



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 : Des êtres vivants



MEMOIRE DE MASTER

Filière : Sciences biologiques

OPTION: Ecophysiologie animale

Thème

**Effets des extraits d'une plante aromatique, la
Lavande sur le comportement et la biochimie
d'un ravageur des stocks**

Présenté par:

Melle BOUCHAGRA Douha

Melle FARHI Fatma

Membres de Jury

Pr. TINE-DJEBBAR Fouzia	Rapporteur	U. Larbi Tébessi-Tébessa
Pr. TINE Samir	Président	U. Larbi Tébessi-Tébessa
Dr. DJELLAB Sihem	Examineur	U. Larbi Tébessi-Tébessa

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 ce mémoire.

Nous tenons tout particulièrement à exprimer nos plus vifs remerciements pour Pr. TINE DJEBBAR Fouzia d'avoir accepté de nous encadrer, pour tous ses efforts, ses conseils et son soutien moral malgré ses multiples fonctions. Elle était notre mère avant d'être notre encadrante.

Nous remercions également les membres de jury de nous avoir fait l'honneur en acceptant d'examiner et de juger notre travail, Pr. Samir TINE président de jury, et Dr. DJELLAB Sihem examinatrice de ce travail.

Mes remerciements vont aussi à tous mes professeurs, enseignants et toutes les personnes qui m'ont soutenue jusqu'au bout, et qui n'ont pas cessé de me donner des conseils très importants en signe de reconnaissance.

Finalement, nous remercions tous ceux qui ont participé de prêt ou de loin dans l'élaboration de ce travail.

ABBREVIATIONS

A. annua : *Artemisia annua*

A. foeniculum : *Agastache foeniculum*

A. obtectus : *Acanthoscelides obtectus*

BBC : Bleu Brillant de Commassie

BSA : Solution d'Albumine de Sérum de Bœuf

C. limonum : *Citrus limonum*

C. maculatus : *Callosobruchus maculatus*

CL₂₅ : Concentration létale qui tue 25 % de la population

CL₅₀ : Concentration létale qui tue la moitié de la population

CL₉₀ : Concentration létale qui tue 90% de la population.

CR : Classe de répulsion.

Cx. pipiens : *Culex pipiens*

E. astringens : *Eucalyptus astringens*

G. pyloalis : *Glyphodes pyloalis*

HE : Huile essentielle.

I. ricinus : *Ixodes ricinus*

L angustifolia : *Lavandula angustifolia*

L. serricorne : *Lasioderma serricorne*

MB : Molécule Bioactive

n : Nombre de répétition.

Na₂SO₄ : Sulfate de sodium

NaOH : Hydroxyde de Sodium

OAIC : Office Algérien Interprofessionnel des Céréales.

P. interpunctella : *Plodia Interpunctella*

PR : Pourcentage de répulsion (PR).

R : Rendement en huile

R. officinalis : *Rosmarinus officinalis*

R. dominica : *Rhyzoperta dominica*

R² : Coefficient de détermination.

S. granarius : *Sitophilus granarius*

S. littoralis : *Spodoptera littoralis*

S. oryzae : *Sitophilus oryzae*

S. zeamais : *Sitophilus zeamais*

T. castaneum : *Tribolium castaneum*

TCA : Acide Trichloroacétique

Test HSD : Test Honestly Significant Difference

Table de matières

SOMMAIRE

Titres	Pages
I. INTRODUCTION	1
II. MATERIEL ET METHODES	3
2.1. Présentation de l'insecte, <i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius, 1792)	3
2.2. Présentation de la molécule bioactive, le Linalool	4
2.3. Présentation de la plante, <i>Lavandula angustifolia</i> (Miller, 1768)	4
2.4. Extraction de l'huile essentielle de <i>L. angustifolia</i>	5
2.5. Traitement et test de toxicité	6
2.5.1. Test de toxicité de la molécule bioactive par fumigation	6
2.5.2. Test de toxicité de l'huile essentielle par ingestion	7
2.6. Test de repulsion	8
2.7. Extraction et dosage des constituants biochimiques	9
2.7.1. Dosage des protéines totales	9
2.7.2. Dosage des glucides totaux	10
2.7.3. Dosage des lipides totaux	10
2.8. Analyses statistiques	13
III. RESULTATS	14
3.1. Rendement de l'huile essentielle	14
3.2. Activité insecticide	14
3.2.1. Toxicité de linalool par fumigation	14
3.2.2. Toxicité de l'huile essentielle par ingestion	15
3.3. Activité répulsive	17
3.3.1. Effet répulsif de Linalool	17
3.3.2. Effet répulsif de l'HE de <i>L. angustifolia</i>	17
3.4. Effet sur la composition biochimique des adultes de <i>R. dominica</i>	18
IV. DISCUSSION	20
4.1. Rendement de l'huile essentielle	20
4.2. Activité insecticide	21
4.3. Activité répulsive	23
4.4. Effet sur la composition biochimique de <i>R. dominica</i>	24
4.4.1. Effet sur les protéines	24
4.4.2. Effet sur les glucides	25
4.4.3. Effet sur les lipides	26
V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	28
VI. RESUMES	29
Français	29
Anglais	30
Arabe	31
VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	32

Liste des tableaux

LISTE DES TABLEAUX

	Titres	Pages
Tableau 1.	Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald <i>et al.</i> (1970).	8
Tableau 2.	Dosage des protéines totales chez les adultes de <i>R. dominica</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	10
Tableau 3.	Dosage des glucides totaux chez les adultes de <i>R. dominica</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	10
Tableau 4.	Dosage des lipides totaux chez les adultes de <i>R. dominica</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	11
Tableau 5.	Rendement et caractéristiques organoleptiques de l'HE extraite de <i>L. angustifolia</i> .	14
Tableau 6.	Effet de Linalool ($\mu\text{l/l}$ d'air) appliqué par fumigation sur des adultes de <i>R. dominica</i> sur le taux de mortalité corrigée à différentes périodes ($m \pm \text{SEM}$, $n=3$ répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.	15
Tableau 7.	Efficacité de Linalool appliqué par fumigation sur les adultes de <i>R. dominica</i> : analyse des probits.	15
Tableau 8.	Effet de l'HE de <i>L. angustifolia</i> ($\mu\text{l/ml}$) appliquée par ingestion sur les adultes de <i>R. dominica</i> sur le taux de mortalité corrigée à différentes périodes ($m \pm \text{SEM}$, $n=3$ répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.	16
Tableau 9.	Efficacité de l'HE de <i>L. angustifolia</i> appliquée par ingestion sur les adultes de <i>R. dominica</i> : analyse des probits.	16
Tableau 10.	Pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de Linalool testé sur les adultes de <i>R. dominica</i> .	17
Tableau 11.	Pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de l'HE de <i>L. angustifolia</i> testée sur les adultes de <i>R. dominica</i> .	18

Liste des figures

LISTE DES FIGURES

Figure	Titres	Page
Figure 1	<i>Rhyzopertha dominica</i> .	3
Figure 2	Structure chimique du linalool (Mughal, 2019).	4
Figure 3	<i>Lavandula angustifolia</i> (Latreche & Mansor, 2021).	5
Figure 4	Extraction de l'HE de <i>L. angustifolia</i> .	6
Figure 5	Test de toxicité de la molécule bioactive par fumigation.	7
Figure 6	Test de toxicité de l'HE par ingestion.	7
Figure 7	Test de répulsion.	9
Figure 8	Extraction des glucides, protéines et lipides totaux (Shibko <i>et al.</i> , 1966).	12
Figure 9	Effet de Linalool par fumigation sur les adultes de <i>R. dominica</i> : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	15
Figure 10	Effet de l'HE par ingestion sur les adultes de <i>R. dominica</i> : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	16
Figure 11	Effet de Linalool (CL ₂₅ et CL ₅₀) appliqué par fumigation sur le contenu en protéines (A), en glucides (B) et en lipides (C) (µg/adulte) chez <i>R. dominica</i> (m ± SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.	19

Introduction

I. INTRODUCTION

À travers le monde, les céréales constituent les principales sources de protéines, de glucides, de vitamines B et de certains minéraux parmi ces grains, on distingue le blé, le maïs et le riz (Jood *et al.*, 1993 ; Jood *et al.*, 1996). En Algérie, les produits céréaliers, dont le blé, occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (Djermoun, 2009). Cependant, la conservation post-récolte est le seul moyen d'assurer le lien entre la récolte une fois dans l'année et la consommation permanente (Waongo *et al.*, 2013).

Les denrées stockées en général dans des conditions inadéquates, sont attaquées principalement par les insectes, les rongeurs et les champignons (Foua-Bi, 1989). Plusieurs types de déprédateurs sont à l'origine de ces pertes et les principaux sont des coléoptères tels que *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*. (Kučerová *et al.*, 2003 ; Rahman *et al.*, 2007 ; Lorini, 2008). Ces ravageurs pourraient entraîner des pertes quantitatives et qualitatives majeures de produit (Banga *et al.*, 2018). L'infestation par ces ravageurs peut causer des dégâts directs sur la germination et le poids de la récolte, et indirects sur le goût de l'aliment et les caractères organoleptiques (NCIBI, 2020).

Rhyzopertha dominica ou capucin des grains est un ravageur primaire, avec une large répartition géographique. C'est la seule espèce de Bostrychidae qui attaque les céréales et cause d'énormes dégâts au niveau des stocks (Balaskowsky, 1962). Pendant des siècles, les agriculteurs ont pratiqué des rotations de cultures et ont utilisé divers produits naturels pour lutter contre les agresseurs. Ce n'est qu'après la seconde guerre mondiale, que le recours aux produits phytosanitaires chimiques s'est généralisé pour tirer le meilleur profit des cultures (Regnault, 2005). En outre, la lutte chimique par l'utilisation des insecticides tels que les organophosphorés et les pyréthrinoïdes, est la méthode la plus répandue actuellement, elle est relativement peu coûteuse, facile et rapide (Cissokho *et al.*, 2015 ; Hill, 2008). Malheureusement, l'application abusive et non contrôlée de ces pesticides a provoqué des conséquences néfastes tels que l'impact négatif sur l'environnement et l'intoxication chronique des consommateurs (Pretty & Hine, 2005).

Face à cette situation, la lutte biologique est considérée comme la solution adéquate contre les ravageurs des denrées stockées (NCIBI, 2020). L'utilisation de composés naturels (biopesticides) comme une option prometteuse est une meilleure alternative aux pesticides

synthétiques permettant un contrôle plus sûr des populations de ravageurs (Campos *et al.*, 2016).

Dans ce contexte, l'utilisation des huiles essentielles (HEs) des plantes aromatiques dans la protection des cultures devient importante en raison de leur sécurité, de leur efficacité et de leurs propriétés écologiques (Polatoğlu & Karakoc., 2015; Priya *et al.*, 2016 ; Jayakumar *et al.*, 2017a, b ; Ebrahimifar *et al.*, 2020).

De nombreuses familles de plantes (Rutacées, Méliacées, Astéracées, Labiées, Pipéracées, Verbénacées et Annonacées) sont utilisées comme pesticides botaniques (Isman, 1995). Leur toxicité s'exprime de différentes manières : Activités ovicide, larvicide (Kéïta *et al.*, 2000 ; Regnault-Roger, 2002 ; Pavela, 2004a), perturbation de la croissance des insectes (Pavela, 2004b), diminution de la fécondité et de la fertilité (Pavela, 2005). Ils peuvent agir aussi comme des fumigants (Pinho *et al.*, 2014 ; Saeidi *et al.*, 2014 ; Jayakumar *et al.*, 2017 ; Kheloul *et al.*, 2020), des insecticides de contact (Heydarzade & Moravvej, 2012 ; Abdelgaleil *et al.*, 2015 ; Aryani & Auamcharoen, 2016) et des répulsifs (Akhtar *et al.*, 2013 ; Hossain & Khalequzzaman, 2018 ; Ebrahimifar *et al.*, 2020).

Lavandula angustifolia une plante de la famille des Lamiacées, est largement répandue dans la région méditerranéenne ; son huile essentielle attribue des propriétés analgésiques, antibactériennes, antifongiques, antidépressives, antispasmodiques, calmantes, carminatives, cicatrisantes et sédatives (Cavanagh & Wilkinson., 2002 ; Price ,S & Price,L 2007). Linalool est un composant bioactif aromatique et volatile (Mughal, 2019) avec une activité biologique en tant qu'antimicrobien, anti-leishmaniose, anti-inflammatoire et antioxydant (Çelik & Ozkaya ., 2002 ; Wu *et al.*, 2014).

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

La deuxième partie est consacrée à l'évaluation de la toxicité d'une molécule bioactive (le linalool) par fumigation sur les adultes de *R. dominica*.

La troisième partie vise à déterminer le pouvoir répulsif de l'huile essentielle et du Linalool vis-à-vis des adultes de *R. dominica*.

La quatrième et la dernière partie vise à évaluer les effets létaux (CL₂₅ et CL₅₀) de ce biopesticide, sur les protéines et les réserves énergétiques (glucides et lipides) chez les adultes de *R. dominica*.

