



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: BIOLOGIE ANIMALE

Option : ECOPHYSIOLOGIE ANIMALE

Thème

**Efficacité comparée d'une molécule bioactive et d'une
huile essentielle vis-à-vis d'un ravageur des denrées
stockées**

Présenté par :

- ★ DEBAB Aya
- ★ MESLOUB M^{ed}Aimen

Membres de Jury :

Pr. TINE-DJEBBAR Fouzia	U. Larbi Tébessi-Tébessa	Rapporteur
Pr. TINE Samir	U. Larbi Tébessi-Tébessa	Président
Dr. MESSAADIA Amira	U. Larbi Tébessi-Tébessa	Examineur

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

Nous remercions en premier lieu notre dieu ALLAH le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il nous a donné pour l'achèvement de cette mémoire.

*Nous tenons tout particulièrement à exprimer nos plus vifs remerciements et notre profonde Gratitude pour notre encadrante **Pr. TINE DJEBBAR Fouzia** (Professeur au Département de Biologie des êtres vivants, Université de Tébessa) qui nous a donné la chance et l'honneur d'assurer la direction de notre mémoire de master.*

*Nous adressons aussi tous nos remerciements à **M. Samir TINE** (Professeur au Département de Biologie des êtres vivants, Université de Tébessa) qui nous encourage toujours à progresser et qui nous a fait aimer notre spécialité.*

*Nous avons tout le plaisir et l'honneur de la présence de **Mme Amira MESSAADIA** (Maître de Conférences B au Département de Biologie Appliquée, Université de Tébessa), qui a bien voulu accepter d'être membre du jury et de nous faire l'honneur de juger ce travail. On lui dit merci de tout cœur.*

*Un profond remerciement à notre adorable enseignante **Mme Salima GUETTAL** pour le temps qu'elle nous a accordé, et soyez sûr que vos efforts ne sont pas déployés vainement.*

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

Merci



Sommaire

SOMMAIRE

Titres	pages
I. INTRODUCTION	1
II. MATERIEL ET METHODES	3
2.1. Présentation de l'insecte, <i>Tribolium confusum</i>	3
2.2. Collecte et élevage	7
2.3. Présentation de la molécule bioactive, Eucalyptol	9
2.4. Présentation de la plante, <i>Eucalyptus globulus</i> (Labill, 1800)	10
2.5. Collecte de la plante et extraction de l'huile essentielle	11
2.6. Traitement et bioessai des insecticides	14
2.6.1. Test de toxicité par fumigation	14
2.6.2. Test de toxicité par ingestion	16
2.7. Test de répulsion	18
2.8. Dosage des biomarqueurs enzymatiques	20
2.8.1. Dosage de l'Alanine Amino-transférase (ALT)	20
2.8.2. Dosage de l'Aspartate Amino-transférase (AST)	20
2.8.3. Dosage de la Phosphatase alcaline (PAL)	21
2.8.4. Dosage de la Lactate Déshydrogénase (LDH)	22
2.9. Extraction et dosage des constituants biochimiques	22
2.9.1. Dosage des protéines	24
2.9.2. Dosage des glucides	24
2.9.3. Dosage des lipides	24
2.10. Dosage des enzymes digestives	27
2.10.1. Dosage de l' α -amylase	27
2.10.2. Dosage de l'acétylcholinestérase	28
2.10.3. Dosage de la lipase	28
2.10.4. Dosage de la protéase	29
2.11. Détermination des indices nutritionnels	29
2.12. Analyses statistiques	30
III. RESULTATS	32

3.1. Rendement de l'huile essentielle	32
3.2. Essais toxicologiques	32
3.2.1. Toxicité de l'HE	32
3.2.2. Toxicité de l'Eucalyptol	34
3.2.3. Efficacité comparée des traitements	36
3.3. Effet répulsif des traitements sur les adultes de <i>T. confusum</i>	38
3.4. Effet du traitement sur les biomarqueurs enzymatiques	38
3.5. Effet du traitement sur la composition biochimique	40
3.6. Effet du traitement sur les enzymes digestives	41
3.7. Effet du traitement sur les indices nutritionnels	43
IV. DISCUSSION	45
4.1. Rendement en huile essentielle	45
4.2. Toxicité des traitements	46
4.3. Effet répulsif des traitements	49
4.4. Effet du traitement sur les biomarqueurs enzymatiques	51
4.5. Effet du traitement sur un biomarqueur du stress oxydatif	52
4.6. Effet du traitement sur la composition biochimique	53
4.7. Effet sur les enzymes digestives	55
4.8. Effet du traitement sur les indices nutritionnels	57
V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	59
VI. RESUME	61
VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	64



*Liste des
tableaux*

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
Tableau 1	Propriétés physico-chimiques et organoleptiques.	9
Tableau 2	Pourcentage de répulsion selon le classement de <i>Mc Donald et al.</i> (1970).	18
Tableau 3	Dosage des protéines totales chez <i>T. confusum</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	24
Tableau 4	Dosage des glucides totaux chez <i>T. confusum</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	24
Tableau 5	Dosage des lipides totaux chez <i>T. confusum</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	25
Tableau 6	Rendement et caractéristiques organoleptiques de l'HE extraite d' <i>Eucalyptus globulus</i> .	32
Tableau 7	Efficacité de l'HE d' <i>E. globulus</i> appliquée sur les adultes de <i>T. confusum</i> : analyse des probits.	34
Tableau 8	Efficacité de l'Eucalyptol appliqué sur les adultes de <i>T. confusum</i> : analyse des probits.	36
Tableau 9	Efficacité comparée de l'HE extraite d' <i>E. globulus</i> et d'Eucalyptol, appliqués par fumigation sur les adultes de <i>T. confusum</i>	36
Tableau 10	Efficacité comparée de l'HE extraite d' <i>E. globulus</i> et d'Eucalyptol, appliqués par ingestion sur les adultes de <i>T. confusum</i> .	37
Tableau 11	Pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion des traitements testés sur les adultes de <i>T. confusum</i> .	38
Tableau 12	Effet de l'HE d' <i>E. globulus</i> et d'Eucalyptol, sur les indices nutritionnels chez les adultes de <i>T. confusum</i> (m ± SEM ; n=4 répétitions comportant chacune 10 individus).	44
Tableau 13	Différents facteurs influençant le rendement de l'HE d' <i>Eucalyptus globulus</i> .	46
Tableau 14	Effet insecticide de l'HE extraite d' <i>E. globulus</i> à l'égard de différentes espèces de Coléoptères, ravageurs des denrées stockées.	48
Tableau 15	Effet toxique de la molécule bioactive, Eucalyptol à l'égard de différentes espèces de Coléoptères, ravageurs des denrées stockées.	49
Tableau 16	Pourcentages et classes de répulsion des molécules testées sur les adultes de <i>T. confusum</i> .	51



*Liste des
figures*

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
Figure 1	Dégâts causés par <i>Tribolium confusum</i> (Blé et farine)	4
Figure 2	Stades de développement de <i>T. confusum</i>	4
Figure 3	Œuf de <i>Tribolium confusum</i>	5
Figure 4	Larve de <i>Tribolium confusum</i>	5
Figure 5	Nymphe de <i>Tribolium confusum</i>	6
Figure 6	Adulte de <i>Tribolium confusum</i>	6
Figure 7	Cycle de développement de <i>Tribolium confusum</i>	7
Figure 8	Elevage de <i>T. confusum</i> au Laboratoire	8
Figure 9	Tri des individus de <i>T.confusum</i>	8
Figure 10	Eucalyptol	9
Figure 11	Structure chimique d'Eucalyptol (1,8-Cinéole) (Rombi, 1991)	10
Figure 12	Arbre d' <i>Eucalyptus globulus</i>	10
Figure 13	Différentes formes de feuilles d' <i>Eucalyptus globulus</i>	11
Figure 14	Région de collecte des feuilles d' <i>Eucalyptus globulus</i> (Google Maps 3D).	12
Figure 15	Etapas de préparation des feuilles d' <i>Eucalyptus globulus</i>	13
Figure 16	Montage de l'hydrodistillateur de type Clevenger	13
Figure 17	Différentes étapes d'extraction de l'huile essentielle	14
Figure 18	Essais toxicologiques par fumigation	15
Figure 19	Essais toxicologiques par ingestion	17
Figure 20	Test de répulsion	19
Figure 21	Kit de TGP (ALT)	20
Figure 22	Kit de TGO (AST)	21
Figure 23	Kit de la Phosphatase Alcaline	21
Figure 24	Kit de la LDH	22
Figure 25	Extraction des protéines, glucides, et lipides totaux selon Shibko <i>et al.</i> (1966).	23
Figure 26	Dosage biochimique des protéines, glucides et lipides	26
Figure 27	Protocole de détermination des indices nutritionnels	31
Figure 28	Toxicité de l'HE d' <i>E. globulus</i> appliquée par fumigation ($\mu\text{l/l}$ d'air) (A) et par ingestion ($\mu\text{l/ml}$) (B) sur les adultes de <i>T. confusum</i> à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm \text{SEM}$, $n=3$ répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.	33
Figure 29	Effets de l'HE d' <i>E. globulus</i> appliquée par fumigation (A) et par ingestion (B) sur les adultes de <i>T. Confusum</i> à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	33
Figure 30	Toxicité de la molécule bioactive, l'Eucalyptol par fumigation ($\mu\text{l/l}$ d'air) (A) et par ingestion ($\mu\text{l/ml}$) (B) sur les adultes de <i>T. confusum</i> à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm \text{SEM}$, $n=3$ répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.	35

Figure 31	Effet de l'Eucalyptol appliqué par fumigation (A) et par ingestion (B) sur les adultes de <i>T.confusum</i> à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	35
Figure 32	Effet du traitement sur les aberrations chez <i>T. confusum</i> .	37
Figure 33	Effet de l'HE d' <i>E.globulus</i> et d'Eucalyptol (CL ₂₅ et CL ₅₀) sur l'activité des biomarqueurs enzymatiques : TGO (A), TGP (B), LDH (C) et PAL (D) chez les adultes de <i>T. confusum</i> (m ± SEM, n=3 répétitions, comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.	40
Figure 34	Effet de l'HE d' <i>E. globulus</i> et d'Eucalyptol (CL ₂₅ et CL ₅₀) appliqués par ingestion sur le contenu en protéines (A), glucides (B) et en lipides (C) (joule/adulte) chez les adultes de <i>T. confusum</i> (m ± SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.	41
Figure 35	Effet de l'HE d' <i>E. globulus</i> et d'Eucalyptol (CL ₂₅ et CL ₅₀) sur l'activité enzymatique d' α -amylase (A), protéase (B), lipase (C) et chitinase (D) chez les adultes de <i>T. confusum</i> (m ± SEM, n=3 répétitions, comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey	43



Introduction

I. INTRODUCTION

Les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale dans la plupart des pays du monde (Djermoun, 2009). Alors, la connaissance des phénomènes régissant leur conservation et la maîtrise des techniques de leur stockage sont déterminantes pour la survie de la population mondiale qui enregistre des taux d'accroissement à peine concevables (Aoues *et al.*, 2017).

Au cours du stockage, ces céréales sont soumises non seulement à des agressions physico-chimiques (température, humidité relative) mais aussi à des agressions biotiques (Bhumi *et al.*, 2017), telles que les rongeurs, les champignons, les acariens et les insectes, dont la plupart sont des coléoptères et des lépidoptères (Delobel & Tran, 1993).

Les insectes ravageurs sont à l'origine de la plupart des dommages subis dans les réserves des denrées stockées et causent d'importantes pertes économiques (Karahacane, 2015). Ces dernières années, les pertes ont dépassé les 35% selon les déclarations de l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (O.A.I.C.) (Aoues *et al.*, 2017). Les dégâts qu'ils occasionnent incluent une perte de poids, une diminution de la quantité et la qualité des grains et une perte du pouvoir germinatif (Mossa, 2016).

Diverses méthodes traditionnelles ont été répertoriées pour éradiquer ces insectes ravageurs comme l'utilisation des espèces végétales ou certaines de ses parties à activité insecticide (Amevain, 1998). Ce n'est qu'après la seconde guerre mondiale, que le recours aux produits phytosanitaires chimiques s'est généralisé en raison de leur efficacité et de leur application facile et pratique (Relinger *et al.*, 1988) pour tirer le meilleur profit des cultures (Regnault Roger, 2005). L'utilisation abusive de ces derniers a entraîné une intoxication chronique pour les consommateurs, une résistance chez les ravageurs et un effet négatif sur l'environnement (Metcalf & Luckmann, 1994; Philogène *et al.*, 2002). Ces dangers ont conduit l'OMS (Organisation mondiale de la Santé) à interdire l'usage de certains insecticides chimiques.

C'est pourquoi le recours aux substances d'origine végétale, telles que les huiles essentielles dans la protection des graines, apparaît comme la meilleure alternative de la lutte contre les déprédateurs des denrées stockées, elles ont fait l'objet de nombreuses études pour explorer et évaluer leur activité biologique (Kellouche *et al.*, 2010; Habou *et al.*, 2014). Leur toxicité s'exprime de différentes manières : elles peuvent agir comme des fumigants (Lima *et al.*

,2011; Pinho *et al.*, 2014; Saeidi *et al.*, 2014; Jayakumar *et al.*, 2017), des insecticides de contact (Aryani & Auamcharoen, 2016), des répulsifs (Hossain & Khalequzzaman, 2018; Ebrahimifar *et al.*, 2021), des anti-appétants (González-Coloma *et al.*, 2006; Ebadollahi *et al.*, 2010; Ali *et al.*, 2017) et peuvent aussi affecter certains paramètres biologiques tels que le taux de croissance (Nathan *et al.*, 2008), la durée de développement et la reproduction (Işikber, 2006 ; Boughdad *et al.*, 2011).

Les propriétés insecticides de ces huiles peuvent être ainsi résumées en une toxicité par inhalation provoquée par leur richesse en composés volatiles, une toxicité par contact qui provient de la formation d'un film imperméable isolant l'insecte de l'air provoquant son asphyxie ; mais aussi d'une pénétration en profondeur (Regnault-Roger *et al.*, 2004).

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

La deuxième partie est consacrée à l'évaluation de la toxicité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* et de la molécule bioactive, l'Eucalyptol par fumigation et par ingestion à l'égard des adultes de *Tribolium confusum* et de leur potentiel de répulsion vis-à-vis de cet insecte ravageur.

La troisième partie sert à examiner les effets létaux (CL₂₅ et CL₅₀) de cette huile et de la molécule bioactive, l'Eucalyptol appliquées par ingestion sur les biomarqueurs enzymatiques tels que la Glutamate-Pyruvate Transaminase (TGP), la Glutamate-Oxaloacétate-Transaminase (TGO) et la phosphatase alcaline et sur les biomarqueurs du stress oxydatif tels que la Lactate déshydrogénase (LDH) chez les adultes de *T. confusum*.

La quatrième partie vise à évaluer les effets létaux (CL₂₅ et CL₅₀) de cette huile et de l'Eucalyptol appliqués par ingestion sur les protéines et les réserves énergétiques (glucides et lipides) chez cette espèce.

La cinquième partie sert à tester l'effet de cette huile essentielle et de l'Eucalyptol sur les indices nutritionnels et les enzymes digestives (Lipase, α -amylase, protéase et chitinase) chez *T.confusum*.



Matériel

et

Méthodes

II.MATERIEL ET METHODES

2.1.Présentation de l'insecte, *Tribolium confusum*

Tribolium de la farine parmi les ravageurs secondaires qui se déplace rapidement et se dissimulent de préférence dans les recoins obscurs (Lepiger, 1966 ; Derbazi, 2020) et connu pour attaquer et infester les denrées alimentaires stockées, notamment la farine et les grains de céréales, dans les silos, entre pôts, boulangeries, épiceries et maisons particulières (Fig.1) (Benlameur, 2016). *Tribolium confusum* est une espèce cosmopolite (Zerrougui & Boukhatem, 2021). Bien qu'elle soit d'origine strictement africaine, en particulier en Égypte (Delobel & Tran, 1993), cette espèce a été transportée par l'homme avec des produits alimentaires et se rencontre maintenant dans le monde entier par suite de sa résistance plus grande aux baisses températures. Elle est nuisible aussi bien à l'état adulte qu'à l'état larvaire (Lepiger, 1966). Les adultes sont très polyphages, ce sont des cléthrophages secondaires, car les larves et les adultes se nourrissent surtout de brisures, ils attaquent les grains endommagés, escortent souvent les charançons ou parachèvent leurs dégâts (Steffan, 1978).

La classification systématique de *Tribolium confusum* selon Lapesme (1944) est la suivante :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Super-ordre	Holometabola
Ordre	Coleoptera
Sous ordre	Polyphaga
Famille	Tenebrionidae
Genre	<i>Tribolium</i> (Tenebrionidae)
Espèce	<i>Tribolium confusum</i> (Jaquelin Du Val, 1881)



Figure1. Dégâts causés par *Tribolium confusum* (Blé et farine) (Photos personnelles).

Cycle de développement biologique

Le cycle de vie de *Tribolium confusum* peut s'étendre sur 24 à 26 jours, à 32,5°C et une humidité relative de 70 %, l'optimum thermique se situe entre 32°C et 35°C, son développement s'arrête au-dessous de 22°C. En absence d'alimentation, *Tribolium confusum* exerce le cannibalisme, dévore les œufs et les larves de leur congénère (Scotti, 1978). Le cycle comprend quatre stades distincts: œuf, larve, pupa et adulte (Benoît *et al.*, 1998) (Fig. 2).



Figure2. Stades de développement de *T. confusum* (Photos personnelles).

- a. Œuf:** L'œuf est blanchâtre presque transparent, surface lisse recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée (Shepard, 1940). Il mesure en moyenne 0,6 x 0,3 mm (Lepesme, 1944). Les œufs sont pondus séparément et éclosent après 3 à 12 jours.



Figure 3. Œuf de *Tribolium confusum* (Photos personnelles).

(A : Face dorsale; B : Face ventrale)

- b. Larve :** Les larves, de couleur jaunâtre, mesurent environ 5 mm de long. La larve est recouverte d'un tégument assez mou, taché de jaune et couvert de nombreuses soies, et son extrémité abdominale s'achève par une paire d'urogomphes de couleur rousse (Fig. 4). Elle passe par 7 ou 8 stades larvaires sur une durée qui varie de 22 à plus de 100 jours selon de nombreux facteurs : température, humidité, qualité de l'alimentation, etc.. (Delobel & Trans, 1993).



Figure 4. Larve de *Tribolium confusum* (Photos personnelles).

- c. Nymphe :** La nymphe est blanche et nue, les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés. La nymphe reste sans protection et est incapable de se déplacer jusqu'à l'apparition de l'imago (Balachowsky & Mensil, 1935). Le stade nymphal est d'environ 8 jours.

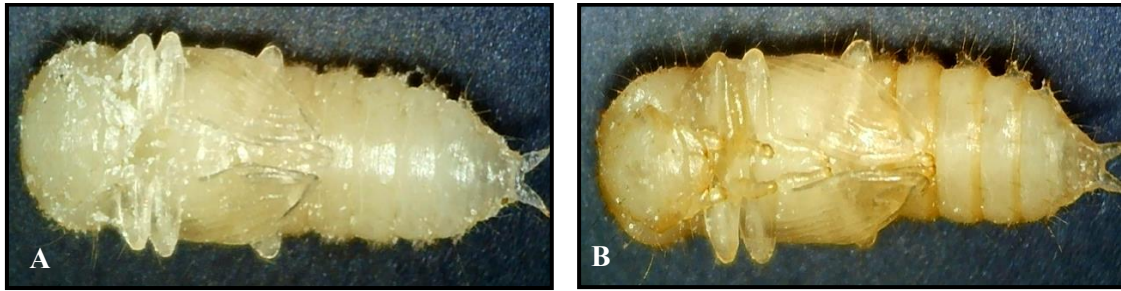


Figure 5.Nymphe de *Tribolium confusum* (Photos personnelles)

(A : Face ventrale avant pigmentation ; B : après pigmentation).

- d. Adulte ou imago* : Les adultes de *T. confusum* sont des coléoptères allongés, brun rougeâtre dont la longueur du corps varie de 4,0 à 4,5 mm et la largeur de 1,0 à 1,2 mm. Les mâles et les femelles sont morphologiquement indiscernables au microscope optique. La tête est visible de dessus et le thorax légèrement parallèle à ses côtés. Les pattes sont courbées, les tarses postérieurs sont formés de quatre articles et l'antenne composée de 11 anneaux ont une forme cylindrique (Zohry, 2007). L'émergence de l'adulte a lieu six jours après la nymphose (Scotti, 1978).

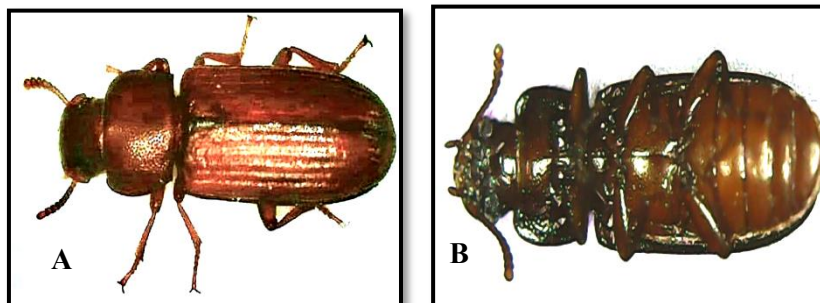


Figure 6.Adulte de *Tribolium confusum* (Photos personnelles).

(A : Face dorsale; B: Face ventrale)

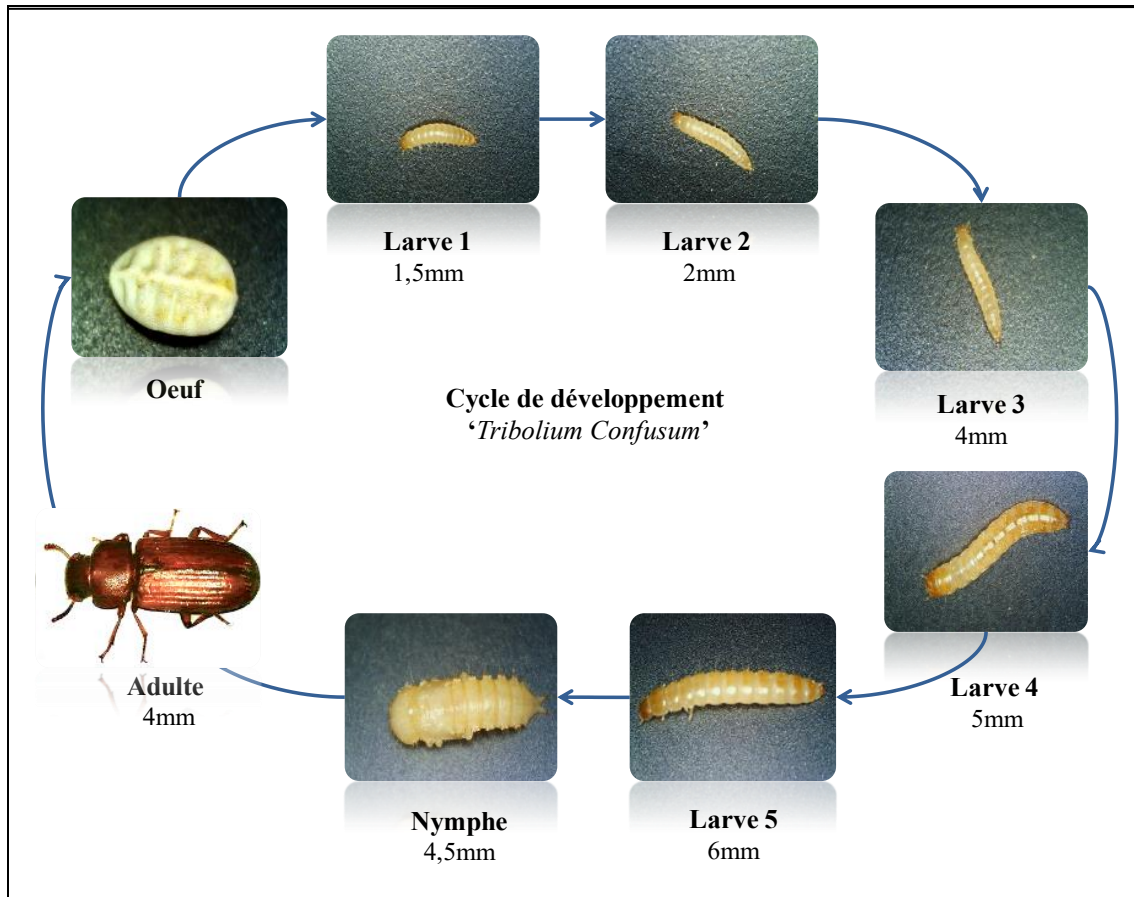


Figure 7. Cycle de développement de *Tribolium confusum* (Photos personnelles).

