 545-551.

**Grundy, D.L. & Still, C.C. (1985).** Inhibition of acetylcholinesterases by pulegone-1,2-epoxide. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 23:383-388.

**Guba, R. (2001).** Toxicity myths-essential oils and their carcinogenic potentiel. *International Journal of Aromatherapy*. 11 : 76-83.

**Guenez, R. (2020).** Contribution à l'étude de l'activité larvicide des extraits de certaines plantes sur les larves de trois espèces de moustiques *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas) et *Culiseta longiareolata* (Aitken). Thèse de Doctorat en Sciences. Spécialité : Biologie Animale. Université Badji Mokhtar, Annaba, 113p.

**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. 141p.

**Gwinner, J., Harnisach, R. & Muck O. (1996).** Manuel sur la manutention et la conservation des graines après récolte, Ed. Eschborn, 368p.

## H

**Habig, W.H., Pabst, M.J. & Jakoby, W.B. (1974).** Glutathione S-Transferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry*. 249: 7130-7139.

**Hadaway, AB. (1956).** The biology of the dermestid beetles, *Trogoderma granarium* Everts and *Trogoderma versicolor* (Creutz). *Bulletin of Entomological Research*. 46: 781-796.

**Hadis, M., Lulu, M., Mekonnen, Y. & Asfaw, T. (2003).** Field trials on the repellent activity of four plant products against mainly *Mansonia* population in western Ethiopia. *Phytotherapy research*. 17(3): 202-205.

**Hajji, F., El Idrissi, A, Fkih-Tetouani, S. & Bellakhdar, J. (1989).** Étude des compositions chimiques de quelques espèces d'Eucalyptus du Maroc. *Al Biruniya*. 5 (2) : 125-133.

**Hamdani, D. (2012).** Action des huiles et de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques du bruche du Haricot, *Acanthoscelides obtectus* (Say.) (Coleoptera : Bruchidae), Mémoire de Magister en Sciences biologiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 97p.

**Hanif, C. M. S., Ul-Hasan, M., Sagheer, M., Saleem, S., Akhtar, S. & Ijaz, M. (2016).** Insecticidal and repellent activities of essential oils of three medicinal plants towards insect pests of stored wheat. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 22(3): 470-476.

**Hasni, Z. & Hayet, R. (2017).** Evaluation de l'effet repulsif de trois huiles essentielles des plantes vis-à-vis de l'insecte des céréales stockées (*Rhyzopertha dominica*). Mémoire de master. Université de M'sila.

**Haubruge, E. & Amichot, M. (1998).** Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. France. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement.*, 2 (3): 161-174.

**Haubruge, E., Gilson, J. C., Gaspar, C., Lognay, G., Marlier, M. & Danhier, P. (1989).** Etude de la toxicité de cinq huiles essentielles extraites de *Citrus* sp. à l'égard de *Sitophilus zeamais*, *Prostephanus truncatus* et *Tribolium castaneum*. *Mededelingen van de Faculteit Landbouw wetenschappen Rijks universiteit Gent*. 41:1083-1093.

**Henry, Y. & De Buyser, J. (2001).** L'origine des blés. In : Belin. *Pour la science* (Ed.). De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, pp. 69-72.

**Huang, Y., Lam, S. L., & Ho, S. H. (2000).** Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. to *Sitophilus zeamais castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*. 36: 107-117.

**Isik, M. & Gorur, G. (2009).** *Entomology and Zoology*. 4(2) 424-431.

**Isman, M.B. (2005).** Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Reviews Entomology*. 51: 45-66.

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

**Isman, M.B. (2000).** Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*. 19: 603-608.

**Isman, M.B. (2006).** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*. 51: 45–66.

**Isman, M.B., & Machial, C.M. (2006).** Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. In: Rai, M., Carpinella, M.C. (Eds.), *Naturally Occurring Bioactive Compounds. Advances in Phytomedicine*, vol. 3. Elsevier, pp. 29-44.

## J

**Jaenson, T. G., Garboui, S. & Pålsson, K. (2006).** Repellency of oils of lemon eucalyptus, geranium, and lavender and the mosquito repellent MyggA natural to *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) in the laboratory and field. *Journal of Medical Entomology*. 43(4): 731-736.

