



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريش
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم الفلاحية
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Agronomiques
Spécialité : Protection des végétaux

Thème

Etude de l'effet répulsif et toxique des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba*
Asso. Et *Lavandula latifolia* Mill. Contre *Sitophilus granarius* (L.)

Présenté par : CHARIFI *Fella* et DJELLOULI *Khalissa*

Devant le jury :

Président : Mr C BOUZID.....MCB (Université de BBA)

Encadrant : M'D. MOUTASSEMMCB (Université de BBA)

Examineur : M^{me}S. ZIOUCHE.....MCB (Université de BBA)

Année universitaire : 2021/2022



*
.

Remerciements

Ce travail est le fruit de la combinaison d'efforts de plusieurs Personnes que Nous voudrions, à travers ces quelques lignes, remercier du fond du cœur. Nos remerciements vont d'abord au Créateur de l'univers qui nous a doté d'intelligence, et nous a maintenu en santé pour mener à bien cette année d'étude et d'accomplir ce modeste travail.

Mes remerciements les plus sincères vont tout d'abord à notre promoteur

Mr D. MOUTASSEM.

Nous tenons à remercier infiniment pour son encadrement et ses constantes orientations de notre recherche en y accordant une méticuleuse attention, ainsi que pour ses conseils, sa disponibilité et son extrême amabilité malgré sa grande charge de travail.

D'emblée nous devons une reconnaissance personnelle très profonde à Monsieur **Mr M.Dahou** Directeur de ce travail,

pour une assistance scientifique considérable qu'il a bien voulu apporter pour que la réalisation de cette œuvre soit effective, nonobstant ses multiples tâches au sein de la faculté SNV

Nous voudrions également lui témoigner notre gratitude pour sa patience et son soutien qui nous a été précieux afin de mener notre travail à bon port.

Nos remerciements s'adressent à **Mr Herizi Toufik** d'avoir accepté de présider le jury.

Nos remerciements également l'examinatrice **Mme S.ZIOUCHE**

En fin nos vifs remerciements vont à toutes les personnes qui nous ont aidés à la réalisation de ce travail.



Dédicæes

Gloire soit rendu au Dieu tout puissant le très miséricorde
Pour tous ses bienfaits dont il m'a comblé et de m'avoir donné

le courage et la force pour réaliser ce modeste travail

Que je dédie à :

Mon père Charifi Abdallah ses précieux
conseils, son immense amour, son affection intarissable.

Ma très chère mère Bouktir Massaouda pour ses
Encouragements, son soutien et ses conseils ainsi que son amour.

Mes très chères sœurs et frères.

A mon cher binôme Khalissa et mes chers amis
Ahlem, Ibtissem, Ilhem, Khawla ... je vous aime

Charifi Fella



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers
Parents Djellouli Ameri et Djellouli Zakia
Aucun mot , aucune dédicace ne peut exprime en
Leur effort, soutien encouragement , leur amour
pour ma réussite dans mes études .

A ma petite famille et spécialement mon fils Nazzim

A mes chers frères et sœurs et leurs enfants

A mon cher binôme Fella

Toutes les personnes que je connaisse .



Djellouli Khalissa

Table des matières :

Introduction	1.
---------------------------	-----------

chapitre I : Matériels et méthodes

1. Matériel biologique	3.
1.1 Matériel animal	3.
1.2. Présentation des huiles essentielles	3.
2. Tests biologiques	3.
2.1. Formulation des huiles essentielles	3.
2.2.Évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles formulées	3.
2.2.1. Test d'évaluation de l'effet répulsif des huiles essentielles	3.
2.2.2. Activité insecticide par contact	5.
2.2.3. Evaluation de la toxicité des huiles essentielles par inhalation.	5.
2.2.4. Test <i>in vivo</i> et calcul de la relation temps de mortalité-probabilité de survie.	6.
2.3. Effet des huiles essentielles sur le profil métabolique des insectes traitées.	6.
2.3.1. Dosage des protéines.	6.
2.3.2. Dosage des glucides	8.
2.3.3. Dosage des lipides	9.
3. Expression des résultats.	10.
3.1. Calcul de la mortalité corrigée.	10.
3.2. Détermination de la DL₅₀.	10.
3.3. Analyse statistiques	10.

