



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 EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

Spécialité : ECOPHYSIOLOGIE ANIMALE

Thème

Effet d'une molécule bioactive sur un insecte ravageur des stocks

Présenté par : M. DJEBALI Mohamed

M. BOUDJIL Samir

Membres de Jury :

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

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

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

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

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

Nous remercions également Docteur DJELLAB Sihem qui a bien voulu accepter d'être membre de jury et de nous faire l'honneur de juger ce travail.

Nous remercions Docteur GUETTAL Salima pour son aide.

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

SOMMAIRE

Sommaire

Titres	Pages
I. INTRODUCTION	01
II. MATERIEL ET METHODES	03
2.1. Présentation de l'espèce <i>Tribolium confusum</i>	03
2.2. Description des différents stades de développement de <i>T. confusum</i>	03
2.3. Technique d'élevage	04
2.4. Présentation de la molécule bioactive, β -pinène	05
2.5. Traitement et bioessais	06
2.5.1. Test de toxicité par fumigation	06
2.5.2. Test de répulsion	06
2.6. Extraction et dosage des constituants biochimiques	08
2.6.1. Dosage des protéines totales	08
2.6.2. Dosage des glucides totaux	08
2.6.3. Dosage des lipides totaux	09
2.7. Analyses statistiques	11
III. RESULTATS	12
3.1. Toxicité par fumigation	12
3.2. Effet répulsif du β -pinène	13
3.3. Effet sur la composition biochimique de <i>T. confusum</i>	14
3.3.1. Effet sur le contenu en protéines totales	14
3.3.2. Effet sur le contenu en glucides totaux	15
3.3.3. Effet sur le contenu en lipides totaux	16
IV. DISCUSSION	17
4.1. Toxicité par fumigation	17
4.2. Effet répulsif du traitement	18
4.3. Effet du traitement sur la composition biochimique	19
4.3.1. Effet sur les protéines totales	19
4.3.2. Effet sur les glucides totaux	20
4.3.3. Effet sur les lipides totaux	20

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	22
VI. RESUMES	23
VII. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	25

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 1	Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald <i>et al.</i> (1970).	07
Tableau 2	Dosage des protéines totales chez les adultes de <i>T. confusum</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	08
Tableau 3	Dosage des glucides totaux chez les adultes <i>T. confusum</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	09
Tableau 4	Dosage des lipides totaux chez les adultes de <i>T. confusum</i> : réalisation de la gamme d'étalonnage.	09
Tableau 5	Efficacité de la molécule bioactive, β -Pinène, appliquée par fumigation sur les adultes de <i>Tribolium confusum</i> : analyse des probits.	14
Tableau 6	Pourcentage (PR) et classe de répulsion (CR) de la molécule bioactive β -pinène sur les adultes de <i>T. confusum</i> .	15

Liste des figures

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
Figure 1	Adulte de <i>Tribolium confusum</i> (Boudjil & Djabali, 2021).	04
Figure 2	Différents stades de développement de <i>Tribolium confusum</i> A : œuf ; B : larve ; C : nymphe ; D : adulte (Walter, 2002).	04
Figure 3	Tri et élevage des insectes (Boudjil & Djabali, 2021).	05
Figure 4	Structure chimique de β -pinène (Wikimedia, Has-Map).	05
Figure 5	Test de toxicité par fumigation (Boudjil & Djabali, 2021).	06
Figure 6	Test de toxicité par répulsion (Boudjil & Djabali, 2021).	07
Figure 7	Extraction des glucides, protéines et lipides totaux (Shibko <i>et al.</i> , 1967).	10
Figure 8	Toxicité de la molécule bioactive, β -Pinène appliquée par fumigation (μ l/l d'air) sur les adultes de <i>T. confusum</i> à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm SEM$, $n=5$ répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey	13
Figure 9	Effet de la molécule bioactive, β -Pinène appliquée par fumigation (μ l/l d'air) sur les adultes de <i>T. confusum</i> à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	14
Figure 10	Effet de β -pinène (CL_{25} et CL_{50}) appliqué par fumigation sur le contenu en protéines chez les adultes de <i>T. confusum</i> ($m \pm SEM$, $n=3$ répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.	16
Figure 11	Effet de β -pinène (CL_{25} et CL_{50}) appliqué par fumigation sur le contenu en glucides chez les adultes de <i>T. confusum</i> ($m \pm SEM$, $n=3$ répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.	16
Figure 12	Effet de β -pinène (CL_{25} et CL_{50}) appliqué par fumigation sur le contenu en lipides chez les adultes de <i>T. confusum</i> ($m \pm SEM$, $n=3$ répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.	17

INTRODUCTION

I. INTRODUCTION

Le blé, constitue l'un des céréales les plus cultivées dans le monde. C'est une source importante de protéine pour l'alimentation humaine (Molkhou *et al.*, 2007). Le stockage est l'opération qui consiste à conserver les grains de façon à ce que leur quantité et qualité demeurent autant que possible intactes (Laurent, 2003). Les pertes post-récoltes sont causées par plusieurs agents tels que les insectes (44%), les rongeurs (30%) et les champignons (26%) (Foua-Bik, 1989). Les insectes sont les principaux ravageurs des denrées entreposées dans le monde et spécifiquement dans les pays Méditerranéens. Ils causent plusieurs dégâts au niveau des stocks des grains (Karahacane, 2015).

La protection des produits agricoles contre les ravageurs est une préoccupation primordiale pour le gouvernement ainsi que les agriculteurs et les personnes sont impliqués à cette affaire (Ziaee, 2014). L'utilisation d'insecticides ou fumigènes de synthèse est l'une des méthodes de lutte efficace contre ces ravageurs (Haubruge *et al.*, 1998 ; Relinger *et al.*, 1988). Malheureusement, cette méthode présente des inconvénients qui limitent son emploi. Il s'agit notamment de la présence des résidus dans les denrées, le développement de souches d'insectes résistantes à ces insecticides, la pollution de l'environnement, et l'empoisonnement signalé dans certains pays (Kumar, 1991).

Pour faire face à ces enjeux et répondre aux besoins mondiaux de lutte contre les pertes suite aux ravageurs, l'industrie phytopharmaceutique essaye de trouver de nouveaux outils de protection, de nouvelles molécules issues de produits naturels communément appelés pesticides biologiques (Negahban *et al.*, 2012). Au cours des dernières années, il y a eu un intérêt croissant concernant l'utilisation des huiles essentielles et de leurs composés bioactifs, appelés « pesticides verts », pour limiter l'utilisation des pesticides synthétiques.

Les biopesticides végétaux sont souvent efficaces en faible quantité et leurs molécules bioactives présentent plusieurs modes d'action, ce qui les rend particulièrement intéressantes pour limiter l'apparition de bioagresseurs résistants (Deravel *et al.*, 2014). Ces produits ont également été étudiés pour leur toxicité, leur pouvoir répulsif, ainsi que l'inhibition de la reproduction de nombreuses espèces (Cox, 2004 ; Kubo, 2006).

Dans ce contexte, l'objectif fondamental du présent travail est centré sur l'effet de la molécule bioactive, β -pinène sur les adultes d'un insecte ravageur, *Tribolium confusum*.

Notre étude a été consacrée dans **une première partie** à l'évaluation de la toxicité de cette molécule bioactive par fumigation à l'égard des adultes de *T. confusum* ;

La deuxième partie vise à envisager le potentiel de répulsion de β -pinène vis-à-vis de cet insecte ravageur.