2.2. Collecte et élevage

Les individus de *Tribolium confusum* ont été collectés à partir de la Coopérative des Céréales et des Légumes Secs (CCLS) de Tébessa. Le criblage a été effectué à l'aide d'un tamis de 2 mm avec un papier filtre blanc pour qu'on puisse les repérer à l'œil nu (Fig. 8). L'élevage est maintenu dans des conditions de laboratoire (Température : 27 ± 1 °C et une Humidité relative: 65 à 70 %), dans des bocaux en plastique contenant les grains de blé (Fig. 9).



Figure 8. Elevage de *T. confusum* au Laboratoire (Photos personnelles).



Figure 9. Tri des individus de *T. confusum* (Photos personnelles).

2.3. Présentation de la molécule bioactive, Eucalyptol

Le monoterpène le plus connu est l'eucalyptol, c'est un composé naturel organique incolore, également connu sous le nom de 1,8-Cinéole. On le trouve dans presque toutes les huiles essentielles extraites d'espèces d'Eucalyptus plantées à différents endroits dans le monde. De nombreuses études ont montré que le pourcentage de ce composé est inférieur à 50%, tandis que dans d'autres, il est supérieur à 80% (Almas *et al.*, 2021).



Figure 10. Eucalyptol (Photo personnelle).

Ses propriétés physicochimiques et organoleptiques sont mentionnées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1. Propriétés physico-chimiques et organoleptiques.

Formule brute	$C_{10}H_{18}O$
Masse molaire (g/mol)	154 g/mol
Autre dénomination	1,3,3-triméthyl-2-oxabicyclo[2,2,2]octane
Température d'ébullition (°C)	176 à 177°C
Point d'éclair (°C)	90°C
Famille biochimique	Epoxydes monoterpéniques
Apparence	Liquide incolore
Synonyme	1,8-cinéole, Cajeputol, le 1,8-oxydo-p-menthane, et lecinéole, 1,3,3-triméthyl-2-oxabicyclo [2,2,2]octane
Odeur	Rafraîchissante et épicée semblable au camphre

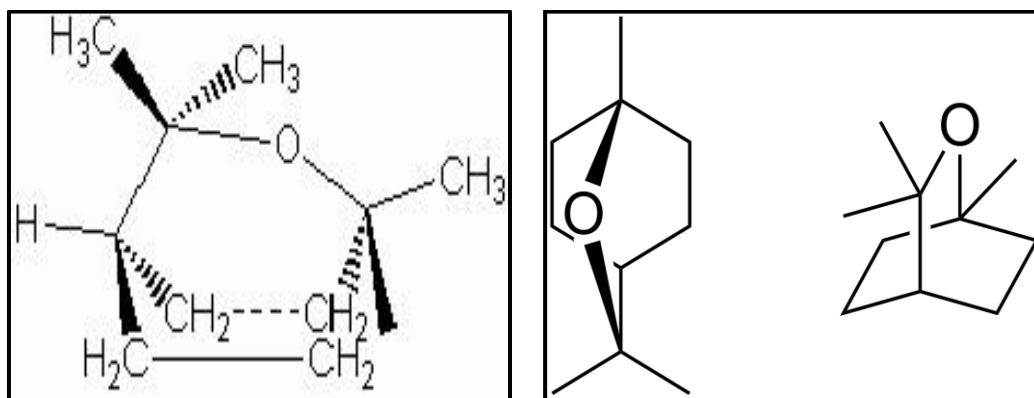


Figure 11. Structure chimique d'Eucalyptol (1,8-Cinéole) (Rombi, 1991).

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

Eucalyptus appartient à la famille des Myrtacées. Ce genre contient plus de 700 espèces réparties dans le monde entier (Broker & Kleinig, 2006). Il pousse principalement dans les zones chaudes. Cependant, il a besoin de beaucoup d'eau pour pousser (Boumaiza, 2015).



Figure 12. Arbre d'*Eucalyptus globulus* (Photo personnelle).



Figure13. Différentes formes de feuilles d'*Eucalyptus globulus* (Photo personnelle).

La classification systématique d'*Eucalyptus globulus* est la suivante :

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Super division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtaceae
Genre	Eucalyptus
Espèce	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill, 1800

2.5. Collecte de la plante et extraction de l'huile essentielle

La collecte des feuilles d'*Eucalyptus globulus* a été faite pendant une période étalée du mois de Novembre 2021 jusqu'au mois de Mars 2022 dans la cité Djebel Anoual (Tébessa) (Fig. 14). Elles ont été lavées à l'eau du robinet pour éliminer le sol et les autres contaminants de surface. Après séchage des feuilles à l'air libre et à l'obscurité, 100 g de la matière sèche a été mélangée avec 500 ml d'eau distillée (Fig. 15). Le mélange est introduit dans un ballon d'une capacité d'un litre, à fond rond et à 3 cols, surmonté d'une colonne de 60 cm de longueur. Le tout sera mis sur une chauffe ballon à une température voisine de 100°C et

raccordé avec le reste de l'appareil d'extraction. Ce mélange est porté à ébullition pendant 2 heures, pendant ce temps, la vapeur se dirige vers le col du cygne puis dans le réfrigérant où elle se condense rapidement et tombe dans l'ampoule de décantation (**Fig. 16**). Elle est ensuite séchée par du sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4) pour éliminer les traces d'eau résiduelle (Bousbia, 2011).

Après l'extraction et la récupération, le volume de l'huile essentielle obtenu a été mesuré puis conservé dans un flacon en verre stérile. Le flacon a été couvert d'un papier aluminium à l'abri de la lumière puis conservé dans un réfrigérateur dans un endroit frais (**Fig.17**).

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la plante à traiter (Kolai *et al.*, 2012). Le rendement exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante:

$$R = [P_x / P_y] \times 100$$

- **R**: Rendement de l'huile en pourcentage (%)
- **P_x**: Poids de l'huile en gramme (g)
- **P_y**: Poids de la plante en gramme (g)



Figure 14.Région de collecte des feuilles d'*Eucalyptus globulus* (Google Maps 3D).



Figure 15. Etapes de préparation des feuilles d'*Eucalyptus globulus* (Photos personnelles).

(A) Récolte de la plante, (B) Rinçage et séchage des feuilles, (D) Stockage et conservation des feuilles.

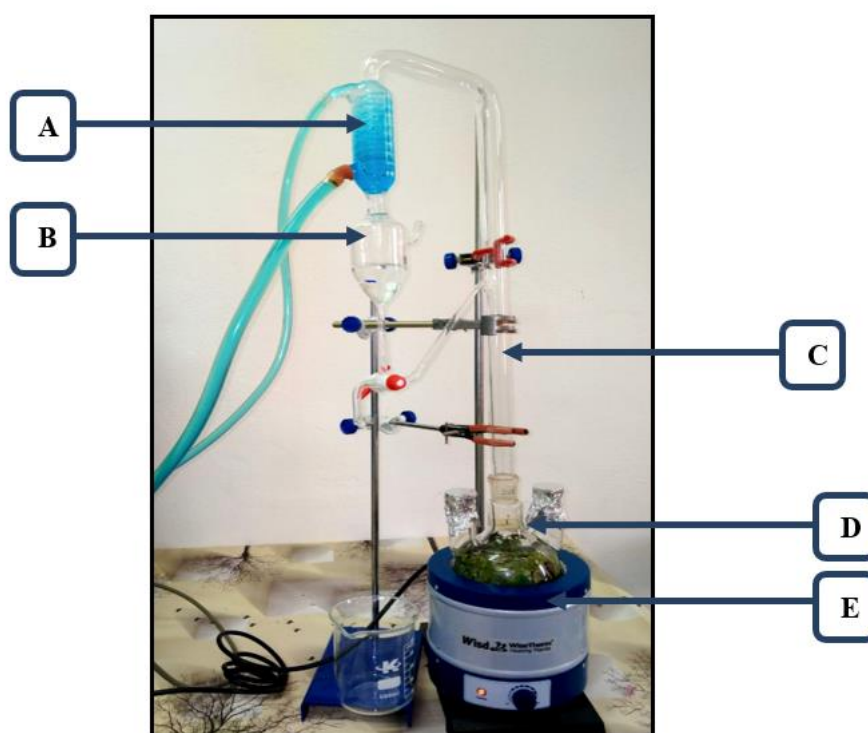


Figure 16. Montage de l'hydrodistillateur de type Clevenger (Photo personnelle).

A: Réfrigérant ; B: Ampoule à décanter ; C: Colonne ; D: Ballon ; E: Chauffe ballon.



Figure 17. Différentes étapes d'extraction de l'huile essentielle (Photos personnelles).

2.6. Traitement et bioessai des insecticides

2.6.1. Test de toxicité par fumigation

Après un screening préalable, différentes concentrations : 5, 10, 20, et 40 $\mu\text{l/l}$ d'air de l'HE et de la molécule bioactive ont été appliquées sur un disque de papier filtre de 2 cm de diamètre suspendue à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle. Le traitement a été administré dans des boîtes en plastiques d'une capacité de 60 ml contenant 10g de blé sain (**Fig.18**) (Papachristos & Stampoulos, 2004). Quatre répétitions de 10 individus ont été réalisées pour chaque concentration. Une série témoin est conduite en parallèle avec des disques sans traitement.

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

Essais toxicologiques (*Fumigation*)

5, 10, 20 et 40 µl /L d'air

Application
d'Eucalyptol

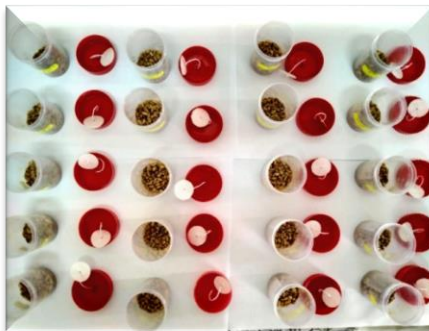


Application d'HE
d'*Eucalyptus
globulus*

Disque de papier filtre (whatman) 2 cm Ø



10 g blé + 10 individus de *T.confusum*



Suivi des mortalités 24h, 48h et 72h



Figure 18. Essais toxicologiques par fumigation (Photos personnelles).

2.6.2. Test de toxicité par ingestion

Après un screening préalable, l'huile d'*Eucalyptus globulus* et l'eucalyptol dissous dans l'acétone ont été appliqués à différentes concentrations (0,5, 1, 2, 4µl/ml) sur 5g et 10g de blé sain respectivement dans des flacons en plastique (**Fig.19**). Après une évaporation totale du solvant pendant 15min, 10 adultes mâles et femelles (sexes confondus) de *T. confusum* sont introduits dans les flacons (Ndomo *et al.*, 2009). Le bioessai a été réalisé en cinq répétitions pour chaque dose. Une série témoin est conduite en parallèle et les grains de blé reçoivent uniquement du solvant (acétone).

Les mortalités enregistrées à 6h, 12h, 18h et 24h après traitement ont été corrigées selon la formule d'Abbott (1925), afin d'éliminer les mortalités naturelles. Les concentrations létales ainsi que leurs intervalles de confiance (95% IC) ont été calculées grâce à un Logiciel GRAPH PAD PRISM 7.

Essais toxicologiques (Ingestion)

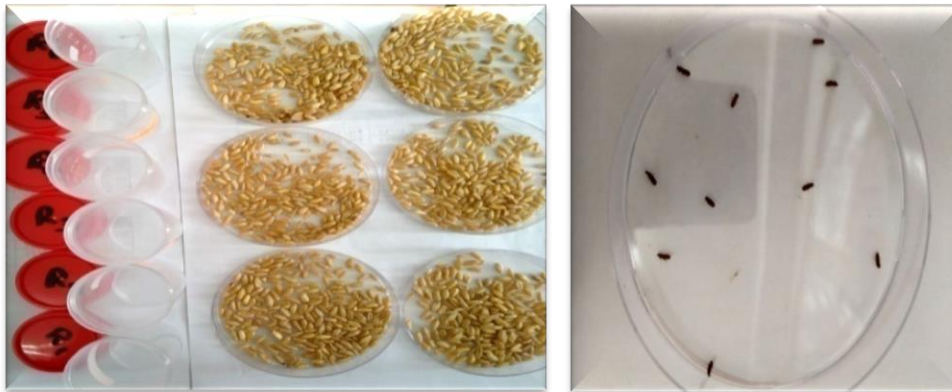
0,5, 1, 2 et 4 μ l /ml



Application des doses

Eucalyptol

Eucalyptus globulus



Blé sainou traité \rightarrow Séchage 15min + 10 individus de *T.confusum*



Suivi de mortalités à 6h, 12h, 18h et 24h

Figure 19. Essais toxicologiques par ingestion (Photos personnelles).

2.7. Test de répulsion

Ce test est utilisé pour calculer le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle d'*E. globulus* et de la molécule bioactive, l'Eucalyptol à l'égard des adultes de *T. confusum*, par la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par [Mc Donald et al. \(1970\)](#). Des disques de papier filtre de 9 cm de diamètre, sont coupés en deux parties égales, une moitié du papier est traitée avec l'huile additionnée d'acétone et l'autre moitié est traitée avec de l'acétone uniquement.

Des doses de 5, 10 et 20 µl/ml d'huile et d'Eucalyptol sont diluées dans 1 ml d'acétone, pour que la répartition soit homogène sur le papier filtre. Les deux demi disques de papier filtre sont séchés à l'air libre et le disque est reconstitué puis mis dans une boîte de pétri (**Fig.20**). Dix individus sont déposés sur le papier filtre au milieu des boîtes de pétri et trois répétitions sont réalisées pour chaque dose. Après 15min, 30min, 1h, 2h et 3h de traitement, le dénombrement de ce dernier sur les demi-disques est réalisé. Le pourcentage de répulsion (PR) est ainsi calculé selon la formule utilisée par [Nerio et al. \(2009\)](#) comme suit :

$$\text{Pourcentage de répulsion (PR) \%} = \left[\frac{(\text{NC} - \text{NT})}{\text{NC} + \text{NT}} \right] \times 100$$

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

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

Le pourcentage de répulsion calculé, est attribué à l'une des différentes classes variant de 0 à 5 ([Mc Donald et al., 1970](#)) (**Tableau2**).

Tableau 2. Pourcentage de répulsion selon le classement de [Mc Donald et al. \(1970\)](#).

Classes	Intervalles de répulsion	Propriétés
Classe 0	RP < 0,1%	N'est pas répulsive
Classe I	0,1%–20,0%	Très faiblement répulsive
Classe II	20,1%–40,0%	Faiblement répulsive
Classe III	40,1%–60,0%	Modérément répulsive
Classe IV	60,1%–80,0%	Répulsive
Classe V	80,1 %-100,0%	Très répulsive

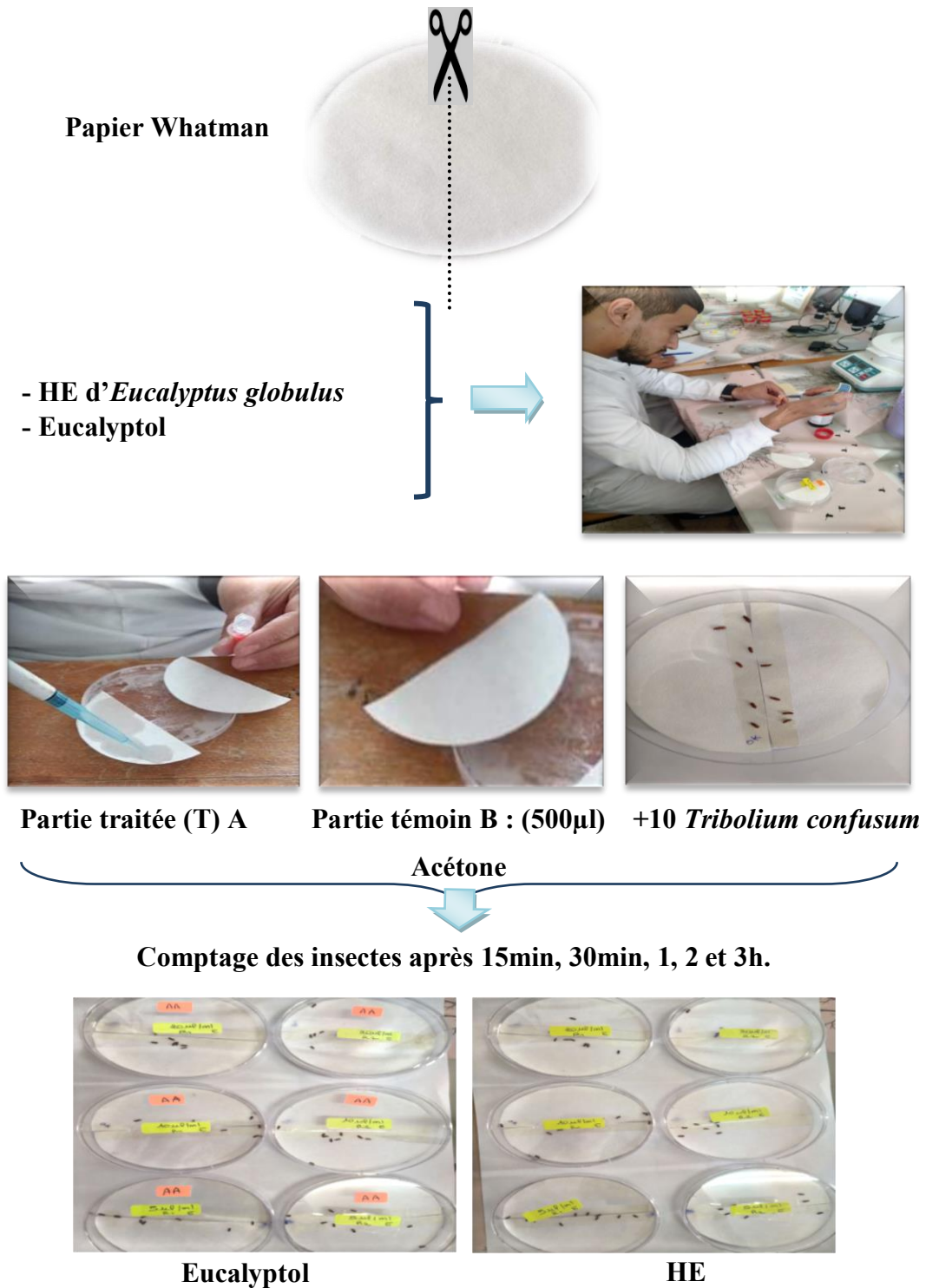


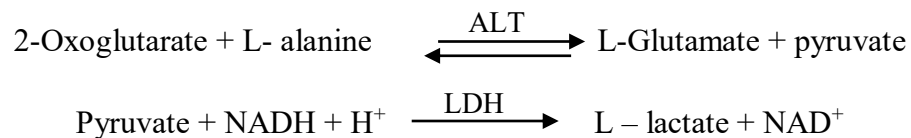
Figure20. Tests de répulsion (Photos personnelles).

2.8. Dosage des biomarqueurs enzymatiques

Les adultes témoins et traités de *Tribolium confusum* sont placés dans des tubes Eppendorf contenant 1 ml de tampon phosphate et broyés. Après centrifugation à 5000 tours/min pendant 10 min, le surnageant obtenu est utilisé pour le dosage des biomarqueurs enzymatiques (ALT, AST, ALP, LDH).

2.8.1. Dosage de l'AlanineAmino-transférase (ALT)

Alanine amino transférase (ALT) ou Glutamate pyruvate transaminases (TGP) catalyse le transfert réversible de groupement aminé de l'alanine à l'2-Oxoglutarate formant le glutamate et pyruvate. Ce dernier est réduit en lactate par la lactate déshydrogénase (LDH) et le NADH selon les réactions (Tietz, 1999):



La lecture de l'absorbance se fait à une longueur d'onde de 340 nm chaque minute pendant 3 minutes. L'activité de l'ALT est calculée selon la formule suivante :

$$(\Delta A/\text{min} \times 1750) = \text{U/L de TGP}$$

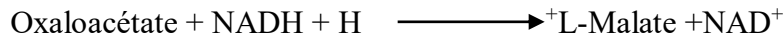


Figure21.Kit de TGP (ALT) (Photo personnelle).

2.8.2. Dosage de l'AspartateAmino-transférase (AST)

L'aspartate-amino-transférase (AST) appelée aussi Transaminase glutamate oxaloacétate (TGO) catalyse le transfert réversible d'un groupe aminé à partir de l'aspartate au 2-Oxoglutarate formant le glutamate et l'oxaloacétate. L'oxaloacétate est réduit au malate par la malate déshydrogénase (MDH) et le NADH, H⁺ (Tietz, 1999).





La lecture de l'absorbance se fait à une longueur d'onde de 340 nm chaque minute pendant 3 minutes. L'activité de l'AST est calculée selon la formule suivante :

$$(\Delta A/\text{min} \times 1746) = \text{U/L de TGO}$$



Figure 22. Kit de TGO (AST) (Photo personnelle).

2.8.3. Dosage de la Phosphatase alcaline (PAL)

La phosphatase alcaline (PAL) catalyse l'hydrolyse de p-nitrophenyl phosphate en libérant p-nitrophenol et le phosphate (Tietz, 1999), selon la réaction :



Figure 23. Kit de la Phosphatase alcaline (photo personnelle).

2.8.4. Dosage de la Lactate déshydrogénase (LDH)

Le lactate déshydrogénase (LDH) catalyse la réduction du pyruvate par le NADH (Tietz, 1999), selon la réaction suivante :



La lecture des absorbances se fait à une longueur d'onde de 340 nm chaque minute pendant 3 minutes. L'activité de l'AST est calculée selon la formule suivante :

L'activité de la LDH est calculée selon la formule suivante :

$$(\Delta \text{ Abs/min}) \times 8095 = \text{UI/L de LDH}$$



Figure24.Kit de la LDH (Photo personnelle).

2.9. Extraction et dosage des constituants biochimiques

L'extraction des différents métabolites a été réalisée selon le procédé de *Shibko et al.*(1966), et les principales étapes sont résumées dans la (Fig.25). Les adultes témoins et traités de *T.confusum* sont placés dans des tubes Eppendorf contenant 1 ml d'acide trichloracétique (TCA) à 20 % et broyés. Après une première centrifugation (5000 tours /10 min), le surnageant I obtenu est utilisé pour le dosage des glucides totaux selon la méthode de *Duchâteau & Florkin* (1959). Au culot I, on ajoute 1 ml de mélange éther/chloroforme (1V/1V) et après une seconde centrifugation (5000 tours/min pendant 10 mn), on obtient le surnageant II et le culot II, le surnageant II sera utilisé pour le dosage des lipides (*Goldsworthy et al.*,1972) et le culot II, dissout dans la soude (0,1 N), servira au dosage des protéines selon *Bradford* (1976).