**Jakoby, W.B., & Habig, W.H. (1980).** Glutathione transferases. *Enzymatic Basis of Detoxification*. 2: 63-94.

**Jayakumar., Manickkam., Arivoli, S., Raveen, R. & Tennyson, S. (2017).** Repellent activity and fumigant toxicity of a few plant oils against the adult rice weevil *Sitophilus oryzae* Linnaeus 1763 (Coleoptera : Curculionidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5(2): 324-335.

**Johnson, D. E., Brookhart, G. L., Kramer, K. J., Barnett, B. D. & Mc Gaughey, W. H. (1990).** Resistance to *Bacillus thuringiensis* by the Indian meal moth *Plodia interpunctella*: Comparison of midgut proteinase from susceptible and resistant larvae. *Journal of Invertebrate Pathology*. 55: 235–244.

## K

- Kanat, M., & Alma, M.H. (2003).** Insecticidal effects of essential oils from various plants against larvae of pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). *Pest Manage. Sci.* 60 : 173–177.
- Kara, K. & Saidi, S. (2016).** Contribution à l'étude comparative du rendement et des composés chimiques de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* L entre les feuilles âgées et les feuilles jeunes de la forêt de Harouza (Commune de Tizi-Ouzou) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Kaufmann, C., & Briegel, H. (2004).** Flight performance of the malaria vectors *Anopheles gambiae* and *Anopheles atroparvus*. *Journal of the Society for Vector Ecology.* 29(1): 140-153.
- Keïta, S.M., Vincent Jean-pierre, C., Schmit, J.P., Ramaswamy, S. & Bélanger, A. (2000).** Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 36 :355-364.
- Kellouche, A. (2005).** Etude du bruche du pois chiche *Callosobruchus maculatus*. F (Coleoptera: Bruchidae); Biologie physiologie, reproduction en lutte. Thèse de doctorat d'état en Science Naturelles. Spécialité : Entomologie, U.M.M.T.O. 154p.
- Khaled, I. & Dib, D. (2015).** Evaluation de l'activité des huiles essentielles de l'*Eucalyptus globulus* à l'égard d'une espèce de moustiques *Culex pipiens* : toxicologie, développement, morphométrie et biochimie. Mémoire de Master. Université de Tébessa. p : 39-44.
- Khebizi, S., & Khocheman, S. (2011).** Etude ethnobotanique de l'armoise blanche et intérêt de ses huiles essentielles. Thèse de Pharmacien d'état. Université Badji Mokhtar Annaba. Algérie.
- Khosravi, R., Sendi, J. J., Ghadamyari, M. & Yezdani, E. (2011).** Effect of sweet wormwood *Artemisia annua* crude leaf extracts on some biological and physiological characteristics of the lesser mulberry pyralid, *Glyphodes pyloalis*. *Journal of Insect Science.* 11(1).
- Kim, B.J., Choi, C.H., Lee, C.H., Jeong, S.Y., Kim, J.S., Kim, B.Y., Yim, H.S. & Kang, S.O. (2005).** Glutathione is required for growth and prespore cell differentiation in *Dictyostelium*. *Developmental biology.* 284(2): 387-398.
- Kim, S. I., Roh, J. Y., Kim, D. H., Lee, H. S. & Ahn, Y. J. (2003).** Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *Journal of Stored Products Research.* 39(3): 293-303.

**Kiran, S. & Prakash, B. (2015).** Assessment of toxicity, antifeedant activity, and biochemical responses in stored-grain insects exposed to lethal and sublethaldoses of *Gaultheria procumbens* L. essential oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 63 (48):10518-10524.

**Kiran, S., Kujur, A., Patel, L., Ramalakshmi, K. & Prakash, B. (2017).** Assessment of toxicity and biochemical mechanisms underlying the insecticidal activity of chemically characterized *Boswellia carterii* essential oil against insect pest of legume seeds. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 139:17-23.

**Klowden, M.J. (2007).** *Physiological systems in insects*, Amsterdam: Elsevier, Academic Press. pp. 688.

**Koroch, A.R., Juliani, H.R. & Zygadlo, J.A. (2007).** Bioactivity of essential oils and their components. In: Berger RG. (Ed.), *Flavours and Fragrances Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*. Ed: Springer, Germany. 87-115.

**Kouassi, B. (1991).** Influence de quelque facteurs extérieurs sur le cycle de développement et suivie de *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera- Curculionidae). Thèse Doctorat en Biologie Animale. Fac. Scie et Tech. Univ. Nati. Cote d'Ivoire., 105p.