La dernière partie est menée pour évaluer l'effet des concentrations létales (CL₂₅ et CL₅₀) sur la composition biochimique de *T. confusum*

*MATÉRIEL ET
MÉTHODES*

II. MATERIELS ET METHODES

2.1. Présentation de l'espèce *Tribolium confusum* (Jaquelin Du Val, 1868)

T. confusum (Tribolium rouge) est un ravageur primaire, granivore (Fig. 1). La larve est blanche avec des bandes brunes et mesure 8 mm avant la nymphose. L'adulte est un petit coléoptère brun rougeâtre d'environ 4 mm de longueur facilement confondu avec d'autres espèces du genre *Tribolium*. Les produits infestés par cet insecte sont les grains entreposés, les oléagineux, les substances contenant de l'amidon, le haricot, le pois, les épices, et les racines séchées. Il préfère les grains endommagés, mais il infeste également les grains de blé sains dont il dévore le germe avant l'albumen (Benlameur, 2016).

2.2. Description des différents stades de développement de *T. confusum*

Les différents stades du développement de ce ravageur sont mentionnés dans la Figure 2.

Œuf : Il est oblong et blanchâtre, presque transparent à surface lisse. Il est recouvert d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée. Il mesure en moyenne 0.6 x 0.3 mm (Lepesme, 1944).

Larve : Sa couleur est jaunâtre, vermiforme. Elle est environ 8 fois plus longue que large. Elle est couverte de poils et porte des pattes se terminant par deux paires cornicule (Delobel & Tran, 1993).

Nymphe : Elle est blanche et nue, les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés. La nymphe reste sans protection et incapable de se déplacer (Balachowsky, 1936).

Adulte : L'adulte est un petit insecte de couleur brune rougeâtre. Il est de taille comprise entre 3-4 mm. Son corps est plat et allongé (Cruz & Diop, 1989). La suture des élytres est peu carénée. Les angles antérieurs du pronotum sont non saillants. La massue antennaire est constituée de 3 articles bien distincts (Calmont & Soldati, 2008).



Figure 1. Adulte de *Tribolium confusum*. (Boudjil & Djabali, 2021).

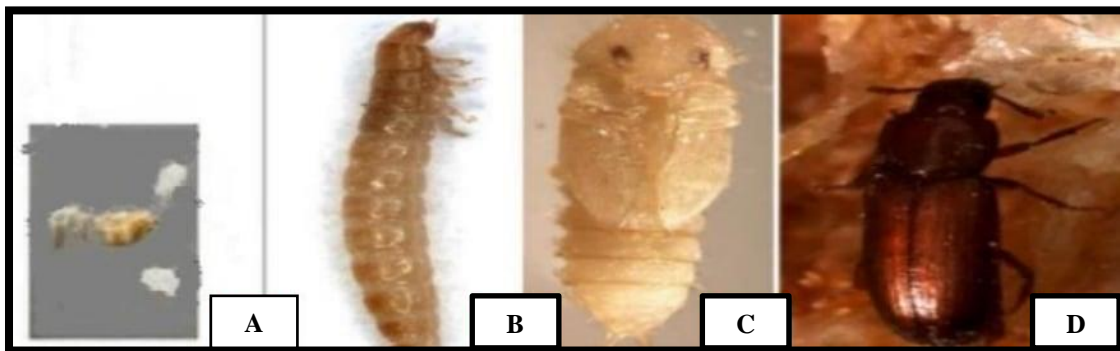


Figure 2. Différents stades de développement de *Tribolium confusum*
A : œuf ; **B :** larve ; **C :** nymphe ; **D :** adulte (Walter, 2002).

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

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

2.3. Technique d'élevage

Le *Tribolium confusum* est un insecte cosmopolite et que l'on rencontre partout dans le monde, il ravage essentiellement les produits céréaliers, y compris les céréales elles-mêmes, la farine, les flocons d'avoine et le son de riz...ect. L'élevage de masse a été réalisé au Laboratoire

Eau et Environnement à l'Université de Tébessa, dans des boîtes en plastiques contenant 5 kg de blé. Le criblage a été effectué à l'aide d'un tamis de 2 mm et un papier filtre blanc pour qu'on puisse repérer le ravageur à l'œil nu (Fig. 3). L'élevage est maintenu à une température de $27 \pm 1^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $65 \pm 5\%$.



Figure 3. Tri et élevage des insectes (Boudjil & Djabali, 2021).

2.4. Présentation de la molécule bioactive, β -pinène

Béta pinène ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$) ou 6,6dimethyl-2-méthylènebicyclo (3.1.3) heptane, est un carbure monoterpène bicyclique, il se présente sous la forme de deux énantiomères (Fig. 4), le β -pinène a pour isomère l'alpha pinène, il est présent dans de nombreuses plantes comme le cumin, le persil, le romarin, le basilic..., C'est un liquide incolore (jaune clair), son odeur est caractéristique de l'odeur de sapin (Paul *et al.*, 1994).

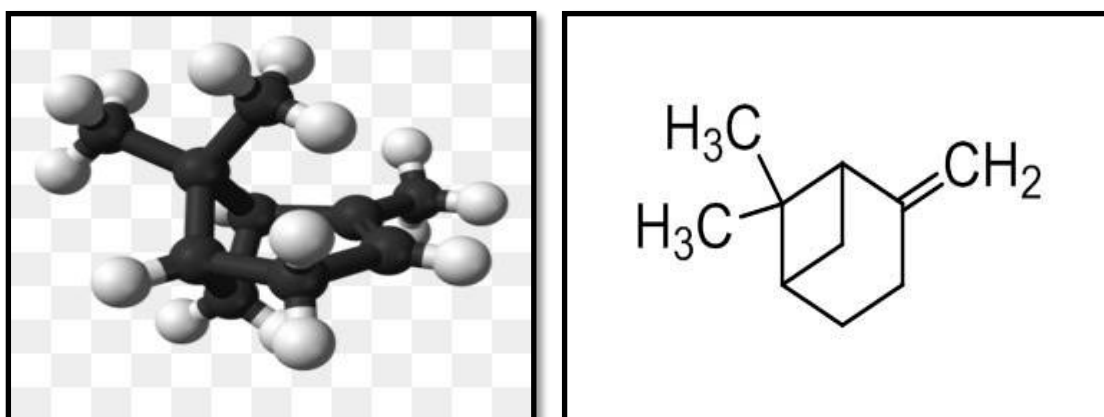


Figure 4. Structure chimique de β -pinène (Paul *et al.*, 1994).

2.5. Traitement et bioessais

2.5.1. Test de toxicité par fumigation

Après un screening préalable, la molécule bioactive β -pinène a été appliquée à différentes concentrations : 2, 4, 6, 8 et 10 $\mu\text{l/ml}$ d'air sur un disque de papier filtre de 2 cm de diamètre, suspendu à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle (Fig. 5). Le traitement a été réalisé selon la méthode de [Papachristos & Stampoulos \(2004\)](#) dans des boîtes en plastiques d'une capacité de 60 ml contenant 5g de blé sain. Trois répétitions de 10 individus ont été réalisées pour chaque concentration. Une série témoin est conduite en parallèle et les individus reçoivent de l'eau distillée. Les mortalités enregistrées à 24, 48 et 72 h 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 PRISM 7.



Figure 5. Test de toxicité par fumigation ([Boudjil & Djabali, 2021](#)).