Matériel et Méthodes

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de l'insecte, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792)

R. dominica, Coléoptère de la famille des Bostrichidae également appelé capucin des grains (Ripusudan *et al.*, 2011) est un ravageur primaire des graines entreposées (Edded, 2012). C'est un insecte de petite taille de 2,3 à 2,8 mm de longueur, de couleur brune plus au moins rougeâtre, de forme cylindrique, allongée et étroite, avec des côtés nettement parallèles (Steffan, 1978) (Fig. 1).

La femelle pond jusqu'à 500 œufs qui sont déposés à l'extérieur des grains souvent en groupes. Le développement des œufs prend 32 jours à 18,1 °C, mais seulement 5 jours à 36° C (Hagstrum *et al.*, 2012). Après l'éclosion, la larve pénètre dans l'albumen où elle passe par 3 ou 4 stades avant de se nymphoser. Le cycle complet dure environ 30 jours à 30°C et près de 60 jours à 26°C.

Selon Fabricius (1792), La position systématique de *Rhyzopertha dominica* est :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Ordre : Coleoptera

Famille : Bostrichidae

Genre: *Rhyzopertha*

Espèce: *Rhyzopertha dominica*



Figure 1. *Rhyzopertha dominica* (Photos personnelles)

2.2. Présentation de la molécule bioactive, le Linalool

Les huiles essentielles sont des liquides hydrophobes concentrés contenant des composés volatils obtenus à partir de plantes (Kar *et al.*, 2018). Le linalool est un composant bioactif aromatique que l'on trouve dans de nombreux tissus végétaux, notamment les feuilles, les fruits et, plus généralement, les fleurs, les herbes et le bois (Mughal, 2019). Le linalool est un liquide incolore, en comparaison avec les autres composants des huiles essentielles, il a une solubilité appréciable dans l'eau et très soluble dans différents solvants organiques (Peana *et al.*, 2002 ; Guimarães *et al.*, 2013). Le linalool peut être produit industriellement à partir du pinène naturel ou par synthèse chimique totale (Semikolenov, 2001). Il a une activité biologique en tant qu'antimicrobien, anti-leishmaniose, anti-inflammatoire et antioxydant (Çelik & Ozkaya, 2002 ; Wu *et al.*, 2014).

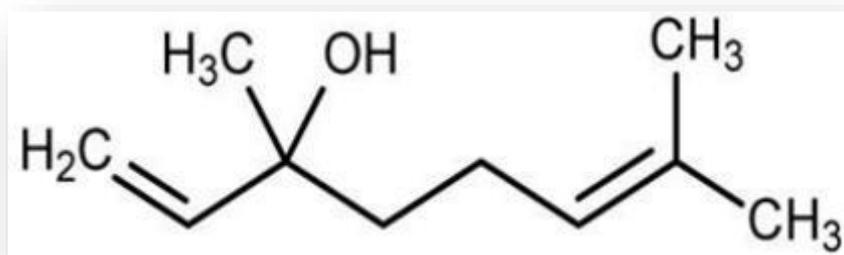


Figure 2. Structure chimique du linalool (Mughal, 2019).

2.3. Présentation de la plante, *Lavandula angustifolia* (Miller, 1768)

Lavande vraie, ou lavande fine, appelée communément **Khzama** (Aichaoui & Abeoube, 2019), pousse dans les régions tempérées et tropicales, mais se trouve principalement dans le bassin méditerranéen (Brahmi *et al.*, 2017). Elle pousse dans les montagnes calcaires de 500 à 1800 m d'altitude. Cette plante présente des feuilles étroites et longues de couleur vert bleuté et des fleurs hermaphrodites (Gainard, 2016) de couleur bleu-violet (Aimene & Bellil, 2019).



Figure 3. *Lavandula angustifolia* (Latreche & Mansor, 2021).

Selon Miller (1768), la plante *L. angustifolia* est classée comme suit :

- **Règne** : Plantae
- **Sous règne** : Plantes vasculaires
- **Embranchement** : Spermaphytes
- **Sous - embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Dicotylédones
- **Sous classe** : Dialypétales
- **Ordre** : Lamiales (Labiales)
- **Famille** : Lamiaceae
- **Genre** : *Lavandula*
- **Espèce** : *Lavandula angustifolia* M, 1768

2.4. Extraction de l'huile essentielle de *L. angustifolia*

La collecte des feuilles de la Lavande a été faite au mois de Novembre 2021 dans la région de Tébéssa. 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, 50 g de la matière sèche a été mélangée avec 500 ml d'eau distillée. 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. 4).

L'huile essentielle recueillie a été filtrée en présence de sulfate de sodium (Na₂SO₄) pour éliminer les traces d'eau résiduelle. Elle est ensuite récupérée et stockée à 4°C et à l'obscurité dans un flacon en verre, hermétiquement fermé et couvert du papier aluminium pour la préserver de la lumière. La quantité d'huile obtenue est pesée pour le calcul du rendement (Mawussi, 2008 ; Tchoumboungang *et al.*, 2009).

Le rendement en HE est le rapport entre de poids de l'HE extraite et le poids de la biomasse végétale à traiter. Il est exprimé en pourcentage (%) et calculé par la formule suivante :

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

R : Rendement en huile (%).

PA : Poids de la matière sèche de la plante en g.

PB : Poids de l'huile en g.



Figure 4. Extraction de l'HE de *L. angustifolia* (photos personnelles).

2.5. Traitement et test de toxicité

2.5.1. Test de toxicité de la molécule bioactive par fumigation

Après un screening préalable, différentes concentrations : 5 ; 10 ; 20 ; 30 et 40 µl/l d'air 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 réalisé dans des boîtes en plastiques d'une capacité de 60 ml contenant 10 g de blé sain (Fig. 6), selon la méthode de Papachristos & Stampoulos (2004). Trois répétitions de 10 individus ont été réalisées pour chaque

concentration. Une série témoin est conduite en parallèle avec des disques sans traitement. Les flacons de fumigation sont déposés dans un incubateur.

Les mortalités enregistrées à 24, 48, 72 h et 4 jours après traitement sont corrigées selon la formule d'Abbott (1925), et les concentrations létales ainsi que leurs intervalles de confiance (95% IC) ont été calculées grâce à un Logiciel GRAPH PAD PRISM7.



Figure 5. Test de toxicité de la molécule bioactive par fumigation (Photos personnelles).

2.5.2. Test de toxicité de l'huile essentielle par ingestion

Après un screening préalable, l'huile de *L. angustifolia* dissous dans l'acétone a été appliquée à différentes concentrations (0,2 ; 0,5 ; 1 ; 2 et 4 $\mu\text{l/ml}$) sur 10g de blé sain dans des flacons en plastique (Fig. 5). Après une évaporation totale du solvant pendant 15min, 10 adultes mâles et femelles (sexes confondus) de *R. dominica* sont introduits dans les flacons. Le bioessai a été réalisé en quatre 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 6 h et 12 h 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.



Figure 6. Test de toxicité de l'HE par ingestion (Photos personnelles).

2.6. Test de répulsion

Ce test est utilisé pour calculer le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle de la Lavande et de la molécule bioactive à l'égard des adultes de *R. dominica* par la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par McDonald *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 5µl, 10µl, 20µl d'huile et de Linalool 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. 7). Dix individus sont déposés sur le papier filtre au milieu des boîtes de pétri et trois répétitions sont réalisées pour chaque dose. Après 15min, 30 min, 1h 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 :

$$PR (\%) = (NC - NT) / (NC + NT) \times 100$$

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 Linalool.

Le pourcentage moyen de répulsion calculé, est attribué à l'une des différentes classes variant de 0 à 5 (Mc Donald *et al.*, 1970) (Tableau 01).

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

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

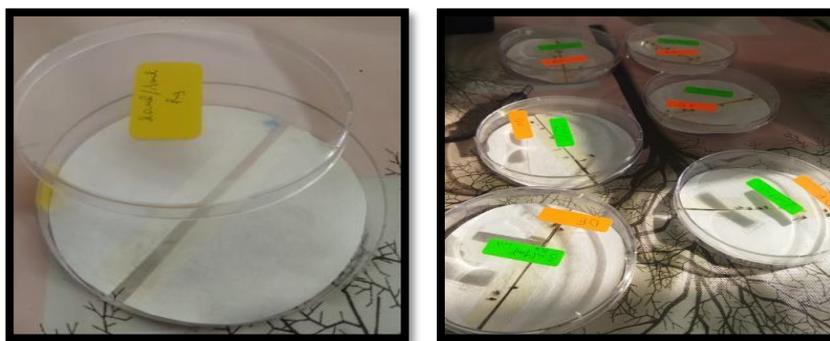


Figure 7. Test de répulsion (Photos personnelles).

2.7. Extraction et dosage des constituants biochimiques

Les adultes de *R. dominica* témoins et traités à linalool (CL₂₅, CL₅₀) par fumigation prélevés à 72 h après traitement ont été pesés et placés dans des tubes Eppendorf puis conservés dans 1 ml de TCA (acide trichloroacétique) à 20%. L'extraction des principaux constituants biochimiques (protéines, glucides et lipides) a été réalisée selon le procédé de [Shibko et al. \(1966\)](#). Après homogénéisation, puis centrifugation (5000 tours/min à 4°C pendant 10 min), le surnageant I obtenu, servira pour le dosage des glucides totaux selon la méthode de [Duchateau & Florkin \(1959\)](#). Au culot I, on ajoute 1 ml de mélange éther/chloroforme (1V/1V) et après une seconde centrifugation (5000 trs/min, 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 de la soude (0,1 N), servira au dosage des protéines selon [Bradford \(1976\)](#) (Fig. 8). L'essai est conduit avec 3 répétitions, comprenant chacune 10 adultes.

2.7.1. Dosage des protéines totales

Le dosage des protéines est effectué selon la méthode de [Bradford \(1976\)](#), dans une fraction aliquote de 100 µl à laquelle on ajoute 4 ml de réactif du bleu brillant de comassie (BBC) G250 (Merck) (On homogénéise 100 mg de BBC, dans 50 ml d'éthanol 95°, on y ajoute ensuite 100 ml d'acide orthophosphorique à 85% et on complète à 1000 ml avec de l'eau distillée). 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 boeuf (BSA) titrant 1 mg/ml ([Tableau 2](#)).

Tableau 2. Dosage des protéines totales chez les adultes de *R. dominica* : réalisation de la gamme d'étalonnage.

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

2.7.2. Dosage des glucides totaux

Le dosage des glucides totaux a été réalisé selon la méthode de [Duchateau & Florkin \(1959\)](#). Cette méthode consiste à additionner 100 µl de surnageant contenu dans un tube à essai, 4 ml du réactif d'anthrone (peser 150 mg d'anthrone, ajouter 75 ml d'acide sulfurique concentré et 25 ml d'eau distillée) 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 présente 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 de glucose (1mg/ml) ([Tableau 3](#)).

Tableau 3. Dosage des glucides totaux chez les adultes de *R. dominica* : réalisation de la gamme d'étalonnage.

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

2.7.3. Dosage des lipides totaux

Les lipides totaux ont été déterminés selon la méthode de [Goldsworthy et al. \(1972\)](#), en utilisant le réactif sulfophosphovanillinique (dissoudre 0,38 g de vanilline dans 55 ml d'eau distillée et ajouter 195 ml d'acide orthophosphorique à 85%). Le dosage des lipides se fait sur des prises aliquotes de 100µl des extraits lipidiques ou de gamme étalon auxquelles on évapore totalement le solvant puis on ajoute 1ml d'acide sulfurique concentré. Les tubes sont agités et mis pendant 10 mn dans un bain de sable à 100°C. Après refroidissement, on prend 200 µl de ce mélange auquel on ajoute 2,5 ml de réactif sulfophosphovanillinique. Après 30 mn 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 et on ajoute 1 ml d'éther/chloroforme (1V/1V) (Tableau 4).

Tableau 4. Dosage des lipides totaux chez les adultes de *R. dominica* : réalisation de la gamme d'étalonnage.