**Koul, O., Singh, G., Singh, R., Singh, J., Daniewski, W.M. & Berlozecki, S. (2004).** Bioefficacy and mode of action of some limonoids of salannin group from *Azadirachta indica* A. Juss. and their role in a multicomponent system against lepidopteran larvae. *Journal of Biosciences*. 29(4) : 409-16.

## L

**La Pharmacopée Européenne. (2017).** EDQM. Huiles essentielles – Aetherolea. 9ème édition.

**Lahlou, M. (2004).** Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapyresearch*18 (6): 435-448.

**Landolt, P. J., Hofstetter, R. W. & Biddick, L. L. (1999).** Plant essential oils as arrestants and repellents for neonate larvae of the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*. 28(6): 954-960.

**Lee, B.H., Choi, W.S., Lee, S.E. & Park, B.S. (2001).** Fumigant toxicity of essential oils and their constituent compounds towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Crop Prot.* 20: 317-320.

**Lee, B.H., Annis, P.C., Tumaalii, F. & Choi, W.S. (2004).** Fumigant toxicity of *Eucalyptus blakelyi* and *Melaleuca fulgens* essential oils and 1,8-cineole against different development stages of the rice weevil *Sitophilus oryzae* *Journal of Stored Products Research.* 40(5): 553-564.

**Lee, O.G., Choi, G.J., Jang, K.S., Lim, H.K., Cho, K.Y., Kim, J.C. (2007).** Antifungal activity of five plant essential oils as fumigant against postharvest and soilborne plant pathogenic fungi. *Plant Pathology Journal.* 23: 97-102.

**Lohar, M. K. & Wright, D. J. (1993).** Changes in the lipid content in haemolymph, fat body and oocytes of malathion treated *Tenebrio molitor* L. Adult females. *Pakistan Journal of Zoology.* 25: 57-57.

**Lucia, A., Audino, P. G., Seccacini, E., Licastro, S., Zerba, E. & Masuh, H. (2007).** Larvicidal effect of *Eucalyptus grandis* essential oil and turpentine and their major components on *Aedes aegypti* larvae. *Journal of the American Mosquito Control Association.* 23(3) : 299-303.

## M

**Madaci, B., Merghem, R., Doumandji, B. & Soltani, N. (2008).** Effet du *Nerium oleander*, laurier-rose, (Apocynaceae) sur le taux des protéines, l'activité de l'ACHé et les mouvements des vers blancs Rhizotrogini, (Coleoptera Scarabaeidae). *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies.* 73-78.

**Mahanta, S., Khanikor, B. & Sarma, R. (2017).** Potentiality of essential oil from *Citrus grandis* (Sapindales: Rutaceae) against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies.* 5(3):803-809.

**Mahfuz, I. & Khalequzzaman, M. (2007).** Contact and fumigant toxicity of essential oils against *Callosobruchus maculatus*. *University Journal of Zoology Rajshahi.* 26: 63-66.

**Manimaran, A., Cruz, M. M. J. J., Muthu, C., Vincent, S. & Ignacimuthu, S. (2012).** Larvicidal and knockdown effects of some essential oils against *Culex*

*quinquefasciatus* Say, *Aedes aegypti* (L.) and *Anopheles stephensi* (Liston). *Advances in Bioscience and Biotechnology*. 3(07): 855.

**Mann, R. S. & E Kaufman, P. E. (2012).** Natural product pesticides : Their development, delivery and use against insect vectors. *Mini-Reviews in Organic Chemistry*. 9(2): 185-202.

**Marie, S. S., Amr, E. M. & Salem, N. Y. (2009).** Effect of some plant oils on biological, physiological and biochemical aspects of *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 5(1) : 103-107.

**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). [PhD Thesis].

**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. *USDA Marketing Research Report*. 882.

**Meghlaoui, Z. & Mansouri K. (2010).** Effet d'un bioinsecticide, le spinosad sur *Blattella germanica* (Dictyoptera : Blattellidae) : Activité spécifique de la GST et du GSH. Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master Université de Badji Mokhtar. Annaba. p 7-21.

**Meister, A. & Anderson, M. E. (1983).** Glutathione. *Annual review of biochemistry*. 52(1): 711-760.

**Merrouche, A., Touati, H. & Zemmar, K. (2016).** Etude préliminaire de l'activité insecticide des extraits des plantes (*Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* et *Nerium oleander*) à l'égard d'une espèce de moustique *Culex pipiens*. Master Spécialité : Biologie, évolution et contrôle de population d'insectes. Université des Frères Mentouri Constantine. p70.