2.5.2. Test de répulsion

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

Des doses de 2,5, 5 et 10 $\mu\text{l/ml}$ d'huile et de β -pinène 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. 6). Dix individus sont déposés sur le papier filtre au milieu des boîtes de pétri et dix répétitions sont réalisées pour chaque dose. Après 1 h, 2h et 3 h de traitement, le dénombrement de ce dernier

sur les demi-disques est réalisé. Le pourcentage de répulsion (PR) est ainsi calculé selon la formule utilisée par Nerio *et al.* (2009) comme suit :

$$\text{PR (\%)} = [(\text{NC} - \text{NT}) / (\text{NC} + \text{NT})] \times 100$$

NC : Nombre d'insectes présents sur le demi-disque témoin (solvant seulement).

NT : Nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité (HE + solvant).

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 1).

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

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



Figure 6. Test de toxicité par répulsion (Boudjil & Djabali, 2021).

2.6. Extraction et dosage des constituants biochimiques

L'extraction des différents métabolites a été réalisée selon le procédé de [Shibko *et al.* \(1967\)](#), et les principales étapes sont résumées dans la Figure 7. Les adultes témoins et traités de *T. confusum* sont placés dans des tubes Eppendorf contenant 1 ml d'acide trichloracétique (TCA) à 20 % et broyés. Après une première centrifugation (5000 tours /10 min), le surnageant I obtenu est utilisé pour le dosage des glucides totaux selon la méthode de [Duchâteau & Florkin \(1959\)](#). Au culot I, on ajoute 1 ml de mélange éther/chloroforme (1V/1V) et après une seconde centrifugation (5000 tours/min pendant 10 mn), on obtient le surnageant II et le culot II, le surnageant II sera utilisé pour le dosage des lipides ([Goldsworthy *et al.*, 1972](#)) et le culot II, dissout dans la soude (0,1 N), servira au dosage des protéines selon [Bradford \(1976\)](#).

2.6.1. Dosage des protéines totales

Le dosage des protéines est effectué selon la méthode de [Bradford \(1976\)](#), dans une fraction aliquote de 100 μ l à laquelle on ajoute 4 ml de réactif du bleu brillant de commassie (BBC) G250 (Merck). Celui-ci révèle la présence des protéines en les colorants en bleu. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution d'albumine de sérum de bœuf (BSA) titrant 1 mg/ml (Tableau 2).

Tableau 2. Dosage des protéines totales chez les adultes de *T. confusum* : réalisation de la gamme d'étalonnage.

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

2.6.2. 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 μ l de surnageant contenu dans un tube à essai, 4 ml du réactif d'antrone 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 (1 mg/ml) (Tableau 3).

Tableau 3. Dosage des glucides totaux chez les adultes *T. confusum* : réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	0	2	3	4	5	6
Solution mère du 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

2.6.3. Dosage des lipides totaux

Les lipides totaux ont été déterminés selon la méthode de Goldsworthy *et al.* (1972), en utilisant le réactif sulfophosphovanillinique. 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 *T. confusum* : réalisation de la gamme d'étalonnage.

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

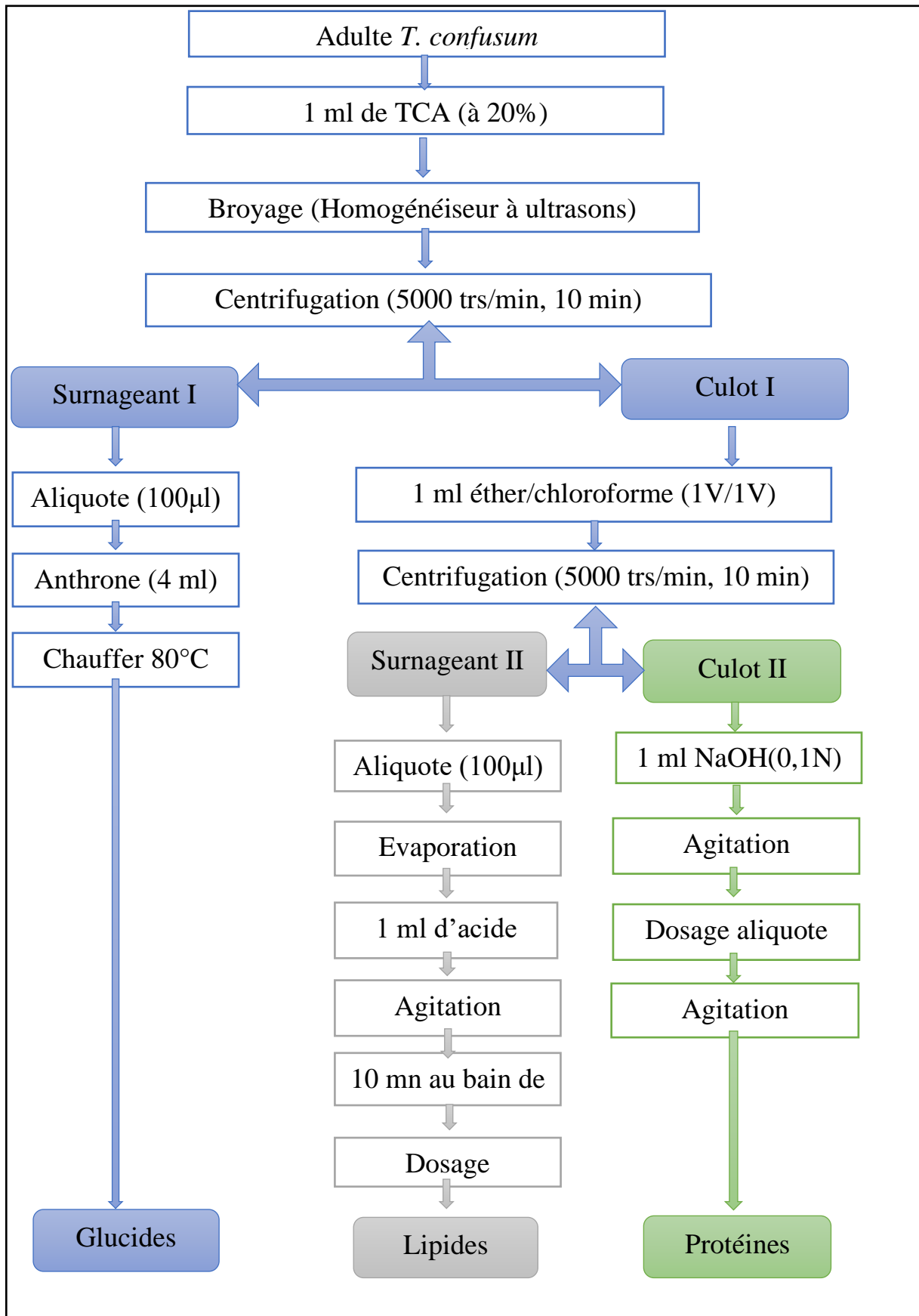


Figure 7. Extraction des glucides, protéines et lipides totaux (Shibko *et al.*, 1967).

2.7. 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.

RESULTATS

III. RESULTATS

3.1. Toxicité par fumigation

Après un test de screening, différentes concentrations de la molécule bioactive ont été appliquées par fumigation sur les adultes de *Tribolium confusum* (2, 4, 6, 8 et 10 $\mu\text{l/l}$ d'air). Aucune mortalité n'a été observée dans les séries témoins.