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

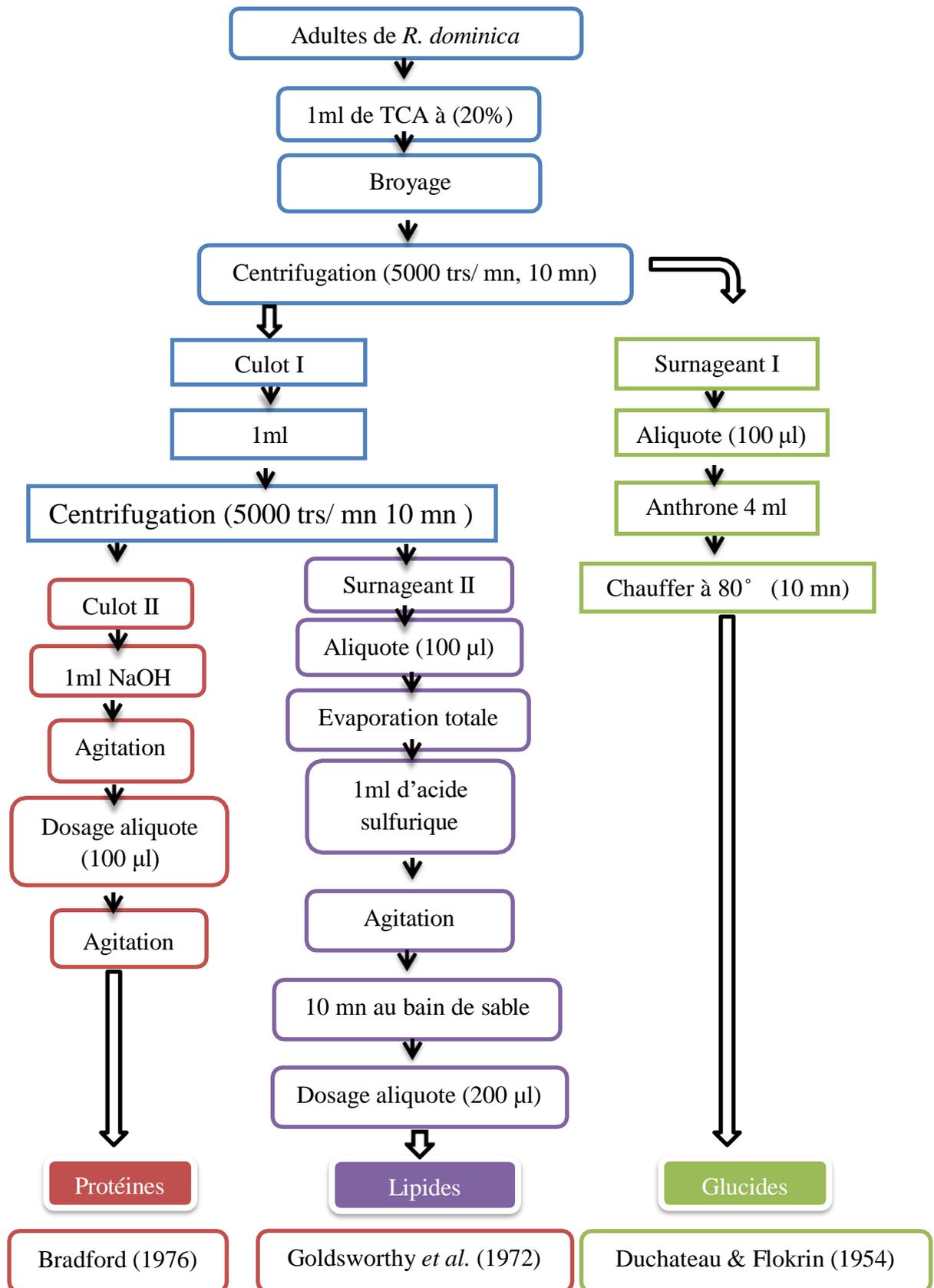


Figure 8. Extraction des glucides, protéines et lipides totaux (Shibko *et al.*, 1966).

2.8. 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). L'analyse de la variance à un critère de classification et le test HSD de Tukey ont été utilisés.

RÉSULTATS

III. RESULTATS

3.1. Rendement de l'huile essentielle

L'huile essentielle obtenue par hydrodistillation des feuilles de *L. angustifolia* présente un aspect liquide, limpide et se caractérise par une forte odeur. Le rendement de cette huile marque un taux de 0,632 % (Tableau 5).

Tableau 5. Rendement et caractéristiques organoleptiques de l'HE extraite de *L. angustifolia*.

Rendement	Aspect	Couleur	Odeur	Solubilité
0,632 %	Liquide	Jaune claire	Aromatique	Liposoluble

3.2. Activité insecticide

3.2.1. Toxicité de Linalool par fumigation

Après un test de screening, différentes concentrations (5, 10, 20, 30 et 40 $\mu\text{l/l}$ d'air) de Linalool ont été appliquées par fumigation sur les adultes de *R. dominica*. Aucune mortalité n'a été observée dans les séries témoins.

Les résultats de mortalité enregistrée chez *R. dominica* au cours des tests de toxicité par fumigation varient de 13,33 % à 24h jusqu'à 33,33% à 72h pour la dose la plus faible (5 $\mu\text{l/l}$ d'air) et de 93,33% à 24h jusqu'à 100% à 72h pour la dose la plus forte (40 $\mu\text{l/l}$ d'air) (Tableau 6). De plus, on note une augmentation du taux de mortalité en fonction des concentrations appliquées et le temps d'exposition chez *R. dominica* à 24h ($F_{4,10}=90,3$; $p<0,0001$), à 48h ($F_{4,10}=96,63$; $p<0,0001$) et à 72h ($F_{4,10}=72,88$; $p<0,0001$).

Les résultats montrent que le linalool appliqué par fumigation exerce une activité insecticide avec une relation dose-réponse à l'égard de *R. dominica*. Le classement des doses par le test HSD de Tukey révèle l'existence de 5 groupes de moyennes à 24 h, 4 groupes à 48h et 2 groupes à 72 h.

La courbe dose-réponse exprimant le pourcentage des mortalités en fonction du logarithme des doses appliquées (Fig. 9) a permis l'estimation des concentrations létales (CL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le Slope (Tableau 7).

Tableau 6. Effet de Linalool ($\mu\text{l/l}$ d'air) appliqué par fumigation sur des adultes de *R. dominica* sur le taux de mortalité corrigée à différentes périodes ($m \pm \text{SEM}$, $n=3$ répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.

Temps	5 $\mu\text{l/l}$ d'air	10 $\mu\text{l/l}$ d'air	20 $\mu\text{l/l}$ d'air	30 $\mu\text{l/l}$ d'air	40 $\mu\text{l/l}$ d'air
24h	13,33 \pm 4,44a	36,66 \pm 4,44b	56,66 \pm 4,44c	76,66 \pm 4,44d	93,33 \pm 4,44 ^e
48h	23,33 \pm 4,44a	53,33 \pm 4,44b	66,66 \pm 4,44b	83,33 \pm 4,44c	100 \pm 0,00d
72h	33,33 \pm 4,44a	63,33 \pm 4,44b	76,66 \pm 4,44b	86,66 \pm 4,44b	100 \pm 0,00b

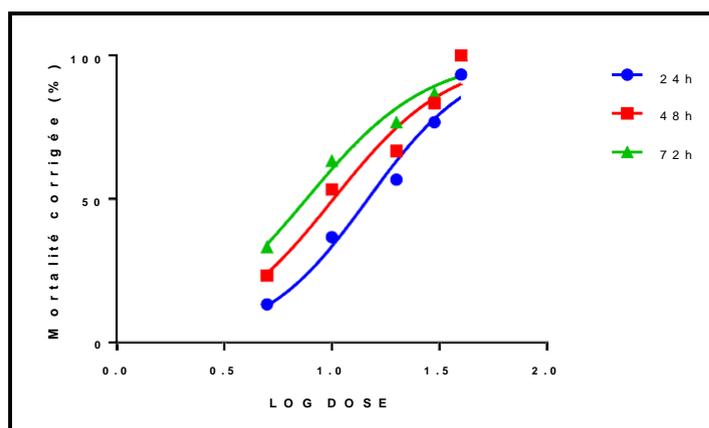


Figure 9. Effets de Linalool appliqué par fumigation sur les adultes de *R. dominica*: Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

Tableau 7. Efficacité de Linalool appliqué par fumigation sur les adultes de *R. dominica* : analyse des probits.

Temps	R ²	Hill Slope	CL ₂₅ ($\mu\text{l/l}$ d'air) IC (95%)	CL ₅₀ ($\mu\text{l/l}$ d'air) IC (95%)	CL ₉₀ ($\mu\text{l/l}$ d'air) IC (95%)
6h	0,9708	1,777	7,939 [4,502-12,04]	14,73 [10,77-19,41]	50,75 [31,16-109,3]
12h	0,9462	1,615	5,158 [1,865-8,815]	10,18 [6,134-14,97]	39,71 [19,56-124,6]
24h	0,9643	1,548	3,752 [1,68-5,787]	7,629 [5,054-10,27]	31,53 [17,65-69,33]

3.2.2. Toxicité de l'huile essentielle par ingestion

Après un test de screening, différentes concentrations d'huile essentielle de *L. angustifolia* (0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2 et 4 $\mu\text{l/l}$ d'air) ont été appliquées par ingestion sur les adultes de *R. dominica*. Aucune mortalité n'a été observée dans les séries témoins.

Les mortalités corrigées enregistrées chez *R. dominica* au cours des tests de toxicité par ingestion varient de 13,33 % à 6h jusqu'à 46,66 % à 24h pour la dose la plus faible (0,25 $\mu\text{l/ml}$) et de 100 % à tous les temps testés pour la plus forte dose (4 $\mu\text{l/ml}$) (Tableau 8). Ces mortalités

augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps d'exposition chez *R. dominica* à 24h ($F_{4,10}=69,88$; $p<0,0001$), à 48h ($F_{4,10}=83,38$; $p<0,0001$) et à 72h ($F_{4,10}=53,38$; $p<0,0001$). Le classement des doses par le test HSD de Tukey révèle l'existence de 3 groupes de moyennes à 24 h et 48h et 2 groupes à 72 h.

Les résultats montrent que *L. angustifolia* appliqué par ingestion exerce une activité insecticide avec une relation dose-réponse à l'égard de *R. dominica*. La courbe dose-réponse exprimant le pourcentage des mortalités en fonction du logarithme des doses appliquées (Fig. 10) a permis l'estimation des concentrations létales (CL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le Slope (Tableau 9).

Tableau 8. Effet de l'HE de *L. angustifolia* ($\mu\text{l/ml}$) appliquée par ingestion sur les adultes de *R. dominica* sur le taux de mortalité corrigée à différentes périodes ($m \pm \text{SEM}$, $n=3$ répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.

Temps	0,25 $\mu\text{l/ml}$	0,5 $\mu\text{l/ml}$	1 $\mu\text{l/ml}$	2 $\mu\text{l/ml}$	4 $\mu\text{l/ml}$
24h	13,33 \pm 4,44a	40,00 \pm 6,67b	70,00 \pm 6,67c	86,67 \pm 4,44c	100 \pm 0,00c
48h	33,33 \pm 4,44a	66,67 \pm 4,44b	83,33 \pm 4,44c	96,66 \pm 4,44c	100 \pm 0,00c
72h	46,67 \pm 4,44a	83,33 \pm 4,44b	93,33 \pm 4,44b	96,67 \pm 4,44b	100 \pm 0,00b

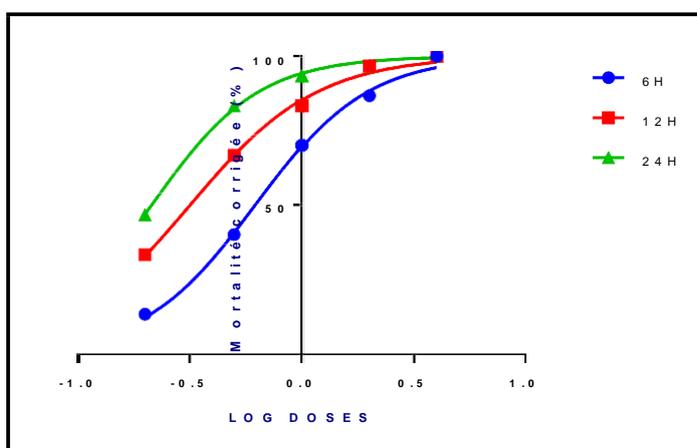


Figure 10. Effet de l'HE par ingestion sur les adultes de *R. dominica* : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

Tableau 9. Efficacité de l'HE de *L. angustifolia* appliquée par ingestion sur les adultes de *R. dominica* : analyse des probits.

Temps	R ²	Hill Slope	CL ₂₅ ($\mu\text{l/l}$ d'air) IC (95%)	CL ₅₀ ($\mu\text{l/l}$ d'air) IC (95%)	CL ₉₀ ($\mu\text{l/l}$ d'air) IC (95%)
6h	0,99	1,73	0,32 [0,26 - 0,39]	0,62 [0,54 - 0,70]	2,20 [1,68 - 2,97]
12h	0,99	1,53	0,15 [0,12 - 0,18]	0,31 [0,27 - 0,36]	1,33 [1,03 - 1,76]
24h	0,99	1,81	0,11 [0,09 - 0,13]	0,21 [0,19 - 0,23]	0,719 [0,60 - 0,86]

3.3. Activité répulsive

3.3.1. Effet répulsif de Linalool

Les résultats du pouvoir répulsif à l'égard de *R. dominica* sont présentés dans le [Tableau 10](#). Le pourcentage de répulsion marque une augmentation en fonction des concentrations appliquées et une diminution en fonction du temps d'exposition. Le fort taux de répulsion (93,33%) est observé à 15min après traitement avec la plus forte concentration (20µl/ml). De plus, on note que Linalool est classé en catégorie 5 de répulsion.

Tableau 10. Pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de Linalool testé sur les adultes de *R. dominica*.