Chapitre II : Résultats et discussion

1. Résultats.	12.
1.1. Effet répulsif des huiles essentielles sur la population de <i>S. granarius</i>.	12.
1.2. Effet toxique des huiles essentielles sur les adultes de <i>S. granarius</i> par contact direct..	14.
1.3. Effet toxique des huiles essentielles sur les adultes de <i>S. granarius</i> par inhalation..	14.
1.4. Détermination de la DL₅₀.	16.
1.5. Test <i>in vivo</i> et relations Temps – mortalité.	18.

2. Variation quantitative des réserves énergétiques chez les adultes de <i>S. granarius</i> traités par les huiles essentielles de <i>L. latifolia</i> et <i>A. herba alba</i>.....	20.
2.1. Effet sur le taux des protéines.....	20.
2.2. Effet sur les lipides	22.
2.3. Effet sur les glucides	23.
2. Discussion	24.
Conclusion	33.
Références bibliographiques	35.

LISTES DES FIGURES :

Figure 1. Schéma récapitulatif représente le dosage des protéines selon la technique de Bradford (1976).page(7).

Figure 2. Schéma récapitulatif représente le dosage des glucides selon la technique de Van Handel (1985a) et Bozdoğan *et al.* (2016). Page (8).

Figure 3. Schéma récapitulatif représente le dosage des lipides selon la technique de Van Handel (1985a) et Bozdoğan *et al.* (2016) page(9).

Figure 4. Effet comparé de l'effet répulsif des huiles essentielles d'*A. Herba alba* et *L. latifolia* et leurs doses sur les adultes de *S. granarius* par contact .page (12).

Figure 5. Effet comparé de l'efficacité des huiles essentielles d'*A. Herba alba* et *L. latifolia* et leurs doses sur *les adultes de S. granarius* par contact. Page(13).

Figure 6. Variation des taux de mortalité corrigée chez les adultes de *S. granarius* exposés aux différentes doses des huiles essentielles d'*A. Herba alba* et *L. latifolia* par contact. Les résultats représentent la Moyenne \pm erreur standard. Les lettres a, b. indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$). Page (13).

Figure 7. Effet comparé de l'efficacité des huiles essentielles d'*A. Herba alba* et *L. latifolia* et leurs doses sur *les adultes de S. granarius* par contact. Page(15).

Figure 8. Variation des taux de mortalité corrigée chez les adultes de *S. granarius* exposés aux différentes doses des formulations des huiles essentielles d'*A. Herba alba* et *L. latifolia* par contact. Les résultats représentent la Moyenne \pm erreur standard. Les lettres a, b .indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$). Page(15).

Figure 9. Résultats de la DL₅₀ des huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba* par contact et par inhalation sur les adultes de *S. granarius*. Les résultats représentent la Moyenne \pm erreur standard. Les lettres a, b indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$.page(16).

Figure 10. Courbes de la probabilité de survie des adultes de *S. granarius* exposés à l'huile essentielle d'*A. Herba alba* et *L. latifolia*, estimées à l'aide du test du log-Rank de Kaplan-Meier. LT₅₀ pour les individus de *S. granarius* traités avec les huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba in vivo*. Page (17).

Figure 11. Effet comparé de l'huile essentielle et la dose sur le taux des protéines, des lipides et des glucides chez les adultes de *S. granarius* traités par les différentes concentrations des huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba*. Page(18).

Figure 12. Variation des taux de des protéines chez les adultes de *S. granarius* exposés aux huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba* par contact et par inhalation. Les résultats représentent la

moyenne± erreur standard. Les lettres a, b... indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$).page (19).

Figure 13. Effet comparé de l'huile essentielle et la dose sur le taux des lipides chez les adultes *S. granarius* traités par les huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba*. Page (20).

Figure 14. Variation des taux de des lipides chez les adultes et larves de *S. granarius* exposés aux huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba* par contact et par inhalation. Les résultats représentent la moyenne± erreur standard. Les lettres a, b indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$).page (21).

Figure 15. Effet comparé de l'huile essentielle et la dose sur le taux des glucides chez les adultes de *S. granarius* traités par les huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba*. Page (22).

Figure 16. Variation des taux de des glucides chez les adultes de *S. granarius* traités avec les huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba* par contact et par inhalation. Les résultats représentent la moyenne± erreur standard. Les lettres a, b indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$). Page (23).