Les adultes de *Tribolium confusum*



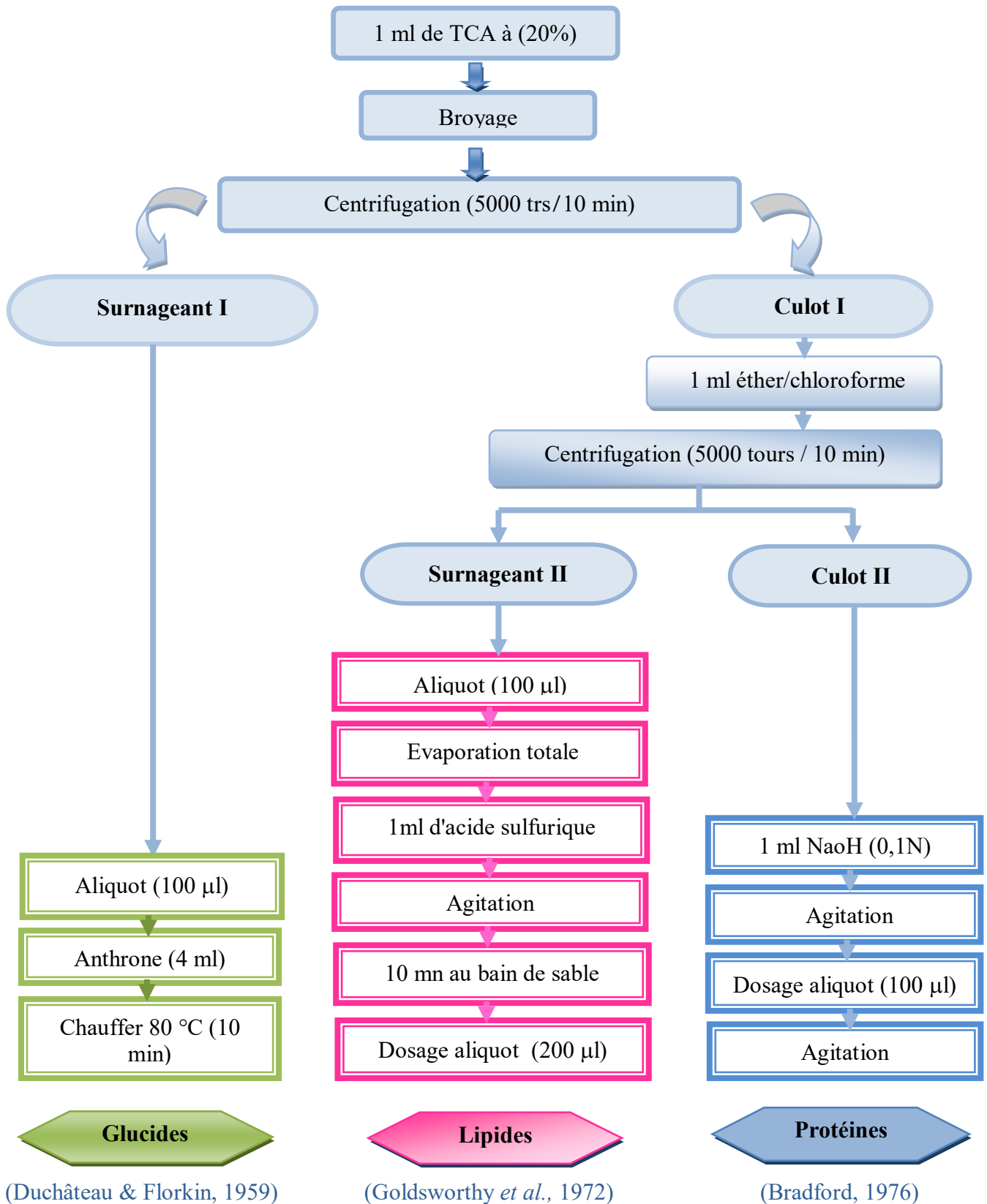


Figure 25. Extraction des protéines, glucides, et lipides totaux selon **Shibko et al. (1966)**.
2.9.1. Dosage des protéines

Le dosage des protéines est effectué selon la méthode de Bradford (1976) dans une fraction aliquote de 100 μ l à laquelle on ajoute 4 ml de réactif du Bleu Brillant de commassie (BBC) G 250 (Merck). Celui-ci révèle la présence des protéines en les colorants en bleu. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution d'albumine de sérum de bœuf (Sigma) titrant 1 mg/ml (Tableau 3).

Tableau 3. Dosage des protéines totales chez *T. confusum* : réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution standard d'albumine (μ l)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (μ l)	100	80	60	40	20	0
Réactif BBC (ml)	4	4	4	4	4	4

2.9.2. Dosage des glucides

Le dosage des glucides totaux a été réalisé selon Duchâteau & Florkin(1959). Elle consiste à additionner 100 μ l du surnageant contenu dans un tube à essai, 4 ml de réactif d'Anthrone et de chauffer le mélange à 80°C pendant 10 min, une coloration verte se développe dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de glucide présent dans l'échantillon. La lecture de l'absorbance est faite à une longueur d'onde de 620 nm. La gamme d'étalonnage est effectuée à partir d'une solution mère du glucose (1 mg/ml) (Tableau 4).

Tableau 4. Dosage des glucides totaux chez *T. confusum* : réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de glucose (μ l)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (μ l)	100	80	60	40	20	0
Réactif d'anthrone (ml)	4	4	4	4	4	4

2.9.3. Dosage des lipides

Les lipides totaux ont été déterminés selon la méthode de Goldsworthy *et al.* (1972) utilisant le réactif sulfophospho-vanillinique. Le dosage des lipides se fait sur des prises aliquotes de 100 μ l des extraits lipidiques ou de gamme étalon aux quelles on évapore totalement le solvant puis on ajoute 1 ml d'acide sulfurique concentré, les tubes sont agités, et

mis pendant 10 min dans un bain de sable à 100 °C. Après refroidissement, on prend 200 µl de ce mélange au quel on ajoute 2,5 ml de réactif sulfophospho-vanillinique. Après 30 min à l'obscurité, la densité optique est lue dans un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 530 nm. Les lipides forment à chaud avec l'acide sulfurique, en présence de la vanilline et d'acide orthophosphorique, des complexes roses. La solution mère des lipides est préparée comme suit: on prend 2,5 mg d'huile de table (tournesol 99% triglycérides) dans un tube Eppendorf on ajoute 1 ml d'éther chloroforme (1V/1V) (**Tableau 5**).

Tableau 5. Dosage des lipides totaux chez *T. confusum*: réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de lipides (µl)	0	20	40	60	80	100
Solvant (éther /chloroforme) (1V/1V)	100	80	60	40	20	0

Dosage Biochimique

Adultes de *Tribolium confusum*



T'



CL₂₅



CL₅₀



1ml TCA + 10 *T.confusum*



Broyage



Centrifugation 5000 trs/min pendant 10 min.



Surnageant I, Surnageant II et Culot

Lecture des absorbances



Figure 26. Dosage biochimique des protéines, glucides et lipides (Photos personnelles).

2.10. Dosage des enzymes digestives

- Préparation des extraits enzymatiques

Les adultes de *T.confusum* des séries témoins et traitées (CL₂₅, CL₅₀) ont fait l'objet d'un dosage de l'activité de quatre enzymes digestives : α -amylase, chitinase, protéase et lipase. Dix individus sont homogénéisés dans 1 ml de tampon universel, l'homogénat ainsi obtenu est centrifugé à 13000 trs/min pendant 15 min et le surnageant récupéré est conservé jusqu'au dosage où il servira comme source d'enzyme. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque série d'expérience. Par ailleurs, la concentration en protéines totales des différents échantillons a été préalablement déterminée suivant la méthode de Bradford (1976), pour pouvoir calculer les activités spécifiques des enzymes.

2.10.1. Dosage de l' α -amylase

Le dosage d' α -amylase est réalisé selon Bernfeld (1955) qui utilise le DNS comme réactif et l'amidon (1%) comme standard. La méthode du DNS (acide 3,5 dinitrosalicylique) dite méthode de sucre réducteur est une méthode colorimétrique basée sur la réaction du DNS avec les groupes réducteurs libérés après hydrolyse de l'amidon sous l'action de l'alpha amylase.

Le protocole de dosage est réalisé comme suit : 20 μ l d'extrait enzymatique sont ajoutés à 100 μ l de tampon universel et 40 μ l d'amidon. Après une incubation de 30 minutes à 35°C, la réaction est stoppée par l'addition de 100 μ l de DNS et un chauffage de 10 minutes au bain marie (100°C). Après refroidissement à température ambiante 100 μ l d'eau distillée sont ajoutés.

L'absorbance est mesurée à 540 nm contre un blanc préparé dans les mêmes conditions (20 μ l d'eau distillée remplaçant la source d'enzyme). Le calcul de l'activité enzymatique est effectué grâce à une courbe d'étalonnage de maltose (0 - 1 μ M/ml) réalisée à partir d'une solution mère de maltose (180 mg/ml) l'activité spécifique d'alpha-amylase est exprimée en μ M/min/mg de protéine.

2.10.2. Dosage de lachitinase

- Préparation de la chitine colloïdale

La chitine colloïdale a été préparée selon la méthode de [Shen *et al.* \(2010\)](#); pour cela, 4g de chitine (Crabshells, Sigma) sont additionnés délicatement à 40 ml d'HCl. Après une agitation d'une heure à 4°C, 1 litre d'eau distillée froide (4°C) est ajouté. Le mélange est ensuite filtré sur papier Wattman et le substrat obtenu est lavé à l'eau distillée plusieurs fois jusqu'à ce que le pH du filtrat atteigne la valeur de 7. La chitine colloïdale, ainsi obtenue, est resuspendu (1% W/V) dans du tampon phosphate citrate (0,05 M, pH 6,6).

- Dosage enzymatique

Le dosage de l'activité de la chitinase est réalisé selon le protocole de [Miller \(1959\)](#) basé sur l'hydrolyse enzymatique de la chitine (polymère de chitobiose) en N-acetyl-D glucosamine (monomère de sucre réducteur).

Une fraction aliquote de 250 µl d'extrait enzymatique est additionnée à 250 µl de chitine colloïdale (1%); le mélange est ensuite incubé pendant 30 min à 50°C sous agitation (120 trs/min) avant d'être transféré au bain marie (100°C pendant 5 min). Après refroidissement à température ambiante et centrifugation à 5000 trs/min pendant cinq minutes, 150 µl de surnageant sont additionnés à 300 µl de tampon universel et 200 µl de DNS. Le mélange est incubé 10 minutes au bain marie à 100°C puis refroidi à 4°C.

L'absorbance est mesurée à 540 nm contre un blanc préparé dans les mêmes conditions (250 µl d'eau distillée remplaçant l'enzyme). L'activité enzymatique a été estimée grâce à une gamme étalon de N-acétylglucosamine (0 - 0,144 mg/ml) préparée à partir d'une solution mère de N-acétylglucosamine (0,5 mg/ml). L'activité spécifique est exprimée en mM/min/mg de protéine.

2.10.3. Dosage de la lipase

Le dosage de la lipase est réalisé selon la méthode de [Tsujita *et al.* \(1989\)](#) qui utilise le pNPB (p-nitrophenyl butyrate) comme substrat. Une fraction aliquote de 10 µl d'extrait enzymatique est additionnée à 18 µl de pNPB (50 mM) et 172 µl de tampon universel ; le mélange est incubé pendant 30 minutes à 37 °C. L'absorbance est mesurée à 405 nm contre un blanc préparé dans les mêmes conditions (18 µl d'eau distillée remplaçant le pNPB). Une

unité de lipase libérera 1 μM de pNP (p- nitrophenol) par minute à 37°C lorsque le p-nitrophenyl butyrate est utilisé comme substrat. Une gamme d'étalonnage de p-Nitrophenol (0 - 0,025 $\mu\text{M}/\text{ml}$) est réalisée grâce à une solution mère de p-Nitrophenol (0,05 M/ml). L'activité spécifique de lipase est exprimée en $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéine.

2.10.4. Dosage de la protéase

L'activité protéasique est déterminée selon la méthode décrite par Garcia-Carreño & Haard (1993) utilisant la caséine comme substrat. Le mélange réactionnel est : 100 μl d'extrait enzymatique, 100 μl de tampon universel et 200 μl de solution de caséine (1%) dans le tampon Phosphate salin (PBS) à pH 7,0. Le mélange est incubé à 37°C pendant 1 h. La réaction est ensuite stoppée par addition de 800 μl d'acide trichloroacétique (TCA) à 5%, permettant la précipitation des protéines. Le mélange est centrifugé à 8000 tours pendant 15 min.

La lecture des absorbances est effectuée à 280 nm. L'activité enzymatique est déterminée grâce à une gamme étalon de tyrosine (0 - 2 mM/ml) préparée à partir d'une solution mère de tyrosine (10 mM). L'activité spécifique des protéases est exprimée en $\text{mM}/\text{min}/\text{mg}$ de protéine.

2.11. Détermination des indices nutritionnels

L'HE extraite d'*Eucalyptus globulus* et l'Eucalyptol ont été testées sur les indices nutritionnels chez les adultes de *T. confusum*. Pour ce but, les adultes ont été affamés pendant 5h avant le test, afin d'exsuder le contenu intestinal, puis mises dans des flacons avec une Pastille (Farine + amidon) traitée avec les concentrations létales (CL_{25} et CL_{50}) de l'HE et d'Eucalyptol. L'essai est conduit avec 4 répétitions comportant chacune 10 individus et avec des séries témoins positifs (pastille traitée par l'acétone) et négatifs (pastille sans traitement). Le poids des pastilles et des adultes a été déterminé avant et après le test. Les indices nutritionnels ont été calculés selon la méthode de Huang *et al.* (2000).

$$\text{RGR} = (\text{A}-\text{B}) / (\text{B} \times \text{jours})$$

RGR : Taux de croissance relative.

A : Poids des insectes vivants (mg) / Nombre des insectes vivants.

B : Poids initial des insectes (mg) / Nombre initial des insectes.

$$\text{RCR} = D / (B \times \text{Day})$$

RCR : Taux de consommation relative.

D : Biomasse ingérée (mg) / le nombre des insectes vivants.

$$\text{ECI}\% = (\text{RGR} / \text{RCR}) \times 100$$

ECI : efficacité de la conversion des aliments ingérés.

$$\text{FDI}\% = [(C-T)] / C$$

FDI : pouvoir anti appétant.

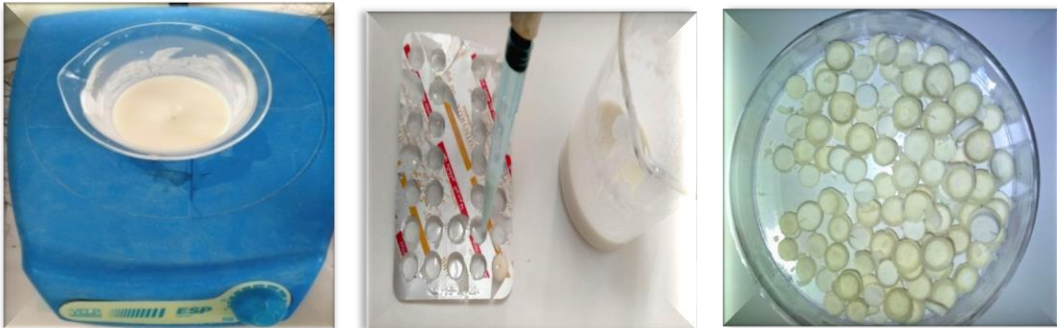
C : Poids des aliments consommés par les témoins (mg).

T : Poids des aliments consommés par les traités (mg).

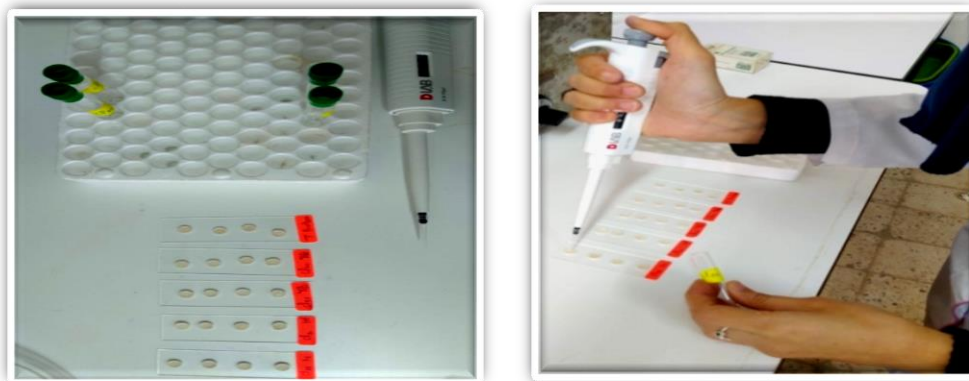
2.12. Analyses statistiques

L'analyse statistique a été réalisée grâce au logiciel GRAPH PAD PRISM 7. Les résultats obtenus ont été exprimés par la moyenne \pm l'écart-moyen (SEM). Les quantités des métabolites (protéines, glucides et lipides) sont déterminées à partir des courbes d'étalonnage dont l'équation de la droite de régression exprime l'absorbance en fonction de la quantité du standard utilisé (albumine, glucose et l'huile de tournesol). Le test de student et l'analyse de la variance à un critère de classification suivie du test HSD de Tukey, ont été utilisés.

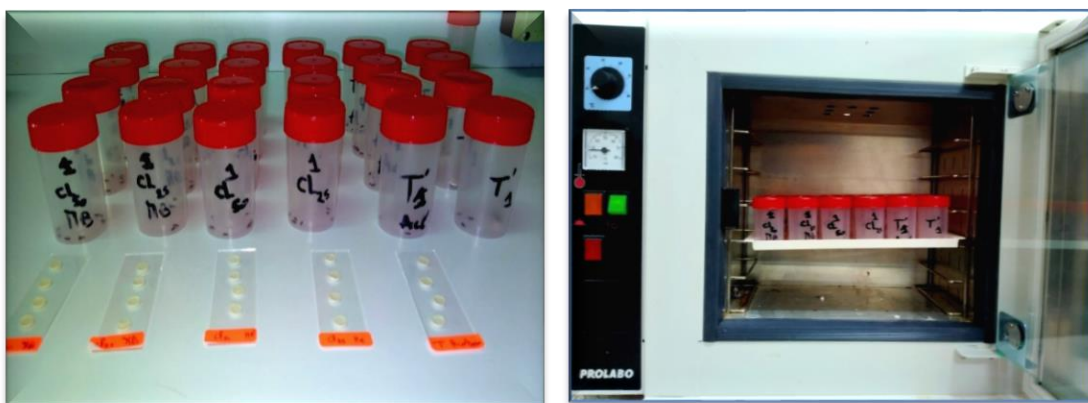
Détermination des indices nutritionnels



Préparation des pastilles



Application de 5 μ l de la CL₂₅ et la CL₅₀ + T'acétone



Expérimentation dans une étuve à 25 \pm 2 °C et récupération après 5jours

Figure27. Protocole de détermination des indices nutritionnels (Photos personnelles).



Résultats

III. RESULTATS

3.1. Rendement de l'huile essentielle

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 $1,565 \pm 0,2$ %.

Tableau 6. Rendement et caractéristiques organoleptiques de l'HE extraite d'*Eucalyptus globulus*.

Rendement	Aspect	Couleur	Odeur	Solubilité
1,565%	Liquide	Jaune pâle	Camphrée, fraîche et forte	Liposoluble

3.2. Essais toxicologiques

3.2.1. Toxicité de l'HE

Après un test de screening, différentes concentrations de l'HE d'*E. globulus* ont été appliquées sur les adultes de *T. confusum* par fumigation et par ingestion. Aucune mortalité n'a été observée dans les séries témoins.

Les mortalités corrigées enregistrées au cours des tests de toxicité par fumigation varient de 6,66% à 24h jusqu'à 26,66% à 72h pour la dose la plus faible (5 μ l/l) et de 27,50% à 24h jusqu'à 92,5% à 72h pour la plus forte dose (40 μ l/l) (**Fig.28 A**). Ces mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps après traitement chez *T. confusum* traité par fumigation à 24h ($F_{3,8}=43$; $P < 0,0001$), 48h ($F_{3,8}=73,22$; $P < 0,0001$), et 72h ($F_{3,8}= 38,33$; $P < 0,0001$).

Les résultats des mortalités corrigées obtenus après application de l'HE d'*E. globulus* par ingestion, révèlent des taux variant de 26,66% à 6h jusqu'à 60% à 24h pour la dose la plus faible (0,5 μ l/ml) et de 100% pour les différentes périodes à la plus forte dose (4 μ l/ml) (**Fig.28 B**). Ces mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps après traitement chez *T. Confusum* traité par ingestion à 6h ($F_{3,8}=134,6$; $P < 0,0001$), 12h ($F_{3,8}=24,57$; $P = 0,0002$), et 24h ($F_{3,8}= 59,33$; $P < 0,0001$).

Les résultats montrent que l'HE d'*E. globulus* appliquée par fumigation et par ingestion exerce une activité insecticide avec une relation dose-réponse à l'égard de *T. confusum*. Le classement des doses par le test HSD de Tukey révèle l'existence de 3 groupes de moyennes à

24h, 4 groupes à 48h et 3 groupes à 72h pour les mortalités obtenues par fumigation. Par contre, le taux de mortalités enregistré après traitement par ingestion, met en évidence 4 groupes de moyennes à 6h, 2 groupes à 12h et 3 groupes à 24h.

La courbe dose-réponse exprimant le pourcentage des mortalités en fonction du logarithme des doses appliquées (Fig.29) a permis l'estimation des concentrations létales (CL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le HillSlope (Tableau 8).

De plus, on note que l'HE d'*E. globulus* appliquée par ingestion est plus toxique par rapport à l'application par fumigation.

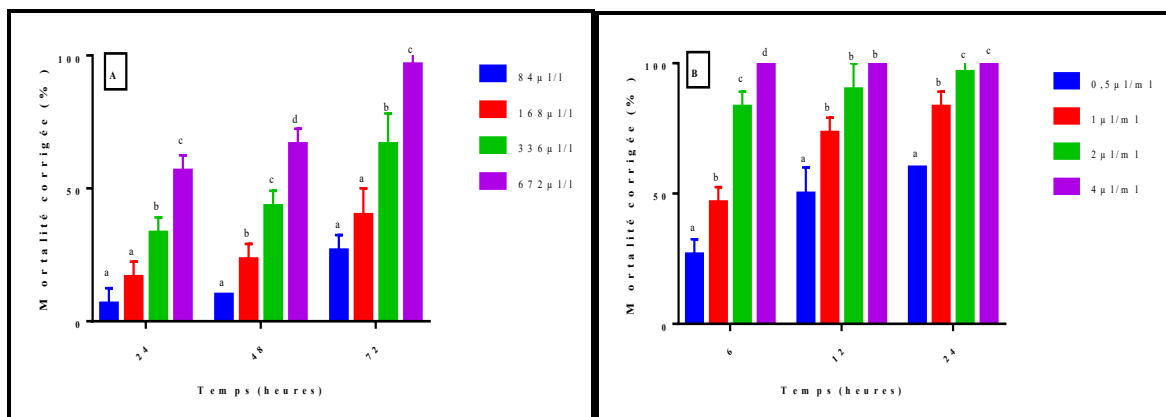


Figure 28. Toxicité de l'HE d'*E. globulus* appliquée par fumigation ($\mu\text{l/l}$ d'air) (A) et par ingestion ($\mu\text{l/ml}$) (B) sur les adultes de *T. confusum* à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm \text{SEM}$, $n=3$ répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.

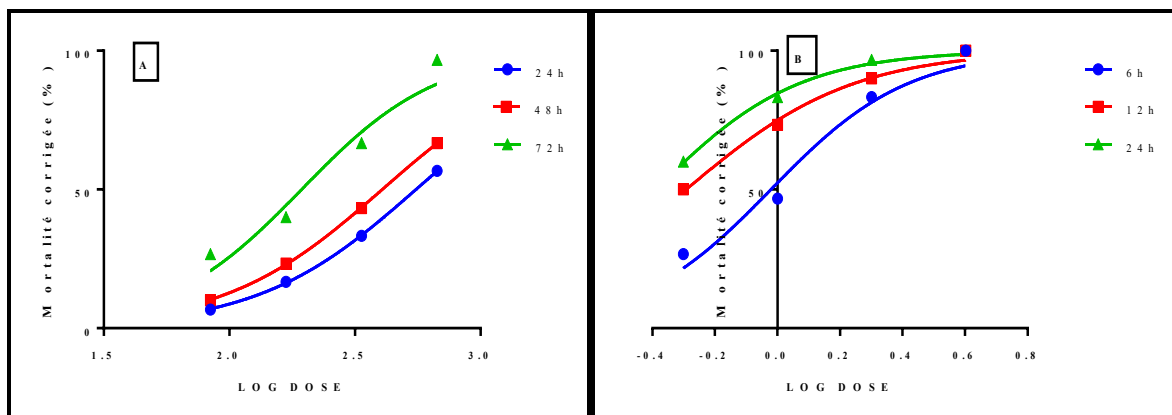


Figure 29. Effets de l'HE d'*E. globulus* appliquée par fumigation (A) et par ingestion (B) sur les adultes de *T. confusum* à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

Tableau 7. Efficacité de l'HE d'*E. globulus* appliquée sur les adultes de *T. confusum*: analyse des probits.

Mode d'application	Temps (heures)	R ²	Hill Slope	CL ₂₅ IC (95%)	CL ₅₀ IC (95%)	CL ₉₀ IC (95%)
Fumigation	24	0,99	1,37	284,60 (238,3 - 259,10)	553,40 (533,7- 574,9)	2742 (2456 - 3088)
	48	0,99	1,37	182,40 (174,4 - 190,5)	406,10 (393,30 - 419,60)	2014 (1835 - 2224)
	72	0,94	1,60	97,85 (7,03 - 218)	194 (72,08 - 364,40)	762,2 (271 - 29166)
Ingestion	6	0,97	1,99	0,549 (0,16 - 0,96)	0,95 (0,54 - 1,45)	2,87 (1,40 - 12,09)
	12	0,98	1,62	0,25 (0,12 - 0,37)	0,51 (0,34 - 0,63)	1,971 (1,26 - 3, 59)
	24	0,99	1,89	0,22 (0,14 - 0,30)	0,40 (0,31 - 0,47)	1,29 (0,98 - 1,79)

3.2.2. Toxicité de l'Eucalyptol

Différentes concentrations de l'Eucalyptol ont été appliquées sur les adultes de *T. confusum* par fumigation (2,5, 5, 10, 20 et 40µl/l d'air) et par ingestion (0,5, 1, 2, et 4 µl/ml).