**Merzendorfer, H. & Zimoch, L. (2003).** Chitin metabolism in insects: structure, function and regulation of chitin synthases and chitinases. *Journal of Experimental Biology*. 206(24): 4393-4412.

**Miller, G.L. (1959).** Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal.Chem.* 31: 426-428.

**Mojarab-Mahboubkar, M., Sendi, J. J., & Aliakbar, A. (2015).** Effect of *Artemisia annua* L. essential oil on toxicity, enzyme activities, and energy reserves of cotton bollworm

*Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera : Noctuidae). Journal of Plant Protection Research. 55(4): 371-377.

**Mossi, A. J., Astolfi, V., Kubiak, G., Lerin, L., Zanella, C., Toniazzo, G. & Restello, R. (2011).** Insecticidal and repellency activity of essential oil of *Eucalyptus sp.* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). Journal of the Science of Food and Agriculture. 91(2): 273-277.

N

**Namane, D., & Mezani, F., (2014).** Composition chimique de l'huile d'olive de différentes régions de Kabylie, étude de son activité insecticide à l'égard de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de master en Biologie, U.M.M.T, pp 20-34.

**Nameirakpam, B. S., Sahoo, D., & Rajashekar, Y. (2017).** Biochemical efficacy, molecular docking and inhibitory effect of 2, 3-dimethylmaleic anhydride on insect acetylcholinesterase. Scientific reports. 7(1) : 1-11.

**Nascimento, A. M. D., Maia, T. D. S., Soares, T. E. S., Menezes, L. R. A., Scher, R., Costa, E. V., Cavalcanti, S. C. H. & La Corte, R. (2017).** Repellency and larvicidal activity of essential oils from *Xylopi laevigata*, *Xylopi frutescens*, *Lippia pedunculosa*, and their individual compounds against *Aedes aegypti* Linnaeus. Neotropical Entomology. 46(2): 223-230.

**Ndomo, A. F., Tapondjou, A. L., Tendonkeng, F. & Tchouanguép, F.M., 2009.** Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say.) (Coleoptera: Bruchidae). *Tropicultura*. 27(3): 137-143.

**Negahban, M., & Moharramipour, S. (2007).** Fumigant toxicity of *Eucalyptus intertexta*, *Eucalyptus sargentii* and *Eucalyptus camaldulensis* against stored-product beetles. Journal of Applied Entomology. 131: 256-261.

**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.

**Noctor, G., Arisi, A.-C. M., Jouanin, L., Kunert, K. J., Rennenberg, H. & Foyer, C. H. (1998).** Glutathione: Biosynthesis, metabolism and relation ship to stress tolerance explored in transformed plants. *Journal of Experimental Botany*. 49(321): 623-647.

O

**Orhan, I.E., Senol, F.S., Gülpinar, A.R., Kartal, M., Sekeroglu, N., Deveci, M., Kan, Y., & Sener, B. (2009).** Acetylcholinesterase inhibitory and antioxidant properties of *Cyclotrichium niveum*, *Thymus praecox* subsp. *caucasicus* var. *caucasicus*, *Echinacea purpurea* and *E. pallida*. *Food Chemistry and Toxicology*. 47:1304-1310.

**Orhan, I.E., Senol, F.S., Ozturk, N., Celik, S.A., Pulur, A. & Kan, Y. (2013).** Phytochemical contents and enzyme inhibitory and antioxidant properties of *Anethum graveolens* L. (dill) samples cultivated under organic and conventional agricultural conditions. *Food Chemistry and Toxicology*. 59: 96-103.

P

**Papachristos, D.P. & Stamopoulos, D.C. (2002).** Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera : Bruchidae). *Journal of stored products research*. 38(2): 117-128.

**Papachristos, D.P. & Stamopoulos, D.C. (2004).** Toxicity of vapours of three essential oils to the immature stages of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of stored products research*. 40: 517-525

**Paris, M. & Hurabielle, M. (1981).** Abrège de matière médicinale pharmaco. Tom1. Masson. Paris. 339 p.

**Pereira, S., Freire, S.R.C., Neto, P., Silvestre, J. D., & Silva, M.S.A. (2005).** Chemical composition of the essential oil distilled from the fruits of *Eucalyptus globulus* grown in Portugal. *Flavour and fragrance journal*. 20: 407-409.