LISTES DES TABLEAUX :

Tableau 1. Pourcentage de répulsion (PR) selon le classement de MC Donald *et al.* (1970).page (4).

Tableau 2. Effets répulsifs sur les adultes de *S. granarius* exposés aux formulations des huiles essentielles de *A. herba alba* et de *L. latifolia*. Les résultats représentent la Moyenne ± erreur standard. Les lettres a, b indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$).page (12).

LISTES DES ABRIVIATIONS :

ANOVA : Analysis of variance.

BSA : Sérum albmine bovine.

CCLS : Coopérative de stockage des céréales et des légumes secs.

Cm : centimètre.

CL₅₀ : Concentration létal.

DL₅₀ : Dose létal.

FAOSTAT : Food and agriculture organization of the United statistics.

G.L.M : Modèle générale linéaire.

G : Gramme.

G 250 : Bleu de coomassie.

GC-MS : Gas Chromatography-Mass Spectrometry .

h : heure.

H₂SO₄ : Acide Sulfurique.

IgG : Immunoglobulines G Bovine.

K₂HPO₄ : Potassium hydrogène phosphate.

KH₂PO₄ : Potassium dihydrogène phosphate.

MC : Mortalité Corrigée.

Mg : Milligramme.

ML : millilitre.

Min : minute.

mM : Milli-molaire.

mg/mL : milligramme par millilitre.

nm : Nanomètre.

ul / : Microlitre.

NA₂SO₄ : Sulfate de sodium.

OE : Oil Essential.

PR : pourcentage de répulsion.

TM : Taux de Mortalité.

LT₅₀ : temps de survie moyens.

Introduction

Introduction

Les céréales représentent une ressource importante assurant aussi bien pour la consommation humaine et l'alimentation du bétail. Elles tiennent la première place quant à l'occupation des surfaces agricoles, dont 70 % de ces terres agricoles mondiales sont emblavées en céréales (Riley et al., 2009). Les céréales stockées constituent en effet une source de nourriture pour de nombreux insectes, acariens et champignons qui dégradent la quantité et la qualité des produits et peuvent entraîner de 9 à 20 % de pertes annuelles nettes [5]. Les ravageurs des céréales entreposées causent de graves pertes après récolte, près de 9 % dans les pays développés et plus de 20% les pays en développement (Pimentel, 2001). Les insectes sont les principaux agents biologiques responsables des pertes de ces denrées, dont les dégâts peuvent atteindre jusqu'à 10 %, soit 13 millions de tonnes de grains perdus et 100 millions de tonnes dues à un mauvais stockage est estimé dans les produits alimentaires stockés tous autour le monde (Ahmad et al., 2021).

Les dommages causés par ces ravageurs se traduisent par la diminution du poids et de qualité des produits, la baisse du pouvoir germinatif des graines, la perte de leur valeur commerciale et de la viabilité des semences (Dabiré et al., 2008, Rajendran, 2002, Dal et al., 2001). Ils provoquent également des contaminations des produits alimentaires par la présence de divers insectes vivants, produits d'insectes comme les excréments chimiques ou la soie, les insectes morts ou toutes autres structures de stockage (Ahmad et al., 2021).

A l'heure actuelle, il existe plus de 1663 espèces d'insectes ravageurs des produits stockés (Hagstrum et Subramanyam 2016). Les coléoptères indiquent les principaux groupes ravageurs des produits stockés, dont environ 200 espèces ont été associées à des problèmes de stockage (Bell 2011). Parmi les coléoptères, le charançon des grains ; *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera : Curculionidae) est l'un des insectes les plus destructives de la structure des grains stockés dans le monde. Ce dernier est capable de causer des pertes économiques très importantes (Keskina et Ozkaya 2015 ; Vélez et al., 2017, Plata-Rueda et al., 2018, Renoz et al., 2022). Elle affecte la quantité et la qualité des grains de céréales, ainsi que la détérioration de la capacité de germination des graines par son grand potentiel et sa capacité biotique à pénétrer dans la masse des grains (Benelli et al., 2012 ; Plata-Rueda et al., 2018). De plus, il ouvre en plus l'accès à un ensemble complet d'espèces détritivores, dont la plus fréquente est le *Tribolium* de la farine *Tribolium castaneum* (Herbst).