Les mortalités corrigées enregistrées chez les adultes de *T. confusum* au cours des tests de toxicité par fumigation varient de 00% à 24 h jusqu'à 13,33% à 72 h pour la dose la plus faible (2 $\mu\text{l/l}$) et de 100% à tous les temps testés pour la dose la plus forte (10 $\mu\text{l/l}$ d'air) (Fig. 7).

Ces mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps après traitement chez cette espèce à 24 ($F_{4,10} = 110$; $p < 0,0001$), à 48 ($F_{4,10} = 172,7$; $p < 0,0001$), et à 72 h ($F_{4,10} = 113,1$; $p < 0,0001$). Les résultats montrent que la molécule bioactive appliquée par fumigation exerce une activité insecticide avec une relation dose-réponse.

Le classement des doses par le test HSD de Tukey révèle l'existence de 3 groupes de moyennes à 24h et 72h et 4 groupes à 48h. La courbe dose-réponse exprimant le pourcentage des mortalités en fonction du logarithme des doses appliquées (Fig. 8) a permis l'estimation des concentrations létales (CL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le HillSlope (Tableau 5).

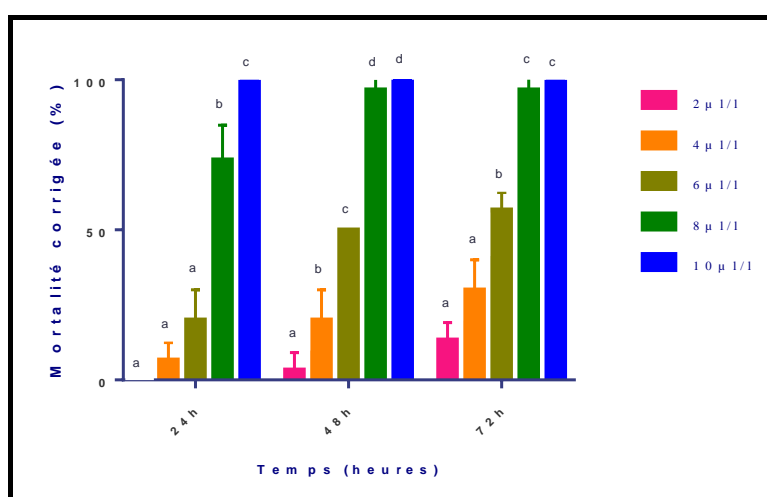


Figure 8. Toxicité de la molécule bioactive, β -Pinène appliquée par fumigation ($\mu\text{l/l}$ d'air) sur les adultes de *Tribolium confusum* à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) ($m \pm \text{SEM}$, $n=5$ répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey

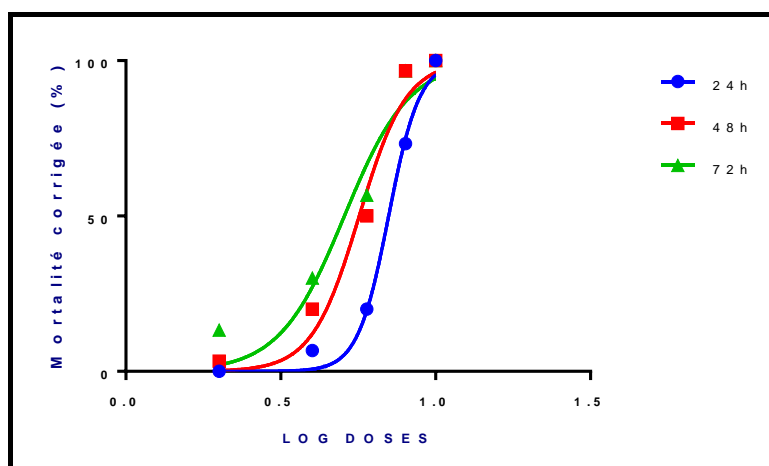


Figure 9. Effet de la molécule bioactive, β -Pinène appliquée par fumigation ($\mu\text{l/l}$ d'air) sur les adultes de *Tribolium confusum* à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

Tableau 5. Efficacité de la molécule bioactive, β -Pinène, appliquée par fumigation sur les adultes de *Tribolium confusum* : analyse des probits.

Période	R ²	Slope	CL ₂₅ ($\mu\text{l/L}$) IC (95%)	CL ₅₀ ($\mu\text{l/L}$) IC (95%)	CL ₉₀ ($\mu\text{l/L}$) IC (95%)
24h	0,99	1,16	6,12 [5,60 - 6,85]	7,05 [6,59 - 7,52]	9,08 [8,13 - 10,4]
48h	0,96	1,56	4,67 [3,15 - 5,99]	5,66 [4,52 - 6,68]	8,33 [6,57 - 12,75]
72h	0,93	1,26	3,89 [1,79 - 3,02]	5,07 [3,36 - 6,53]	8,62 [5,61 - 19,88]

3.2. Effet répulsif du β -pinène

Les résultats du pouvoir répulsif de β -pinène à l'égard des adultes de *Tribolium confusum* sont présentés dans le tableau 6. Le pourcentage de répulsion marque une augmentation en fonction des concentrations appliquées et une diminution en fonction du temps d'exposition. Les forts taux de répulsion (73,33 %, 60%, 53,33%, 40% et 33,33%) sont observés à 15min, 30min, 1h, 2h et 3h après traitement respectivement avec la plus forte concentration (10 $\mu\text{l/ml}$). Par ailleurs, on note que la β -Pinène est classé en catégorie 4 de répulsion.

Tableau 6. Pourcentage (PR) et classe de répulsion (CR) de la molécule bioactive β -pinène sur les adultes de *T. confusum*.

Concentrations	Périodes	PR %	Classe
15 min	2,5 μ l	40,00	II
	5 μ l	53,33	III
	10 μ l	73,33	IV
30min	2,5 μ l	33,33	II
	5 μ l	46,66	III
	10 μ l	60,00	III
1h	2,5 μ l	26,66	II
	5 μ l	40,00	II
	10 μ l	53,33	III
2h	2,5 μ l	20,00	I
	5 μ l	33,33	II
	10 μ l	40,00	II
3h	2,5 μ l	13,33	I
	5 μ l	26,66	II
	10 μ l	33,33	II

3.3. Effet sur la composition biochimique de *T. confusum*

Le β -pinène a été appliqué par fumigation sur les adultes de *T. confusum* avec deux concentrations létales (CL_{25} et CL_{50}). Ses effets ont été évalués sur la composition biochimique (Glucides, lipides et protéines) chez cette espèce.

3.3.1. Effet sur le contenu en protéines totales

D'après les résultats représentés dans la figure 9, on note une augmentation significative du contenu en protéines totales après traitement avec les deux concentrations ($F_{2, 6}=8,898$; $P=0,016$). Le test HSD de Tukey met en évidence 2 groupes de moyennes, le premier groupe formé des témoins et un second groupe composé des traités à la CL_{25} et à la CL_{50} . Aucun effet dose n'a été constaté (CL_{25} vs CL_{50} ; $p>0,05$).