Concentrations	Temps	PR%	CR
5µl/ml	15min	66,67	IV
	30min	53,33	III
	1h	33,33	II
	2h	26,67	II
	3h	13,33	I
10µl/ml	15min	80,00	IV
	30min	60,00	III
	1h	53,33	III
	2h	40,00	II
	3h	33,33	II
20µl/ml	15min	93,33	V
	30min	80,00	IV
	1h	73,33	IV
	2h	66,67	IV
	3h	53,33	III

3.3.2. Effet répulsif de l'HE de *L. angustifolia*

Les résultats du pouvoir répulsif à l'égard de *R. dominica* sont présentés dans le [Tableau 11](#). Le pourcentage de répulsion marque une augmentation en fonction des concentrations appliquées et une diminution en fonction du temps d'exposition. Le fort taux de répulsion (93,33%) est observé à 15min après traitement avec la concentration la plus élevée (20 µl/ml). Par ailleurs, on note que l'HE de *L. angustifolia* est classée en catégorie 5 de répulsion.

Tableau 11. Pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de l'HE de *L. angustifolia* testée sur les adultes de *R. dominica*.

Concentrations	Temps	PR%	CR
5µl/ml	15min	53,33	III
	30min	46,67	III
	1h	40,00	II
	2h	33,33	II
	3h	26,67	II
10µl/ml	15min	66,67	IV
	30min	53,33	III
	1h	46,67	III
	2h	40,00	II
	3h	33,33	II
20µl/ml	15min	93,33	V
	30min	86,69	V
	1h	73,33	IV
	2h	66,66	IV
	3h	53,39	III

3.4. Effet sur la composition biochimique des adultes de *R. dominica*

Le linalool a été appliqué par fumigation sur les adultes de *R. dominica* avec deux concentrations létales (CL₂₅ et CL₅₀). Ses effets ont été évalués sur la composition biochimique (glucides, lipides et protéines) de cette espèce à 72h après traitement (Fig. 11).

D'après les résultats obtenus, on note une augmentation significative du contenu en protéine totales ($F_{2,6} = 36,94$; $P=0,0004$) après traitement avec la concentration la plus élevée (CL₅₀) (Témoins vs CL₅₀: $p=0,005$). Le test HSD de Tukey met en évidence 2 groupes de moyennes, le premier groupe formé des témoins et des traités à la CL₂₅ et un second groupe composé des traités à la CL₅₀.

En ce qui concerne le contenu en glucides, le traitement provoque une diminution significative ($F_{2,6}=103,2$; $p<0,0001$) ; avec la concentration la plus élevée (Témoins vs CL₅₀ : $p=0,0001$). Le classement des moyennes par le test HSD de Tukey révèle également 2 groupes, un groupe constitué des témoins et des traités à la CL₂₅ et un autre groupe formé des traités à la CL₅₀.

Finalement, l'application du linalool induit une diminution significative du contenu en lipides ($F_{2,6}=70,96$; $p<0,0001$) après traitement avec les deux concentrations ; et avec un effet dose

(CL₂₅ vs CL₅₀ : p=0,0423). Le classement des moyennes par le test HSD de Tukey révèle 3 groupes, chacun étant formé par une série.

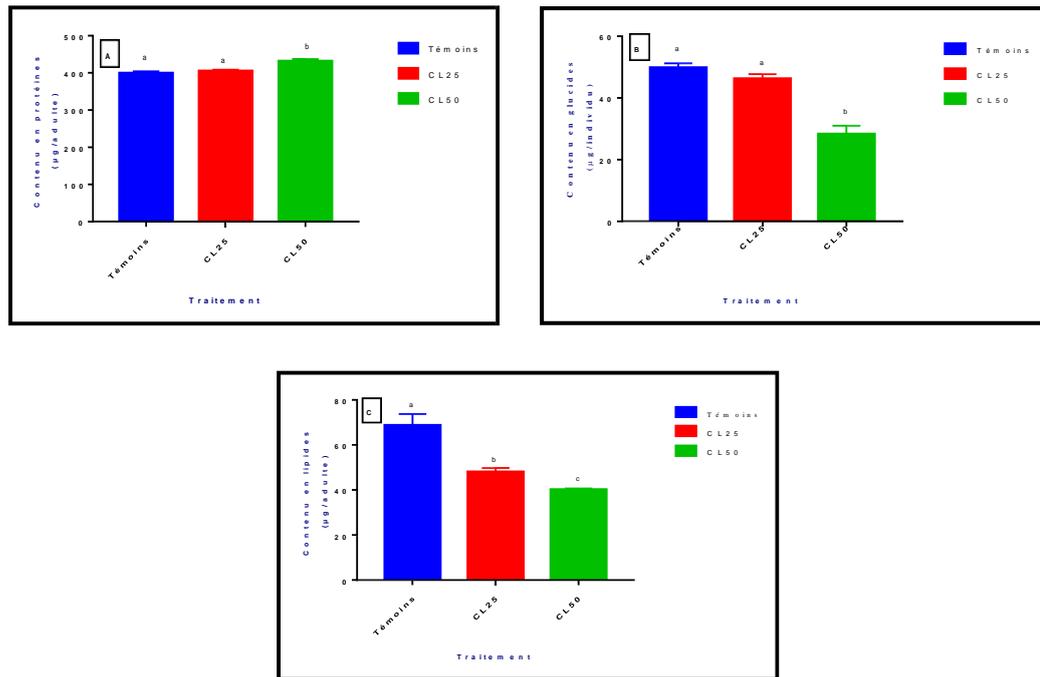


Figure 11. Effet de Linalool (CL₂₅ et CL₅₀) appliqué par fumigation sur le contenu en protéines (A), en glucides (B) et en lipides (C) (µg/adulte) chez *R. dominica* (m ± SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus): test HSD de Tukey.

DISCUSSION

IV. DISCUSSION

4.1. Rendement en huile essentielle

L'huile essentielle est un extrait végétal provenant d'une sécrétion naturelle élaborée par certains végétaux par l'intermédiaire des cellules ou organes particuliers où elle restent localisée (Tongnuanchan & Benjakul, 2014). La composition des huiles essentielles (HEs) est très complexe, c'est un mélange hétérogène de molécules aromatiques renfermant des centaines de molécules différentes dont chacune possède une propriété particulière mais qui agissent en synergie, ce qui explique leurs efficacités et leurs polyvalences (Smad, 2009). Sur les insectes, les HEs agissent par répulsion, par contact et par fumigation mais agissent aussi comme des composés neurotoxiques (Jankowska *et al.*, 2018).

L'extraction par hydrodistillation reste la méthode la plus utilisée et la plus simple pour l'obtention des meilleurs rendements, sans altération des huiles essentielles fragiles (Paris & Hurabielle, 1981; Khebizi & khocheman, 2011). Au cours de cette étude, le rendement en huile essentielle obtenu à partir des feuilles de *L. angustifolia* est de 0,632%. Cette valeur est importante par rapport à celle enregistrée par Cardia *et al.* (2018) qui ont obtenu un rendement en huile essentielle extraite des feuilles et des tiges sèches de la Lavande de 0,14% et par rapport au rendement obtenu (0,30%) de la partie florale de *L. angustifolia* (Hasni & Hayet, 2017). Par ailleurs, notre rendement est similaire à celui obtenu (0,64%) dans le Nord-ouest de l'Iran (Hassanpouraghdam *et al.*, 2011). Les travaux de Djebaili (2013) ont signalé des différences dans le rendement en HE selon la partie de la plante ou l'organe qui a subi l'extraction.

Ces résultats sont différents de ceux signalés dans certaines régions de l'Algérie, où on a noté un rendement de 3,21% au niveau des feuilles de la même plante collectée dans la région de Sétif (Lafriid & Belhamidi, 2019) et de 3,2% dans la région d'El Hammamet (Tébessa) (Sayada *et al.*, 2021). De plus, un rendement de 2% a été obtenu à partir des fleurs de *L. angustifolia* collecté de Batna (Belhadj *et al.*, 2014).

Ces variations de rendement en HEs sont probablement dues à l'espèce végétale (facteurs intrinsèques), à la partie de la plante utilisée, à la région et la période de collecte, et à la méthode d'extraction et la durée de distillation (Mejri *et al.*, 2010; Wong *et al.*, 2005). Les facteurs géographiques, la nature du sol, le taux d'ensoleillement et l'altitude peuvent également influencer le rendement en HE (Sandret, 1967; Hajji *et al.*, 1989; Verma *et al.*, 2015; Dosoky *et al.*, 2016; Da Silva *et al.*, 2017). De plus, l'âge et la maturité des feuilles peuvent affecter ce

rendement, car les jeunes feuilles ont tendance à avoir un rendement en huile plus élevé que celui des adultes (Shiferaw *et al.*, 2019 ; Kara & Saidi, 2016).

4.2. Activité insecticide

Les plantes synthétisent plusieurs substances du métabolisme secondaire. Ces molécules peuvent avoir différents effets chez les insectes : répulsif, attractif, perturbateur du développement, inhibiteur de la reproduction, etc. Leur toxicité peut être directe ou indirecte sur les organes cibles (organes sensoriels, système nerveux, système endocrines, appareil digestif, appareil reproductif,... etc.) (Benayad, 2013).

Nos résultats ont montré une activité insecticide de l'huile essentielle extraite des feuilles de *L. angustifolia* et de sa molécule bioactive majoritaire, le linalool, avec une relation dose-réponse. Les mortalités augmentent en fonction des concentrations appliquées et du temps d'exposition.

Des résultats similaires ont été constatés dans plusieurs travaux et sur plusieurs espèces d'insectes. Rozman (2007) a montré le pouvoir insecticide du linalool avec un taux de mortalité de 100% chez *Rhyzopertha dominica* et de 85 % chez *Sitophilus oryzae* après 24 h d'exposition à une concentration de 0,1 µl/720 ml. Plusieurs monoterpènes (carvacrol, linalool, eugénol, thymol, cinnamaldéhyde, α-pinène, camphre) ont été testés contre *Acanthoscelides obtectus* (charançon du haricot), et les résultats ont montré que le linalool avec une CL₅₀ de 0,5 mg/L était le plus toxique et le plus efficace comparativement à tous les composés étudiés (Regnault-Roger & Hamraoui, 1995). De plus, la toxicité de linalool a été également confirmée contre *Tribolium castaneum* et *Oryzaephilus surinamensis* (Phillips *et al.*, 1995) et contre *S. zeamais* (Wang *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2013; Yildirim *et al.*, 2013) avec une relation dose-réponse.

L'application du linalool avec une concentration de 625 µL/L d'air pendant 24 h a causé une mortalité complète (100 %) chez *T. castaneum* et *L. serricornis* et 80% chez *S. oryzae* (Sriti *et al.*, 2017). De nombreuses études ont montré que les huiles essentielles riches en linalool et camphre avaient une activité insecticide élevée contre les ravageurs des produits stockés (Lee *et al.*, 2002 ; Abdelgaleil *et al.*, 2009).

Les huiles essentielles sont des extraits volatiles et odorants formés dans un grand nombre de plantes comme sous produits du métabolisme secondaire. Elles sont des composés liquides très complexes (Benayad, 2008), utilisées pour leurs activités bactéricides, virucides, fongicides, insecticides, antiparasitaires, médicinales et cosmétiques (Bakkali *et al.*, 2008). Ces huiles exercent aussi une activité insecticide contre les insectes des grains stockés (Said-Al *et al.*,

2017). Ces activités biologiques sont en relation avec leur composition chimique et les effets synergiques possibles entre ses composants (Isman, 2000 ; Haddouchi & Benmansour, 2008 ; Smad, 2009).

Les propriétés insecticides des HEs se caractérisent par une toxicité par inhalation provoquée par leur richesse en composés volatils, et une toxicité par contact résultant de la formation d'un film imperméable, isolant l'insecte de l'air et provoquant son asphyxie (NCIBI, 2020). Leur toxicité s'exprime de manières ovicide, larvicide, adulticide et anti-nutritionnelle (Keïta *et al.*, 2000; Regnault-Roger, 2005). La sensibilité à ces métabolites peut différer pour un insecte donné d'un stade à un autre (Hall & Menn, 1999; Ranga Rao *et al.*, 2007; Guèye *et al.*, 2011) ainsi qu'en fonction du sexe (Papachristos & Stamopoulos, 2002). Le spectre d'action des huiles essentielles est très diversifié; elles jouent un rôle de régulateur de croissance (Goudoum, 2010), car elles peuvent agir sur les paramètres de développement de l'insecte, sur la reproduction et l'oviposition, comme elles réduisent l'appétit des insectes (Zhang *et al.*, 2015; Campolo *et al.*, 2018; Rajkumar *et al.*, 2019).

Les huiles essentielles généralement extraites de diverses parties de la plante sont traditionnellement utilisées par fumigation ou par contact pour protéger les grains contre les ravageurs des entrepôts, dans certains pays asiatiques et africains (Shaaya *et al.*, 1991).