Depuis 1960, les ravageurs des produits stockés et en particulier *S. granarius* sont principalement contrôlés par les pesticides synthétiques [8,9]. Cependant les applications de ces produits posent de sérieux problèmes pour la santé humaine, les écosystèmes naturels, ainsi que la résistance accrue des ravageurs à ces insecticides (Ouedraogo et al. 2008,

Introduction

Dauguet et al ., 2006, Benhalima et al., 2004). A cet effet, la résistance des insectes de stockages aux différents insecticides a été signalée pour beaucoup de insectes y compris *S. granarius*, dans le monde entier dépend principalement de l'application d'insecticides et fumigants organophosphorés et pyréthroïdes tels que la phosphine (PH₃) (Arthur1996 ; Zettler et Arthur 2000 ; Isman 2006 ; Aulicky et Stej

En raison des effets néfastes, il fallait rechercher des alternatives efficaces et moins coûteuses. Les biopesticides, y compris les insecticides botaniques, ont été explorés comme des agents de lutte antiparasitaire (Spitetal., 2012 : Ziaee etal. 2014)). Ces derniers temps, le développement d'insecticides biologiques est devenu une stratégie durable de lutte contre les insectes ravageurs (Isman *et al.* 2011 ; Marsin *et al.*, 2020). Les substances d'origine naturelle et plus particulièrement les huiles essentielles représentent actuellement une solution alternative pour la protection des produits alimentaires stockés (Reno et al. 2022).

L'objectif principal de ce travail consiste à évaluer l'efficacité insecticide de deux huiles essentielles formulées *Artemisia herba alba* Asso et *Lavandula latifolia* contre le ravageur *Sitophilus granarius* par l'étude *in vitro* de leur pouvoir insecticide par contact et inhalation sur le stade adulte de *S. granarius* . Dans ce travail nous nous sommes intéressés par l'efficacité insecticide des huiles essentielles d'une part et leur mode d'action sur le métabolisme de l'insecte d'autre part. De ce fait, une étude complémentaire a été réalisée afin de mieux comprendre l'effet des huiles essentielles sur les teneurs en glucides, protéines et lipides des insectes traités.

Chapitre I : Matériel et méthodes

1. Matériel biologique

1.1. Matériel animal

Ce travail a été effectué sur les adultes de *Sitophilus granarius* L., prélevés à partir des graines de céréales déjà infestées. L'échantillonnage a été effectué au niveau des aires de stockage appartenant aux coopératives de stockage des céréales et des légumes secs (CCLS) de Bordj Bou Arreridj.

Les échantillons collectés ont été tamisés au laboratoire pour isoler et identifier les insectes adultes. Plus de 100 individus ont été maintenus dans des boîtes en plastiques (50×25×15 cm), contenant un mélange de graines de blé et de riz (50/50) recouverts par un tissu perforé pour permettre aux insectes de respirer. Les boîtes ont été incubées dans une étuve universelle réglée à une température $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ et une humidité de 75%. Les individus de *S. granarius* sur lesquels les activités biologiques ont été déterminées sont âgés de 15 jours.

1.2. Présentation des huiles essentielles

Dans notre étude, les huiles essentielles de *Lavandula latifolia* et *Artemisia herba alba* Asso nous a été fournies par le laboratoire aromabioil des huiles essentielles naturelles. L'extraction des huiles essentielles a été effectuée par un hydrodistillateur de type clevenger (Clevenger, 1928). Cette technique consiste à mettre en ébullition 200g de feuilles sèches pendant 3h avec 1 L d'eau dans un ballon de 2 L surmonté d'une colonne de 60 cm de longueur reliée à un réfrigérant. L'huile essentielle récupérée est conservée à 4 °C dans des flacons fermés hermétiquement bien soutenue par un papier aluminium est conservée à 4 °C.

2. Tests biologiques

2.1. Formulation des huiles essentielles

L'évaluation de l'activité répulsive et insecticide in vitro sur les adultes de *S. granarius*, a été effectuée par une gamme de doses, 10, 20, 30, 40, 50 et 60 $\mu\text{L}/\text{ml}$.

2.2.Évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles formulées

2.2.1. Test d'évaluation de l'effet répulsif des huiles essentielles

L'activité répulsive des deux huiles essentielles contre les adultes de *S. granarius* a été évaluée par la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par Mc Donald *et al.* (1970) en utilisant.