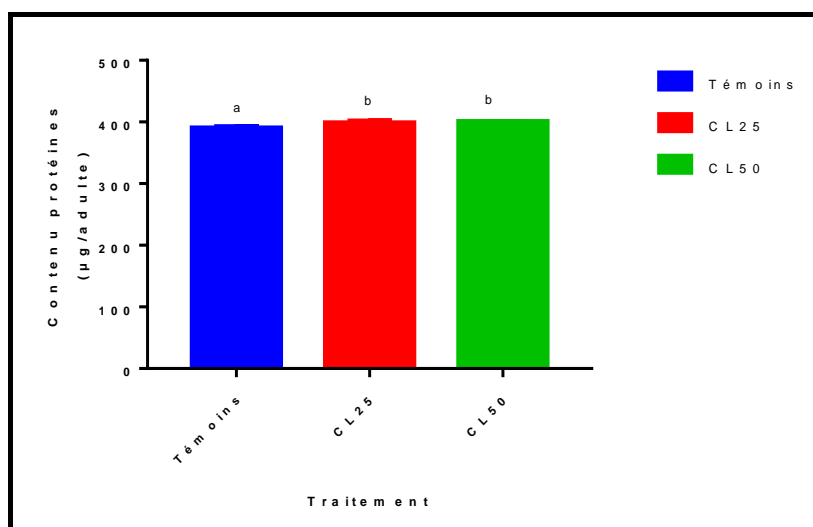


Figure 10. Effet de β -pinène (CL₂₅ et CL₅₀) appliqué par fumigation sur le contenu en protéines chez les adultes de *T. confusum* ($m \pm SEM$, $n=3$ répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.

3.3.2. Effet sur le contenu en glucides totaux

En ce qui concerne le contenu en glucides (Fig. 10), le traitement provoque une diminution significative ($F_{2,6}=16,9$; $P= 0,0034$). Aucun effet dose n'a été observé. Par ailleurs, le classement des moyennes par le test HSD de Tukey révèle 2 groupes, un groupe témoin et un groupe traité.

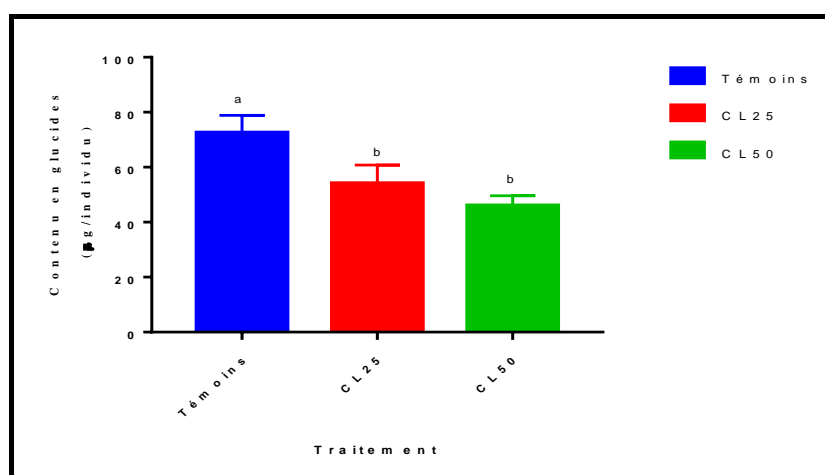


Figure 11. Effet de β -pinène (CL₂₅ et CL₅₀) appliqué par fumigation sur le contenu en glucides chez les adultes de *T. confusum* ($m \pm SEM$, $n=3$ répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.

3.3.3. Effet sur le contenu en lipides totaux

Les résultats du dosage des lipides mettent en évidence une diminution significative de ce contenu après traitement à la molécule bioactive et avec les deux concentrations appliquées sans effet dose ($F_{2,6}=16,96$; $P=0,0034$). Le classement des moyennes par le test HSD de Tukey révèle 2 groupes, un premier groupe constitué des témoins et un deuxième groupe formé des traités à la CL₂₅ et la CL₅₀ (Fig.11).

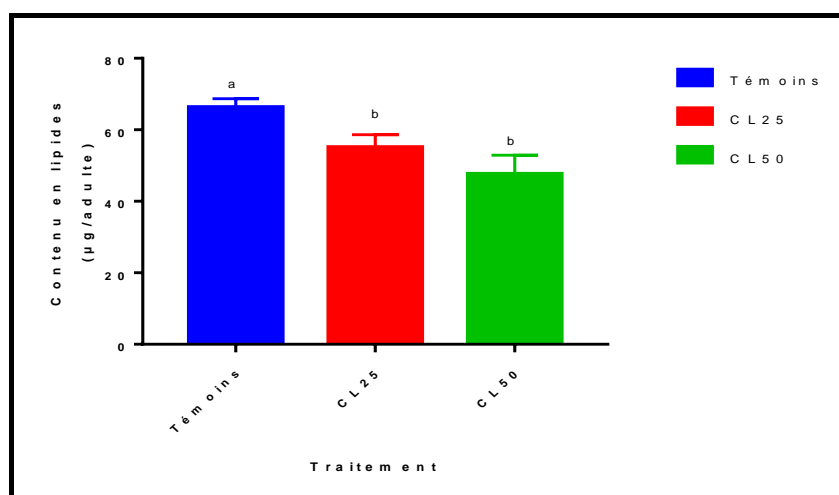


Figure 12. Effet de β -pinène (CL₂₅ et CL₅₀) appliqué par fumigation sur le contenu en lipides chez les adultes de *T. confusum* ($m \pm SEM$, $n=3$ répétitions comportant chacune 10 individus) : test HSD de Tukey.

DISCUSSION

IV. DISCUSSION

L'utilisation des produits chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les pathogènes et les organismes nuisibles, en raison de son efficacité et de son application facile et pratique (Maga & Olsen, 2004). Cependant, l'emploi intensif et inconsidéré de ces produits a provoqué une contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire, une éradication des espèces non cibles telles que la faune auxiliaire et l'apparition des microorganismes résistants. La protection des plantes contre les organismes nuisibles sans l'inconvénient des pesticides de synthèse, exige la recherche d'autres méthodes alternatives, en protection phytosanitaire (Larew & Locke, 1990 ; Gomez *et al.*, 1997). Le monde scientifique s'est mis à la recherche d'un produit biodégradable, plus sélectif que les substances chimiques et sans danger pour les plantes, les animaux et les humains. Les biopesticides représentent une bonne alternative aux produits chimiques (Lamontagne, 2004; Deguine & Ferron, 2006; Brodeur & Caron, 2006).

Les tests toxicologiques sont pour intérêt de caractériser le pouvoir insecticide d'une matière active à l'égard d'un insecte donné, ils sont nécessaires pour évaluer les doses létales (DL₅₀ et DL₉₀). L'activité insecticide des plantes est une préparation d'extraits végétaux bruts riche en substances actives qui ont la propriété de repulser les insectes ou de les tuer soit par toxicité directe, soit par élimination de leurs larves et de leurs œufs. Le degré d'activité insecticide des huiles essentielles ou des molécules bioactives varient en fonction de l'espèce de la plante étudiée, de la dose utilisée et de la durée du traitement (Ainane *et al.*, 2019).

Dans notre étude, les bioessais sont réalisés par application d'une molécule bioactive : β -pinène par fumigation à l'égard de *T. confusum* et de son potentiel de répulsion vis-à-vis de cet insecte ravageur, et évaluer les effets létaux (CL₂₅ et CL₅₀) de ce biopesticide par fumigation, sur les réserves nutritionnelles (protéines, glucides et lipides) chez le même insecte.

4.1. Toxicité par fumigation

La fumigation consiste à traiter le grain avec des gaz toxiques appelés fumigants. Le but principal de la fumigation est de faciliter l'entrée de gaz à l'intérieur du grain (non traitées), détruisant ainsi les œufs, les larves et les nymphes.