L'activité insecticide de l'HE de *L. angustifolia* a été confirmée dans plusieurs travaux et sur plusieurs espèces d'insectes ravageurs, tels que *Callosobruchus maculatus* (Moravvej *et al.*, 2012) et *Sitophilus granarius* (Germinara *et al.*, 2017). En outre, Rozman *et al.* (2007) ont montré une toxicité importante des huiles extraites de *L. angustifolia*, *Rosmarinus officinalis* et *Thymus vulgaris* contre *T. castaneum* (Tenebrionidae), *S. oryzae* (Dryophthoridae), et *R. dominica* (Bostrichidae). Par ailleurs, Khris (2015) a signalé les mêmes effets chez *R. dominica* traité par l'huile d'olive. Les travaux de Sayada *et al.* (2021) ont signalé également le pouvoir insecticide de l'huile essentielle de *L. angustifolia* appliquée par fumigation sur *R. dominica*. El-Nahal *et al.* (1989) ont montré que la durée d'exposition affecte le plus l'efficacité de ces huiles par rapport à la dose. Ho *et al.* (1995) concluent que la mortalité des adultes pourrait être attribuée à la toxicité par contact ou à l'effet abrasif sur la cuticule du ravageur.

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

4.3. Activité repulsive

L'activité répulsive est un phénomène physiologique qui se produit chez les insectes comme moyen de défense contre les toxines sécrétées par les plantes (Jayakumar *et al.*, 2017). Ce moyen peut être utilisé pour lutter contre les dégâts causés par ces insectes ravageurs (Mann & Kaufman 2012). Un pesticide végétal possède des propriétés répulsives, qui éloignent les insectes ravageurs et protègent les cultures (Isman, 2006) avec un impact minimal sur l'écosystème (Talukder, 2006). L'efficacité et la durée de répulsion des produits chimiques dépend du type de répulsif (ingrédient actif et formulation), du mode d'application et des conditions locales (température, humidité, et vent) (Barnard, 2000) et de la sensibilité des insectes aux répulsifs (Hikal *et al.*, 2017). Cette activité est liée aux principes actifs et aux constituants chimiques de l'huile (Damalas & Eleftherohorinos, 2011).

De nombreuses espèces végétales sont utilisées contre les ravageurs pour leurs effets répulsifs. Les molécules actives peuvent varier d'une famille à une autre et à l'intérieur d'une même famille (Hall & Menn, 1999; Ranga Rao *et al.*, 2007; Guèye *et al.*, 2011), pour la même espèce, d'une région à une autre et d'un stade à un autre (Mediouni Ben Jemâa *et al.*, 2012).

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que le linalool a un effet repulsif (93,33%) sur les adultes de *R. dominica*. Plusieurs travaux ont signalé les mêmes observations chez *L. serricone* (Anobiidae) (Mauchline *et al.*, 2008), chez *Cx. pipiens* (Park *et al.*, 2005), chez les tiques *Ixodes ricinus* (Tabari *et al.*, 2017) et chez *Aphis gossypii* (Jiang *et al.*, 2016) traités par le Linalool. Par contre, Del Fabbro & Nazzi (2008) ont révélé une faible activité répulsive de linalool contre les nymphes des tiques *I. ricinus*.

Les effets répulsifs des huiles essentielles ont été étudiés principalement sur les insectes ravageurs des produits stockés (Odaló *et al.*, 2005; George *et al.*, 2009 ; Zapata & Smaghe, 2010).

Nos résultats ont montré que l'HE extraite de *L. angustifolia* possède une propriété répulsive (93,33%) contre les adultes de *R. dominica*. Ce qui concorde avec ceux trouvés par Sayada *et al.* (2021) et qui ont mis en évidence un potentiel répulsif de l'huile de *L. angustifolia* contre la même espèce.

Par ailleurs, l'effet répulsif de l'HE de *L. angustifolia* a été constaté chez *A. obtectus* (Goucem-Khelfane, 2014) avec un taux de 63,75%, chez *S. oryzae* avec un pourcentage de répulsion de 45,3% (Belhocine, 2017), chez *Lasioderma serricorne* (Hori, 2003) et *Meligethes aeneus*

(Mauchline *et al.*, 2005), chez *Meligethes aeneus* (Mauchline *et al.*, 2005 ; Mauchline *et al.* (2008) et chez *Thrips tabaci* (Koschier & Sedy, 2003). En outre, parmi les huiles extraites de dix plantes testés, seule l'huile de la lavande qui a montré une activité répulsive (86,7%) (Yoon *et al.*, 2011).

Une large gamme d'HEs extraites de différentes plantes testées ont induit des effets répulsif tels que *Eucalyptus globulus* (Hasni & Hayet, 2017), *E. astringens* (Khemira *et al.*, 2012), *Schinus molle* (Benzi *et al.*, 2009) et *O. surinamensis* (Khemira *et al.*, 2012).

4.4. Effet sur la composition biochimique de *R. dominica*

L'efficacité des extraits de plantes contre les insectes a été signalée dans plusieurs travaux (Cetin & Yanikoglu, 2006; Negahban *et al.*, 2007; Ayvaz *et al.*, 2009; El-Akhal *et al.*, 2015; 2016). Ces extraits peuvent engendrer des perturbations biochimiques exprimées sur le plan quantitatif par une augmentation ou un déclin en différents métabolites (protéines, carbohydrates, lipides) (Yazdani *et al.*, 2013; Gnanamani & Dhanasekaran, 2017). Il est essentiel d'étudier les modifications de la composition biochimique suite au traitement par les insecticides botaniques, pour évaluer et déterminer leur pouvoir toxique et leur mécanisme d'action (Sak, 2006).

4.4.1. Effet sur les protéines

La synthèse des protéines est nécessaire en particulier pour le maintien de la croissance corporelle et la reproduction. Elles entrent dans diverses réactions telles que la régulation hormonale et elles s'intègrent dans la cellule en tant qu'élément structural en même temps que les glucides et les lipides (Cohen, 2010 ; Sugumaran, 2010). Les protéines sont des constituants importants de la cellule et du système vivant car les différentes enzymes qui réalisent les cascades d'activités métaboliques dans les organismes sont principalement des protéines (Preet & Sneha, 2011). Chez les insectes, les protéines et les acides aminés jouent un rôle majeur durant les différentes phases de leur vie car ils sont caractérisés par des niveaux très élevés (Chippendale, 1970). La teneur de l'insecte en protéines dépend de sa synthèse et sa dégradation (Gnanamani & Dhanasekaran, 2017). Cependant, elles peuvent être inductibles à la suite d'une exposition à des xénobiotiques (Haubruge & Amichot, 1998).

Nos résultats montrent que le traitement des adultes de *R. dominica* par le linalool a induit une augmentation du contenu en protéines. Des résultats similaires ont été observés chez les adultes de *R. dominica* traités à l'azadirachtine (Tine *et al.*, 2017), à l'*Eucalyptus globulus* et à

l'Artemisia herba-alba (Aref & Valizadegan, 2015). De plus, les travaux de Soltani & Abbes (2021) ont montré une augmentation de ce composant biocimique suite au traitement des adultes de *R. dominica* par l'HE de *Schinus molle*.

L'augmentation du taux de protéines dans notre étude peut être expliquée par une perturbation des fonctions physiologiques et biologiques qui a conduit à la synthèse des différents régulateurs de nature protéique intervenant dans les mécanismes de régulation et de défense dans l'organisme tel que les enzymes, les hormones ... etc.

Par contre, des résultats opposés ont été observés chez *Glyphodes pyloalis* traitée à l'huile de *L. angustifolia* (Yazdani *et al.*, 2013), chez les larves de *T. castaneum* traitées à l'huile d'*Agastache foeniculum* (Ebadollahi *et al.*, 2013), chez *T. castaneum* et *C. maculatus* (Tarigan & Harahap, 2016), chez *R. dominica* traité par *L. angustifolia* (Sayada *et al.*, 2021b) et chez les moustiques traités aux HEs de la lavande, de la menthe et du basilic (Dris, 2018). Ces résultats contradictoires peuvent être dues aux différences de sensibilité chez les espèces ou le stade de développement considéré (Ghoneim *et al.*, 2003).

4.4.2. Effet sur les glucides

Les glucides 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). Le taux de glycogène et de tréhalose dans les tissus sont étroitement liés aux événements physiologiques tels que le vol, la mue, et la reproduction (Wiens & Gilbert, 1967).

Nos résultats montrent que le traitement des adultes de *R. dominica* par le Linalool, induit une perturbation du contenu en glucides en le diminuant. Des résultats similaires ont été observés chez les larves de *T. castaneum* traitées par fumigation avec l'huile d'*A. foeniculum* (Ebadollahi *et al.*, 2013), chez les larves de *P. interpunctella* et *Helicoverpa armigera* traitées avec l'HE d'*A. annua* (Zamani *et al.*, 2011; Mojarab-Mahboubkar *et al.*, 2015), chez *Glyphodes pyloalis* exposé à un extrait d'*A. annua* et *R. officinalis* (Khosravi *et al.*, 2010; Yazdani *et al.*, 2013), chez *Plodia interpunctella* traité avec *Artemisia khorassabica* et *Vitex pseudo-negundo* (Borzoui *et al.*, 2016), chez *Spodoptera littoralis* traité à l'*Azadirachta indica* et *Citrullus colocynthis* (Rawi *et al.*, 2011) et chez *T. castaneum* et *C. maculatus* traités avec les HEs de cardamome, cannelle et muscade (Tarigan & Harahap, 2016). Tine *et al.* (2017) ont également trouvé les mêmes résultats chez *Rhyzopertha dominica* traité à l'azadirachtine, et chez *S. granarius* traité à l'huile de *Citrus limonum* (Guettal *et al.*, 2020). Une diminution significative

des réserves énergétiques a été également constatée chez les adultes de *R. dominica* traités par le *Schinus molle* (Soltani & Abbes, 2021) et chez *Trogoderma granarium* traitée par l'huile d'*Eucalyptus globulus* (Brahmia & Yousfi, 2021). Une telle diminution peut avoir des conséquences extrêmes chez les insectes (Rivero *et al.*, 2010).

La diminution des glucides peut être due aux conditions de stress imposées à ces insectes qui ont besoin plus d'énergie (Gäde, 2004; Mojarab-Mahboubkar *et al.*, 2015), à une accélération de la glycogénolyse au niveau du corps adipeux et au transport du glycogène du corps gras à l'hémolymph en réponse à l'épuisement énergétique lorsque les individus sont exposés à des toxines (Zibae, 2011).

En revanche, les larves de *Spodoptera littoralis* traitées par les huiles d'*Allium sativum* et de *Citrus limonum* montrent une augmentation de la teneur en glucides (Ali *et al.*, 2017).

4.4.3. Effet sur les lipides

Les lipides font partie intégrante des parois cellulaires des insectes, et contribuent également à d'autres fonctions comme la synthèse des hormones juvéniles, la métamorphose des larves en pupes et en adultes (Chapman, 1998; Timmermann & Briegel, 1999; Caroci *et al.*, 2004). Ils sont considérés comme la source d'énergie la plus importante chez les insectes, mobilisables pour répondre aux besoins énergétiques de l'insecte et de surmonter les stress causé par les insecticides (Klowden, 2007; Abo El-Makarem *et al.*, 2015). Ils sont également une source importante de groupes acétyl nécessaires pour synthétiser les enzymes à partir d'acides aminés constitutifs (Rivero *et al.*, 2010). Chez *Daphnia magna*, les premières réserves énergétiques mobilisées au cours d'un stress toxique sont les réserves lipidiques (De Coen & Janssen, 1997).

Nos résultats montrent que le traitement des adultes de *R. dominica* par le Linalool induit une perturbation du contenu en lipides en le diminuant. Des résultats similaires ont été observés chez *S. granarius* traité avec l'HE de *C. limonum* (Guettal *et al.*, 2020), chez les larves de *S. littoralis* traitées avec les huiles d'ail et de citron (Ali *et al.*, 2017) et chez *R. dominica* traité à l'azadirachtine (Tine *et al.*, 2017). War *et al.* (2014) ont observé également une diminution de ce contenu chez *Helicoverpa armigera* après traitement à l'HE d'*Azadirachta indica*. Tarigan & Harahap (2016) ont trouvé que les HEs de cardamome, cannelle et muscade diminuent le taux de lipides chez *T. castaneum* et *C. maculatus*. Par ailleurs, la teneur en lipides chez les larves de *P. interpunctella* et d'*Helicoverpa armigera* traitées par l'HE d'*A. annua* est significativement diminuée après 24 heures de traitement (Zamani *et al.*, 2011; MojarabMahboubkar *et al.*, 2015). Ce composé a été également réduit chez les larves de *G.*

pyloalis traitées à l'huile de *L. angustifolia* (Yazdani *et al.*, 2013) et à l'extrait d'*A. annua* (Khosravi *et al.*, 2011). Ebadollahi *et al.* (2013) ont signalé une diminution de la teneur en lipides totaux chez les larves de *T. castaneum* soumises à un traitement par fumigation avec *A. foeniculum*. Une réduction similaire de ces réserves énergétiques a été observée dans des études antérieures portant sur différents types de facteurs de stress: environnemental (Muturi *et al.*, 2011), nutritionnel (Vantaux *et al.*, 2016), chimique (Preet & Sneha, 2011; Rivero *et al.*, 2011) ou d'origine botanique (Senthilkumar *et al.*, 2009; Vinayagam *et al.*, 2008).

L'épuisement des lipides après traitement aux produits toxiques pourrait être dû à une altération de leurs synthèse (Klowden, 2007), à un dysfonctionnement hormonal qui contrôle le métabolisme lipidique (Steel, 1981) et à l'utilisation de ces réserves (Sak *et al.*, 2006).