Les mortalités corrigées enregistrées au cours des tests de toxicité par fumigation varient de 6,66% à 24h jusqu'à 16,66% à 72h pour la dose la plus faible (2,5 µl/l) et de 100% pour les différents périodes à la plus forte dose (40 µl/l) (**Fig.30A**). Ces mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps après traitement chez *T. confusum* traité par fumigation à 24h ($F_{4,10}=224,5$; $P <0,0001$), à 48h ($F_{4,10}=142,8$; $P <0,0002$), et à 72h ($F_{4,10}= 188,7$; $P <0,0001$).

Les résultats des mortalités corrigées obtenus après application de l'Eucalyptol par ingestion, révèlent des taux variant de 6% à 6h jusqu'à 40% à 24h pour la dose la plus faible (0,5 µl/ml) et de 94% à 6h jusqu'à 100% pour les différentes périodes à la plus forte dose (4 µl/ml) (**Fig. 30 B**). Les mortalités enregistrées par ingestion augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps après traitement chez *T. confusum* à 6h ($F_{3,16}=146,1$; $P <0,0001$), 12h ($F_{3,16}=232$; $P <0,0001$), et 24h ($F_{3,16}= 123,4$; $P <0,0001$).

Les résultats montrent que l'Eucalyptol appliqué par fumigation et par ingestion exerce une activité insecticide avec une relation dose-réponse à l'égard de *T. confusum*. Le classement des doses par le test HSD de Tukey révèle l'existence de 4 groupes de moyennes à 24 et 48h et 5 groupes à 72h pour les mortalités obtenues par fumigation. Par contre, le taux de

mortalités enregistré après traitement par ingestion, met en évidence 4 groupes de moyennes à 6h, 12h et 24 h.

La courbe dose-réponse exprimant les pourcentages de mortalité en fonction du logarithme des doses appliquées (**Fig.31**) a permis l'estimation des concentrations létales (CL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le HillSlope (**Tableau 9**).

De plus, on note que l'Eucalyptol appliqué par ingestion est plus toxique par rapport à la fumigation.

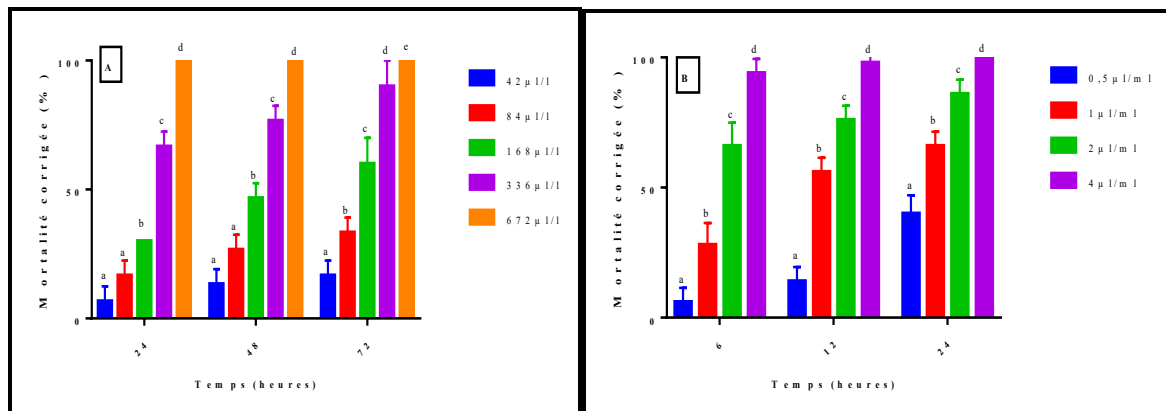


Figure 30. Toxicité de la molécule bioactive, l'Eucalyptol par fumigation (µl/l d'air) (A) et par ingestion (µl/ml) (B) sur les adultes de *T. confusum* à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SEM$, $n=3$ répétitions de 10 individus chacune) test HSD de Tukey.

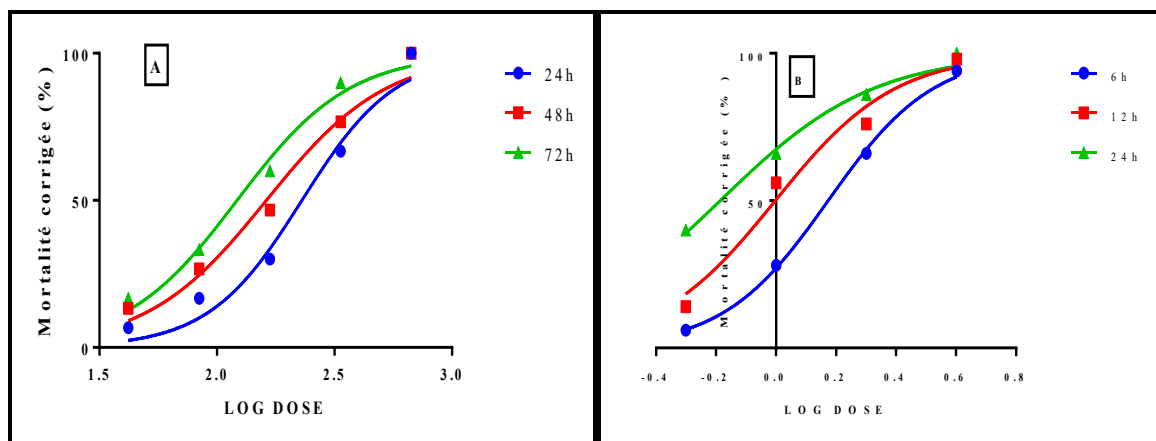


Figure 31. Effet de l'Eucalyptol appliqué par fumigation (A) et par ingestion (B) sur les adultes de *T.confusum* à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

Tableau 8. Efficacité de l'Eucalyptol appliqué sur les adultes de *T. confusum*: analyse des probits.

Mode d'application	Temps (heures)	R ²	Hill Slope	CL ₂₅ IC (95%)	CL ₅₀ IC (95%)	CL ₉₀ IC (95%)
Fumigation	24	0,97	2,17	138,90 (77,38 - 220,20)	229,90 (162,60- 316,70)	630,10 (351,20 - 1546)
	48	0,97	1,70	85,07 (49,23 - 130,30)	162,30 (117,50- 220,60)	590,60 (335,20 - 1333)
	72	0,98	1,81	66,48 (44,86 - 91,32)	121,80 (96 - 152,9)	408,8 (265,70- 709,60)
Ingestion	6	0,99	2,47	0,95 (0,82 - 1,10)	1,491 (1,34 - 1,65)	3,62 (2,94 - 4,60)
	12	0,97	2,17	0,59 (0,22 - 0,97)	0,99 (0,62 - 1,53)	2,73 (2,02- 11,09)
	24	0,98	1,69	0,34 (0,16 - 0,49)	0,65 (0,45 - 0,83)	2,37 (1,43 - 4,83)

3.2.3. Efficacité comparée des traitements

Les **Tableaux 09** et **10** résument les concentrations létales déterminées pour les deux traitements et par les deux modes d'application. L'efficacité du traitement diffère selon le mode d'application. Les résultats montrent que l'Eucalyptol est le traitement le plus efficace par rapport à l'HE d'*E. globulus* par fumigation. Par contre, par ingestion l'HE est le plus efficace. De plus, on note que la toxicité par ingestion est plus importante que celle par fumigation.

Tableau 9. Efficacité comparée de l'HE extraite d'*E. globulus* et d'Eucalyptol, appliqués par fumigation sur les adultes de *T. confusum*.

Périodes (heures)	Traitements	CL ₂₅ (µl/l d'air)	CL ₅₀ (µl/l d'air)	CL ₉₀ (µl/l d'air)
24	<i>E. globulus</i>	284,60 (238,30- 259,10)	553,40 (533,70- 574,90)	2742 (2456 - 3088)
	Eucalyptol	138,90 (77,38 - 220,20)	229,90 (162,60- 316,70)	630,10 (351,20 - 1546)
48	<i>E. globulus</i>	182,40 (174,40- 190,50)	406,1 (393,30- 419,60)	2014 (1835 - 2224)
	Eucalyptol	85,07 (49,23 - 130,30)	162,3 (117,50- 220,60)	590,60 (335,2 - 1333)
72	<i>E. globulus</i>	94,85 (7,033 - 218)	194 (72,08 - 364,40)	762,20 (271 - 29166)
	Eucalyptol	66,48 (44,86 - 91,32)	121,8 (96 - 152,90)	408,80 (265,70- 709,60)

Tableau10. Efficacité comparée de l'HE extraite d'*E. globulus* et d'Eucalyptol, appliqués par ingestion sur les adultes de *T. confusum*.

Période (heures)	Traitements	CL ₂₅ (µl/l d'air)	CL ₅₀ (µl/l d'air)	CL ₉₀ (µl/l d'air)
6	<i>E. globulus</i>	0,54 (0,16 - 0,96)	0,95 (0,54 - 1,45)	2,87 (1,40 - 12,09)
	Eucalyptol	0,95 (0,82 - 1,10)	1,49 (1,34 - 1,65)	3,62 (2,94 - 4,60)
12	<i>E. globulus</i>	0,25 (0,12 - 0,37)	0,51 (0,34 - 0,63)	1,97 (1,26 - 3, 59)
	Eucalyptol	0,59 (0,22 - 0,97)	0,99 (0,62 - 1,53)	2,73 (1,92- 11,09)
24	<i>E. globulus</i>	0,22 (0,14 - 0,30)	0,40 (0,31 - 0,47)	1,29 (0,98 - 1,79)
	Eucalyptol	0,34 (0,16 - 0,49)	0,65 (0,45 - 0,83)	2,37 (1,43 - 4,83)

Après l'application de l'huile essentielle d'*E. globulus* à l'égard de *T.confusum*, nous avons remarqué des perturbations des mouvements, ouverture des ailes et déformation de la carapace de l'insecte (**Fig.32**), puis la mort au bout de quelques secondes. Probablement cette huile a une action neurotoxique.



Figure32. Effet du traitement sur les aberrationschez *T. confusum* (Photos personnelles).

3.3. Effet répulsif des traitements sur les adultes de *T. confusum*

Les résultats du pouvoir répulsif d'*E. globulus* et d'Eucalyptol à l'égard des adultes de *T. Confusum* sont présentés dans le (Tableau11). Le pourcentage de répulsion marque une augmentation en fonction des concentrations appliquées. Les forts taux de répulsion (93,33%) sont observés à 15min avec la plus forte concentration (20µl/ml) pour l'*E. globulus* et de 80% à 1h avec la même concentration (20µl/ml) pour l'Eucalyptol. Ces pourcentages diminuent avec le temps d'exposition et augmentent avec les concentrations appliquées.

De plus, on note que cette activité varie selon le traitement appliqué, les fortes valeurs sont constatées avec l'huile d'*E. globulus* qui est classée en catégorie V de répulsion, par rapport à l'Eucalyptol qui est classée en catégorieIV.

Tableau 11. Pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion des traitements testés sur les adultes de *T. confusum*.

Concentrations	Temps	<i>E. globulus</i>		Eucalyptol	
		PR%	CR	PR%	CR
5µl/ml	15min	53,33	III	20,00	I
	30min	33,33	II	26,66	II
	1h	20,00	I	33,33	II
	2h	13,33	I	20,00	I
	3h	06,66	I	13,33	I
10µl/ml	15min	73,33	IV	33,33	II
	30min	46,66	III	40,00	II
	1h	40,00	II	46,66	III
	2h	26,66	II	26,66	II
	3h	20,00	I	20,00	I
20µl/ml	15min	93,33	V	66,66	IV
	30min	73,33	IV	73,33	IV
	1h	60,00	III	80,00	IV
	2h	46,66	III	46,66	III
	3h	33,33	II	33,33	II

3.4. Effet du traitement sur les biomarqueurs enzymatiques

Les adultes de *T. confusum* ont été traités par ingestion avec deux concentrations létales (CL₂₅ et CL₅₀). Les effets de l'HE d'*E. globulus* et d'Eucalyptol ont été évalués sur l'activité spécifique de quatre biomarqueurs enzymatiques à savoir TGO, TGP, LDH et PAL (Fig.33).

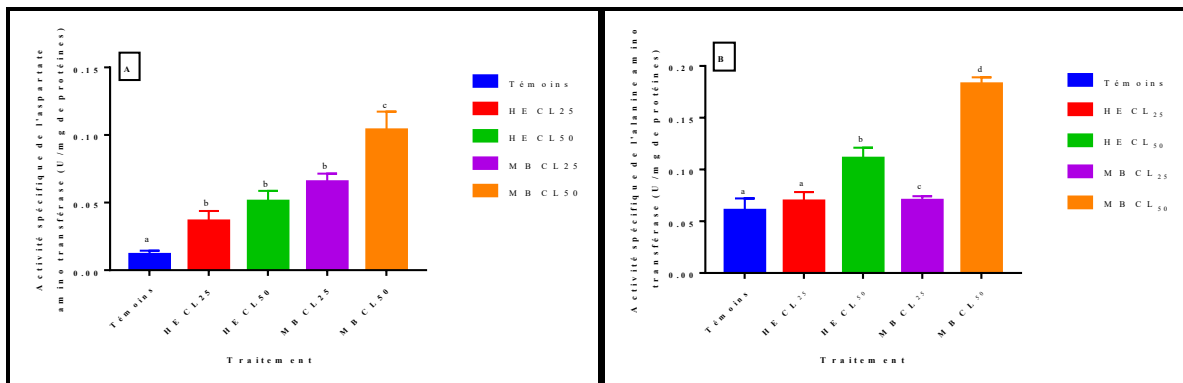
L'application de l'HE et de la molécule bioactive a induit une augmentation significative de l'activité de la TGO (F_{4,10} = 52,41 ; P < 0,0001). De plus, un effet dose a été constaté pour l'HE (CL₂₅ Vs CL₅₀ : P = 0,2612), et pour la molécule bioactive (CL₂₅ Vs CL₅₀ : P = 0,0014). Les

moyennes classées par le test HSD de Tukey, ont mis en évidence 3 groupes. L'Eucalyptol est le traitement qui a plus d'effet sur l'activité de la TGO par rapport à l'HE d'*E. globulus*.

Concernant l'activité de la TGP, nous avons remarqué une augmentation significative ($F_{4,10}=106,4$; $P < 0,0001$) au cours du traitement. On a noté également un effet dose pour l'HE (CL₂₅ Vs CL₅₀ ; $P = 0,0010$), et pour la molécule bioactive (CL₂₅ Vs CL₅₀ ; $P < 0,0001$). Le test HSD de Tukey a révélé 4 groupes de moyennes. De plus, l'Eucalyptol a plus d'effet sur l'activité de la TGP par rapport à l'HE d'*E. globulus*.

Les résultats de l'activité de la LDH, révèlent un effet significatif du traitement par l'huile et par la molécule bioactive avec les deux concentrations ($F_{4,10}= 9,863$; $P = 0,0017$). Les moyennes ont été classées par le test HSD de Tukey, et ont mis en évidence deux groupes. En outre, on remarque que l'Eucalyptol est le traitement qui a plus d'effet sur ce biomarqueur.

Enfin, les résultats du dosage de la phosphatase alcaline ont marqué une augmentation significative ($F_{4,10}= 21,12$; $P < 0,0001$) suite au traitement par l'huile et par l'Eucalyptol. Un effet dose a été constaté pour l'HE (CL₂₅ Vs CL₅₀ : $P = 0,0033$). Par contre, l'effet d'Eucalyptol a été signalé seulement avec la plus forte dose (Témoins Vs CL₅₀ : $p = 0,049$). Le test HSD de Tukey a signalé 4 groupes de moyennes. L'HE est le traitement qui a plus d'effet sur ce biomarqueur.



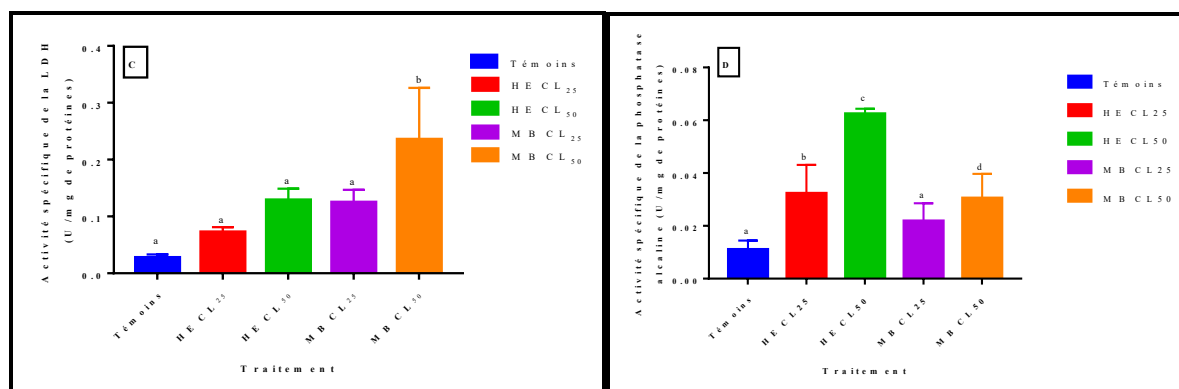


Figure 33. Effet de l'HE d'*E.globulus* et d'Eucalyptol (CL₂₅ et CL₅₀) sur l'activité des biomarqueurs enzymatiques : TGO (A), TGP (B), LDH (C) et PAL (D) chez les adultes de *T. confusum* (m ± SEM, n=3 répétitions, comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.

3.5.Effet du traitement sur la composition biochimique

L'huile essentielle d'*E. globulus* et la molécule bioactive, l'Eucalyptol ont été appliquées par ingestion sur les adultes de *T. confusum* avec deux concentrations létales (CL₂₅ et CL₅₀). Leurs effets ont été évalués sur la composition biochimique (glucides, lipides et protéines) de cette espèce et les résultats sont représentés dans la **Figure 34**.

L'application de l'huile essentielle d'*E. globulus* et de la molécule bioactive n'a induit aucun effet sur le contenu de protéines puisqu'aucune différence significative n'a été signalée ($p > 0,05$) entre les séries témoins et traitées. Le classement des moyennes par le test HSD de Tukey, met en évidence un seul groupe qui englobe toutes les séries témoins et traitées (CL₂₅ et CL₅₀) (**Fig.34 A**).

En ce qui concerne le contenu en glucides, l'application des deux traitements (HE et Eucalyptol) a induit une augmentation significative ($F_{4,10} = 33,88$; $P < 0,0001$) de ce composé. Un effet dose a été signalé après traitement avec l'Eucalyptol (CL₂₅ Vs CL₅₀ : $P < 0,0001$). Le test HSD de Tukey révèle 4 groupes de moyennes, un groupe témoins, un groupe constitué des traités avec les deux concentrations de l'HE, un troisième groupe formé des traités à la CL₂₅ d'Eucalyptol et un dernier groupe composé des traités à la CL₅₀ de la MB (**Fig.34 B**).

Le traitement par l'HE et par l'Eucalyptol a induit une augmentation significative du contenu en lipides ($F_{4,10} = 54,01$; $P < 0,0001$). De plus, on note un effet dose pour l'HE (CL₂₅ Vs CL₅₀ : $P = 0,0208$), et pour la molécule bioactive (CL₂₅ Vs CL₅₀ : $P = 0,0081$). Le classement des moyennes par le test HSD de Tukey met en évidence 5 groupes, chacun étant constitué d'une série (**Fig.34 C**).

L'HE est le traitement qui a plus d'effet sur les réserves énergétiques (glucides et lipides) chez *T. confusum*.

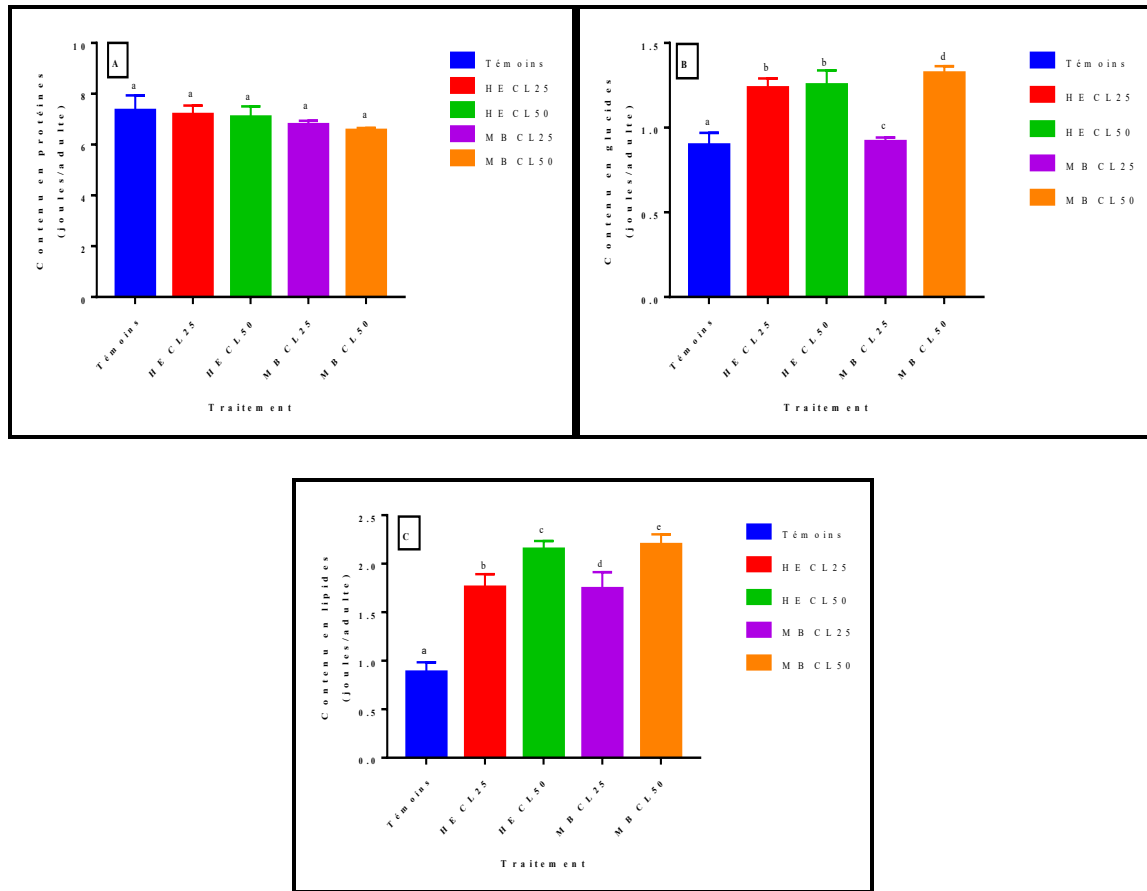


Figure 34. Effet de l'HE d'*E. globulus* et d'Eucalyptol (CL₂₅ et CL₅₀) appliqués par ingestion sur le contenu protéines (A), glucides (B) et en lipides (C) (joule/adulte) chez les adultes de *T. confusum* (m ± SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.

3.6.Effet du traitement sur les enzymes digestives

Les effets de l'HE d'*E. Globulus* et de la molécule bioactive, Eucalyptol ont été évalués sur l'activité spécifique de quatre enzymes digestives : α -amylase, protéase, lipase et chitinase, et les résultats sont mentionnés dans la **Figure 35**.

Concernant l'activité de α -amylase et d'après les résultats mentionnés dans la **Figure 35.A**, on note une diminution significative ($F_{4,10}= 331,6 : P < 0,0001$) de cette enzyme après traitement à l'HE et à la MB. Un effet dose a été constaté pour les deux traitements (CL₂₅ Vs CL₅₀ : $P < 0,0001$). Le classement des moyennes par le test HSD de Tukey, met en évidence 5 groupes, chacun constitué d'une série.

Les résultats mentionnés dans la **Figure 35B**, montrent une diminution significative de l'activité de la protéase ($F_{4,10}= 180,3$; $P < 0,0001$) chez les séries traitées avec l'HE et la MB comparativement aux séries témoins. De plus, on note un effet dose pour l'HE et pour la molécule bioactive (CL_{25} Vs CL_{50} : $P < 0,0001$). Le classement des moyennes par le test HSD de Tukey, met en évidence 5 groupes, chacun constitué d'une série.

Les résultats de l'activité de la lipase (**Fig. 35C**), révèlent une diminution significative de cette enzyme ($F_{4,10}= 11,19$; $P=0,0010$) suite aux traitements par l'HE et la MB. Un effet dose a été signalé seulement pour l'HE (CL_{25} Vs CL_{50} : $P=0,0055$). Le classement des moyennes par le test HSD de Tukey, met en évidence 2 groupes, un groupe constitué des témoins et des traités à la CL_{25} de l'HE et un second groupe formé des autres séries traitées.