L'analyse de cette activité a été déterminée sur des disques de papier filtre mesurant 9 cm de diamètre. Ces derniers ont été divisés en deux parties égales. Cinq teneurs différentes

en huile essentielle ont été formulées par l'acétone à savoir ;10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, et 100 µL/ml. Ensuite, 0,5 ml de chacune des concentrations préparées a été déposée uniformément sur une moitié du disque tandis que l'autre moitié a reçu la même quantité d'acétone. Cinq répétitions ont été maintenues pour chaque concentration. Les deux disques ont été disposés afin d'évaporer l'acétone.

Après l'évaporation totale de l'acétone sous la haute chimique pendant dix minutes, les deux moitiés de disque ont été ressoudées au moyen d'une bande adhésive ou un scotch, puis placés dans une boîte de Pétri de 9cm de diamètre. Un lot de dix individus de *S. granarius* ont été placés au centre de papiers filtres traités, sur la bande adhésive. Les insectes témoins ont été maintenus dans les mêmes conditions sans les huiles essentielles et avec seulement de l'acétone évaporé.

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

Classe	Intervalle de répulsion	Propriété de la substance traitée
Class 0	PR ≤ 0,1%	Non répulsive
Classe I	0,1 < PR ≤ 20%	Très faiblement répulsive
Class II	20 < PR ≤ 40%	Faiblement répulsive
Classe III	40 < PR ≤ 60%	Modérément répulsive
Classe IV	60 < PR ≤ 80%	Répulsive
Classe V	80 < PR ≤ 100%	Très répulsive

Les boites sont placées dans les conditions ambiantes de température pour calculer la valeur de pourcentage de répulsion pour chaque huile essentielle. Quatre répétitions ont été procédées pour chaque traitement et pour chaque concentration. Au bout d'une heure, le nombre d'insectes présents sur la partie de papier filtre traitée à l'huile essentielle (NT) et le nombre de ceux présents sur la partie traitée uniquement à l'acétone (NC) ont été relevés. Le pourcentage de répulsion est ainsi calculé selon la formule suivante :

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

Où : NC : nombre de l'individu présent sur la partie du disque traitée uniquement avec l'acétone

NT : nombre de l'individu présent sur la partie du disque traitée avec la dose préparée

Le pourcentage de répulsion moyen pour chaque huile est calculé (PR) et attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V (MC Donald *et al.*, 1970).

2.2.2. Activité insecticide par contact

Pour l'étude de l'effet insecticide des huiles essentielles par contact, l'unité expérimentale est constituée par une boîte de Pétri contenant dix individus de *S. granarius*. Les essais de toxicité par contact ont été réalisés selon un protocole précédemment décrit par Tapondjou *et al.* (2005). Pour l'évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba*, 8 concentrations à savoir 1, 2, 5, 10 et 20 μL dans 0.5mL ont été diluées dans 1 ml de l'acétone.

Les huiles essentielles formulées ont été épanchées uniformément sur les disques de papier filtre de 9 cm de diamètre. Les disques de papier filtre traités par les différentes concentrations de l'huile essentielle ont été laissés sous la haute chimique pendant cinq minutes, jusqu'à l'évaporation totale de l'acétone. Un lot de dix adultes de *S. granarius* âgées de 15 jours a été disposé dans les boîtes de pétri contenant le papier filtre traités. Les insectes témoins ont été maintenus dans les mêmes conditions sans les huiles essentielles et avec seulement de l'acétone. Quatre répétitions ont été effectuées pour chaque traitement. Les taux de mortalité ont été enregistrés 24 h après le traitement et corrigés à l'aide de la formule d'Abbott (1925). Les insectes étaient considérés comme morts lorsqu'aucun mouvement n'était enregistré. Le taux de mortalité est calculé après 24 heures, 48 heures, 72 heures et une 168h.

2.2.3. Evaluation de la toxicité des huiles essentielles par inhalation

La toxicité des huiles essentielles par inhalation a été évaluée contre les adultes *S. granarius* selon une technique précédemment décrite par Abdelgaleilet *al.* (2016). Des bocaux en verre de 1 L ont été utilisés comme des chambres de fumigation. Les huiles essentielles brutes suivant les concentrations 10, 20, 30, 40 et 50 $\mu\text{L/L}$ d'air ont été utilisées dans cette étude. Des papiers filtre ont été découpés en morceaux de 9 mm de diamètre ont été chargés de l'huile essentielle, puis fortement posés sur les dessous des bouchons à vis des bocaux.