En revanche, Askar *et al.* (2016) signalent que l'application de l'huile de girofle sur les adultes de *S. oryzae*, *S. zmais* et *S. granarius* a augmenté les niveaux de lipides.

Conclusion

V. CONCLUSION

Les pertes post-récoltes des céréales et des légumineuses présentent un problème majeur en Algérie. Les insectes ravageurs des denrées stockées, majoritairement des Coléoptères peuvent causer la perte totale d'un stock. Le moyen le plus courant pour limiter leurs activités est l'usage des pesticides dont les effets indésirables sont malheureusement très nombreux.

De nombreuses recherches ont été menées pour trouver des méthodes de protection alimentaire plus sensées, plus spécifiques et plus respectueuses de la santé humaine et de l'environnement. L'utilisation de produits à base de plantes comme répulsif et anti-nutritionnel apparaît comme la meilleure alternative pour lutter contre ces ravageurs.

Le travail réalisé, nous a permis d'évaluer chez un ravageur des denrées stockées, *Rhyzoperta dominica*, l'effet d'une huile essentielle extraite de *Lavandula angustifolia* appliquée par ingestion et d'une molécule bioactive majoritaire, le linalool appliqué par fumigation. La toxicité, la repulsion et la composition biochimique ont été déterminés.

Les essais toxicologiques réalisés par fumigation et par ingestion ont permis de déterminer les concentrations létales (CL₂₅ et CL₅₀). L'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* et linalool présentent un effet insecticide avec une relation dose-réponse. De plus, le test de répulsion a permis de mettre en évidence le pouvoir répulsif de l'HE de *Lavandula angustifolia* et du linalool.

Enfin, le linalool testé avec les deux concentrations létales (CL₂₅ et CL₅₀) sur les adultes de *R. dominica* semble affecter la composition biochimique (glucides, lipides et protéines) des individus traités comparativement aux témoins. Cette molécule induit un épuisement des réserves énergétiques et une augmentation du contenu en protéines.

A l'avenir, il serait intéressant de compléter le présent travail en évaluant l'effet du linalool sur les enzymes digestives, sur les biomarqueurs physiologiques et les biomarqueurs du stress oxydatif chez *R. dominica*. La détermination du pouvoir anti appétant et du potentiel reproducteur s'avère indispensable.

RÉSUMÉS

VI. RESUME

Cette étude vise à évaluer l'effet insecticide d'une huile essentielle extraite de *Lavandula angustifolia* et d'une molécule bioactive, le linalool sur les adultes de *Rhyzopertha dominica*.

Le rendement en huile essentielle extraite des feuilles de *Lavandula angustifolia* obtenue par hydrodistillation, affiche une valeur de 0,632 % de la matière sèche.

Les essais toxicologiques de linalool par fumigation et de l'HE par ingestion ont révélé leur activité insecticide avec une relation dose-réponse. De plus, l'HE de la lavande appliquée par ingestion est plus efficace que le linalool appliqué par fumigation.

Le test de répulsion a permis de mettre en évidence le pouvoir répulsif de ces deux traitements à l'égard de *R. dominica*. Par ailleurs, l'application du linalool avec deux concentrations létales (CL₂₅ et CL₅₀) a provoqué une augmentation du contenu en protéines et un épuisement des réserves énergétiques.

Mots clés: *Lavandula angustifolia*, Huile essentielle, Linalool, *Rhyzopertha dominica*, Toxicité, Fumigation, Ingestion, Répulsion, Réserves énergétiques, Composition biochimique.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the insecticidal effect of an essential oil extracted from *Lavandula angustifolia* and a bioactive molecule, linalool on adults of *Rhyzopertha dominica*.

The yield of essential oil extracted from the leaves of *Lavandula angustifolia* obtained by hydrodistillation shows a value of 0.632% of the dry matter.

Toxicological tests of linalool by fumigation and EO by ingestion revealed their insecticidal activity with a dose-response relationship. In addition, lavender EO applied by ingestion is more effective than linalool applied by fumigation.

The repellency test revealed the repellent power of these two treatments against *R. dominica*. Furthermore, the application of linalool with two lethal concentrations (LC₂₅ and LC₅₀) caused an increase in protein content and a depletion of energy reserves.

Keywords: *Lavandula angustifolia*, Essential oil, Linalool, *Rhyzopertha dominica*, Toxicity, Fumigation, Ingestion, Repulsion, Energy reserves, Biochemical composition.

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير المبيدات الحشرية للزيت الاساسي المستخرج من *Lavandula angustifolia* والنشط بيولوجيًا، linalool على البالغين من *Rhyzopertha dominica*.

يُظهر محصول الزيت الأساسي المستخرج من أوراق *Lavandula angustifolia* الذي تم الحصول عليه بالتقطير المائي قيمة 632.0٪ من المادة الجافة.

كشفت الاختبارات السمية للينالول باعتماد طريقة التبخير و الزيت الاساسي باعتماد طريقة الابتلاع عن نشاطهم في المبيدات الحشرية مع وجود علاقة بين الجرعة والاستجابة. بالإضافة إلى ذلك، الزيت الاساسي الالفندر المطبق عن طريق الابتلاع أكثر فعالية من اللينالول المطبق عن طريق التبخير.

كشفت اختبار التنافر عن القوة الطاردة لهاتين العالجين ضد *R. dominica*. علاوة على ذلك، تسبب استخدام اللينالول بتركيزين مميزين (LC25 و LC50) في زيادة محتوى البروتين واستنفاد إحتياطيات الطاقة.

الكلمات المفتاحية: *Lavandula angustifolia*، زيت أساسي، لينالول، *Rhyzopertha dominica*، السمية، التبخير، الابتلاع، التنافر، احتياطيات الطاقة، التركيب الكيميائي الحيوي.

**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

Abdelgaleil, S. A. M., Badawy, M. E. I., Shawir, M. S. & Mohamed, M. I. E. (2015). Chemical composition, fumigant and contact toxicities of essential oils isolated from Egyptian plants against the stored grain insects; *Sitophilus oryzae* L. and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 25(3): 639-647.

Abdelgaleil, S. A. M., Mohamed, M. I. E., Badawy, M. E. I. & El-Arami, S. A. A. (2009). Fumigant and contact toxicities of monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. *Journal of Chemical Ecology*, 35(5): 518-525.

Abo El-Makarem, H., El 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.

Aichaoui, S. & Abeube, H. (2019). Etude phytochimique et activité biologique des extraits de l'espèce *Lavandula angustifolia* Mill. Dans la région Est d'Algérie (Batna) (Thèse de Doctorat, Université Mohamed Boudiaf de M'Sila), p 96.

Aimene, R. & Bellil, H. (2019). Etude de l'activité antibactérienne de deux huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* Mill et *Pinussylvestris* L et leur potentiel Synergique vis à vis des souches pathogènes. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri, p 18.

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

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* (Bois du val) (Lepidoptera : Noctuidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3: 1476-1482.

- Aref, S. P. & Valizadegan, O. (2015).** Fumigant toxicity and repellent effect of three Iranian Eucalyptus species against the lesser grain beetle, *Rhyzopertha Dominica* (F.) (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* (Motschulsky) (Coleoptera : Curculionidae). Journal of Biopesticides, 9(1): 52-62.
- Askar, S., Al-Assal, M. & Nassar, A. (2016).** Efficiency of some essential oils and insecticides in the control of some Sitophilus insects (Coleoptera : Curculionidae). Egyptian Journal of Plant Protection Research, 4: 39-55.
- Ayvaz, A., Karaborklu, S. & Sagdic, O. (2009).** Fumigant toxicity of five essential oils against the eggs of *Ephesia kuehniella* Zeller and *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera : Pyralidae). Asian Journal of Chemistry, 21: 596-604.
- Bakkali, F., Averbeck, S, Averbek, D. & Idaomar, M., (2008).** Biological effects of essential oils. Food and Chemical Toxicology, 46(2), 446-475.
- Balachowsky AS., (1962).** Trait d'entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson et Cie, Paris, 1(1) : 374-392.
- Banga, K. S., Kotwaliwale, N., Mohapatra, D. & Giri, S.K., (2018).** Techniques for Insect Detection in Stored Food Grains: An Overview, Food Control, 94: 167-176.
- Barnard, D. R. (2000).** Repellents and toxicants for personal protection. World Health Organization (WHO), Department of Control, Prevention and Eradication, Programme on Communicable Diseases, WHO Pesticide Evaluation Scheme (WHOPES), Geneva, Switzerland, 26-27.
- Belhadj, M.M., Kabouche, A., Abaza, I., Aburjai, T., Touzani, R. & Kabouche, Z. (2014).** Chemotypes investigation of Lavandula essential oils growing at different North African soils. Journal of Materials Environmental Science, 5: 1896-901.
- Belhocine, A. (2017).** Etude comparative de l'activité insecticide d'un pesticide chimique et des huiles essentielles vis-à-vis du charançon du Riz (*Sitophilus oryzae*). Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri, p 27.

- Benayad, N. (2008).** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Thèse de Doctorat de l'Université Mohammed V, Agdal, 61 : 19-20.
- Benzi V., Stefanazzi N. & Ferrero A.A. (2009).** Biological activity of essential oils from leaves and fruits of pepper tree (*Schinus molle L.*) to control rice weevil (*Sitophilus oryzae L.*). Chilean Journal of Agricultural Research, 69 (2): 154-159.
- Borzoui, E., Naseri, B., Abedi, Z. & Karimi-Pormehr, M. S. (2016).** Lethal and Sublethal Effects of essential oils from *Artemisia khorassanica* and *Vitex pseudo-negundo* against *Plodia interpunctella* (Lepidoptera : Pyralidae). Environmental Entomology, 45(5): 1220-1226.
- Bradford, M. M. (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical biochemistry, 72(1-2), 248-254.
- Brahmi F., Hadj-Ahmed S., Zarrouk A., Bezine M., Nury T., Madani K., Chibane M., Vejux A., Andreoletti P., Boulekbache-Makhlouf L. & Lizard G. (2017).** Evidence of biological activity of Mentha species extracts on apoptotic and autophagic targets on murine RAW264.7 and human U937 monocytic cells. Pharmaceutical Biology, 55 (1): 286-293.
- 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. Mémoire de Master, Université Larbi Tebessi, Tebessa, 71p.
- Campolo, O., Giunti, G., Russo, A., Palmeri, V. & Zappalà, L., (2018).** Essential oils in stored product insect pest control. Journal of Food Quality, 6906105 : 1-18.
- Campos, E. V., de Oliveira, J. L., Pascoli, M., de Lima, R. & Fraceto, L. F. (2016).** Neem oil and crop protection: from now to the future. Frontiers in Plant Science, 7(1494): 1-8.
- Cardia, G.F.E., Silva-Filho, S.E., Silva, E.L., Uchida, N.S., Cavalcante, H.A.O., Cassarotti L.L. & Cuman, R.K.N. (2018).** Effect of Lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oil on acute inflammatory response. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, p 3.
- Caroci, A. S., Li, Y. & Noriega, F. G. (2004).** Reduced juvenile hormone synthesis in mosquitoes with low teneral reserves reduces ovarian previtellogenic development in *Aedes aegypti*. Journal of Experimental Biology, 207(15): 2685-2690.

Casida, J. E. & Quistad, G. B. (1995). Pyrethrum flowers : Production, chemistry, toxicology, and uses. International Symposium on Pyrethrum Flowers: Honolulu, Hawaii (USA), 48: 613-614.

Cavanagh, H.M.A. & Wilkinson, J.M. (2002). Biological activities of lavender essential oil. *Phytotherapy Research*, 16: 301-308.

Çelik, S. & Ozkaya, A. (2002). Effects of intraperitoneally administered lipoic acid, vitamin E, and linalool on the level of total lipid and fatty acids in guinea pig brain with oxidative stress induced by H₂O₂. *BMB Reports*, 35, 547-552.

Cetin, H. & Yanikoglu, A. (2006). A study of the larvicidal activity of *Origanum* (Labiatae) species from southwest Turkey. *Journal of Vector Ecology*, 31(1): 118-122.

Chapman, R. F. (1998). *The Insects, structure and function* fourth edition., Cambridge University Press, Cambridge, p 782.

Chippendale, G. M. (1970). Metamorphic changes in fat body proteins of the southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella*. *Journal of Insect Physiology*. 16(6): 1057-1068.

Cissokho, P. S., Gueye, M. T., Sow, E. H. & Diarra, K. (2015). Substances inertes et plantes à effet insecticide utilisées dans la lutte contre les insectes ravageurs des céréales et légumineuses au Sénégal et en Afrique de l'Ouest. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(3): 1644-1653.

Cohen, E. (2010). *Advances in insect physiology: insect integument and colour*. Academic Press, London, 77-124.

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.

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.

De Coen. W. M. & Janssen. C. R. (1997). The use of biomarkers in *Daphnia magna* toxicity testing. IV. Cellular energy allocation: a new methodology to assess the energy budget of

toxicant-stressed *Daphnia* populations. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 6: 43-55.