Enfin, l'application de l'HE et de la molécule bioactive a induit une diminution significative de l'activité de la chitinase ($F_{4,10}= 29,34$: $P < 0,0001$) (**Fig.35D**). Un effet dose a été constaté pour l'HE (CL_{25} Vs CL_{50} : $P=0,0015$), et pour la MB (CL_{25} Vs CL_{50} : $P=0,0001$). Le test HSD de Tukey a mis en évidence 4 groupes, un groupe témoins et traités à la CL_{25} de l'HE, un second groupe constitué des traités à la CL_{50} de l'HE, un troisième groupe composé des traités à la CL_{25} de la MB et un dernier groupe formé des traités à la CL_{50} de la MB.

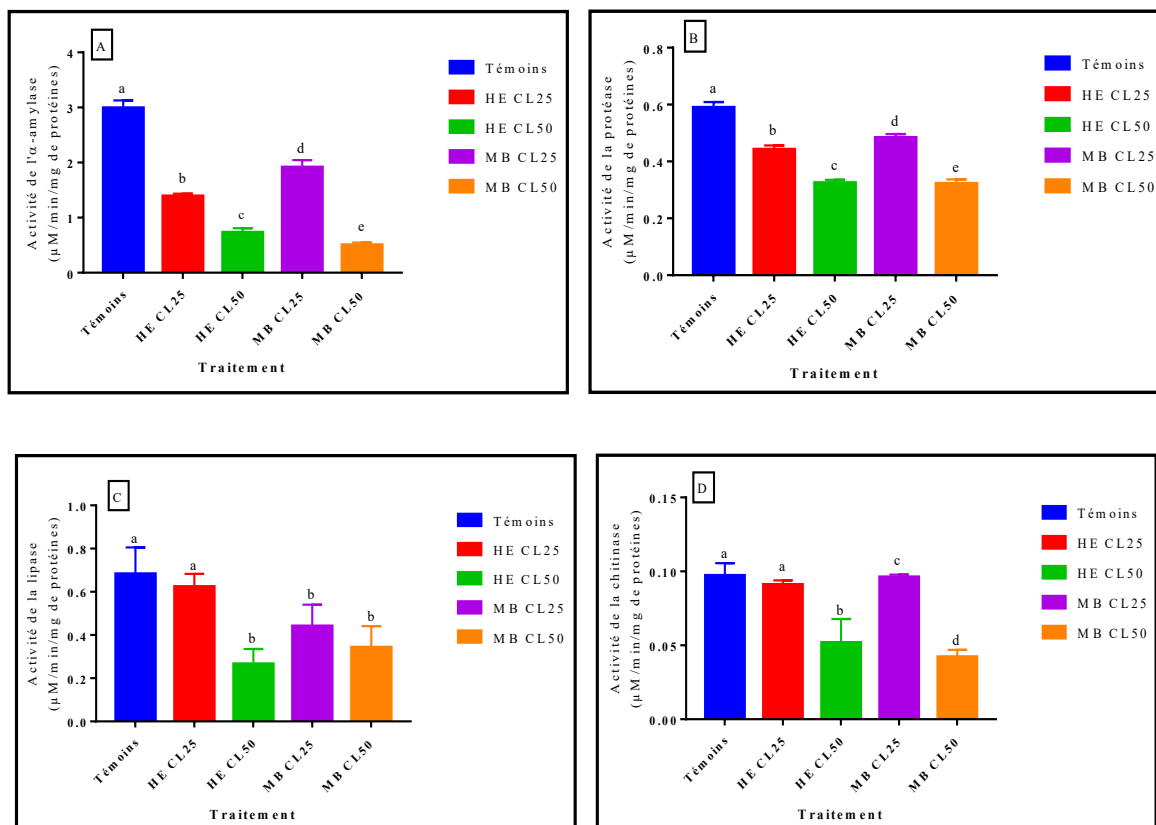


Figure 35. Effet de l'HE d'*E. globulus* et d'Eucalyptol (CL₂₅ et CL₅₀) sur l'activité enzymatique d'α-amylase (A), protéase (B), lipase (C) et chitinase (D) chez les adultes de *T. confusum* (m ± SEM, n=3 répétitions, comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.

3.7.Effet du traitement sur les indices nutritionnels

Les résultats des indices nutritionnels chez les témoins et les traités à la CL₂₅ et la CL₅₀ de l'HE d'*E. Globulus* et de la MB sont mentionnés dans le **Tableau 12**. Les résultats montrent que ces deux traitements influencent tous les indices nutritionnels chez les adultes de *T. confusum*.

Le taux de la croissance relative (RGR) était inversement proportionnel aux concentrations appliquées de l'HE d'*E. globulus* et de la MB. Cet indice diminue significativement après traitement avec l'HE et avec les deux doses appliquées (F_{4,15} = 22,86 ; P < 0,0001). Par contre, aucun effet n'a été signalé sur cet indice après traitement avec l'Eucalyptol (Témoins vs CL₂₅ et Témoins vs CL₅₀ : P > 0,05).

Concernant le taux de consommation relative (RCR), les résultats révèlent un effet significatif du traitement sur cet indice chez les traités à la CL₂₅ et la CL₅₀ d'Eucalyptol et la CL₅₀ de l'HE (F_{4,15} = 13,17 ; P < 0,0001).

Les résultats de l'efficacité de la conversion des aliments ingérés (ECI) révèlent une diminution significative suite au traitement avec les deux concentrations appliquées et avec les deux traitements (F_{4,15} = 58,2 : P < 0,0001). Aucun effet dose n'a été enregistré pour l'HE et l'eucalyptol (CL₂₅ vs CL₅₀ : p > 0,05).

Les résultats de la quantité d'aliment ingéré montrent un effet significatif après traitement avec l'eucalyptol et avec les deux concentrations (F_{4,15} = 12,7 ; P = 0,0001). Par contre, aucun effet de l'HE n'a été constaté (Témoins vs CL₂₅ et Témoins vs CL₅₀ : p > 0,05).

Tableau 12. Effet de l'HE d'*E. globulus* et d'Eucalyptol, sur les indices nutritionnels chez les adultes de *T. confusum* (m ± SEM ; n=4 répétitions comportant chacune 10 individus).

Concentrations	RGR	RCR	ECI	QTT INGER	
	(mg/mg/h)		(%)		
Témoins	0,0078 ± 0,0001	0,5676 ± 0,0623	1,4087 ± 0,1488	0,0072 ± 0,0008	
HE	CL ₂₅	0,3109 ± 0,1147	0,4506 ± 0,0663	0,6785 ± 0,1785	0,0055 ± 0,0007
	CL ₅₀	0,2116 ± 0,0132	0,3585 ± 0,0319	0,5937 ± 0,0468	0,0042 ± 0,0003

Eucalyptol	CL₂₅	0,0076 ± 0,0001	0,0327 ± 0,0287	0,0237 ± 0,0018	0,0042 ± 0,0003
	CL₅₀	0,0074 ± 0,0001	0,2621 ± 0,0398	0,0291 ± 0,0041	0,0035 ± 0,0005
P		<0,0001	0,0006	0,0001	0,0001
F		22,86	9,094	58,2	12,7



Discussion

IV. DISCUSSION

4.1. Rendement en huile essentielle

Les huiles essentielles sont des extraits de plantes volatiles et aromatiques, qui sont présentes naturellement dans diverses parties des arbres et des plantes (Evans, 1998). C'est un métabolite secondaire produit par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs herbivores (Rosset *et al.*, 1990 ; Coffi *et al.*, 2012). La méthode d'obtention des huiles essentielles reste une étape très importante qui peut agir directement sur la qualité et la quantité des huiles essentielles. Le succès de cette étape est interprété par le calcul du rendement (Bruneton, 1993). Ce rendement varie d'une plante à une autre.

Le rendement en huile essentielle obtenu par hydrodistillation des feuilles d'*E. globulus* a enregistré une valeur de $1,56 \pm 0,2$ % au cours de notre étude. Cette valeur est similaire à celle trouvée par Pereira *et al.* (2005) qui ont signalé un taux de 1,57%. Le rendement de l'HE extraite d'*E. globulus* marque des variations d'un site à un autre dans la même région. Il est de 3,40% dans le site de Tébessa ville (Brahmi & Yousfi, 2021) et de 2,71 % dans le site de Boulhaf-Eddir et d'El Hammamet (Brakni & Guefaïfia, 2018). De plus, ces variations sont également signalées dans la willaya de Guelma, il est de 0,41% dans le site de Guelma ville (Reghaïssia, 2020), de 2,43% dans le site de Bouchegouf (Khafrabi *et al.*, 2017), et de 0,25-0,65% dans le site d'Oued Cheham (Traikia & Mansouri, 2020). Ces résultats sont supérieurs à ceux signalés dans certaines régions de l'Algérie, où on note un rendement de 0,50% dans la région de d'Enaama (Abdellah & Louiza, 2018), 0,48 % et 1,19 % dans la région de la Kabylie (Taleb-Toudert, 2015), 1,67% dans la région de Oum El Bouaghi. (Adouani *et al.*, 2021), et de 0,4% dans la région de Msila (Rabiai, 2014 ; Boudiaf & Abir, 2017). D'après Ouibrahim (2014), les rendements maximaux sont obtenus dans les régions à climat sec. Par ailleurs, le rendement de cette même plante présente également des variations d'un pays à un autre, il est de 0,74% en Tunisie (Jerbi *et al.*, 2017), de 1,90-2,7% au Maroc (Zrira & Benjilali, 1996 ; Farah *et al.*, 2002), de 0,82% en Australie (Raymond & Schimleck, 2002), de 2,68% en Argentine (Viturro, 2003), de 0,2% à Uganda (Cuéllar & Yunus, 2009) et de 0,8-2% en Ethiopie (Gebrekidan, 2012).

Plusieurs facteurs peuvent affecter directement la production d'HE (**Tableau 13**), tels que les facteurs écologiques, en particulier les facteurs climatiques, les facteurs géographiques, les propriétés du sol 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 des arbres et la maturité des feuilles peuvent

affecter ce rendement, car les jeunes feuilles ont tendance à produire des rendements en huile plus élevés que les feuilles adultes (Shiferaw *et al.*, 2019 ; Kara & Saidi, 2016). De plus, plusieurs études ont montré que les rendements des HEs sont plus faibles dans les parties de plantes fraîches (Silva *et al.*, 2011). Cela peut s'expliquer par la présence de grandes quantités d'eau.

Tableau 13. Différents facteurs influençant le rendement de l'HE d'*Eucalyptus globulus*.

Facteurs		Rendement (%)	Références
Espèces	<i>Eucalyptus elaeophora</i>	4,2 - 4,7%	(Boland <i>et al.</i> , 1991),
	<i>Eucalyptus sideroxylon</i>	2,6 - 3,2%	(Boland <i>et al.</i> , 1991)
	<i>Eucalyptus cladocalyx</i>	0,25 %	(Farah <i>et al.</i> , 2002),
		0,30%	(Farah <i>et al.</i> , 2002).
	<i>Eucalyptus saligna</i>	0,9%	(Tapondjou <i>et al.</i> , 2004).
	<i>Eucalyptus camadulensis</i>	0,99%	(Mehani & Segni, 2014),
		0,84	Farah <i>et al.</i> , 2002)
	<i>Eucalyptus globulus</i> ssp. <i>maideni</i>	3,38%	(Farah <i>et al.</i> , 2002).
<i>Eucalyptus diversicolor</i>	1,65%		
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,42%		
Organes	Fleurs	2,8 %	(Mekki & Messaoudi, 2020)
		3,12%	(Djedioui & Guefaïfia, 2017).
		0,5%	(Degaïchia & Schailia, 2017)
		1,76%	(Khaled & Dib, 2015)
	Feuilles	1,57%	(Pereira <i>et al.</i> , 2005)
Techniques d'extraction	Hydrodistillation	4,89%	(Kara & Saidi, 2016)

4.2.Toxicité des traitements

L'utilisation traditionnelle des plantes dans la lutte contre les déprédateurs des denrées stockées, et en tant que répulsives des insectes a fait preuve de son efficacité, c'est ce qui a été la base des recherches actuelles qui ont démontré que les huiles essentielles et leurs constituants sont toxiques sur un grand nombre d'insectes par ingestion (Saheb, 2007), par contact direct ou par inhalation (Goudoum, 2010) et répulsifs (Mason, 1990; Watanabe *et al.*, 1993 ; Baccaïni, 1993).

Les HEs sont des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (Cseke *et al.*, 1999 ; Rose de Lima *et al.*, 2014 ; Vogelweith, 2013 ; Jost & Jost-Tse, 2016 ; Aissaoui *et al.*, 2018). Celles-ci peuvent affecter la croissance, le développement et le comportement des insectes (Nguyen, 2008) et peuvent agir comme anti-appétant (Hough-Goldstein, 1990 ; Bouzouita *et al.*, 2008). L'activité des huiles réside dans certaines molécules chimiques qui le constituent (Degryse *et al.*, 2008).

Notre étude a pour but de tester la toxicité de l'huile essentielle extraite d'*E. globulus* et de la molécule bioactive, l'Eucalyptol par fumigation et par ingestion à l'égard des adultes de *T. confusum*. Les résultats ont montré une activité insecticide de ces traitements avec une relation dose-réponse et une efficacité de l'application par ingestion.

Les huiles essentielles ont été démontrées comme ayant une action insecticide par contact et par fumigation contre les insectes nuisibles aux produits stockés (Mann & Kaufman, 2012), tels que *Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum* (Park *et al.*, 1948), *Rhyzopertha dominica* (Ansell, 1992), *Sitophilus oryzae* (Cotton, 1920), *Sitophilus granarius* (Ponel *et al.*, 2000), *Sitophilus zeamais* (Patiño *et al.*, 2021), *Callosobruchus maculatus* (Gad *et al.*, 2021) et *Trogoderma granarium* (Ahmedani *et al.*, 2011). La plupart des huiles essentielles perturbent la structure de la membrane cellulaire, mais pour certaines, des effets neurotoxiques ont pu être mis en évidence, dus à des interactions avec des neurotransmetteurs tels que le GABA (acide gamma amino-butérique) et l'octopamine, ou par inhibition de l'acétylcholinestérase (Huignard, 2013 ; Tirakm *et al.*, 2015). Certaines d'autres peuvent potentialiser l'action d'autres molécules en inhibant les cytochromes P450 qui sont normalement des détoxifiants (Boukhalfa & Rouabah, 2020).

De nombreux chercheurs se sont intéressés à l'évaluation des effets insecticides de certaines plantes aromatique du genre *Eucalyptus* pour la protection des stocks de grains (Abou-Taleb *et al.*, 2016). L'huile essentielle extraite à partir des espèces d'*Eucalyptus* contient des métabolites secondaires tels que les terpénoïdes et les composés phénoliques et ces composés ont été trouvés toxiques contre les ravageurs coléoptères des stocks (Koul *et al.*, 2008 ; Bett *et al.*, 2016). La bioefficacité de l'HE d'*Eucalyptus* a été démontrée dans divers tests tels que la répulsion (Trigg, 1996; Thorsell *et al.*, 1998), la toxicité par fumigation (Papachristos & Stamopoulos, 2004) et la toxicité par contact ou par ingestion (Mnayer, 2014). Les résultats de Aiboud (2012) ont montré que l'application des HEs de Myrte, d'Eucalyptus, d'Origan et de clous de girofle par inhalation induit une toxicité importante vis-à-vis des larves de

C. maculatus. Selon Taleb-Toudert (2015), l'HE d'*E. globulus* a induit 100% de mortalité chez les adultes de *C. maculatus*, après 96 heures d'exposition à la dose 4µl/l d'air. Plusieurs études ont montré également la toxicité de l'huile d'*Eucalyptus globulus* contre plusieurs espèces d'insectes des denrées stockées (Tableau 14), tels que *Tribolium castaneum* (Reguibi, 2021), *Rhyzopertha dominica* (Belhocine & Hammana, 2017), *Trogoderma granarium* (Brahmi & Yousfi, 2021) et *Acanthoscelides obtectus* (Regnault-Roger & Hamraoui, 1993 ; Taib, 2015). Leur propriété insecticide est due à la présence de composés volatils, l'Eucalyptol, ou 1,8-Cinéole (Lee *et al.*, 2004), le Citronellal, le p-Cymène, l'Eucamalol, le Limonène, le Linalool, α-Pinène, α-Terpinéol et l'Allocimène (Choi *et al.*, 2002).

Tableau 14. Effet insecticide de l'HE extraite d'*E. globulus* à l'égard de différentes espèces de Coléoptères, ravageurs des denrées stockées.

Plante	Espèces visées	CL (ppm)	Références
<i>E. globulus</i>	<i>Tribolium castaneum</i>	DL ₅₀ : 131,82 (adultes) DL ₅₀ : 2,69 (larves)	Reguibi (2021)
	<i>Rhyzopertha dominica</i>	CL ₁₀ : 24,80 CL ₂₅ : 19 CL ₅₀ : 29,80	Belhocine & Hammana (2017)
	<i>Trogoderma granarium</i>	CL ₂₅ : 33,32 CL ₅₀ : 90,47 CL ₉₀ : 667	Brahmi & Yousfi (2021)
	<i>Acanthoscelides obtectus</i>	CL ₅₀ : 3,11	Regnault-Roger & Hamraoui (1993)
	<i>Acanthoscelides obtectus</i>	CL ₅₀ : 1	Taib (2015)

D'autres travaux ont montré que les HEs de certaines plantes présentent une activité insecticide à l'égard de *T. confusum*, tels que l'HE de *Moringa oleifera*, *Origanum majorana*, *Artemisia Vulgaris*, *Trigonella foenum* et *Syzygium aromaticum* (Salim *et al.*, 2019), *Origanum vulgare* (Zerrougui & Boukhatem, 2021 ; Sahraoui & Saadi, 2021), *Artemisia herba alba* (Habera & Laoudi, 2019), *Lavandula dentata* (Ould Messaoud & Boudiar, 2016 ; Amrani, 2018) et *Lavandula angustifolia* (Rezkallah & Ghenaïet, 2019).

Le 1,8-Cinéole est reconnu comme le composant majeur et le plus toxique des huiles de nombreuses espèces d'*Eucalyptus* (Batish *et al.*, 2008 ; Elaïssi *et al.*, 2011 ; Kumar *et al.*, 2012 ; Palacios *et al.*, 2009). La toxicité de plusieurs constituants des HEs tels que le 1,8-Cinéole, le Caryophyllène, le Citral, le Limonène et le Linalool peut être considérée comme principale raison de leurs activités insecticides (Ebadollahi, 2013). Il existe de nombreux rapports qui ont

confirmé l'activité insecticide du 1,8-Cinéole contre les insectes des denrées stockées (Aggarwal *et al.*, 2001 ; Tripathi *et al.*, 2001 ; Yang *et al.*, 2004 ; Kordali *et al.*, 2006). C'est un monoterpénoïde volatil et lipophile, et qui peut rapidement pénétrer dans les insectes et interférer avec leurs fonctions physiologiques (Yang *et al.*, 2004).

Les travaux de Ryan & Byrne (1988) ont révélé la toxicité de plusieurs terpénoïdes, dont le Pulégone, le Linalool et le 1,8-Cinéole contre *T. castaneum* et leur inhibition compétitive réversible de l'acétylcholinestérase en occupant le site hydrophobe du centre actif de l'enzyme.

Il existe également d'autres études menées par Obeng-Ofor *et al.* (1997) et qui ont montré le pouvoir toxique du 1,8 Cinéole contre *S. granarius*, *S. zeamais*, *T. castaneum* et *Prostepha nutruncatus*. Rozman *et al.* (2006) ont montré que le 1,8-Cinéole, le Camphre et le Carvacrol présentent également une activité insecticide contre *Cryptolestes ferrugineus*. En outre, l'effet toxique d'Eucalyptol à l'égard de différentes espèces de ravageurs est mentionné dans le **Tableau 15**.

Tableau 15. Effet toxique de la molécule bioactive, Eucalyptol à l'égard de différentes espèces de Coléoptères, ravageurs des denrées stockées.

Molécules	Espèces visées	DL (ppm)	Références	
Eucalyptol	Contact	<i>C. maculatus</i>	DL ₅₀ = 0,03 ml/l	
		<i>R. dominica</i>	DL ₅₀ = 0,04 ml/l	
		<i>S. oryzae</i>	DL ₅₀ = 0,04 ml/l	
	Fumigation	<i>C. maculatus</i>	DL ₅₀ = 0,28 ml/l d'air	Aggarwal <i>et al.</i> (2001)
		<i>R. dominica</i>	DL ₅₀ = 0,33 ml/l d'air	
		<i>S. oryzae</i>	DL ₅₀ = 0,46 ml/l d'air	
Contact	<i>T. castaneum</i>	DL ₅₀ = 108,4 µg/mg	Tripathi <i>et al.</i> (2001)	
Fumigation		DL ₅₀ = 1,52 mg/l d'air		

4.3. Effet répulsif des traitements

L'activité répulsive est un phénomène physiologique qui se produit chez les insectes comme mécanisme de défense contre les toxines sécrétées par les plantes. Un pesticide botanique possède une propriété répulsive, qui éloigne les insectes nuisibles et protège les cultures (Isman, 2006) avec un impact minimal sur l'écosystème, car ils éloignent les insectes nuisibles des matériaux traités en stimulant les récepteurs olfactifs ou autres (Talukder, 2006). L'activité répulsive des HEs de nombreuses plantes est bien documentée (Mossa, 2016). Cette activité est liée aux principes actifs et aux autres constituants chimiques (Damalas & Eleftherohorinos, 2011). L'efficacité et la durée du pouvoir répulsif des produits chimiques

dépendent du type de répulsif (ingrédient actif et formulation), du mode d'application et des conditions locales (température, humidité et vent) (Barnard, 2000).

Nos resultants révèlent le pouvoir repulsive de l'HE d'*E. globules* et d'Eucalyptol (1,8 Cinéole) à l'égard des adultes de *T. confusum*.

Tomizawa & Casida (1999) ont rapporté que l'effet répulsif de ces huiles essentielles pourraient dépendre de sa composition chimique et du niveau de sensibilité des insectes. Les travaux de Hamdani (2012) ont montré que l'HE du genre Citrus est aussi connu pour avoir des propriétés répulsives remarquables. En effet des tests réalisés sur *C. limonum*, *C. paradisi*, et *C. aurantium* révèlent des taux de répulsion de 75%, 65% et 85% respectivement vis à vis de l'insecte *Acanthoscelides obtectus*. L'HE d'*E. globulus* a un effet très répulsif sur les adultes d'*A. Obtectus* avec un taux de répulsion de 90% (Taib, 2015). D'après l'étude de Brahmi & Yousfi (2021), l'activité répulsive de l'HE d'*E. globulus* vis-à-vis de *Trogoderma granarium* est estimée à un taux de 85%. Plusieurs auteurs ont testé la répulsion de certaines huiles essentielles extraites des plantes aromatiques à l'égard de *Tribolium confusum*, telles que l'*Eucalyptus saligna* avec un taux de 98 % (Tapondjou *et al.*, 2005), *Teucrium polium* et *Artemisia herba alba* avec des taux de 76,68% et 68,33% respectivement (Lememailbi, 2019).

Le 1,8-Cinéole a montré un potentiel répulsif contre quatre ravageurs des denrées stockées tels que *S. granarius*, *T. castaneum*, *S. zeamais* et *P. Truncatus* avec des taux de 70 %, 48 %, 70 % et 50 % respectivement à la concentration la plus élevée (10 µl/ml) (Obeng-Ofori *et al.*, 1997). Aggarwal *et al.* (2001) ont montré l'effet répulsif du 1,8-Cinéole vis à vis de trois coléoptères des denrées stockées, *C. maculatus*, *R. dominica* et *S. orizae*. Les travaux d'Ojimekwe & Adler (1999) ont révélé l'activité répulsive de différentes molécules bioactives vis à vis de *T. confusum* (Tableau 16).

Tableau 16. Pourcentages et classes de répulsion des molécules testées sur les adultes de *T. confusum*.