L'interne des flacons a été brossé avec de la vaseline pour empêcher la monter des insectes et le contact avec de l'huile essentielle. Un lot de Dix adultes de *S. granarius* a été disposé dans les flacons. Les bouchons contenant le papier filtre traité ont été fortement vissés sur les bocaux. La couverture était bien scellée avec du parafilm pour éviter l'évaporation de huiles essentielles. Les insectes témoins ont été maintenus dans les mêmes conditions avec du papier filtre apposé sans huiles essentielles. Quatre répétitions ont été effectuées pour chaque

traitement. Les taux de mortalité ont été enregistrés après 24 h de traitement et corrigés à l'aide de la formule d'Abbott (1925).

2.2.4. Test in vivo et calcul de la relation temps de mortalité-probabilité de survie

Ce test a été réalisé pour étudier l'effet de la toxicité de l'évaporation des huiles essentielles sur les adultes de *S. granarius*. Nous avons utilisé des boîtes en plastique, chaque bocal contient 1Kg de blé dur. Les traitements des boîtes par les huiles essentielles ont été effectués selon la technique de Moutassem *al.* (2021). Les boîtes contenant le blé ont été contaminées avec un lot de 50 individus de *S. granarius*. Des flacons de 1 ml de volume ont été chargés avec l'huile essentielle brute. Ces flacons sont caractérisés par des bouchons perforés permettant l'évaporation constante et lente des huiles essentielles. Les témoins ont été disposés dans les mêmes conditions sans traitement avec les huiles essentielles. Ces bocaux sont placés à l'étuve réglée à 25 °C pendant 15 jours. Chaque 48h une vérification de l'état des insectes disposés au niveau des boîtes traitées et non traitées. Un calcul de nombre total d'insecte ainsi que le nombre total de mortalité dans chaque traitement.

2.3. Effet des huiles essentielles sur le profil métabolique des insectes traitées

Pour mesurer les protéines, les lipides et la teneur totale en glucides, des insectes adultes ont été traités avec les différentes concentrations des huiles essentielles de *Lavandula latifolia* et *Artemisia herba alba*. Les insectes témoins utilisés dans cette expérience étaient des insectes qui ont subi une mort naturelle. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque analyse.

2.3.1. Dosage des protéines

Pour l'extraction et la quantification des protéines des insectes traités avec les huiles essentielles, la technique de Blue de Coomassie G-250 (100 mg) décrite par Bradford (1976) a été utilisée. Une quantité de 1 g de bleu de Coomassie a été dissoute dans 50 ml d'éthanol (95 %), et 100 ml de l'acide phosphorique à 85 % (p/v). La solution résultante a été diluée à un volume final de 1 L.