Del Fabbro, S. & Nazzi, F. (2008). Repellent effect of sweet basil compounds on *Ixodes ricinus* ticks. *Experimental and Applied Acarology*, 45(3-4): 219-228.

Djebaili, H. (2013). Effet des facteurs d'environnement sur la variation de quelques métabolites secondaires chez deux espèces médicinales : *Juniperus oxycedrus L.* (Cupressacées) et *Schinus molle L.* (Anacardiacees), Mémoire de Magister. Université Larbi Ben M'hidi, p 77.

Djermoun, A. (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie*, 1:45-53.

Dosoky, N. S., Satyal, P., Pokharel, S. & Setzer, W. N. (2016). Chemical composition, enantiomeric distribution, and biological activities of *Rhododendron anthopogon* leaf essential oil from Nepal. *Natural Product Communications*, 11(12): 1895 - 1898.

Dris, D. (2018). Etude de l'activité larvicide des extraits de trois plantes *Mentha piperita*, *Lavandula dentata* et *Ocimum basilicum* sur les larves de deux espèces de moustiques *Culex pipiens* (Linné) et *Culiseta longiareolata*. (Aitken). Thèse de Doctorat en Sciences. Spécialité : Biologie Animale. Université Badji Mokhtar, Annaba, p 140 .

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

Ebadollahi, A., Khosravi, R., Sendi, J. J., Honarmand, P. & Amini, R. M. (2013). Toxicity and physiological effects of essential oil from *Agastache foeniculum* against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae) larvae. *Annual Research and Review in Biology*, 3(4): 649-658.

Ebrahimifar, J., Jamshidnia, A., Sadeghi, R. & Ebadollahi, A. (2020). 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*, p :1-7.

Edde, P.A., (2012). A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.). *Journal of Stored Products Research*, 48: 1-18.

- El-Akhal, F., Greche, H., Chahdi, F., Guemmouh, R. & El Ouali Lalami, A. (2015).** Chemical composition and larvicidal activity of *Culex pipiens* essential oil of *Thymus vulgaris* grown in Morocco. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6: 214-219.
- El-Akhal, F., Guemmouh, R., Maniar, S., Taghzouti, K. & Lalami, A. E.O. (2016).** Larvicidal activity of essential oils of *Thymus vulgaris* and *Origanum majorana* (Lamiaceae) against of the malaria vector *Anopheles labranchiae* (Diptera : Culicidae). *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 8(3): 372-376.
- El-Nahal, A.K.M., Schmidt, G.H. & Risha, E.M. (1989).** Vapours of *Acorus calamus* oil-a space treatment for stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 23: 211-21.
- Foua-Bi, K. (1989).** Les problèmes de la post-récolte en Afrique: Etat actuel-Perspective d'avenir. *Céréales en Régions Chaudes : Conservation et Transformation*, 22-26.
- Gäde, G. (2004).** Regulation of intermediary metabolism and water balance of insects by neuropeptides. *Annual Reviews in Entomology*, 49(1): 93-113.
- Gainard, A. (2016).** Lavandes et lavandin, utilisation en aromathérapie: enquête auprès des pharmaciens d'officine. *Sciences Pharmaceutiques*, p 17.
- George, D.R., Sparagano, O.A.E., Port, G., Okello, E., Shiel, R.S., & Guy, J.H., (2009).** Repellence of plant essential oils to *Dermanyssus gallinae* and toxicity to the non target invertebrate *Tenebrio molitor*. *Veterinary Parasitology*, 162: 129-134.
- Germinara, G.S., Di Stefano, M.G., De Acutis, L., Pati, S., Delfine, S., De Cristofaro, A. & Rotundo, G. (2017).** Bioactivities of *Lavandula angustifolia* essential oil against the stored grain pest *Sitophilus granarius*. *Bulletin of Insectology*, 70: 129-38.
- Ghoneim, K. S., Al-Dali, A. G. & Abdel-Ghaffar A. A. (2003).** Effectiveness of lufenuron (CGA184699) and diofenolan (CGA-59205) on the general body metabolism of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Curculionidae: Coleoptera). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6(13): 1125-1129.
- Gnanamani, R. & Dhanasekaran, S. (2017).** Efficacy of *Azadirachta indica* leaf extract on the biochemical estimation of a lepidopteran pest *Pericallia ricini* (Lepidoptera : Arctiidae). *World Applied Sciences Journal*, 35(2): 177-181.

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

Goucem-Khelfane, K. (2014). Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de la bruche du haricot *Acanthocelides obtectus* (Say) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) et comportement de ce ravageur vis-à-vis des composés volatils de différentes variétés de la plante hôte (*Phaseolus vulgaris*). Thèse de Doctorat en Biologie, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, p 144.

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, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles, ENSAI, Université de Ngaoundéré, Cameroun, p 180.

Guettal, S., Tine, S., Hamaidia, K., 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*. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00353-y>.

Guèye, M. T., Seck, D., Wathelet, J. P. & Lognay, G., (2011). Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 15(1):183-194.

Guimarães, A.G., Quintans, J.S., & Quintans-Júnior, L.J. (2013). Monoterpenes with analgesic activity-a systematic review. *Phytotherapy Research*, 27: 1-15.

Haddouchi, F. & Benmansour, A., 2008. Huiles essentielles, utilisations et activités biologiques. Application à deux plantes aromatiques, *Les Technologies de Laboratoire*, 8:20-27.

Hagstrum D.W., Phillips T.W., & Cuperus G., (2012). Stored Product Protection-State Research and Extension. Kansas, p 358.

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.

Hall, F. R. & Menn, J. J. (1999). Biopesticides, Present status and future prospects. *Methods in Biotechnology* (5), Biopesticides: Use and Delivery, 1-10.

- Hasni, Z. & Hayet, R. (2017).** Evaluation de l'effet repulsif de trois huiles essentielles des plantes vis-à-vis de l'insecte des céréales stockées (*Rhyzopertha dominica*). Mémoire de master. Université de M'sila. 27-28.
- Hassanpouraghdam, M.B., Hassani, A., Vojodi, L., Asl, B.H., Rostami, A. (2011).** Essential oil constituents of *Lavandula officinalis* Chaix from Northwest Iran. *Chemija*, 22 : 167-171.
- Haubruege, E. & Amichot, M. (1998).** Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. *Biotechnology Agronomy Society and Environment*, 2(3): 161-174.
- Heydarzade, A. & Moravvej, G. (2012).** Contact toxicity and persistence of essential oils from *Foeniculum vulgare*, *Teucrium polium* and *Satureja hortensis* against *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera : Bruchidae) adults. *Journal of Entomology*, 36: 507-518.
- Hikal, W. M., Baeshen, R. S. & Said-Al Ahl, H. A. (2017).** Botanical insecticide as simple extractives for pest control. *Cogent Biology*, 3(1), 1404274.
- Hill, D. S. (2008).** Pests of crops in warmer climates and their control. Springer Science & Business Media.
- Ho, S.H., Ma, Y., Goh, P.M. & Sim, K.Y. (1995).** Star anise, *Illicium verum* Hook F., as a potential grain protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* (Motsch.). *Postharvest Biology and Technology*, 6: 341-47.
- Hori, M., (2003).** Repellency of essential oils against the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae). *Applied Entomology and Zoology*, 38, 467-473.
- 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.
- Isman, M. B. (1995).** Leads and prospects for the development of new botanical insecticides. *Review of Pesticides and Toxicology*, 3: 1-20.
- Isman, M. B. (2006).** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51: 45- 66.

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

Jankowska, M., Rogalska, J., Wyszowska, J. & Stankiewicz, M., (2018). Molecular targets for components of essential oils in the insect nervous system-a review. *Molecules*, 23- 34.

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

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

Jiang, H., Wang, J., Song, L., Cao, X., Yao, X., Tang, F. & Yue, Y. (2016). GC× GC-MS analysis of essential oils composition from leaves, twigs and seeds of *Cinnamomum camphora* L. Presl and their insecticidal and repellent activities. *Molecules*, 21(4) : 423.

Jood, S., Kapoor, A. C. & Singh, R., (1993). Effect of insect infestation on the organoleptic characteristics of stored cereals. *Postharvest Biology and Technology*, 2(4): 341-348.

Jood, S., Kapoor, A.C. & Singh, R. (1996). Effect of infestation and storage on lipids of cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 1502-1506.

Kar, S., Gupta, P. & Gupta, J. (2018). Essential oils: biological activity beyond aromatherapy. *Natural Product Sciences*, 24(3): 139-147.

Kara, K. & Saidi, S. (2016). Contribution à l'étude comparative du rendement et des composés chimiques de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* L entre les feuilles âgées et les feuilles jeunes de la forêt de Harouza (Commune de Tizi-Ouzou). Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, p 38.

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

Kheloul, L., Anton, S., Gadenne, C. & Kellouche, A. (2020). Fumigant toxicity of *Lavandula spica* essential oil and linalool on different life stages of *Tribolium*

confusum (Coleoptera : Tenebrionidae). Journal of Asia-Pacific Entomology, 23(2): 320-326.

Khemira, S., Mediouni-Ben Jemaa, J., Haouel, S. & Khouja, M. L. (2012). Repellent activity of essential oil of *Eucalyptus astringens* against *Rhyzopertha dominica* and *Oryzaephilus surinamensis*. In International symposium on Medicinal and Aromatic Plants-SIPAM, 997: 207-213.

Khosravi, R., Sendi, J. & Ghadamyari, M. (2010). Effect of *Artemisia annua L.* on deterrence and nutritional efficiency of lesser mulberry pyralid (*Glyphodes pylolais* Walker) (Lepidoptera : Pyralidae). Journal of Plant Protection Research, 50(4): 423- 428.

Khosravi, R., Sendi, J. J., Ghadamyari, M. & Yezdani, E. (2011). Effect of sweet wormwood *Artemisia annua crude* leaf extracts on some biological and physiological characteristics of the lesser mulberry pyralid, *Glyphodes pyloalis*. Journal of Insect Science. 11(1): 1-13.

Khri R., (2015). Effet bio-insecticide de l'huile d'olive de la variété Chemlal à l'égard de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera : Bostrychidae). Mémoire de Master en Biologie. UMMTO : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p 22 - 25.

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

Koschier, E.H. & Sedy, K.A., (2003). Labiate essential oils affecting host selection and acceptance of Thrips tabaci Lindeman. Crop Protection, 22: 923-934.

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

Lafrid, M. & Belhamidi, A. (2019). Etude comparative des paramètres biologiques de deux espèces de la lavande: *Lavandula angustifolia* et *Lavandula stoechas*. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en Science de la Nature et de la Vie. Option : Systeme de Production Agro-Ecologique . Université Blida 1. Algérie, p 32.

Latreche, W. & Mansor, N. (2021). Les huiles essentielles, activités biologiques d'une plante aromatique (Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf-M'sila), p16.

- Lee, S., Peterson, C. J. & Coats, J. R. (2002).** Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 39 : 77-85.
- Liu, X. C., Li, Y. P., Li, H. Q., Deng, Z. W., Zhou, L., Liu, Z. L. & Du, S. S. (2013).** Identification of repellent and insecticidal constituents of the essential oil of *Artemisia rupestris* L. aerial parts against *Liposcelis bostrychophila* Badonnel. *Molecules*, 18(9): 10733-10746.
- Lorini, I. (2008).** Manejointegrado de pragas de grãos de cereais armazenados. 1. ed. Passo Fundo, RS: EmbrapaTrigo, p 72 .
- Mann, R. S. & E Kaufman, P. E. (2012).** Natural product pesticides : Their development, delivery and use against insect vectors. *Mini-Reviews in Organic Chemistry*. 9(2): 185-202.
- Mauchline, A.L., Birkett, M.A., Woodcock, C.M., Pickett, J.A., Osborne, J.L. & Powell, W. (2008).** Electrophysiological and behavioural responses of the pollen beetle, *Meligethes aeneus*, to volatiles from a non host plant, lavender, *Lavandula angustifolia* (Lamiaceae). *Arthropod-Plant Interaction*, 2: 109-115.
- Mauchline, A.L., Osborne, J.L., Martin, A.P., Poppy, G.M. & Powell, W. (2005).** The effects of non host plant essential oil volatiles on the behavior of the pollen beetle, *Meligethes aeneus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 114 : 181-188.
- Mawussi, G. (2008).** Bilan environnemental de l'utilisation de pesticides organochlorés dans les cultures de coton, café et cacao au Togo et recherche d'alternatives par l'évaluation du pouvoir insecticide d'extraits de plantes locales contre le scolyte du café (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Thèse de Doctorat, Sciences des Agroressources. Université de Toulouse, p 332.
- Mc Donald, L. L., Guy, R. H. and Speirs, R. D. (1970).** Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing Research Report No. 882, Agriculture Research Service, US Department of Agric, Washington, p 183.
- Mediouni Ben Jemâa, J., Tersim, N., Taleb Toudert, K. & Khouja, M. L. (2012).** Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition. *Journal of Stored Products Research*, 48 : 97-104.