**Perera, A., Karunaratne, M., & Chinthaka, S. D. M. (2016).** Utilization of *Ruta graveolens* and *Azadirachta indica* leaf powders and their binary combinations for the management of

*Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) in stored maize in Sri Lanka. Vidyodaya Journal of Science. 20(1).

**Preet, S. & Sneha, A. (2011).** Biochemical evidence of efficacy of potash alum for the control of dengue vector *Aedes aegypti* (Linnaeus). Parasitology Research. 108(6): 1533-1539.

## R

**Rabiai, M. (2014).** Étude physicochimique et évaluation de l'activité biologique d'une huile essentielle et l'extrait aqueux d'*Eucalyptus globulus* de la région M'SILA. Mémoire de master, Université Mouhamed Boudiaf-Msila.

**Rajashekar, Y., Bakthavatsalam, N. & Shivanandappa, T. (2012).** Botanicals as grain protectants. *Psyche* 1-13.

**Rajashekar, Y., Raghavendra, A., & Bakthavatsalam, N. (2014).** Acetylcholinesterase inhibition by biofumigant (Coumaran) from leaves of *Lantana camara* stored grain and household insect pests. International Journal of Biological and Medical Research. 1-6.

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

**Rajendran, S. & Sriranjini, V. (2008).** Plant products as fumigants for stored-product insect control. Journal of Stored Products Research. 44(2): 126-135.

**Rambabu, J. P. & Rao, M. B. (1994).** Effect of an organochlorine and three organophosphate pesticides on glucose, glycogen, lipid, and protein contents in tissues of the freshwater snail *Bellamya dissimilis* (Müller). Bulletin of environmental contamination and toxicology. 53(1): 142-148.

**Ranum, P., Pena-Rosas., J.P. & Garcia-Casal, M.N. (2014).** Global maize production, utilization, and consumption. Annals of the New York Academy of Sciences. 105-112.

**Regnault, J.P. (2002).** Eléments de microbiologie et d'immunologie. Edition Décarie ; Canada. PP : 341-342.

**Relinger, L.M., Zettler, J.L., Davis, R. & Simonaitis, R.A. (1988).** Evaluation of pirimiphos methyl as a protectant for export grain. *Journal of Economic Entomology*. 81: 718-721.

**Rotimi, O. A., Chris, O. A., Olusola, O. O., Joshua, R., & Josiah, A. O. (2011).** Bioefficacy of extracts of some indigenous Nigerian plants on the developmental stages of mosquito (*Anopheles gambiae*). *Jordan Journal of Biological Sciences*. 4(4): 237-242.

S

**Saci-Messiad, R. (2006).** Effet d'un régulateur de croissance, l'azadrachine chez *Blattella germanica* (Dictyoptera : Blattellidae): physiologie, activité enzymatique et comparaison de la détoxification avec d'autres groupes de pesticides. Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master Université de Badji Mokhtar- Annaba-. 94 pages.

**Saheb, D. (2007).** Activité acaricide de quatre huiles essentielles sur *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval 1876 (Acari ; Tetranychidae) et contribution à l'étude de leur composition chimique par GC/MS, Mémoire de Magister, Institut national Agronomique d'El-Harrach - Alger, 83p.

**Sak, O., Uckan, F. & Ergin, E. (2006).** Effects of cypermethrin on total body weight, glycogen, protein and lipid contents of *Pimpla turionellae* L. (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Belgian Journal of Zoology*. 136 :53-58.

**Saleem, M. A. & Shakoory, A. R. (1987).** Point effects of Dimilin and Ambush on enzyme activities of *Tribolium castaneum* larvae. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 29 : 127-137.

**Samuel, O. & Laurent, L.S. (2005).** Profil toxicologique des insecticides retenus pour le contrôle des insectes adultes impliqués dans la transmission du virus du Nil occidental au Québec. Institut national de santé publique du Québec. Canada. 378(86).

**Sancho, E., M.D., Ferrando, C., Fernandez, & E. andreu (1998).** Liver energy metabolism of *Anguilla anguilla* after exposure to fenitrothion. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 41 : 168- 175.

**Sandret, F.G. (1967).** *Eucalyptus globulus* et *E. cineorifolia* pour la production d'huiles essentielles au Maroc. *Annales de la recherche forestière au Maroc* 9, rapport 1965 :259-279.

**Sendi, J. J. & Ebadollahi, A. S. G. A. R. (2013).** Biological activities of essential oils on insects. *Recent Progress in Medicinal Plants (RPMP): Essential Oils II*. 37: 129-150.