Espèce visée	Molécules	Pourcentage %	Classe	Référence
<i>T. confusum</i>	β -Pinène	8,89 \pm 1,89	I	Ojimmelukwe & Adler (1999)
	α -Pinène	23,71 \pm 2,97	II	
	Camphre	35,57 \pm 2,06	II	
	1,8 Cinéole	26,63 \pm 3,40	II	
	Eugénol	80,00 \pm 1,33	IV	
	Linalool	42,96 \pm 4,16	III	
	Menthol	40,74 \pm 3,28	III	
	4-Allyl-anisol	38,33 \pm 3,09	II	
	Piperin 2,3-Tert-butylated	14,07 \pm 1,68	I	
	Hydroxy-anisol	50,37 \pm 1,89	III	
	Terpinéol	42,97 \pm 3,25	III	
	Thymol	70,39 \pm 2,50	IV	
	Zimtaldéhyde	98,53 \pm 0,16	V	

4.4. Effet du traitement sur les biomarqueurs enzymatiques

Les biomarqueurs ont été largement utilisés en écotoxicologie comme indicateurs précoces d'exposition à des substances toxiques (Alessio *et al.*, 2016). Ils peuvent être définis comme des changements observables ou mesurables au niveau moléculaires, biochimiques, cellulaires, physiologiques ou comportementaux indiquant l'exposition actuelle ou passée d'un organisme aux xénobiotiques (Lagadic *et al.*, 1997; Badiou, 2007). Diverses enzymes sont couramment utilisées comme biomarqueurs chez de nombreuses espèces (Barata *et al.*, 2007; Heylen *et al.*, 2011), telles que la PAL, LDH, ASAT et ALAT (Pratt & Kaplan, 2000).

L'ASAT et l'ALAT sont des enzymes synthétisées au niveau du cytoplasme de la cellule et déchargées dans la circulation en cas de cellules endommagées (Pradel & Albert, 2021; Ozturk *et al.*, 2009). Ils sont utilisés comme indicateurs des dommages cellulaires et de l'altération de la perméabilité membranaire (Yap & Aw, 2010). Elles sont libérées dans l'hémolymphe des insectes que lorsque les cellules sont détruites ou endommagées.

Nos résultats obtenus ont montré que l'HE d'*E. globulus* et la molécule bioactive, l'Eucalyptol ont entraîné une augmentation significative de l'activité des deux enzymes l'ASAT et l'ALAT.

Ender *et al.* (2005) ont montré une augmentation de l'activité de l'ALT chez les larves de *Galleria mellonella* après traitement au méthyle parathion. Zibae *et al.* (2011) ont montré que l'activité de ces enzymes a fortement augmenté après 48h chez *Eurygas terintegriceps* traité par le pyriproxifène. Les huiles du basilic et du girofle ont induit une augmentation

significative de l'activité de la TGP et TGO chez *S. granarius*, ce qui indique une synthèse accrue de ces deux enzymes (Makarem *et al.*, 2015). Ces résultats sont en accord avec ceux de Tabassum *et al.* (1994) et Abdel-Latif & Al Moajel (2004). Par contre, l'étude de Hasheminia *et al.* (2011) a montré que *Artemisia annua* et *Achillea mille folium* ont induit une réduction de l'activité de l'AST chez *Pieris rapae*.

La phosphatase alcaline (PAL) est une enzyme hydrolase responsable de l'élimination des groupes phosphates de nombreux types de molécules, y compris les nucléotides, les protéines et les alcaloïdes dans des conditions acides, sous le nom de déphosphorylation (Zibae *et al.*, 2011).

Nos résultats obtenus ont montré que l'HE d'*E. globulus* et la molécule bioactive, l'Eucalyptol ont entraîné une augmentation significative de l'activité de phosphatase alcaline. L'activité de la phosphatase alcaline a été augmentée sous l'effet de Ripcord chez *T. castaneum* (Saleem *et al.*, 1998).

4.5. Effet du traitement sur un biomarqueur du stress oxydatif

Le stress oxydatif est la conséquence d'un déséquilibre entre la production des radicaux libres et la destruction par des systèmes de défenses anti-oxydantes (Angelos *et al.*, 2005).

La lactate déshydrogénase (LDH) est une enzyme qui contribue à faciliter le processus de transformation du sucre en énergie, afin que les cellules puissent les utiliser. Les niveaux de la LDH sont utilisés chez les espèces étudiées dans le domaine toxicologique, dans l'indication de l'exposition à un stress chimique (Wu & Lam, 1997; Das *et al.*, 2004) et pour le diagnostic des lésions cellulaires et tissulaires (Asztalos *et al.*, 1990; Gupta *et al.*, 1991). La LDH est également utilisée comme biomarqueur de pollution (Long *et al.*, 2003).

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que l'HE d'*E. globulus* n'induit aucun effet sur l'activité de la LDH chez *T. confusum*, par contre l'Eucalyptol a causé son augmentation.

Des résultats similaires ont été observés chez *R. dominica* traité à l'azadirachtine (Halaimia & Chachoui, 2017), chez *Tribolium castaneum* traité au diflubenzuron (Saleem & Schakoori, 1987), chez *Cnaphalocrocis Medinalis* (Senthil Nathan *et al.*, 2006) et *Spodoptera littoralis* (Fahmy & Dahi, 2009) traités à l'azadirachtine, chez *Blattella germanica* traité par l'acide borique (Sifi, 2002 ; Kilani-Morakchi, 2007) et chez *Macquarianovem Aculeata* exposé au

pétrole brut (Cohen *et al.*, 2001). Cette augmentation peut être expliquée par le stress chimique induit par l'insecticide.

Par contre, une diminution de ce biomarqueur a été constatée chez *B. mori* traité par deux organophosphorés, le fenitrothion et l'éthion (Nath, 2000), chez *Culex fatigans* traité au malathion et au pyréthrinolide (Azmi *et al.*, 2002) et chez *Blattella germanica* traitée à l'indoxacarbe et au Spinosat (Maiza *et al.*, 2013).

4.6. Effet du traitement sur la composition biochimique

Dans les études physiologiques, la détermination des protéines totales et de nombreuses macromolécules chimiques, telles que les lipides et les glucides, est importante (Yazdani *et al.*, 2014). Les huiles essentielles et leurs composants interfèrent avec plusieurs fonctions métaboliques, biochimiques, physiologiques et comportementales des insectes (Mann & Kaufman, 2012). Elles peuvent provoquer des perturbations biochimiques exprimées par une augmentation ou une diminution des différents métabolites (Gnanamani & Dhanasekaran, 2017). Plusieurs études ont montré une perturbation de la composition biochimique des insectes traités avec des huiles essentielles (Kaufmann & Brown, 2008).

Chez les insectes, les protéines et les acides aminés jouent un rôle majeur durant les différentes phases de leur vie, ce sont des composants biochimiques majeurs nécessaires au développement, à la croissance et à l'accomplissement de ses activités vitales (Yazdani *et al.*, 2014). Plusieurs recherches ont montré que les HEs provoquent une perturbation des protéines chez les insectes (Roya & Jalal, 2013).

Nos résultats ne montrent aucun effet de traitement par l'HE et la MB sur les protéines totales chez les adultes de *T. confusum*.

Une augmentation du taux de protéines a été signalée chez *Ephesia kuehniella* traitée par *Mentha piperita* (Zoghلامي, 2015), chez *R. dominica* traité par *Schinus molle* (Soltani & Abbas, 2021), chez *Trogoderma granarium* traitée par *E. globulus* (Brahmi & Yousfi, 2021), chez *R. dominica* traitée par l'azadirachtine (Tine *et al.*, 2017), chez *Plodia interpunctella* traitée à l'*Artemisia khorassanica* et *Vitex pseudo-negundo* (Borzoui *et al.*, 2016) et chez *R. dominica* traité par *Eucalyptus globulus* et *Artemisia herba-alba* (Aref & Valizadegan, 2015). Par contre, Ebadollahi *et al.* (2013) ont constaté une diminution du contenu en protéines chez les larves de *T. castaneum* traitées avec l'huile d'*A. foeniculum*.

Les glucides représentent également l'élément énergétique de l'organisme jouant un rôle essentiel dans la physiologie des insectes (Cassier *et al.*, 1997). Ils forment un groupe de composés très importants. Certains représentent une source d'énergie pour les organismes vivants, soit immédiatement utilisable (tréhalose), soit sous forme de réserves (glycogène), d'autres ont un rôle structural (cellulose, chitine, acide hyaluronique) (Nation, 2008). Les taux de glycogène et de tréhalose dans les tissus sont étroitement liés aux événements physiologiques tels que le vol, la mue, et la reproduction (Wien & Gilbert, 1967 ; Kaufmann & Brown, 2008).

Les lipides représentent la principale source d'énergie chez les insectes (Beenackers *et al.*, 1985a), transportés du corps gras, site de leurs synthèse et stockage (Keely, 1986 ; Van Hensden & Law, 1989) vers les organes utilisateurs, notamment les ovaires (Kilby, 1963 ; Chino *et al.*, 1981), via l'hémolymphe pour être utilisés lors de la vitellogenèse (Downer, 1985 ; Keely, 1986). Les réserves lipidiques semblent être la résultante d'un équilibre entre la prise de nourriture et les dépenses énergétiques indispensables pour certains processus tel que la croissance (Beenackers *et al.*, 1985b).

Nos résultats montrent que l'application de l'HE d'*Eucalyptus globulus* et de la molécule bioactive, l'Eucalyptol provoque une augmentation du contenu en glucides et en lipides.

Les mêmes observations ont été signalées chez *Ephestia kuehniella* traité par *Mentha piperita* (Zoghلامي, 2015) et chez *R. dominica* traitée par l'azadirachtine (Halaimia & Chachoui, 2017).

Par contre, une diminution de ces réserves a été observée chez *T. castaneum* traité par l'huile d'*A. foeniculum* (Ebadollahi *et al.*, 2013), chez *S. granarius* traité avec l'huile de *C. limonum* (Guettal *et al.*, 2020), chez *T. granarium* traité par *S. molle* (Brahmi & Yousfi, 2021), chez *R. dominica* traité par *E. globulus* (Soltani & Abbes, 2021), chez *T. castaneum* et *C. maculatus* traités par les HEs de *C. aromaticum*, *E. cardamomum* et *M. fragrans* (Tarigan *et al.*, 2016) et chez *Glyphodes pyloalis* traité par *Lavandula angustifolia* (Yazdani *et al.*, 2013).

Dans les conditions de stress, plus de sucres pourraient être métabolisés pour faire face aux dépenses énergétiques (Yazdani *et al.*, 2014). Cela pourrait être la raison de l'augmentation des glucides chez les insectes traités.

L'augmentation des lipides après traitement aux produits toxiques pourrait être due à une augmentation de leur synthèse, à un dysfonctionnement hormonal qui contrôle le métabolisme lipidique (Steele, 1981), 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).

4.7. Effet sur les enzymes digestives

Les huiles essentielles végétales ont non seulement des toxicités significatives contre les insectes mais elles jouent également des rôles clés dans la performance physiologique en inactivant des protéines/enzymes ou en déclenchant d'autres processus (Seo *et al.*, 2015 ; Oboh *et al.*, 2017 ; Shu *et al.*, 2018). Dans l'intestin, les enzymes digestives hydrolysent les macromolécules alimentaires en des molécules plus petites facilitant ainsi leur absorption. Les protéines, les glucides et les lipides constituent la majorité des macromolécules alimentaires et sont hydrolysés respectivement par les protéases, les amylases et les lipases. La synthèse et la sécrétion des enzymes digestives sont contrôlées durant le processus de digestion par différents mécanismes : nerveux, hormonal, paracrine et prandial (Lehane *et al.*, 1995).

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).

L'application de l'HE d'*E. globulus* et de la molécule bioactive, l'Eucalyptol perturbe l'activité des enzymes digestives chez les adultes de *T. confusum* par rapport aux témoins avec une relation dose-réponse. L'activité de quatre enzymes étudiées a été significativement diminuée.

Les protéases sont des enzymes qui catalysent l'hydrolyse des protéines, en scindant la liaison peptidique qui lie deux acides aminés dans une chaîne peptidique (Pascual-Ruis *et al.*, 2009). Elles peuvent être altérées par les insecticides botaniques qui interfèrent la production de certains types de protéases et les empêchent de digérer les protéines ingérées (Johnson *et al.*, 1990) ; Senthil-Nathan *et al.*, 2006)

Des résultats similaires ont été rapportés chez *P. americana* (Paranagama *et al.*, 2001) et *G. pyloalis* (Khosravi & Sendi, 2013) traitées à l'azadirachtine, chez les larves de *T. granarium*

traitées par *E. globulus* (Brahmi & Yousfi, 2021) et chez *R. dominica* traité par *S. molle* (Soltani & Abbes, 2021).

Les lipases jouent un rôle très important dans le stockage et la mobilisation des lipides. Ces enzymes interviennent également dans plusieurs processus physiologiques comme la reproduction, la croissance et la défense contre les agents pathogènes (Lemaitre & Miguel-Aliaga, 2013). Zibae *et al.* (2008) ont noté une inhibition de l'activité de la lipase dans l'intestin moyen de *Chilo suppressalis* (Lepidoptera : Pyralidae) après traitement à l'extrait d'*A. annua*. 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. Le traitement des larves de *T. granarium* par l'HE d'*E. globulus* (Brahmi & Yousfi, 2021) et les adultes de *R. dominica* par *S. molle* (Soltani & Abbes, 2021) a induit une diminution de l'activité de la lipase. Plusieurs travaux ont montré que le neem ou *Azadirachta indica* diminue l'activité des lipases intestinales chez différentes espèces d'insectes (Zibae & Bandani, 2009; Khosravi & Sendi, 2013).

L' α -amylase est une enzyme de l'intestin moyen et de la salive impliquée dans le métabolisme de l'amidon et d'autres glucides et son niveau d'activité dépend du régime alimentaire (Shekari *et al.*, 2008). Certains extraits de plantes et des molécules d'origine végétale ont inhibé l'activité de l' α -amylase in vitro (Yazdani *et al.*, 2012).

Des études montrent que la réduction de l'activité α -amylase sous l'effet de l'azadirachtine a été marquée chez *P.americana* (Paranagama *et al.*, 2001), *P. interpunctella* (Rharrabe *et al.*, 2008), *Glyphodes pyloalis* (Khosravi & Sendi, 2013) et *Tribolium castaneum* (Sami, 2014). Selon l'étude de Valizadeh *et al.* (2013), l'application d'Achooka réduit l'activité de l' α -amylase chez les larves de *X. luteola*. En outre, Zibae & Bandani (2010) ont montré que l'extrait d'*Artemisia Annua* provoqué une réduction de l'activité de l' α -amylase en fonction des concentrations chez *Eurygas terintegriceps*. Par contre, Shekari *et al.* (2008) ont démontré que le niveau d'activité de l' α -amylase chez *Xanthogaleruca luteola* (Chrysomelidae) traité par un extrait d'*A. annua* a fortement augmenté après 48 h de traitement.

La chitine est un biopolymère produit par les insectes en particulier. Elle est le composant majeur de la cuticule qui constitue l'exosquelette chez les insectes. La chitine est également présente dans la matrice péritrophique, couche protectrice de l'intestin moyen des insectes contre l'attaque de pathogènes ou de toxines (Merzendorfer & Zimoch, 2003). Nos résultats

montrent que l'HE et la MB réduisent l'activité de la chitinase. Des résultats similaires ont été rapportés chez les larves et les adultes mâles et femelles de *D. melanogaster* traités avec l'azadirachtine (Bezzar, 2016), chez les larves de *T. granarium* traitées par l'HE d'*E. globuleus* (Brahmi & Yousfi, 2021) et chez *R. dominica* traité par *S. molle* (Soltani & Abbes, 2021).

En effet, toute perturbation dans l'activité des enzymes digestives réduit l'accès aux éléments nutritifs indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. De plus, cette réduction dans la capacité d'utilisation des nutriments peut être liée à une conversion de l'énergie nécessaire à la production de la biomasse dans l'induction de l'activité d'enzymes nécessaire à la détoxification (Tanzubil & Mc Caffery, 1990; Nathan *et al.*, 2005) des huiles essentielles et leurs composant.

Ces résultats peuvent refléter l'interférence de l'huile essentielle d'*E. Globulus* avec la régulation de l'alimentation et du métabolisme, ce qui soutient clairement l'action de ces traitements qui comprenait une réduction de la consommation alimentaire et de l'efficacité digestive, réduisant ainsi l'accès des nutriments pour les besoins biologiques.

4.8.Effet du traitement sur les indices nutritionnels

Les huiles essentielles sont des mélanges d'hydrocarbures volatils avec une variété de groupes fonctionnels et leurs constituants insecticides sont principalement des monoterpénoïdes (Coats *et al.*, 1991). Elles ont une activité anti-appétante (Hough-Goldstein, 1990 ; Hummel & Isman, 2001) et sont inhibitrices du développement et de la croissance des insectes (Karr & Coats, 1992). Il a été reporté que les pesticides botaniques inhibent l'appétit ou perturbent l'alimentation des insectes en rendant le matériel traité peu attrayant ou désagréable (Rajashekar *et al.*, 2012; Talukder, 2006).

Dans notre étude, le taux de la croissance relative (RGR), le taux de consommation relative (RCR), l'efficacité de la conversion des aliments ingérés (ECI) sont les paramètres sélectionnés pour évaluer le pouvoir anti-appétant de l'HE et de la MB à l'égard de *T.confusum*.

Les résultats obtenus montrent que la diminution de l'ECI est une mesure globale de la capacité de l'insecte à utiliser la nourriture ingérée pour la croissance et le développement, ce

qui signifie que plus la nourriture est métabolisée pour produire l'énergie, moins elle est concertée 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 adultes de *T.confusum* à exploiter les aliments ingérés. La diminution du RGR et du RCR chez les adultes de *T. confusum* traités peut confirmer les effets toxiques des composés allélochimiques de la plante sur la membrane péri-trophique et les dommages induits au niveau de l'intestin moyen (Marie *et al.*, 2009).

En outre, une perturbation de ces indices nutritionnels chez *T. granarium* traité par *E. globulus* (Brahmi & Yousfi, 2021). Selon Isman (2002b), l'huile essentielle induit une alimentation plus difficile en modifiant le comportement des insectes, par une action directe sur les sensilles périphériques des insectes. Dethier *et al.* (1960) ont montré que l'Eucalyptol réduit le taux de la croissance, la consommation de la nourriture et l'utilisation de la nourriture chez les adultes de *T. castaneum*.



Conclusion
et
Perspectives

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au cours des dernières décennies, de nombreuses études ont été menées dans le but de trouver des méthodes de conservation des aliments plus douces et respectueuses de la santé humaine et de l'environnement. Les pesticides d'origine végétale (biopesticides) constituent une piste sérieuse et prometteuse.

Le travail réalisé, nous a permis d'évaluer chez un ravageur des denrées, *Tribolium confusum*, l'effet de deux biopesticides, la molécule bioactive, Eucalyptol et l'huile essentielle extraite d'*Eucalyptus globulus* appliqués par fumigation et par ingestion, sur la mortalité, la répulsion, les biomarqueurs enzymatiques (TGO, TGP et Phosphatase alcaline), le biomarqueur du stress oxydatif (LDH), la composition biochimique, les enzymes digestives et sur les indices nutritionnels.

Les essais toxicologiques ont permis de déterminer les concentrations létales de deux biopesticides appliqués par fumigation et par ingestion à l'égard des adultes de *T. confusum*. Les deux traitements révèlent une activité insecticide avec une relation dose-réponse vis-à-vis de cette espèce.

Le test de répulsion a permis de mettre en évidence le pouvoir répulsif des deux traitements à l'égard de *T. confusum* avec un effet plus marqué d'*E. globulus* par rapport à l'Eucalyptol.

L'évaluation des biomarqueurs enzymatiques révèle une augmentation de l'activité des biomarqueurs enzymatiques (TGO, TGP et Phosphatase alcaline) chez les adultes de *T. confusum* traités par l'HE et par l'Eucalyptol.

Par ailleurs, l'Eucalyptol est le seul traitement qui a causé une augmentation de l'activité de la LDH par rapport aux témoins.

L'étude biochimique montre que les deux biopesticides appliqués par ingestion, induisent une augmentation des réserves énergétiques (glucides et lipides) chez les adultes traités de *T. confusum*. Par contre, aucun effet n'a été signalé sur le contenu en protéines.

Par ailleurs, les activités spécifiques des enzymes digestives sont également perturbées sous l'effet de l'HE et de la molécule bioactive. Les résultats révèlent une diminution significative de l'activité de l' α -amylase, la chitinase, la protéase et la lipase chez les adultes de *T. confusum*.

Enfin, l'application des deux traitements a induit une perturbation des indices nutritionnels chez les adultes de *T. confusum* par rapport aux témoins.

Dans le futur, il serait intéressant de compléter les travaux en cours en évaluant l'effet de cette HE et des molécules bioactives majoritaires sur le potentiel reproducteur des adultes de *T. confusum*. Enfin, la détermination de la neurotoxicité de ces traitements chez les ravageurs des denrées stockées s'avère indispensable.



Résumé

VI. RESUME

Cette présente étude a pour but d'évaluer les activités insecticides d'une huile essentielle extraite d'*Eucalyptus globulus* et d'une molécule bioactive, l'Eucalyptol à l'égard d'un ravageur des denrées stockées, *Tribolium confusum*. Les effets ont été examinés sur la mortalité, les biomarqueurs enzymatiques, le biomarqueur du stress oxydatif, les réserves nutritives, les indices nutritionnels et les enzymes digestives.

Les essais toxicologiques réalisés par fumigation et par ingestion ont révélé l'activité insecticide de ces deux traitements avec une relation dose-réponse. De plus, l'HE appliquée par fumigation est le plus efficace et l'Eucalyptol appliqué par ingestion est le plus toxique. Le test de répulsion a permis de mettre en évidence le pouvoir répulsif de ces traitements à l'égard de *T. confusum*.

Par ailleurs, l'étude biochimique montre que les deux traitements provoquent une perturbation des réserves nutritives. De plus, ils activent les biomarqueurs enzymatiques via une augmentation de la TGO, TGP et la Phosphatase alcaline chez les adultes de *T. confusum*.

L'HE et son composé majoritaire perturbent également l'activité des enzymes digestives chez les adultes traités comparativement aux témoins. En effet, le traitement réduit l'activité spécifique de l' α -amylase, de la chitinase, de la protéase et de la lipase.

Finalement, l'application de ces deux traitements induit une diminution du pouvoir anti-appétant, du taux de la croissance et de la consommation relative et du taux de la conversion des aliments ingérés.

Mots clés : *Eucalyptus globulus*, Huile essentielle, *T. confusum*, Toxicité, Répulsion, Réserves nutritives, Composition biochimique, Enzymes digestives, Indices nutritionnels.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the insecticidal activities of an essential oil extracted from *Eucalyptus globulus* and a bioactive molecule, Eucalyptol against a stored product pest, *Tribolium confusum*. The effect were examined on mortality, enzymatic biomarkers, a biomarker of oxidative stress, nutrient reserves, nutritional indices and digestive enzymes.

Toxicological tests carried out by fumigation and ingestion revealed the insecticidal activity of these two treatments with a dose-response relationship. In addition, EO applied by fumigation was the most effective whereas Eucalyptol applied by ingestion was the most toxic. The repellency test demonstrated the repellency of these treatments towards *T. confusum*.

In addition, the biochemical studies showed that both treatments caused a disruption of nutrient reserves. Furthermore, they activate enzymatic biomarkers via an increase in TGO, TGP and alkaline phosphatase in *T. Confusum* adults.

EO and its majority compound also disrupted digestive enzyme activity in treated adults compared to controls. Indeed, the treatment reduced the specific activity of α -amylase, chitinase, protease and lipase.

Finally, the application of these two treatments led to a decrease in the relative growth rate, relative consumption rate and efficiency of conversion of ingested food.

Keywords: *Eucalyptus globulus*, Essential oil, *Tribolium confusum*, Toxicity, Repellency, Nutrient reserves, Biochemical composition, Digestive enzymes, Nutritional indices.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم فعالية المبيدات الحشرية للزيت العطري المستخرج من نبات الأوكالبتوس الجزئي النشط بيولوجيًا 'الأوكالبتول'، ضد آفة *Tribolium confusum*. تم فحص التأثيرات على معدل الوفيات، المؤشرات الحيوية للإنزيمات، المؤشرات الحيوية للإجهاد التأكسدي، الاحتياطات والمؤشرات الغذائية والإنزيمات الهاضمة.

كشفت الاختبارات السمية التي أجريت عن طريق التبخير والهضم عن فعالية المبيدات الحشرية لهذين العلاجين مع وجود علاقة بين الجرعة والاستجابة. بالإضافة إلى ذلك، فإن الزيت العطري *E. globulus* المطبق عن طريق التبخير هو الأكثر فعالية والأوكالبتول المطبق عن طريق الهضم هو الأكثر سمية. جعل اختبار التنافر امكانية تسليط الضوء على القوة الطاردة لهذه العلاجات ضد *T. confusum*.

بالإضافة إلى ذلك، أظهرت الدراسة البيوكيميائية أن العلاجين يسببان اضطرابًا في احتياطات المغذيات كما يقومون بتنشيط المؤشرات الحيوية للإنزيمات عن طريق زيادة TGO و TGP و PAL في *T. Confusum* البالغ.