- Mejri, J., Abderrabba, M. & Mejri, M. (2010).** Chemical composition of essential oil of *Ruta chalepensis* L: Influence of drying, hydro-distillation duration and plant parts. *Industrial Crops Products*, 32 : 671-673.
- Miller, P. (1768).** The Gardeners Dictionary: containing the best and newest methods of cultivating and improving the kitchen, fruit, flower garden, and nursery; as also for performing the practical parts of agriculture. Stafleu & Cowan. Taxonomic lit. (2nd ed.).
- Mojarab-Mahboubkar, M., Sendi, J. J. & Aliakbar, A. (2015).** Effect of *Artemisia annua* L. essential oil on toxicity, enzyme activities, and energy reserves of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera : Noctuidae). *Journal of Plant Protection Research*, 55(4): 371-377.
- Moravvej, G., Kalat, Z.G. & Heydarzade, A. 2012.** Contact toxicity of *Lavandula angustifolia* Mill and *Zataria multiflora* Boiss essential oils against *Callosobruchus maculatus* adults (Coleoptera: Bruchidae). XXIV International Congress of Entomology, Daegu, Korea, 2(14): 155-169.
- Mughal, M. H. (2019).** Linalool: A mechanistic treatise. *Journal of Nutrition, Food Research and Technology*, 2(1): 1-5.
- Muturi, E. J., Kim, C. H., Alto, B. W., Berenbaum, M. R. & Schuler, M. A. (2011).** Larval environmental stress alters *Aedes aegypti* competence for Sindbis virus. *Tropical Medicine and International Health*, 16(8): 955-964.
- Sayada, N., Tine, S. & Soltani, N. (2021).** Toxicity and physiological effects of essential Oil from *Lavandula angustifolia* (M.) against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) adults, 45 : 930-933 .
- NCIBI, S. (2020).** Potentiel bioinsecticide des huiles essentielles sur deux ravageurs des céréales stockées *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) et *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) et Identification de leurs ennemis naturels, Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université de Carthage, 245p.
- Negahban, M., Moharramipour, S. & Sefidkon, F. (2007).** Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 43(2): 123-128.

- 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
- Odalo, J.O., Omolo, M.O., Malebo, H., Angira, J., Njeru, P.M., Ndiege, I.O. & Hassanali, A. (2005).** Repellency of essential oils of some plants from the *Kenyan coast* against *Anopheles gambiae*. *Acta Tropica*, 95 : 210-218.
- Papachristos, D. P. & Stamopoulos, D. C. (2002).** Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acnathosclides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae), *Journal of Stored Products Research*, 38 :117-128.
- Papachristos, D.P. & Stamopoulos, D.C. (2004).** Toxicity of vapours of three essential oils to the immature stages of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 40: 517-525.
- Paris, M. & Hurabielle, M. (1981).** Abrège de matière médicale pharmaco. Tom1. Masson. Paris, p 339.
- Park, B.S.W.S., Choi, J., Kim, K., Kim, S.E. & Lee. (2005).** Monoterpenes from thyme (*Thymus vulgaris*) as potential mosquito repellents. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 21: 80-83.
- Pavela, R. (2004).** Insecticidal activity of certain medicinal plants. *Fitoterapia*, 75(7-8):745-749.
- Pavela, R. (2005).** Insecticidal activity of some essential oils against larvae of *Spodoptera littoralis*. *Fitoterapia*, 76(7-8): 691-696
- Peana, A.T., D'Aquila, P.S., Panin, F., Serra, G., Pippia, P. & Moretti, M.D.L. (2002).** Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. *Phytomedicine*, 9: 721-726.
- Phillips, T.W., Parajulee, M.N. & Weaver, D.K. (1995).** Toxicity of terpenes secreted by the predator *Xylocovis flauipes* (Reuter) to *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Ovy Zaephius surinamensis* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 31: 131-138.

Pinho, A. I., Wallau, G. L., Nunes, M. E. M., Leite, N. F., Tintino, S. R., da Cruz, L. C., da Cunha, F. A. B., da Costa, J. G. M., Douglas Melo Coutinho, H. & Posser, T. (2014).

Fumigant activity of the *Psidium guajava* var. *Pomifera* (Myrtaceae) essential oil in *Drosophila melanogaster* by means of oxidative stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 1-8.

Polatoğlu, K. & Karakoç, Ö.C. (2015). Biologically active essential oils against stored product pests. In: Preedy V (ed) *Essential oils in food preservation, flavor and safety*, 1st Edition. Academic Press, London, 39-59.

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

Pretty, J. & Hine, R. (2005). Pesticide use and the environment in the pesticide detox - Towards a More Sustainable Agriculture. EARTHSCAN: London, Sterling, VA; p 293.

Price, S. & Price, L. (2007). *Aromatherapy for Health Professionals*. 3rd ed. Philadelphia, PA: Churchill, Livingstone, Elsevier.

Priya, A.M., Trupti, S., Mira, R. & Aparna, S. (2016). Control of *Rhyzopertha dominica* by various solvents extracts of fruits of *Zanthoxylum rhetsa* Roxb (Rutaceae). *International Journal of Recent Scientific Research*, 7(6) : 12061-12070.

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

Rajkumar, V., Gunasekaran, C., Christy, I.K., Dharmaraj, J., Chinnaraj, P. & Paul, C. A. (2019). Toxicity, antifeedant and biochemical efficacy of *Mentha piperita* L. essential oil and their major constituents against stored grain pest. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 139-143.

Ranga Rao, G. V., Rupela, O. P., Rameshwar Rao, V. & Reddy, Y. V. R. (2007) . Role of crop protection: Present status and future prospects, *Indian Journal of plant protection* Volume, 35(1): 1-9.

Rawi, S. M., Bakry, F. A. & Al-Hazmi, M. A. (2011). Biochemical and histopathological effect of crude extracts on *Spodoptera littoralis* larvae. *Journal of Evolutionary Biology Research*, 3(5): 67-78.

- Regnault-Roger, C. & Hamraoui, A. (1995).** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Stored Products Research*, 31: 291-299.
- Regnault-Roger, C. (2005).** Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. (ed.), Fabres Gérard (collab.), Philogène B.J.R. (collab.). Paris : Lavoisier, p 1013.
- Regnault-Roger, C., Philogène, B. J. & Vincent, C. (2002).** Biopesticides d'origine végétale. Editions Technique et documentation, p 337.
- Ripusudan, L. (2011).** Le Maïs en zones tropicales: amélioration et production Par Paliwal, Food and Agriculture Organization of the United Nation, p 92.
- Rivero, A., Vézilier, J., Weill, M., Read, A.F. & Gandon, S. (2010).** Insecticide control of vector-borne diseases: when is insecticide resistance a problem? *PLOS Pathogens*, 6:1–9.
- Rivero, A., Magaud, A., Nicot, A. & Vézilier, J. (2011).** Energetic cost of insecticide resistance in *Culex pipiens* mosquitoes. *Journal of Medical Entomology*, 48(3): 694-700.
- Rozman, V., Kalinovic, I. & Korunic, Z. (2007).** Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 43: 349-355.
- 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
- Said-Al Ahl, H. A., Hikal, W. M. & Tkachenko, K. G. (2017).** Essential oils with potential as insecticidal agents: A review. *International Journal of Environmental Planning and Management*, 3(4): 23-33.
- Sak, O., Uçkan, F. & Ergin, E. (2006).** Effects of cypermethrin on total body weight, glycogen, protein, and lipid contents of *Pimpla turionellae* (L.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Belgian Journal of Zoology*, 136(1): 53-58.
- Sandret, F.G. (1967).** *Eucalyptus globulus* et *E. cineorifolia* pour la production d'huiles essentielles au Maroc. *Annales de la recherche forestière au Maroc*, 1965 :259-279.

- 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
- Said-Al Ahl, H. A., Hikal, W. M. & Tkachenko, K. G. (2017).** Essential oils with potential as insecticidal agents: A review. *International Journal of Environmental Planning and Management*, 3(4): 23-33.
- Sak, O., Uçkan, F. & Ergin, E. (2006).** Effects of cypermethrin on total body weight, glycogen, protein, and lipid contents of *Pimpla turionellae* (L.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Belgian Journal of Zoology*, 136(1): 53-58.
- Smad, J. (2009).** Les huiles essentielles, Colloque GP3A, Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles et des Sciences des Aliments (LCSNSA), Université de La Réunion, 5-6.
- Soltani, M. & Abes, I. (2021).** Effet d'une huile essentielle extraite de *Schinus molle* sur les ravageurs des denrées stockées (Doctoral dissertation, Université Larbi Tebessi, Tebessa), 77p.
- Sriti Eljazi, J., Bachrouch, O., Salem, N., Msaada, K., Aouini, J., Hammami, M. & Mediouni Ben Jemaa, J. (2017).** Chemical composition and insecticidal activity of essential oil from coriander fruit against *Tribolium castaenum*, *Sitophilus oryzae*, and *Lasioderma serricorne*. *International Journal of Food Properties*, 20(3) : S2833-S2845.
- Steele, J.E. (1981).** The role of carbohydrate metabolism in physiological function. *Energy Metabolism in Insects*. Springer, 101- 133.
- Steffan, J. R. (1978).** Les insectes et les acariens des céréales stockées. Normes et techniques. AFNOR, p 237.
- Sugumaran, M. (2010).** Chemistry of Cuticular Sclerotization. *Advances Insect Physiology*, 39:151-209.
- Tabari, M. A., Youssefi, M. R., Maggi, F. & Benelli, G. (2017).** Toxic and repellent activity of selected monoterpenoids (thymol, carvacrol and linalool) against the castor bean tick, *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae). *Veterinary Parasitology*, 245 : 86-91.
- Talukder, F. A. (2006).** Plant products as potential stored product insect management agents. *Emirates Journal of Agricultural Science*, 18: 17-32.

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

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

Timmermann, S. E. & Briegel, H. (1999). Larval growth and biosynthesis of reserves in mosquitoes. *Journal of Insect Physiology*, 45(5) : 461-470.

Tine, S., Halaimia, A., Chechoui, J. & Tine-Djebbar, F. (2017). Fumigant Toxicity and repellent effect of azadirachtin against the lesser grain beetle, *Rhyzopertha dominica* (F.)(Col. : Bostrichidae). *Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration*, 399-401.

Tongnuanchan, P. & Benjakul, S. (2014). Essential Oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of Food Science*, 79(7) : R1231- R1249.

Vantaux, A., Ouattarra, I., Lefèvre, T. & Dabiré, K. R. (2016). Effects of larvicidal and larval nutritional stresses on *Anopheles gambiae* development, survival and competence for *Plasmodium falciparum*. *Parasites and Vectors*, 9(1):1-11

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.

Vinayagam, A., Senthilkumar, N. & Umamaheswari, A. (2008). Larvicidal activity of some medicinal plant extracts against malaria vector *Anopheles stephensi*. *Research Journal of Parasitology*, 3(2): 50-58.

Waongo, A., Yamkoulga, M., Dabire-Binso, C. L., Ba, M. N. & Sanon, A. (2013). Conservation post-récolte des céréales en zone sud-soudanienne du Burkina Faso: Perception paysanne et évaluation des stocks. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(3): 1157-1167.

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

- Wiens, A.W. & Gilbert T. (1967).** Regulation of carbohydrate mobilization and utilization in Leucophacomaderae. *Journal of Insect Physiology*, 13 : 779-794.
- Wong, K. C., Lee, B. C., Lam, N. F. & Ibrahim, P. (2005).** Essential oils of the rhizomes of *Alpinia conchigera* Griff and *Alpinia latilabris* Ridl. *Flavour and Fragrance Journal*, 20: 431-433.
- Wu, Q., Yu, L., Qiu, J., Shen, B., Wang, D., Soromou, L.W. & Feng, H. (2014).** Linalool attenuates lung inflammation induced by *Pasteurella multocida* via activating Nrf-2 signaling pathway. *Int. Immunopharmacol*, 21: 456-463.
- 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.
- Yildirim, E., Emsen, B. & Kordali, S. (2013).** Insecticidal effects of monoterpenes on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 86(1) : 198-204.
- Yoon, C., Moon, S. R., Jeong, J. W., Shin, Y. H., Cho, S. R., Ahn, K. S. & Kim, G. H. (2011).** Repellency of lavender oil and linalool against spot clothing wax cicada, *Lycorma delicatula* (Hemiptera: Fulgoridae) and their electrophysiological responses. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 14(4): 411-416.
- Zamani, S., Sendi, J.J. & Ghadamyari, M. (2011).** Effect of *Artemisia Annu*a L. (Asterales: Asteraceae) essential oil on mortality, development, reproduction and energy reserves of *Plodia interpunctella* (Hübner). (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Biopesticides and Biofertilizers*, 2(105): 1-6.
- Zapata, N. & Smagghe, G. (2010).** Repellency and toxicity of essential oils from the leaves and bark of *Laurelia sempervirens* and *Drimys winteri* against *Tribolium castaneum*. *Industrial Crops and Products*, 32: 405–410.
- Zhang, W.J., Yang, K., You, C.X., Wang, Y., Wang, C.F., Wu, Y., Geng, Z.F., Su, Y., Du, S.S. & Deng, Z.W. (2015).** Bioactivity of essential oil from *Artemisia stolonifera* (Maxim.) Komar and its main compounds against two stored-product insects. *Journal of Oleo Science*, 64(3): 299-307.

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