Nos résultats montrent que la molécule bioactive, β -pinène a une activité insecticide fumigante à l'égard de *T. confusum*. Plusieurs études ont été réalisées sur l'activité insecticide des différentes huiles essentielles et de leurs composants sur *T. confusum* et sur d'autres espèces de

ravageurs. Les travaux de [Khani et al. \(2017\)](#) ont montré la toxicité des huiles de *Juniperus polycarpus* et de *J. sabina* contre *T. confusum*, avec des CL₅₀ de 368,4 et 301,9 µl/l d'air respectivement. La toxicité de l'huile essentielle de *C. sinensis* a été déterminée avec une CL₅₀ de 259 µl/l air chez *T. confusum* ([Tandorost & Karimpour, 2012](#)). [Russo et al. \(2015\)](#) ont testé l'activité insecticide de l'HE d'*Eucalyptus globulus* à l'égard de *T. confusum*, et ils ont trouvé que la concentration 1,25 µl/cm² a éliminé 90% des ravageurs après 30 minutes d'exposition. Des études antérieures ont montré que la toxicité des huiles essentielles par fumigation dépendait du stade de développement de l'insecte. Par ailleurs, les études réalisées au niveau de notre laboratoire ont révélé le potentiel toxique de diverses molécules bioactives sur certaines espèces de coléoptères ravageurs des denrées stockées, telles que l'Eucalyptol contre *T. confusum* ([Debbab & Mesloub, 2022](#)), le Limonène contre *T. granarium* ([Abdesmad & Moumou, 2022](#)), le Menthol contre *Rhyzopertha dominica* ([Tine & Trad, 2022](#)) et le Linalool contre *Rhyzopertha dominica* ([Bouchagra & Farhi, 2022](#)).

4.2. Effet répulsif du traitement

La répulsion est un mécanisme de défense exercé par les plantes contre les insectes ([Jayakumar et al., 2017](#)). Selon les travaux réalisés par [Mann & Kaufman \(2012\)](#), les composés phytochimiques affectent les principales fonctions métaboliques, biochimiques, physiologiques et comportementales des insectes. L'efficacité des répulsifs anti-insectes a été principalement évaluée sur les moustiques, mais leur mécanisme d'action est applicable à tous les arthropodes. Ils sont cependant inefficaces sur les hyménoptères (abeilles, guêpes, etc.) ([Combemale, 2001](#); [Maurille, 2005](#)). Les substances répulsives agissent localement ou à distance empêchant un insecte de voler, d'atterrir ou de piquer un animal ou l'Homme ([Blackwell et al., 2003](#) ; [Nerio et al., 2009](#) ; [Sendi & Ebadollahi, 2013](#)).

Nos résultats montrent que la molécule bioactive, le β-pinène a un effet répulsif sur les adultes de *T. confusum* ce qui signifie que notre molécule appartient à la catégorie des composants bioactifs répulsifs. Des résultats similaires ont été notés chez *T. confusum* traité par l'Eucalyptol ([Debbab & Mesloub, 2022](#)), chez *T. granarium* traité par le Limonène ([Abdesmad & Moumou, 2022](#)), chez *Rhyzopertha dominica* traité par le Menthol ([Tine & Trad, 2022](#)) et par le Linalool ([Bouchagra & Farhi, 2022](#)).

[Papachristos & Stampoulous, \(2002\)](#) ont montré que l'α-Pinène, le Limonène et le Camphre qui sont les constituants de l'huile essentielle de *Juniperus oxycedrus* ont un effet répulsif à l'égard

d'*Acanthoscelides obtecus*. Par ailleurs, [Aggarwale et al. \(2001\)](#), ont signalé que l'Eucalyptol est moyennement répulsif contre les bruches de niébé, avec la dose de 4 μ l. Par ailleurs, plusieurs travaux ont montré l'effet répulsif de l'azadirachtine extraite d'*Azadirachta indica* contre *Melanotus communis* ([Cherry & Nuessly, 2010](#)), contre *Sitophylus garanarius* ([Guettal, 2021](#)) et contre *R. dominica* ([Halaimia & Chechoui, 2017](#)).

4.3. Effet du traitement sur la composition biochimique

Chez les insectes, l'hémolymphe subit des modifications métaboliques diverses, au cours du développement (larve, pupa et adulte). En effet, ces fluctuations sont liées aux différents états physiologiques de l'insecte tels que la mue, la nymphose et la diapause ([Nowosielski & Patton, 1965](#)).

4.3.1. Effet sur les protéines totales

Les protéines jouent un rôle fondamental dans l'organisme de toutes les espèces biologiques vivantes connues ([Mahler et Cordes, 1968](#)). 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](#)).

Les résultats obtenus au cours de notre étude montrent que la molécule bioactive, le β -pinène induit une augmentation significative du contenu en protéines chez *T. confusum*.

Des résultats similaires ont été observés chez les adultes de *R. dominica* traités à l'azadirachtine ([Tine et al., 2017](#)) et chez *R. dominica* ([Bouchagra & Farhi, 2022](#)) et *T. confusum* ([Lahmar & Benhadda, 2022](#)) traités par le Linalool.

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 constatés chez *S. granarius* traité par l'huile de *C. limonum* et l'azadirachtine ([Guettal, 2021](#)), chez *T. confusum* traité par l'Eucalyptol ([Debab & Mesloub, 2022](#)), chez *T. granarium* traité par le Limonène ([Abdesmad & Moumou, 2022](#)) et chez *R. dominica* traité par le Menthol ([Tine & Trad, 2022](#)).

4.3.2. Effet sur les glucides totaux

Les glucides forment un groupe de composés très importants. Certains représentent une source d'énergie pour les organismes vivants, soit immédiatement utilisable (tréhalose), soit sous forme de réserves (glycogène) ; d'autres ont un rôle structural (cellulose, chitine, acide hyaluronique). 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).

Les résultats obtenus au cours de notre expérimentation montrent que la molécule bioactive, le β -Pinène a causé une diminution du contenu des glucides chez *T. confusum*.

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).

La déplétion du glucose peut être due aux conditions de stress imposées à ces insectes qui ont besoin plus d'énergie pour couvrir les dépenses énergétiques via une induction par des neuropeptides (Gäde, 2004 ; Mojarab Mahboubkar *et al.*, 2015). Elle peut également être due à une accélération de la glycogénolyse au niveau du corps adipeux, au transport du glycogène du corps gras à l'hémolymphe en réponse à l'épuisement énergétique lorsque les individus sont exposés à des toxines (Zibae, 2011).

4.3.3. Effet sur les lipides totaux

Les lipides représentent la principale source d'énergie chez les insectes (Beenakers *et al.*, 1985). Ils sont transportés du corps gras, site de leurs synthèses et stockage vers les organes utilisateurs via l'hémolymphe surtout lors de la vitellogénèse (Downer, 1985). Les lipides augmentent pendant la période d'alimentation et leur quantité varient selon le stade de croissance et les conditions d'alimentation (Chapman, 1998).

L'épuisement des lipides après traitement aux produits toxiques pourrait être dû à une altération de leurs synthèse (Klowden, 2007), à un dysfonctionnement hormonal pour le contrôle du métabolisme lipidique (Steele, 1980) et à l'utilisation de cette réserve métabolique (Sak *et al.*, 2006). Une perturbation des composés biochimiques peut avoir un effet direct ou indirect sur les adultes émergés (Sak *et al.*, 2006). La diminution des lipides tissulaires sous l'effet d'un insecticide peut être due à la formation des lipoprotéines, à la réparation des dommages cellulaires et à l'augmentation de la lipolyse pour fournir de l'énergie (Lohar et Wright, 1993).