- Senthil-Kumar, N., Varma, P. & Gurusubramanian, G. (2009).** Larvicidal and adulticidal activities of some medicinal plants against the malarial vector, *Anopheles stephensi* (Liston). *Parasitology Research*. 104(2): 237-244.
- Senthil-Nathan, S., Chunga, P.G. & Muruganb, K. (2006).** Combined effect of biopesticides on the digestive enzymatic profiles of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) (the rice leaffolder) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 64: 382-389.
- Seo, S.M., Kim, J., Kang, J.S., Koh, S.H., Ahn, Y.J., Kang, K.S. & Park, I.K. (2014).** Fumigant toxicity and acetylcholinesterase inhibitory activity of 4 Asteraceae plant essential oils and their constituents against Japanese termite (*Reticulitermes speratus* Kolbe). *Pesticides Biochemistry and Physiology*. 113:55-61.
- Shaaya, E. & Kostyukovsky, M. (2006).** Essential oils : Potency against stored product insects and mode of action. *Stewart Postharvest Review*. 4(5): 1-6.
- Sharma N. & Bhandari A S. (2014).** Management of Pathogens of Stores cereal Grains. 87-107.
- Shayya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J. & Sukprakarn, C. (1997).** Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*. 33: 7-15.
- Shekari, M., Jalali Sendi, J., Etebari, K., Zibae, A. & Shadparvar, A. (2008).** Effects of *Artemisia annua* L. (Asteracea) on nutritional physiology and enzyme activities of elm leaf beetle, *Xanthogaleruca luteola* Mull (Coleoptera: Chrysomellidae). *Pesticide, Biochemistry and Physiology*. 91: 66-74.
- Shen, C.R., Chen, Y.S., Yang, C.J., Chen, J.K. & Liu, C.L. (2010).** Colloid chitin azure is a dispersible, low-cost substrate for chitinase measurements in a sensitive, fast, reproducible assay. *Journal of Biomolecular Screening*. 15(2): 213-217.
- Shen, Z. & Jacobs-Lorena, M. (1997).** Characterization of a novel guts pecific chitinase gene from the human malaria vector *Anopheles gambiae*. *Journal of Biological Chemistry*. 272: 28895- 28900.
- Shibko, S., Koivistoinen, P., Tratnyneck, C., New Hall. & Feidman, L. (1966).** A method for the sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, lipid and

glycogen from a single rat liver homogenate or from a subcellular fraction. *Analytical Biochemistry*. 19: 415-528.

**Shiferaw, Y., Kassahun, A., Tedla, A., Feleke, G. & Abebe, A. A. (2019).** Investigation of essential oil composition variation with age of *Eucalyptus globulus* growing in Ethiopia. *National Products of Chemistry Research*. 7: 360.

**Shojaei, A., Talebi, K., Sharifian, I. & Ahsaei, S. M. (2017).** Evaluation of detoxifying enzymes of *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Col. : Tenebrionidae) exposed to essential oil of *Artemisia dracuncululus* L. *Biharean Biologist*. 11(1): 5-9.

**Singh, K. D., Labala, R. K., Devi, T. B., Singh, N. I., Chanu, H. D., Sougrakpam, S. & Rajashekar, Y. (2017).** Biochemical efficacy, molecular docking and inhibitory effect of 2, 3-dimethylmaleic anhydride on insect acetylcholinesterase. *Scientific reports*. 7(1): 1-11.

**Sinha, A. K. & Sinha, K. K. (1990).** Insect pests, *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in stored wheat: a survey at North Bihar (India). *Journal of Stored Products Research*. 26(4): 223-226.

**Soreq, H. & Zakut, H. (1993).** Human Cholinesterase and Anticholinesterase. Academic Press, New York. 328 pages.

**Steele, J.E. (1981).** The role of carbohydrate metabolism in physiological function. *Energy Metabolism in Insects*. Springer. 101-133.

**Steele, J.E. (1985).** Hormonal modulation of Carbohydrate and lipid metabolism in fat body. In: Locke M, Smith DS (ed). *Insect Biology in future*, Academic press, New York. 253-271.

**Sugumaran, M. (2010).** Chapter 5-Chemistry of Cuticular Sclerotization. In S. J. Simpson (Éd.), *Advances in Insect Physiology*. Academic Press. 39 :151-209.