كما يعطل الزيت العطري ومركباته الرئيسية نشاط إنزيمات الجهاز الهضمي لدى البالغين المعالجين مقارنةً بالشواهد. في الواقع، يقلل العلاج من النشاط المحدد لـ α -amylase، chitinase، protease و lipase.

أخيرًا، يؤدي تطبيق هذين العلاجين إلى انخفاض في القوة المضادة للتغذية، ومعدل النمو والاستهلاك النسبي ومعدل تحويل الطعام المبتلع.

الكلمات المفتاحية: زيت الكافور، زيت عطري، *Tribolium confusum*، السمية، التنافر، احتياطات المغذيات، التركيب البيوكيميائي، الإنزيمات الهاضمة، المؤشرات الغذائية.



Références

Bibliographiques

VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

-A-

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

Abdel-Latif, A. M., & Al-Moaiel, N. H. (2004). Some biochemical effects of natural mint oil on some species of stored grain pests. *Mansoura Journal of Agricultural Sciences*. 9(9).

Abou-Taleb, H. K., Mohamed, M. I., Shawir, M. S., & Abdelgaleil, S. A. (2016). Insecticidal properties of essential oils against *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase and adenosine triphosphatases. *Natural Product Research*. 30(6) : 710-714.

Adouani, L., Merghadi, I., & Mosbah, C. (2021). Etude des activités biologiques des extraits et l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*. Master Biochimie Appliquée. Université Larbi Ben Mhidi D'oum El Bouaghi. 116 p.

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.

Aissaoui, A. B., El Amrani, A., Zantar, S., & Toukour, L. (2018). Activité acaricide des huiles essentielles du *Mentha pulegium*, *Origanum compactum* et *Thymus capitatus* sur l'acarien phytophage *Tetranychus Urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *European Scientific Journal* January. 14(3) : 119-124.

Aggarwal, K. K., Tripathi, A. K., Prajapati, V., & Kumar, S. (2001). Toxicity of 1, 8-cineole towards three species of stored product coleopterans. *International Journal of Tropical Insect Science*. 21(2) : 155-160.

Aiboud, K. (2012). Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de la bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) et impacts des traitements sur la germination des graines de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Magister en Biologie et écologie des populations et des communautés. Interaction « plantes-environnement ». Université Mouloud Mammeri. 83p.

Alessio, I., Roberto, G., Paolo, P., & Marco, V. (2016). Natural variability of enzymatic biomarkers in fresh water invertebrates. *Environmental Science and Pollution Research*. 24(1) : 1-11.

Ali, N. S., Ali, S. S., & Shakoori, A. R. (2013). Effects of sublethal doses of malathion on biochemical components of malathion-resistant and-susceptible adults of *Rhyzopertha dominica*. *Pakistan Journal of Zoology*. 45(1) : 203-212.

Ali, A. M., Mohamed, D. S., Shaurub, E. 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*. 5(3) : 1476-1482.

Almas, I., Innocent, E., Machumi, F., & Kisinza, W. (2021). Chemical composition of essential oils from *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus maculata* grown in Tanzania. *Scientific African*. 12 : 2-7.

Amevoïn, K. (1998). Activités reproductrices et réponses comportementales de *Dinarmus basalis* et d'*Eupelmus vuilleti* en présence de leur hôte *Callosobruchus maculatus* en zone guinéenne au Togo. Thèse de Doctorat. Université du Bénin, Lomé, Togo. 152p.

Amrani, T. (2018). Etude de l'effet bio-insecticide de l'huile essentielle de Clous de Girofle (*Eugenia aromatica*) vis-à-vis d'un ravageur des denrées stockées (Coléoptère ; Ténébrionidé) *Tribolium confusum*. Master. Sciences Biologiques. Biologie de la conservation. Université Mouloud Mammeri. 60p.

Angelos, M. G., Kutala, V. K., Torres, C. A., He, G., Stoner, J. D., Mohammad, M., & Kuppusamy, P. (2006). Hypoxic reperfusion of the ischemic heart and oxygen radical generation. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 290(1) : 341-347.

Ansell, M. R. (1992). The mode of inheritance of resistance to phosphine in two species of stored product beetles. PhD Thesis, University of Reading, UK.

Aoues, K., Boutoumi, H., & Benrima, A. (2017). État phytosanitaire du blé dur locale stocké en Algérie. *Revue Agrobiologia*. 7(1) : 286-296.

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

Aryani, D. S., & Auamcharoen, W. (2016). Repellency and contact toxicity of crude extracts from three Thai plants (Zingiberaceae) against maize grain weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulusky) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Biopesticides*. 9(1) : 52.

Asztalos, B., Nemcsók, J. G., Benedeczy, I., Gabriel, R., Szabo, A., & Refaie, O. J. (1990). The effects of pesticides on some biochemical parameters of carp (*Cyprinus carpio* L.). In: Ribeiro S., Guilhermino L., Soussa J. P. and Soares A. Ml .V. M., (Ed). Novel bioass based on acetylcholinesterase and lactate dehydrogenase activities to evaluate the toxicity of chemicals to soil isopods. *Ecotoxicology and Environmentat Safety*. 44 : 287- 293.

Azmi, M. A., Ahmad, I., Naqvi, S.N.H., & Akhtar, K. (2002). Level of lactate dehydrogenase (LDH) in resistant and susceptible strains of *culicine mosquitoes* of the Karachi Region after treatment with DDT, malathion and cyfluthrin. *Turk. Journal of Zoology*. 26(1) : 97-100.

-B-

Badiou, A. (2007). Caractérisation cinétique et moléculaire du biomarqueur acétylcholinestérase chez l'Abeille, *Apis mellifera*. Thèse de Doctorat Université de Paul Cezanne Aix-Marseille III. 147p.

Baccaïni, B. (1993). Régions attractives et régions répulsives entre 1982 et 1990. Comparaison avec la période 1975-1982 et spécificité des différentes classes d'âges. *Population*. 48 (6) : 1791-1811.

Balachowsky, A. S., & Mesnil, L. (1935). Les insectes nuisibles aux plantes cultivées : leurs mœurs, leur destruction. 1ère édition. Paris : *Etablissement Busson*, 1722-1724p.

Barata, C., Damasio, J., López, M. A., Kuster, M., De Alda, M. L., Barceló, D., & Raldúa, D. (2007). Combined use of biomarkers and in situ bioassays in *Daphnia magna* to monitor environmental hazards of pesticides in the field. *Environmental Toxicology and Chemistry : An International Journal*. 26(2) : 370-379.

Barnard, D.R. (2000). Repellents and toxicants for personal protection. In : World Health Organization, Department of Control, Prevention and Eradication, Programme on Communicable Diseases, WHO Pesticide Evaluation Scheme. Geneva, Switzerland.

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.

Beenakers, A.M.T.H., Vander Host, D.G., & Van Marrewijk, W.J.A. (1985a). Insect lipids and lipoproteins and their role in physiological process. *Progress in Lipid Research*. 24 : 19- 67.

Beenackers, A. T., Bloemen, R. E. B., De Vlieger, T. A., Van der Horst, D. J., & Van Marrewijk, W. J. A. (1985b). Insect adipokinetic hormones. *Peptides*. 6 : 437-444.

Benlameur, Z. (2016). Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine, Thèse de doctorat, Sciences Agronomiques, Ecole National Supérieur Agronomique El- Harrache Alger. 185p.

Belhocine, A., & Hammana, F. (2017). Evaluation de l'effet des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* sur les paramètres biochimiques de *Rhyzopertha dominica*, Master. Toxicologie. Analyses toxicologiques et biochimiques. Université Larbi Tébessi, Tébessa. 60-75P.

Benoît, H. P., Mc Cauley, E., & Post, J. R. (1998). Testing the demographic consequences of cannibalism in *Tribolium confusum*. *Ecology*. 79(8) : 2839-2851.

Bernfeld, P. (1955). Amylases, alpha and beta. *Methods in Enzymology*. I : 149-158.

Bett, P. K., Deng, A. L., Ogendo, J. O., Kariuki, S. T., Kamatenesi-Mugisha, M., Mihale, J. M., & Torto, B. (2016). Chemical composition of *Cupressus lusitanica* and *Eucalyptus salignaleaf* essential oils and bioactivity against major insectpests of stored food grains. *Industrial Crops and Products*. 82 : 51-62.

Bezzar, R. (2016). Effets d'un biopesticide, l'azadirachtine, sur un modèle de référence, *Drosophila melanogaster* (Diptera) : Toxicité, Développement et Digestion. Thèse de Doctorat en Sciences biologique. Biologie Animale, Université Larbi Tébessi, Tébessa. 101p.

Bhumi, T., Urvi, C., & Pragna, P. (2017). Biopesticidal potential of some plant derived essential oils against the stored grain pests. *International Journal of Zoological Investigations*. 3 : 188-197.

Boland, D., Brophy J., & House A. (1991). Eucalyptus leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing. Inkata Press, Melbourne, 6p.

Borzoui, E., & Naseri, B. (2016). Wheat cultivars affecting life history and digestive amylolytic activity of *Sitotrogacerealella olivier* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bulletin of Entomological Research*. 106 : 464-473.

Boudiaf, B., & Abir, D. (2017). Pouvoir allélopathique et biologique des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* L et *Mentha spicata*, Master. Science biologique. Biodiversité et Physiologie Végétale. Université Moahmed Boudiaf-M'SILA. 88p.

Boughdad, A., Elkasimi, R., & Kharchafi, M. (2011). Activité insecticide des huiles essentielles de *Mentha* sur *Callosobrochus maculatus* (F) (Coleoptera, Bruchidae). In *AFPP– Neuvième Conférence Internationale sur les ravageurs en Agriculture. Montpellier*. 26 : 27.

Boukhalfa, H., & Rouabah, I. (2020). L'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les insectes des denrées stockées, Master. Sciences Agronomiques. Protection des végétaux. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. 45p.

Boumaiza, A. (2015). Potentielles applications de la fraction aromatique d'*Eucalyptus globulus* (Labill.) comme conservateur nutraceutique. Master Génie biologique. Université de Blida 1. 65p.

Bousbia, N. (2011). Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires, Thèse de doctorat en Chimie organique, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse & Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger. 176p.

Bouzouita, N., Kachouri, F., Ben Halima, M., & Chaabouni, M. M. (2008). Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. *Journal de la Société Chimique de Tunisie*. 10 : 119-125.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of micro gram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*. 72(1-2) : 248-254.

Brahmi, A., & Yousfi, R. (2021). Impact d'une huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur les larves de *Trogoderma granarium* : Toxicité, Répulsion, Biochimie et Indices nutritionnels, Master. Ecophysiologie Animale. Université Larbi Tébessi Tébessa. 83p.

Brakni, A., & Guefaifia, Y. (2018). Evaluation de l'activité des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* à l'égard d'une espèce de moustique, *Culiseta longiareolata*: morphométrie. Master. Science biologique. Ecophysiologie Animale, Université Larbi Tébessi Tébessa. 58p.

Broker, M. I. H., & Kleinig, D. A. (2006). Field Guide to Eucalyptus vol. 1 South-eastern Australia. 356p.

Bruneton, J. (1993). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales (2ème édition) : J. Bruneton, 318p.

-C-

Cassier, P., Laffont, R., Porchet, M. D., & Soyeux, D. (1997). La reproduction des invertébrés : stratégie, modalité et régulation. Edition Masson, 354p.

Chino, H., Katase, H., Downer, R. C., & Hard Takahashi, K. (1981). Diacylglycerol carrying lipoprotein of hemolymph of the American cockroach: purification, characterization and function. *Journal of Lipid Research*. 22 : 7-15.

Choi, W. S., Park, B. S., Ku, S. K., & Lee, S. E. (2002). Repellent activities of essential oils and monoterpenes against *Culex pipiens* pallens. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 18(4) : 348-351.

Coats, J.R., Karr, L.L., & Drewes, C.D. (1991). Toxicity and neurotoxicity effects of monoterpenoids in insects and earthworms. In : *Naturally Occuring Pest Bioregulators*, (Ed., P.A. Hedin). *ACS Symposium*, American Chemical Society, Washington. Series. 449(20):305-316.

Coffi, A., Philippe, R., Zannou Boukari, E. T., & Glitho, I. (2012). Efficacité des composés métabolites secondaires extraits des folioles du palmier à huile contre les larves de la mineuse des feuilles, *Coelaenomenodera lameensis* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*. 56-65.

Cohen, A., Nugegoda, D., & Gagnon, M. M. (2001). Metabolic responses of fish following exposure to two different oil spill remediation techniques. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 48(3) : 306-310.

Cotton, R. T. (1920) : Rice weevil (Calandra) *Sitophilus oryzae*. *Journal of Agriculture Research*. 20 : 409-422.

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

Cuéllar, A. C., & Yunus, R. H. (2009). Evaluation of the yield and the anti microbial 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.

-D-

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.

Das, P. C., Ayyappan, S., Jena, J. K., & Das, B. K. (2004). Acute toxicity of ammonia and its sublethal effects on selected haematological and enzymatic parameters of mrigal, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). *Aquaculture Research*. 35(2) : 134-143.

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.

Degaichia, F., & Sehailia, M. (2017). Etude de l'effet des huiles essentielles, d'*Eucalyptus globulus* à l'égard d'une espèce de moustique, *Culiseta longiareolata* : Toxicité et morphométrie. Master Ecophysiologie Animale. Université Larbi Tébessi -Tébessa.

Delobel, A., & Tran, M. (1993). Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes (Vol. 32). IRD Editions. Paris. 275, 424p.

Derbazi, K. (2020). Lutte contre les ravageurs des stocks, Master Ecophysiologie Animale. Université Larbi Tébessi - Tébessa. 50p.

Degryse, A. C., Delpla, I., & Voinier, M. A. (2008). Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Rapport de stage en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur du génie sanitaire. *Atelier Santé et Environnement -IGS-EHESP*. 9p.

Dethier, V. D., Browne, B., & Smith, C. N. (1960). The designation of chemicals in terms of the responses they elicit from insects. *Journal of Economic Entomology*. 53: 134 -136

Djedioui, F., & Guefaïfia, M. (2017). Evaluation de l'activité des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* à l'égard d'une espèce de moustique *Culiseta longiareolata*: toxicologie et morphométrie. Master Ecophysiologie Animale. Université Larbi Tébessi Tébessa. 59 p.

Djermoun, A. (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Nature & Technology*. (1) : 45.

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.

Downer, R.G.H. (1985). Lipid metabolism. In *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*. (G. A. Kerkert et L. I. Gilbert, eds). *Pergamon Press*. Oxford. 10 :77 - 113.

Duchateau, G., & Florin, M. (1959). Sur la tréhalosémie des insectes et sa signification. *Archives Internationales de Physiologie et de Biochimie*. 67(2) : 306-314.

-E-

Ebadollahi, A., Safaralizadeh, M., & Pourmirza, A. (2010). Fumigant toxicity of *Lavandula stoechas* L. oil against three insect pests attacking stored products. *Journal of Plant Protection Research*. 50(1) : 1-5

Ebadollahi, A. (2013). Essential oils isolated from Myrtaceae family as natural insecticides. *Annual Research & Review in Biology*. 148-175.

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 Research & Review in Biology*. 649-658.

Ebrahimifar, J., Jamshidnia, A., Sadeghi, R., & Ebadollahi, A. (2021). Repellency of *Ferulago angulata* (Schlecht.) Boiss essential oil on two major stored-product insect pests without effect on wheat germination. *International Journal of Tropical Insect Science*. 41(1) : 217-223.

Elaissi, A., Salah, KH, Mabrouk, S., Larbi, KM, Chemli, R., & Harzallah-Skhiri, F. (2011). Activité antibactérienne et composition chimique de 20 *Eucalyptus* huiles essentielles des espèces. *Chimie alimentaire*. 129 : 1427-1434.

Ender, I., Ferah, A., Kemal, B., & Ahmet, G. (2005). Biochemical stress indicators of greater wax moth exposure to organophosphorus insecticides. *Journal of Economic Entomology*. 98 : 358-366.

Evans, W. C. (1998). Trease and Evans Pharmacognosy 14th edition William Charles WB Saunders Company Limited, 24-28 Oval Road, London NW1 7DX 1996, pp 612.

-F-

Fahmy, N. M., & Dahi, H. F. (2009). Changes in detoxifying enzymes and carbohydrate metabolism associated with spinetoram in two field-collected strains of *Spodoptera littoralis* (Biosd.). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, F. Toxicology & Pest Control*. 1(1) : 17-26.

Farah, A., Fechtal, M., & Chaouch, A. (2002). Effet de l'hybridation inter spécifique sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles d'*Eucalyptus* cultivés au Maroc. *BASE.Biotechnology Agronomy Society and Environement*. 6 (3) : 163-169.

-G-

Gad, H. A., Sileem, T. M., Hassan, R. S., & Abdelgaleil, S. A. M. (2021). Toxicity of gaseous ozone to the different life stages of cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), under laboratory conditions. *Hellenic Plant Protection Journal*. 14(1) : 31-38.

Garcia-Carreno, F. L., & Haard, N. F. (1993). Characterization of proteinase classes in *langostilla* (Pleuronco des 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. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Sciences*. 17(11) : 1-6.

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

González-Coloma, A., Martin-Benito, D., Mohamed, N., Garcia-Vallejo, M. C., & Soria, A. C. (2006). Antifeedant effects and chemical composition of essential oils from different populations of *Lavandula luisieri* L. *Biochemical Systematics and Ecology*. 34(8) : 609-616.

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

Goudoum, A. (2010). Impact des huiles essentielles sur le potentiel technologique et nutritionnel des grains et farine de maïs au cours du stockage. Thèse de Doctorat, Université de Ngaoundéré, Cameroun, 180 p.

Guettal, S., Tine, S., Tine-Djebbar, F., Soltani, N. (2020). Effect of *Citrus limonum* essential oil against granary weevil, *Sitophilus granarius* and its chemical composition, biological activities and energy reserves. *International Journal of Tropical Insect Science*. 41: 1531-41.

Gupta, R. C., Goad, J. T., & Kadel, W. L. (1991). In vivo alterations in lactate dehydrogenase (LDH) and LDH isoenzymes patterns by acute carbofuran intoxication. In : Ribeiro B., Guilhermino L., Sorsa J. P. and Soares A. M. V. M., (Ed). Novel bioassay based

on acetylcholinesterase and lactate deshydrogenase activities to evaluate the toxicity of chemicals to soilisopods. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 44 : 287-293.

-H-

Habera, F., & Laoudi, K. (2019). Screening phyto-chimique et étude des activités biologiques:anti-oxydante, antibactérienne et insecticide des polyphénols et de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* (armoise blanche), contribution à la caractérisation d'extrait aqueux par RP-HPLC. Master en Chimie. Université Mouloud Mammeri. 140p.

Habou, Z. A., Haougui, A., Basso, A., Toudou, A., & Haubruge, E. (2014). Insecticidal effect of *Jatropha curcas* L. seed oil on *Callosobruchus maculatus* Fab and *Bruchidius atrolineatus* Pic (Coleoptera: Bruchidae) on stored cowpe a seeds (*Vigna unguiculata* L. Walp.) in Niger. *African Journal of Agricultural Research*. 9(32) : 2506-2510.

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.

Halaimia, A., & Chachoui, D. (2017). Effet d'un biopesticide, azadirachtine à l'égard d'un ravageur des denrées stockées. Master Santé et Environnement, Université Larbi Tébessi Tébessa. 82 p.

Hamdani, D. (2012). Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du Haricot, *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae). Magister Ecologie et Biodiversité Animales des Ecosystèmes Continentaux. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 126 p.

Hasheminia, S. M., Sendi, J. J., Jahromi, K. T., & Moharramipour, S. (2011). The effects of *Artemisia annua* L. and *Achillea millefolium* L. crudelea fextracts on the toxicity, development, feeding efficiency and chemical activities of *smallcabbage Pierisrapae* L. (Lepidoptera: Pieridae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 99(3) : 244-249.

Haubruge, É., & 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.

Heylen, K., Gobin, B., Arckens, L., Huybrechts, R., & Billen, J. (2011). The effects of four crop protection products on the morphology and ultrastructure of the hypopharyngeal gland of the European honey bee, *Apis mellifera*. *Apidologie*. 42 (1) : 103-116.

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

Hough-Goldstein, J.A. (1990). Antifeedant effects of common herbs on the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*. 19: 234-238.

Huang, Y., Lam, S. L., & Ho, S. H. (2000). Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. To *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*. 36(2) : 107-117.

Huignard, J. (2013). Les plantes et les insectes : une lutte permanente. *Bulletin Trimestriel de la Société des Amis du Muséum National d'histoire Naturelle*. 251 : 1-8.

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

-I-

Isman, M. B., Wan, A. J., & Passreiter, C. M. (2001). Insecticidal activity of essential oils to the tobacco cutworm, *Spodoptera litura*. *Fitoterapia*. 72(1) : 65-68.

Isman, M. (2002). Insect antifeedants. *Pesticide outlook*. 13(4) : 152-157.

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

Işikber, A. (2006). Comparison of Reproductive Numerical Response of Two Coccinellid Predators, *Scymnus levillanti* Mulsant and *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae). *Southwestern Entomologist*. 31(2).

-J-

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

Jerbi, A., Derbali, A., Elfeki, A., & Kammoun, M. (2017). Essential oil composition and biological activities of *Eucalyptus globulus* leaves extracts from Tunisia. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 20(2) : 438-448.

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

Jost, J. P., & Jost-Tse, Y. C. (2016). Stratégie de défense des plantes contre les maladies et les parasites et : quelques applications. *Editions Publibook*. 209 p.

-K-

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. Master Diversité et adaptation de la flore méditerranéenne. Université Mouloud Mammeri Tziz-Ouzou. 82 p.

Karahacane, T. (2015). Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées et spontanées sur les insectes du blé en post récolte. Thèse de doctorat en Sciences agronomiques. Protection des Végétaux. Entomologie Appliquée. Ecole Nationale Supérieures Agronomique. 166p.

Karr, L.L., & Coats, J.R. (1992). Effects of four monoterpenoids on growth and reproduction of the German cockroach (Blattodea: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology*. 85: 424-429.

Kaufmann, C., & Brown, M. R. (2008). Regulation of carbohydrate metabolism and flight performance by a hypertrehalosaemic hormone in the mosquito *Anopheles gambiae*. *Journal of Insect Physiology*. 54(2) : 367-377.

Keely, L.L. (1985). Physiology and biochemistry of fat body, pp. 211-248. In Kerkut, G. A., & Gilbert, L. I: *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology* (Vol. 9). Oxford: Pergamon.

Kellouche A., Ait-Aider F., Labdaoui K., Moula D., Ouendi K., Hamadi N., Ouramdane A., Frerot B., & Mellouk M. (2010). Biological activity of ten essential oils against cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *International Journal of Integrative Biology*.10(2): 86-93.

Khafrazi, N.,Seghairia, D., & Bouacha, H. (2017). Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles contre *Candida albicans*. Master Parasitologie. Université 8 Mai 1945-Guelma. 99p.

Khaled, I., & Dib D. (2015). Evaluation de l'activité des huiles essentielles de l'*Eucalyptus globulus* à l'égard d'une espèce de moustique *Culex pipiens* : Toxicologie, Développement, Morphométrie et Biochimie. Master Ecophysiologie Animale. Université Larbi Tébessi-Tebessa. 61p.

Khosravi, R., & Sendi, J. J. (2013). Effect of neem pesticide (Achook) on midgut enzymatic activities and selected biochemical compounds in the hemolymph of *lesser mulberry pyralid*, *Glyphodes pyloalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Plant Protection Research*. 53(3).

Kilani-morakchi, S. (2007). Effets de trois groupes de pesticides sur différents aspects physiologiques des adultes de *Blattella germanica*. Thèse de doctorat en Biologie. Université Badji Mokhtar, Annaba. 232p.

Kilby, B. A. (1963). The biochemistry of the insect fat body. *In insect physiology* Academic Press. 1 : 111-174.

Kolai, N., Saiah, F., & Boudia, A. (2012). Effet inhibiteur in vitro de l'huile essentielle d'*Artimesia herba alba* sur deux souches de *Fusarium oxysporum* F. sp. *radicis-lycopersici*. *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*. 2(1) : 6-6.

Kordali, S., Aslan, I., Calmasur, O., & Cadir, A. (2006). Toxicity of essential oils isolated from three *Artemisia* species and some of their major components to granary weevil,

Sitophilus granaries (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Industrial Crops and Products*. 23: 162-170.

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.

Koul, O., Walia, S., & Dhaliwal, G. S. (2008). Essential oils as green pesticides : potential and constraints. *Biopesticides international*. 4(1) : 63-84.