Nos résultats montrent une diminution du contenu en lipides chez *T. confusum* traité par la molécule bioactive, le β -pinène. Des résultats similaires ont été constatés chez *S. granarius* traité par l'azadirachtine et le citrus (Guettal, 2021), chez *R. dominica* traité par l'huile de *Schinus molle* (Soltani & Abess, 2021), chez *T. granarium* traité par l'huile d'*E. globulus* (Brahmi & Yousfi, 2021), et par le limonène (Abdesmad & Moumou, 2022) et chez *R. dominica* traité par le Menthol

CONCLUSION

V. CONCLUSION

Pour répondre au besoin mondial de lutte contre les pertes occasionnées par les ravageurs, l'industrie phytopharmaceutique essaye de trouver de nouveaux outils de protection, et de nouvelles molécules issues de produits naturels communément appelées pesticides biologiques.

Le travail réalisé nous a permis d'évaluer l'effet de la molécule bioactive, le β -pinène testé par fumigation sur une espèce d'insecte, *Tribolium confusum*, sur la toxicité, la répulsion et la composition biochimique (protéines, glucides et lipides).

Les essais toxicologiques réalisés par fumigation ont permis de déterminer les concentrations létales (CL₂₅ et CL₅₀). Le β -pinène appliqué présente un effet insecticide avec une relation dose-réponse. Le test de répulsion réalisé a permis de mettre en évidence le pouvoir répulsif du β -pinène à l'égard de cette espèce.

L'étude de la composition biochimique a montré que cette molécule appliquée par fumigation, induit un épuisement des réserves énergétiques et une augmentation du contenu en protéines chez les adultes de *T. confusum*.

A l'avenir, il serait intéressant de compléter le travail en :

- ❖ Evaluant l'effet de cette molécule sur le potentiel reproducteur de *T. confusum* ;
- ❖ Déterminant son effet sur le développement, la physiologie et le comportement de cette espèce ;
- ❖ Evaluant son effet sur les biomarqueurs physiologiques et enzymatiques chez cette espèce.
- ❖ Evaluant son efficacité comparée à l'égard d'autres espèces coléoptères ravageurs des stocks

RESUMES

VI. RESUME

Le travail réalisé nous a permis d'évaluer l'effet de la molécule bioactive, le β -pinène testé par fumigation sur une espèce d'insecte *Tribolium confusum*, sur la toxicité, la répulsion et la composition biochimique (protéines, glucides et lipides).

Les essais toxicologiques réalisés par fumigation ont révélé l'activité insecticide de cette molécule bioactive avec une relation dose-réponse. De plus, le test de répulsion a permis de mettre en évidence le pouvoir répulsif de ce traitement à l'égard de *T. confusum*.

Par ailleurs, l'étude biochimique montre que le traitement par le β -pinène provoque un épuisement des réserves énergétiques traduit par une diminution du contenu en glucides et en lipides et une augmentation du contenu en protéines.

Mots clés : β -pinène, *Tribolium confusum*, Toxicité, Répulsion, Composition biochimique.

Abstract

The present study was conducted to investigate effects of the bioactive molecule, β -pinene tested by fumigation on a species of insect *Tribolium confusum*, on toxicity, repulsion and biochemical composition (proteins, carbohydrates and lipids).

Toxicological tests revealed the insecticide activity of Bioactive molecule, β -pinene with a dose-response relationship. In addition, the repulsion test demonstrated the repellence activity of this treatment against *T. confusum*.

Furthermore, the biochemical study shows that treatment with β -pinene causes a depletion of energy reserves reflected in a decrease in carbohydrate and lipid content and an increase in protein content.

Keywords: β -pinene, *Tribolium confusum*, Toxicity, Repulsion, Biochemical composition.

المخلص

أجريت هذه الدراسة للتحقيق في آثار الجزيء النشط بيولوجيا β -pinene الذي تم اختباره عن طريق التبخير على نوع من الحشرات *Tribolium confusum* ، على السمية والتنافر والتركيب الكيميائي الحيوي (البروتينات والكربوهيدرات والدهون)

حدد استخدام β -pinene على الآفة الحشرية *T. confusum* التركيزات المميتة (CL_{25} و CL_{50}) وفقا لهذه الدراسة ، ووجد أن الجزيء (β -pinene) يظهر نشاطا مبيدي. بالإضافة إلى ذلك ، لديها نشاط طارد ضد هذا النوع.

أظهرت دراسة التركيب الكيميائي الحيوي أن هذا الجزيء النشط بيولوجيا المطبق عن طريق التبخير، يؤدي الى استنفاد احتياطات الطاقة وزيادة مستويات البروتين لدى البالغين من *T. confusum*

الكلمات المفتاحية: جزيء نشط بيولوجيا، β -pinene ، *Tribolium confusum*، سمية، نفور، التركيب الكيميائي الحيوي.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

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

Abdesmad, O. & Moumou, W. (2022). Activité insecticide et répulsive d'une molécule bioactive contre les larves d'un insecte à intérêt économique. Mémoire de Master en Ecophysiologie Animale, Université Larbi Tébessi, Tébessa.

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

Ainane, A., Khammour, F., Charaf, S., Elabboubi, M., Elkouali, M., Talbi, M. & Ainane, T. (2019). Chemical composition and insecticidal activity of five essential oils: *Cedrus atlantica*, *Citrus limonum*, *Rosmarinus officinalis*, *Syzygium aromaticum* and *Eucalyptus globules*. *Materials Today: Proceedings*. 13: 474-485.

B

Balachowsky, A. & Mesnil, L. (1936). Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Etablissement Busson, Paris.

Beenackers, M. T., Van der Horst, D. J. & Van Marrewijk, W. J. (1985). Insect lipids and lipoproteins, and their role in physiological processes. *Progress in Lipid Research*. 24(1): 19-67.

Benlameur, Z. (2016). Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine. p 20-21.

Blackwell, A., Stuart, A.E. & Estambale, B.A. (2003). The repellent and antifeedant activity of oil of *Myrica gale* against *Aedes aegypti* mosquitoes and its enhancement by the addition of salicylic acid. *Proceedings of the Royal College of Physicians of Edinburgh*. 33: 209-214.

Bouchagra, D. & Farhi, F. (2022). Effets des extraits d'une plante aromatique, la Lavande sur le comportement et la biochimie d'un ravageur des stocks. Mémoire de Master en Ecophysiologie Animale, Université Larbi Tébessi, Tébessa.

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

Brodeur, J. & Caron, J. (2006). Recherche et développement de biopesticides et pesticides naturels à faible toxicité pour les organismes non ciblés et respectueux de l'environnement, Rapport final, Volet Entomologie. Université Laval.

C

Calmont, B. & Soldati, F. (2008). Découverte de *Tribolium madens* (Charpentier, 1825) dans le département du Puy-de-Dôme (France); clé de détermination et distribution des espèces du genre *Tribolium*. *Revue de l'association Roussillonnaise d'entomologie*. XVII (2) : 41-48.

Chapman, R. F. & Chapman, R. F. (1998). *The insects: structure and function*. Cambridge university press. New York.

Cherry, R. & Nuessly, G. (2010). Repellency of the biopesticide, azadirachtin, to wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Florida Entomologist*. 93(1): 52-55.

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.

Combemale, P. (2001). La prescription des répulsifs. *Revue de Médecine Tropicale*. 61: 99-103.

Cox, P. D. (2004). Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation. *Journal of Stored Products Research*. 40(1): 1-25.