## T

**Tapondjou, A. L., Adler, C. F. D. A., Fontem, D. A., Bouda, H. & Reichmuth, C. H. (2005).** Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. *Journal of Stored Products Research*. 41(1): 91-102.

**Tarigan, S.I., Dadang, D. & Sakti Harahap, I. (2016).** Toxicological and physiological effects of essential oils against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Biopesticides*. 9(2):135-147.

- Tchoumboungang, F., Dongmo, P. M. J., Sameza, M. L., Mbanjo, E. G. N., Fotso, G. B. T., Zollo, P. H. A. & 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.
- Teixeira B., Marques A. & Ramos C. (2013).** Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. *Industrial Crops and Products*. 43: 587-595.
- Tel, G., Öztürk, M., Duru, M.E., Harmandar, M., & Topçu, G. (2010).** Chemical composition of the essential oil and hexane extract of *Salvia chionantha* and their antioxidant and anticholinesterase activities. *Food and Chemical Toxicology*. 48: 3189-3193.
- Terra, W. R. & Ferriera, C. (2005).** Biochemistry of digestion. In: *Comprehensive molecular insect science* by Lawrence I. Gilbert, Kostas Iatrou, and Sarjeet S. Gill, volume 3. Elsevier. 171-224.
- Timmermann, S. E. & Briegel, H. (1999).** Larval growth and biosynthesis of reserves in mosquitoes. *Journal of Insect Physiology*. 45(5): 461-470.
- Tine S. (2013).** Etude de la biodiversité des blattes dans la région semi-arides et arides et evaluation de l'impact d'insecticides chez *Blattella germanica* et *Blatta orientalis* (Dictyoptera, Blattellidae). Université Badji Mokhtar Annaba. 202 p.
- Tine, S., Halaimia, A., Chechoui, J. & Tine-Djebbar, F. (2017).** Fumigant toxicity and repellent effect of azadirachtin against the lesser grain beetle, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Col. : Bostrichidae). *Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration*. 399-401.
- Toloza, A.C., Lucia, A., Zerba, E., Masuh, H. & Picollo, M.I. (2008).** Interspecific hybridization of Eucalyptus as a potential tool to improve the bioactivity of essential oils against permethrin-resistant head lice from Argentina. *Bioresource Technology* 99: 7341-7347.
- Traboulsi, A. F., El-Haj, S., Tueni, M., Taoubi, K., Nader, N. A. & Mrad, A. (2005).** Repellency and toxicity of aromatic plant extracts against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*. 61(6): 597-604.
- Treichel, H., Devilla, I.A., Cansiana, R. & Restello, R. (2011).** Insecticidal and repellency activity of essential oil of *Eucalyptus* sp. Against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of Scientific Food of Agriculter*. 91: 273-277.
- Trongtokit, Y., Rongsriyam, Y., Komalamisra, N., & Apiwathnasorn, C. (2005).** Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites. *Phytotherapy Research: An*

International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives. 19(4): 303-309.

**Tsujita, T., Ninomiya, H. & Okuda, H. (1989).** p- nitrophenyl butyrate hydrolyzing activity of hormone-sensitive lipase from bovine adipose tissue. *Journal of Lipid Research*. 30(7): 997-1004.

**Tunc, I., Berger, B.M., Erler, F. & Dag, F. (2000).** Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*. 36(2): 161-168.

## V

**Varo, I., Navarro, J.C., Amat, F. & Guilhermino, L. (2001).** Characterization of cholinesterases and evaluation of the inhibitory potential of chlorpyrifos and dichlorvos to *Artemia salina* and *Artemia parthenogenetica*. *Chemosphere*. 48: 563-569.

**Verma, R. S., Padalia, R. C. & Chauhan, A. (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.

**Vijayaraghavan, C., Sivakumar, C., Zadda-Kavitha, M., Sivasubramanian, P. (2010).** Effect of plant extracts on biochemical components of cabbage leaf webber, *Crociodolomia binotalis* Zeller. *Journal of Biopesticides*. 3 (1): 275-277.

**Vituro, C. I. Molina, A.C., & Heit, C.I. (2003).** Volatile components of *Eucalyptus globulus* Labiil ssp. Bicostata from jujuy, Argentina. *Journal of Essential Oil Research*. 15: 206-208.

## W

**Wang, Z., Shi, H. & Wang, H. (2004).** Functional M3 muscarinic acetylcholine receptors in mammalian hearts. *British journal of pharmacology*. 142(3): 395-408.