Kumar, P., Mishra, S., Malik, A., & Satya, S. (2012). Compositional analysis and insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* (Family: Myrtaceae) essential oil against housefly (*Musca domestica*). *Acta tropica*. 122(2) : 212-218.

-L-

Lagadic, L., Caquet, T., & Ramade, F. (1997). Les biomarqueurs en écotoxicologie « Aspects fondamentaux ». Elsevier / Masson. 419 p.

Lee, B. H., Annis, P. C., & Choi, W. S. (2004). Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1, 8-cineole against 3 major stored-grain insects. *Journal of Stored Products Research*. 40(5) : 553-564.

Lehane, M. J., Blakemore, D., Williams, S., & Moffatt, M. R. (1995). Regulation of digestive enzyme levels in insects. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 110(2) : 285-289.

Lemaitre, B., & Miguel-Aliaga, I. (2013). The digestive tract of *Drosophila melanogaster*. *Annual review of genetics*. 47 : 377-404.

Lememailbi, N. (2019). Evaluation de l'effet répulsif d'*Artemisia herba alba* et *Teucrium polium* L. vis-à-vis des insectes des denrées stockées (*Tribolium confusum* et *Rhyzopertha dominica*). Master Biodiversité et physiologie végétale. Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila. 74p.

Lepesme, P. (1944). Coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Paul Lechevalier éditeur, Paris, 336 p., 12 p.

Lepiger, A.L. (1966). La Désinsectisation des stocks de céréales Ed. *Offinter prof des céréales paris*. 406 p

Lima, R. K., Cardoso, M. D. G., Moraes, J. C., Carvalho, S. M., Rodrigues, V. G., & Guimarães, L. G. L. (2011). Chemical composition and fumigant effect of essential oil of *Lippiasidoides Cham.* And monoterpenes against *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Ciência e Agrotecnologia*. 35(4) : 664-671.

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.

Long, S. M., Ryder, K. J., & Holdway, D. A. (2003). The use of respiratory enzymes as biomarkers of petroleum hydrocarbon exposure in *Mytilus edulis planulatus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 55(3) : 261-270.

-M-

Maiza, A., Aribi, N., Smagghe, G., Kilani-Morakchi, S., Bendjedid, M., & Soltani, N. (2013). Sublethal effects on reproduction and biomarkers by spinosad and indoxacarb in cockroaches *Blattella germanica*. *Bulletin of Insectology*. 66(1) : 11-20.

Mann, R., & Kaufman, P. (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.

Mason, J. R. (1990). Evaluation of d-pulegone as an avian repellent. *The Journal of Wild life Management*. 54(1): 130-135.

Makarem, H. A., Kholy, S. E., Abdel-Latif, A., & Seif, A. I. (2015). Physiological and biochemical effects of some essential oils on the granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Egyptian Journal of Experimental Biology (Zoology)*. 11 : 117-123.

Mekki, E. H., & Messaoudi, O. (2020). Evaluation de l'activité des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* à l'égard d'une espèce de moustique *Culex pipiens*: Morphométrie. Master. Science biologique. Ecophysiologie Animale. Université de Larbi Tébessi –Tébessa. 67p.

Mehani, M., & Segni, L. (2014). Effet antimicrobien des huiles essentielles de la plante *Eucalyptus camadulensis* sur certaines bactéries pathogènes. *Hawliyat- 'Ulūmwa-al-Tiknūlijiyā*. 281(1766) : 1-10.

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.

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.

Metcalf, R. L., & Luckmann, W. H. (Eds.). (1994). Introduction to insect pest management. (Vol. 101). 672p. *John Wiley & Sons*.

Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical chemistry*. 31(3) : 426-428.

Mnayer, D. (2014). Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens. Thèse de doctorat en Science. Chimie. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. France.157p.

Mossa, A. T. H. (2016). Green pesticides : Essential oils as biopesticides in insect-pest management. *Journal of Environmental Science and Technology*. 9(5) : 354.

-N-

Nath, B. S. (2000). Changes in carbohydrate metabolism in hemolymph and fat body of the silkworm, *Bombyx mori* L., exposed to organophosphorus insecticides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 68(3) : 127-137.

Nathan, S. S., Kalaivani, K., Murugan, K., & Chung, P. G. (2005). The toxicity and physiological effect of neem limonoids on *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) the rice leaf folder. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 81(2) : 113-122.

Nathan, S. S., Choi, M. Y., Seo, H. Y., Paik, C. H., Kalaivani, K., & Kim, J. D. (2008). Effect of azadirachtin on acetylcholinesterase (AChE) activity and histology of the brown planthopper *Nilaparvata Lugens* (Stål). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 70(2) : 244-250.

Nation, J.L. (2008). Insect physiology and biochemistry, 2nd edition. CRC Press, London, UK. 560 p.

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.

Nguyen, T. T. A. (2008). Étude des réponses des insectes aux stress environnementaux par une approche protéomique. Thèse de doctorat. Université Laval Québec. 174P.

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.

-O-

Obeng-Ofori, D., Reichmuth. C. H, Bekele. J., & Hassanali, A. (1997). Biological activity of 1,8 cineole, a major component of essential oil of *Ocimum Kenyense* (Ayobangira) against stored product beetles. *Journal of Applied Entomology*. 121(1-5) : 237-243

Oboh, G., Ademosun, A. O., Olumuyiwa, T. A., Olasehinde, T. A., Ademiluyi, A. O., & Adeyemo, A. C. (2017). Insecticidal activity of essential oil from orange peels (*Citrus sinensis*) against *Tribolium confusum*, *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus oryzae* and its inhibitory effects on acetylcholinesterase and Na⁺/K⁺-ATPase activities. *Phytoparasitica*. 45(4) : 501-508.

Ojimelukwe, P. C., & Adler, C. (1999). Potential of zimaldehyde, 4-allyl-anisol, linalool, terpineol and other phytochemicals for the control of the confused flour beetle (*Tribolium*

confusum) (Col., Tenebrionidae). Anzeiger für Schädlingskunde. *Journal of Pest Science*. 72(4) : 81-86.

Ouibrahim, A. (2014). Evaluation de l'effet antimicrobien et antioxydant de trois plantes aromatiques (*Laurus nobilis* L., *Ocimum basilicum* L. et *Rosmarinus officinalis* L.) de l'Est Algérien. Thèse de Doctorat en sciences. Toxicologie. Université Badji Mokhtar, Annaba, 32 p.

Ould Messaoud, L., & Boudiar, R. (2016). Etude de l'effet (sur la biochimie) des huiles essentielles de *Lavandula dentata* sur un ravageur coléoptère : *Tribolium confusum*. Master Santé et Environnement. Université Larbi Tébessi Tébessa. 68p

Ozturk, S., Koksel, H., & Ng, P. K. (2009). Characterization of resistant starch samples prepared from two high-amylose maize starches through debranching and heat treatments. *Cereal Chemistry*. 86(5) : 503-510.

-P-

Palacios, S. M., Bertoni, A., Rossi, Y., Santander, R., & Urzúa, A. (2009). Efficacy of essential oils from edible plants as insecticides against the house fly, *Musca domestica* L. *Molecules*. 14(5) : 1938-1947.

Papachristos, D. P., & Stamopoulos, D. C. (2004). Fumigant toxicity of three essential oils on the eggs of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*. 40(5) : 517-525.

Paranagama, P. A., Kodikara, K. A. B. C. H., Nishantha, H. M. I., & Mubarak, A. M. (2001). Effect of azadirachtin on growth and the activity of the midgut enzymes of cockroach *Periplaneta americana*. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*. 29(1-2).

Park, T., & Frank, M. B. (1948). The fecundity and development of the flour beetles, *Tribolium confusum* and *Tribolium castaneum*, at three constant temperatures. *Ecology*. 29(3) : 368-374.

Pascual-Ruiz, S., Carrillo, L., Alvarez-Alfageme, F., Ruiz, M., Castanera, P., & Ortego, F. (2009). The effects of different prey regimes on the proteolytic digestion of nymphs of the spined soldier bug, *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Bulletin of Entomological Research*. 99(5) : 487-491.

Patiño-Bayona, W. R., Nagles Galeano, L. J., Bustos Cortes, J. J., Delgado Ávila, W. A., Herrera Daza, E., Suárez, L. E. C., & Patiño-Ladino, O. J. (2021). Effects of essential oils from 24 plant species on *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera, Curculionidae). *Insects*. 12(6) : 532.

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.

Philogène, B. J. R., Regnault-Roger, C., & Vincent, C. (2002). Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale : promesses d'hier et d'aujourd'hui. Philogène BJR, Regnault-Roger C. & Vincent C., Biopesticides d'origine végétale. Paris : Lavoisier-Éditions Tec & Doc. 1-17.

Pinho, A. I., Wallau, G. L., Nunes, M. E. M., Leite, N. F., Tintino, S. R., da Cruz, L. C., & Franco, J. L. (2014). Fumigant activity of the *Psidium guajava* var. *pomifera* (Myrtaceae) essential oil in *Drosophila melanogaster* by means of oxidative stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. <https://doi.org/10.1155/2014/696785>.

Ponel, P., Matteredne, V., Coulthard, N., & Yvinec, J. H. (2000). La Tène and Gallo-Roman natural environments and human impact at the touffréville rural settlement, reconstructed from coleoptera and plant macroremains (Calvados, France). *Journal of Archaeological Science*. 27 : 1055-1072.

Pradel, S. F., & Albert, M. S. (2021). Évaluation de la toxicité aiguë in vivo des extraits éthanoliques et combinaisons d'extraits des feuilles de *Gnetum africanum* Welw. et *Gnetum buchholzianum* Engl. (Gnétacées) : deux plantes à potentiel hépato protecteur et antioxydant. *Sciences, Technologies et Développement*. 23 :14-18.

Pratt, D. S., & Kaplan, M. M. (2000). Evaluation of abnormal liver-enzyme results in asymptomatic patients. *New England Journal of Medicine*. 342(17) : 1266-1271.

-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. Master en Chimie, Université Mouhamed Boudiaf-Msila. 81p.

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

Raymond, C. A., & Schimleck, L. R. (2002). Development of near infrared reflectance analysis calibrations for estimating genetic parameters for cellulose content in *Eucalyptus globulus*. *Canadian Journal of Forest Research*. 32(1) : 170-176.

Reghaissia, I. (2020). Extraction et caractérisation de l'huile essentielle de *Eucalyptus Globulus* : Application comme insecticide. Master en Génie des Procédés. Génie Chimique. Université de Guelma. 93p.

Regnault-Roger, C., Ribodeau, M., Hamraoui, A., Bateau, I., Blanchard, P., Gil-Munoz, M. I., & Barberan, F. T. (2004). Polyphenolic compounds of Mediterranean Lamiaceae and investigation of orientational effects on *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Journal of Stored Products Research*. 40(4) : 395-408.

Regnault-Roger, C., & Hamraoui, A. (1993). Influence d'huiles essentielles aromatiques sur *Acanthoscelides obtectus* Say, bruche du haricot (*Phasoelus vulgaris* L.). *Acta Botanica Gallica*. 140(2) : 217-222.

Reguib, Z., M. (2021). Effet insecticide des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* sur *Tribolium castaneum* (Coleoptera, Bruchidae) ravageur des céréales. Master en Ecologie. Université Aboubekr Belkaid-Tlemcen. 59p.

Rezkallah, A., & Ghenaiet, A. (2019). Etude comparative des huiles essentielles et des substances bioactives pour la protection des denrées alimentaires contre les insectes ravageurs. Master en Ecophysiologie Animale. Université Larbi Tébessa-Tébessa. 125p

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.

Rharrabe, K., Amri, H., Bouayad, N., & Sayah, F. (2008). Effects of azadirachtin on post-embryonic development, energy reserves and α -amylase activity of *Plodia interpunctella* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*. 44(3) : 290-294.

Rombi, M. (1991). 100 plantes médicinales : composition, mode d'action et intérêt thérapeutique. *Ed Romart* : 100-101.

Rose de Lima, F. H., Adjou, E. S., Ahoussi, E. D., Sohounhloué, D. C., & Soumanou, M. M. (2014). Caractéristiques biochimiques et sensorielles du niébé (*Vigna unguiculata*) conservé au moyen des huiles essentielles extraites de plantes de la famille des Myrtaceae. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 9(1) : 428.

Rosset, R., Caude, M., & Jardy, A. (1990) Manuel pratique de chromatographie en phase liquide. Edition Masson, Paris Milan Barcelone Mexico, 370 p.

Roya, K., & Jalal, J.S. (2013). Toxicity, development and physiological effect of *Thymus vulgaris* and *Lavandula angustifolia* essential oils on *Xanthogaleruca luteola* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of King Saud University-Science*. 25(4) : 349-355.

Rozman, V., Kalinovic, I., & Liska, A. (2006). Bioactivity of 1, 8-cineole, camphor and carvacrol against rusty grain beetle (*Cryptolestes ferrugineus* Steph.) on stored wheat. In *Proceedings of the 9th international working conference on stored product protection* (pp. 15-18).

Ryan, M. F., & Byrne, O. (1988). Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. *Journal of Chemical Ecology*. 14(10) : 1965-1975.

-S-

Sami, A.J. (2014). *Azadirachta indica* derived compounds as inhibitors of digestive α -amylase in insect pests : potential biopesticides in insect pest management. *European Journal of Experimental Biology*. 4(1) : 259-264

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

Saheb, D. (2007). Activité acaricide de quatre huiles essentielles sur *Tetranychus cinnabarinus* Bois duval 1867 (Acari; Tetranychidae) et contribution à l'étude de leur composition chimique par GC/MS. Magister Protection des Végétaux. Zoo Phytatrie. Institut Nationale Agronomique El Harrach- Alger. 92p.

Sahraoui, M., & Saadi, D. (2021). Activité ovicide de deux huiles essentielles d'*Origanum vulgare* et *Ruta montana* sur un ravageur secondaire des denrées stockées *Tribolium confusum*. Master en Ecophysiologie Animale. Université Larbi Tébessi-Tébessa. 45p.

Saleem, M. A., & Shakoori, A. R. (1987). Joint effects of Dimilin and Ambush on enzyme activities of *Tribolium castaneum* larvae. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 29(2) : 127-137.

Saleem, M. A., Shakoori, A. R., & Mantle, D. (1998). Macromolecular and enzymatic abnormalities induced by a synthetic pyrethroid, Ripcord (Cypermethrin), in adult beetles of a stored grain pest, *Tribolium castaneum* (Herbst.)(Coleoptera: Tenebrionidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America*. 39(4) : 144-154.

Salim, H. A., Mahdi, M. H., Zedan, D. A., & Rosoki, B. O. (2019). Insecticidal and repellent activities of five plant extracts against stored grain pest *Tribolium confusum* (Jacquelin du duval), 1868 (Coleoptera: Tenebrionidae). In *Journal of Physics: Conference Series*. 1294 (9) : 1-7

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 : 259-279.

Scotti, G. (1978). Les insectes et les acariens des céréales stockées. (ed.); *Institut Technique des Cereales et des Fourrages*, Paris (France); Association Française de Normalisation, Paris-la-Défense (France).

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., Jung, C. S., Kang, J., Lee, H. R., Kim, S. W., Hyun, J., & Park, I. K. (2015). Larvicidal and acetylcholinesterase inhibitory activities of Apiaceae plant essential oils and their constituents against *Aedes albopictus* and formulation development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 63(45) : 9977-9986.

Shekari, M., Sendi, J. 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(1) : 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: 213-217.

Shepard, H. H. (1940). Insects infesting stored foods. University of Minnesota Agricultural Experiment Station. Reprinted. Bulletin. 341 :42.

Shibko, S., Koivistoinen, P., Tratnyneck, C., Newhall, A., & Freidman, L. (1966). A method for the sequential quantitative separation and glycogen from a single rat liver homogenate or from a subcellular fraction. *Analytic Biochemistry*. 19 : 415-428.

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

Shu, B., Zhang, J., Cui, G., Sun, R., Yi, X., & Zhong, G. (2018). Azadirachtin affects the growth of *Spodoptera litura* Fabricius by inducing apoptosis in larval midgut. *Frontiers in physiology*. 9. 137.

Sifi, K. (2002). Evaluation de l'effet d'un xénobiotique, l'acide borique sur la structure du tube digestif, l'inhibition d'un site cible, l'acétylcholinestérase (AChE) et l'activité d'une enzyme de détoxification, la lactate déshydrogénase (LDH) chez *Blattella germanica*. Magister. Université Badji Mokhtar de Annaba.79p.

Silva, S. M., Abe, S. Y., Murakami, F. S., Frensch, G., Marques, F. A., & Nakashima, T. (2011). Essential oils from different plant parts of *Eucalyptus cinerea* F. Muell. Ex Benth.

(Myrtaceae) as a source of 1, 8-cineole and their bioactivities. *Pharmaceuticals*. 4(12) : 1535-1550.

Soltani, M., & Abess, I. F. (2021). Effet d'une huile essentielle extraite de *Schinus molle* sur les ravageurs des denrées stockées. Master en Ecophysiologie Animale, Université Larbi Tebessi-Tebessa. 95p.

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. *Insect Biology in future*, Academic Press. 253-271.

Steffan, J. (1978). Les insectes et les acariens des céréales stockées. 1ère édition. Paris : ITCF Afnor, 237p.

-T-

Tabassum, R., Jahan, M., & Naqvi, S. N. H. (1994). Determination of toxicity of Sisthion and RB—a formulation (neem extract) against *Tribolium castaneum* (Herbst.) adults and their effect on transaminases. *Neem. Newsletter. (India)*. 11(1). 7-9.

Taleb-Toudert K. (2015). Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leur effet sur la bruche de niébé *Callosobruchus Maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat d'Etat en Science Biologique. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 160p.

Talukder, F.A. (2006). Plant products as potential stored product insect management agents. *Emirates Journal of Agricultural Science*.18: 17-32.

Taib, H. (2015). Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* L. et de *Rosmarinus officinalis* L. à l'égard de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae). Master en Protection des Plantes Cultivées. Université Mouloud Mammeri. Tizi- Ouzou. 63p.

Tanzubil, P. B., & Mc Caffery, A. R. (1990). Effects of azadirachtin on reproduction in the African armyworm (*Spodoptera exempta*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 57(2). 115-121.

Tapondjou, A. L., Adler, C., Djoukeng, J. D., Bouda, H., & Reichmuth, C. (2004). Comparative potential of powders and essential oils from leaves of *Clausena anisata* and *Eucalyptus saligna* to protect stored grains from attack by *Callosobruchus maculatus* and *C. chinensis* (Coleoptera, Bruchidae). *Compte Rendu de la Réunion*. 27 : 117.

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., & Harahap, I. (2016). Toxicological and physiological effects of essential oils against *Tribolium castaneum* (Coleoptera:Tenebrionidae) and *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Biopesticides*. 9: 1-13.

Thorsell, W., Mikiver, A., Malander, I., & Tunon, H. (1998). Efficacy of plant extracts and oils as mosquito repellents. *Phytomedicine*. 5(4) : 311-323.

Tietz, N. W. (1999). Text book of clinical chemistry, CA Burtis, ER Ashwood. WB Saunders. 652 : 1431.

Duchateau, G., & Florkin, M. (1959). Sur la tréhalosémie des insectes et sa signification. *Archive of Insect Physiology and Biochemistry*. 67:306-314.

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). In: Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions, A Kallel, M Ksibi, H Ben Dhia and N. Khélifi (Eds), Springer, Cham, pp 399-401.

Tirakmet, S. (2015). Étude comparative entre l'activité insecticide des huiles essentielles extraites à partir de deux espèces de la famille des Astéracées récoltées dans la région de Makouda et l'activité insecticide d'un pesticide organique de synthèse sur le ravageur secondaire du blé tendre stocké *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidea) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri). 76p.

Tomizawa, M., & Casida, J. E. (1999). Minor structural changes in nicotinoid insecticides confer differential subtype selectivity for mammalian nicotinic acetylcholine receptors. *British Journal of Pharmacology*. 127(1) : 115-122.

Traikia, A., & Mansouri, M. (2020). Etude des caractéristiques physiques et chimiques des huiles essentielles du clou de girofle et de l'eucalyptus. Master en Chimie Analytique. Université de Guelma. 90p.

Trigg, J. K. (1996). Evaluation of a eucalyptus-based repellent against *Anopheles sp* in Tanzania. *Journal of the American Mosquito Control Association-Mosquito News*. 12(2) : 243-246.

Tripathi, A. K., Prajapati, V., Aggarwal, K. K., & Kumar, S. (2001). Toxicity, feeding deterrence, and effect of activity of 1, 8-cineole from *Artemisia annua* on progeny production of *Tribolium castanaeum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*. 94(4) : 979-983.

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.

-V-

Valizadeh, B., JalaliSendi, J., Zibae, A., & Oftadeh, M. (2013). Effect of Neem based insecticide Achook® on mortality, biological and biochemical parameters of elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola* (Col.: Chrysomelidae). *Journal of Crop Protection*. 2(3) : 319-330.

Van Hensden, H.C., & Law, J.H. (1989). An insect transport particule promotes lipid loading from fat body to lipoprotein. *Journal of Biological Chemistry*. 264 : 17287-17292.

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.

Vogelweith, F. (2013). Effet de la plante hôte sur l'immunité des insectes phytophages : influence du cépage de vigne sur la capacité des vers de la grappe à se défendre contre des bio-agresseurs. Thèse de Doctorat. Université de Bourgogne. 230p.

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-

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

Wiens, A. W., & Gilbert, L. I. (1967). Regulation of carbohydrate mobilization and utilization in *Leucophaea maderae*. *Journal of Insect Physiology.* 13(5) : 779-794.

Wu, R. S., & Lam, P. K. (1997). Glucose-6-phosphate dehydrogenase and lactate dehydrogenase in the green-lipped mussel (*Perna viridis*): possible biomarkers for hypoxia in the marine environment. *Water Research.* 31(11) : 2797-2801.

-Y-

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: 2507-2511.

Yap, C. Y., & AW, T. C. (2010). Liver function tests (LFTs). *Proceedings of Singapore Health care.* 19 : 80-82.

Yazdani, E., Jalali Sendi, J., Khosravi, R., Hajizadeh, J., & Ghadamyari, M. (2012). Effect of *Satureja hortensis* L. essential oil on feeding efficiency and biochemical properties of *Glyphodes pyloalis* Walker (Lepidoptera:Pyralidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection.* 1-12.

Yazdani, E., Sendi, J. J., Aliakbar, A., & Senthil-Nathan, S. (2013). Effect of *Lavandula angustifolia* essential oil against lesser mulberry pyralid *Glyphodes pyloalis* Walker (Lep: Pyralidae) and identification of its major derivatives. *Pesticide Biochemistry and Physiology.* 107(2) : 250-257.

Yazdani, E., Sendi, J.J., & Hajizadeh, J. (2014). Effect of *Thymus vulgaris* L. and *Origanum vulgare* L. essential oils on toxicity, food consumption, and biochemical properties

of lesser mulberry pyralid *Glyphodes pyloalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Plant Protection Research*. 54(1): 53-61.

-Z-

Zerrougui, N., & Boukhatem, A. (2021). Activité adulticide et larvicide de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* sur un ravageur secondaire des denrées stockées, *Tribolium confusum*. Master en Ecophysiologie Animale. Université Larbi Tébessa-Tébessa. 55p.

Zrira, S. S., & Benjilali, B. B. (1996). 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.

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(2) : 180-189.

Zibae, A., & Bandani, A.R. (2009). Effects of *Artemisia annua* L. (Asteracea) on the digestive enzymatic profiles and the cellular immune reactions of the Sun pest, *Eurygaster integriceps* (Heteroptera: Scutellaridae), against *Beauveria bassiana*. *Bulletin of Entomological Research*. 12: 1-11.

Zibae, A., & Bandani, A. R. (2010). Effects of *Artemisia annua* L. (Asteracea) on the digestive enzymatic profiles and the cellular immune reactions of the Sunnpest, *Eurygaster integriceps* (Heteroptera: Scutellaridae), against *Beauveria bassiana*. *Bulletin of Entomological Research*. 100(2) : 185-196.

Zibae, A., Zibae, I., & Sendi, J. J. (2011). A juvenile hormone analog, pyriproxifen, affects some biochemical components in the hemolymph and fat bodies of *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 100(3) : 289-298.

Zoghalmi, L. (2015). Evaluation de l'effet des huiles essentielles de *Mentha piperita* sur un lépidoptère *Ephestia kuehniella*. Master Ecophysiologie Animale, Université Larbi Tébessi Tébessa. 52p.

Zohry, N. M. H. (2007). Scanning Electron Morphological Studies of *Tribolium confusum* Jacquelin Du Val (Coleopteran:Tenebrionidae).*The Journal of Basic and Applied Zoology.* 78(6) : 13.