Cruz, G. F. & Dipo, A. (1989). Génie agricole et développement : technique d'entreposage. Rome : FAO, 126 p. (Bulletin des services agricoles de la FAO, 74).

D

Debab, A. & Mesloub, A. (2022). Efficacité comparée d'une molécule bioactive et d'une huile essentielle vis-à-vis d'un ravageur des denrées stockées. Mémoire de Master en Ecophysiologie Animale, Université Larbi Tébessi, Tébessa.

Deguine, J. P. & Ferron, P. (2006). Protection des cultures, préservation de la biodiversité, respect de l'environnement. Cahiers Agricultures. 15(3) : 307-311.

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

Deravel, J., Krier, F. & Jacques, P. (2014). Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. 18(2): 220-232.

Downer, R. G. (1985). Lipid metabolism. Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology. 10: 77-113.

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

F

Foua-Bik. (1989). Vulgarisation de la méthode du triple ensachage pour le stockage amélioré du niébé en zonesahélienne du nord Cameroun : Enjeux et perceptions paysannes. Tropicultura, 31 (3):170-178.

G

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

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

Gómez de Aizpúrua, C. (1997). Biología y morfología de las orugas, Lepidoptera; Cossidae, Sphingidae, Thaumetopoeidae, Lymantriidae, Arctiidae (Vol. 2, serie 6). Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Guettal, S. (2021). Effets de deux biopesticides d'origine végétale sur un ravageur des denrées stockées. Thèse de Doctorat en Biologie et Physiologie Animale. Université Larbi Tébessi, Tébessa. 141p.

ℋ

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

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

J

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

K

Karahaçane, T. (2015). Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées et spontanées sur les insectes du blé en post récolte. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique., El Harrach. 136p.

Khani, A., Rashid, B. & Mirshekar, A. (2017). Chemical composition and insecticidal efficacy of *Juniperus polycarpus* and *Juniperus sabina* essential oils against *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). International Journal of Food Properties. 20(2) : 1221-1229.

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

Kubo, I. (2006). New concept to search for alternate insect control agents from plants. Advances in phytomedicine. 3 : 61-80.

Kumar, R. (1991). La lutte contre les insectes ravageurs: la situation de l'agriculture africaine. Edition. Karthala et CTA, France et Pays-bas, 293p.

L

Lahmar, C. & Benhadda, M. (2022). Activité biologique d'une molécule bioactive à l'égard d'un ravageur des denrées stockées. Mémoire de Master en Ecophysiologie Animale, Université Larbi Tébessi, Tébessa.

Lamontagne, E. (2004). Caractérisation de nouvelles souches de *Bacillus thuringiensis* d'intérêt pour la production de biopesticides et d'enzymes par fermentation de boues d'épuration municipales. Thèse de Doctorat, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique.

Larew, H. G. & Locke, J. C. (1990). Repellency and toxicity of a horticultural oil against whiteflies on chrysanthemum. Hortscience. 25(11) : 1406-1407.

Laurent, B. (2003). de la récolte au stockage éclairages carphologiques sur les opérations de traitement des céréales à l'âge du bronze dans le sud de la France. Editions APDCA, Antibes.

Lepesme, P. (1944). Les Coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Encyclopédie Entomologique. Paul Chevalier, Paris.

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

M

Maga, N. & Olsen, M. (2004). Mycotoxins in food: detection and control. Woodhead Publishing.

Mahler, H. R. & Cordes, E. H. (1968). Basic biological chemistry (No. QP514 M229).

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

Masumeh Maurille, S. (2005). Les substances répulsives dans la protection du voyageur contre les piqûres d'arthropodes hématophages : étude comparée du DEET (N, N-Diethyl-M-Toluamide). Thèse de Doctorat, Faculté de pharmacie d'Angers, 92 p.

-Mc Donald, L. L., Guy, R. H. & Speirs, R. D. (1970). Preliminary evaluation of new candidatmaterials as toxicants, repellents, and attractants against stored-product insects. USDA Marketing Research Report. 882.

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.

-**Molkhou, P. (2007).** Intolérance et allergie au blé. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*. 20(5) : 228-232.

N

-**Negahban, M., Moharramipour, S., Zandi, M., Hashemi, S. A. & Ziayee, F. (2012).** Nano-insecticidal activity of essential oil from *Cuminum cyminum* on *Tribolium castaneum*. In Proc 9th International Conference on Controlled atmosphere and fumigation in stored products, Antalya, Turkey. 15 (19): 63-68.

-**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.

-**Nowosielski, J. W. & Patton, R. L. (1965).** Variation in the haemolymph protein, amino acid, and lipid levels in adult house crickets, *Acheta domesticus* L., of different ages. *Journal of Insect Physiology*. 11(3): 263-270.

P

-**Paul, S., Pregosin, H.R., Renzo, S., Alberto, A., Francesca, L. & Roland, W. K. (1994).** Structural Chemistry of Chiral BINAP.eta.3-Allyl Complexes of Pd (II). Multinuclear NMR and X-ray Diffraction Studies on Exo-Methylene Cyclopentene and beta-Pinene Allyl Complexes. *Organometallics*. 13 (12): 5040-5048.

-**Papachristos, D. P. & Stamopoulos, D. C. (2004).** Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*. 38(2) : 117-128.

R

-**Relinger, B., Don-Pedro, K.N. (1988).** Insecticidal activity of fatty acid constituents of fixed vegetable oils against *Callosobruchus maculatus* on Cowpea. *Pesticide Science*. 30: 295-302.

-Russo, S., Cabrera, N., Chludil, H., Yaber-Grass, M. & Leicach, S. (2015). Insecticidal activity of young and mature leaves essential oil from *Eucalyptus globulus* Labill. against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). Chilean Journal of Agricultural Research. 75(3): 375-379.

S

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

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

-Sharma, P., Mohan, L., Dua, K. K. & Srivastava, C. N. (2011). Status of carbohydrate, protein and lipid profile in the mosquito larvae treated with certain phytoextracts. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. 4(4): 301-304.

-Shibko, S., Koivistoinen, P., Tratnyneck, C., New Hall. & Feidman, L. (1966). A method for the sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, lipid and glycogen from a single rat liver homogenate or from a subcellular fraction. Analytical Biochemistry. 19: 415-528.

-Soltani, M., Abess, I.F.Z. (2021). Effet d'une huile essentielle extraite de *schinus molle* sur les ravageurs des denrées stockées. Mémoire de Master, Université Larbi Tébessi, Tébessa. 81p.

-Steele, J. E. (1980). Hormonal modulation of carbohydrate and lipid metabolism in fat body. In Insect biology in the future Academic Press. 253-271.

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

T

-Tandorost, R. & Karimpour, Y. (2012). Evaluation of fumigant toxicity of orange peel *Citrus sinensis* (L.) essential oil against three stored product insects in laboratory condition. Munis Entomology and Zoology. 7(1): 352-358.

-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.

-Tine, A. & Trad, M. (2022). Evaluation de l'effet d'une molécule bioactive sur les paramètres biochimiques et physiologiques d'un ravageur des stocks, *Rhyzopertha dominica*. Mémoire de Master en Ecophysiologie Animale, Université Larbi Tébessi, Tébessa.

W

-Walter, E. (2002). Urban Entomology Pests of stored food products. California Division of Agricultural Sciences. 275-309.

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

Z

-Ziaee, M. (2014). The effects of topical application of two essential oils against *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Crop Protection. 3(5) : 589-595.