**War, A. R., Paulraj, M. C., Hussain, B., Ahmed T., War M. Y. & Ignacimuthu, S. (2014).** Efficacy of a combined treatment of neem oil formulation and endosulfan against *Helicoverpa armigera* (Hub). (Lepidoptera : Noctuidae). *International Journal of Insect Science*. 6 :1-7.

**Weckbecker, G. & Cory, J. G. (1988).** Ribonucleotide reductase activity and growth of glutathione-depleted mouse leukemia L1210 cells in vitro. *Cancer Letters*. 40(3): 257-264.

**Wiens, A. W. & Gilbert, L. I. (1967).** The phosphorylase system of the silkworm, *Hyalophora cecropia*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 21(1): 145-159.

**Wilson, K. & Goulding, K. H. (1986).** Immunochemical techniques. A Biologist's guide to principles and techniques of practical biochemistry: 3rd ed. Baltimore: Edward Arnold Ltd, 116-52.

**World Health Organization. (1993).** Biomarkers and Risk Assessment: Concepts and Principles-Environmental Health Criteria. 155.

**Wyatt, G.R. (1967).** The biochemistry of sugars and polysaccharides in insects. *Advances in Insect Physiology*. 4: 287-360.

## Y

**Yahiatene, N. (2013).** Effets insecticides de l'huile d'olive et de l'acide oléique sur les différents stades larvaires de développement de *Callosobruchus maculatus* (Coléoptera : Bruchidae). Mémoire de master en biologie U.M.M.T.O. 26 P.

**Yang, P. & Ma, Y. (2005).** Repellent effect of plant essential oils against *Journal of Vector Ecology*. 30(2): 231.

**Yang, Y.C., Choi, H.C., Choi, W.S., Clark, J.M. & Ahn, Y.J. (2004).** Ovicidal and adulticidal activity of *Eucalyptus globulus* leaf oil terpenoids against *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52(9): 2507-2511.

**Yazdani, E., Jalali Sendi, J., Aliakbar, A., & Senthil-Nathan S. (2013).** Effect of *Lavandula angustifolia* essential oil against lesser mulberry pyralid *Glyphodes pyloalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) and identification of its major derivatives. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 107: 250-257.

## Z

**Zamani, S., Sendi, J.J. & Ghadamyari, M. (2011).** Effect of *Artemisia Annu* L. (Asterales: Asteraceae) essential oil on mortality, development, reproduction and energy reserves of *Plodia*

*Interpunctella* (Hübner). (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Biopesticides and Biofertilizers. 2(105): 1-6.

**Zhu, J., Zeng, X., Ma, Y., Liu, T., Qian, K., Han, Y., Xue, S., Tucker, B., Schultz, G., Coats, J., Rowley, W. & Zhang, A. (2006).** Adult repellency and larvicidal activity of five plant essential oils against mosquitoes. Journal of American Mosquito Control Association. 22(3): 515-522.

**Zibae, A. & Bandani, A. R. (2010a).** Effects of *Artemisia annua* L. (Asteracea) on digestive enzymes profiles and cellular immune reactions of sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Heteroptera: Scutellaridae), against *Beauvaria bassiana*. Bulletin of Entomological Research 100: 185-196

**Zibae, A. (2011).** Botanical insecticides and their effects on insect biochemistry and immunity. In M. Stoytcheva (Éd.), Pesticides in the Modern World-Pests Control and Pesticides Exposure and Toxicity Assessment. InTech.

**Zibae, A. & Bandani, A. (2010).** A study on the toxicity of a medicinal plant, *Artemisia annua* L. (Asteracea) extracts to the sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera : Scutelleridae). Journal of Plant Protection Research. 50(1): 79-85.

**Zibae, A. & Stoytcheva, M. (2011).** Botanical insecticides and their effects on insect biochemistry and immunity. Pesticides in the modern world-pests control and pesticides exposure and toxicity assessment. 55-68.

**Zibae, A., Bandani, A. R. & Ramzi, S. (2008).** Lipase and invertase activities in midgut and salivary glands of *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera, Pyralidae), rice striped stem borer. Invertebrate Survival Journal. 5: 180-189.

**Zrira, S. S. & Benjilali, B. B (199).** Seasonal changes in the volatile oil and cineol contents of five *Eucalyptus* species growing in Morocco. Journal of Essential Oil Research. 8(1): 19-24.