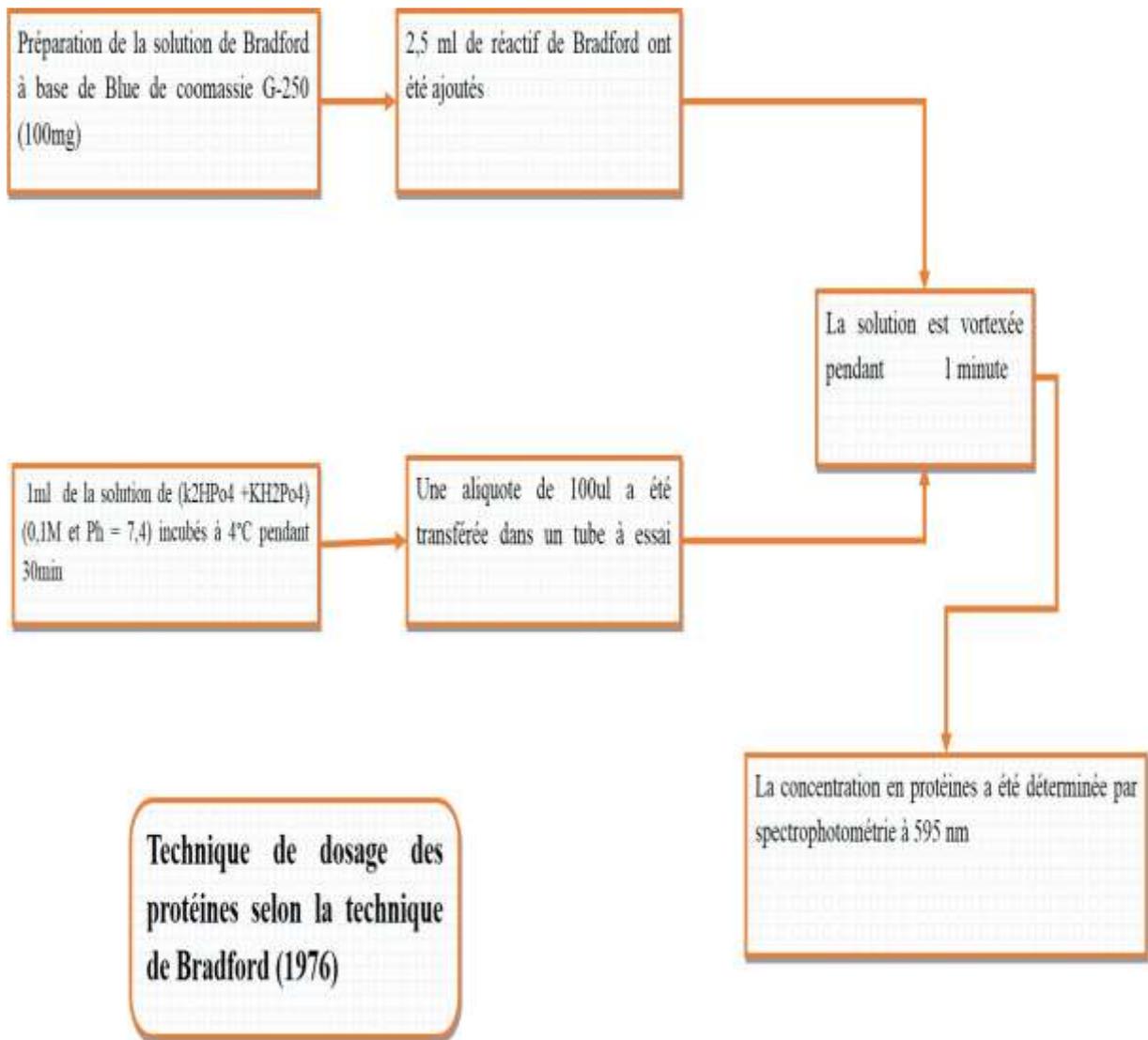


Figure 1. Schéma récapitulatif représente le dosage des protéines selon la technique de Bradford (1976).

Après avoir écrasés les insectes dans 400 μL de la solution Tampon du phosphore $\text{K}_2\text{HPO}_4 + \text{KH}_2\text{PO}_4$ le pH ajusté à 7,4), les échantillons ont été incubés à 4°C pendant 30 minutes pour permettre aux protéines de se dissoudre. Une aliquote de 0,1 ml a été transférée dans un tube à essai de 12×100 mm, 5 ml de réactif de Bradford ont été ajoutés au tube à essai et le contenu a été bien agité avec un agitateur de type vortex. La concentration en protéines a été déterminée par spectrophotométrie à 595 nm. Bozek M, Hanus-Lorenz B, Rybak J. (2017).

Les concentrations de protéines de chaque échantillon ont été déterminées par rapport à une courbe standard construite en utilisant 125, 250, 500, 1 000 et 2 000 μg d'immunoglobuline G bovine (IgG) dissous dans le même tampon que les échantillons. Avant

la lecture, les plaques ont été doucement agitées pendant 5 secondes pour séparer les agrégats de protéines.

2.3.2. Dosage des glucides

Pour l'extraction et la quantification des glucides totaux, les méthodes de la solution d'anthrone décrites précédemment par Van Handel (1985a) et Bozdoğan *et al.* (2016) a été utilisée. La Solution d'anthrone a été préparée par la dissolution de 750 mg d'anthrone dans 150 ml d'eau bi distillée et 380 ml de l'acide sulfurique H₂SO₄ concentré. La solution de sulfate de sodium à 2% (Na₂SO₄) a été préparée par l'addition de 2 g de Na₂SO₄ dans 100 ml de l'eau distillée. La solution d'attaque composée de mélange Chloroforme/Méthanol (1/2) a été préparée par le mélange de 10mL de chloroforme et 20 ml de méthanol. Ce mélange a été disposé dans un flacon bien agités par la suite, hermétiquement scellés et stockés.

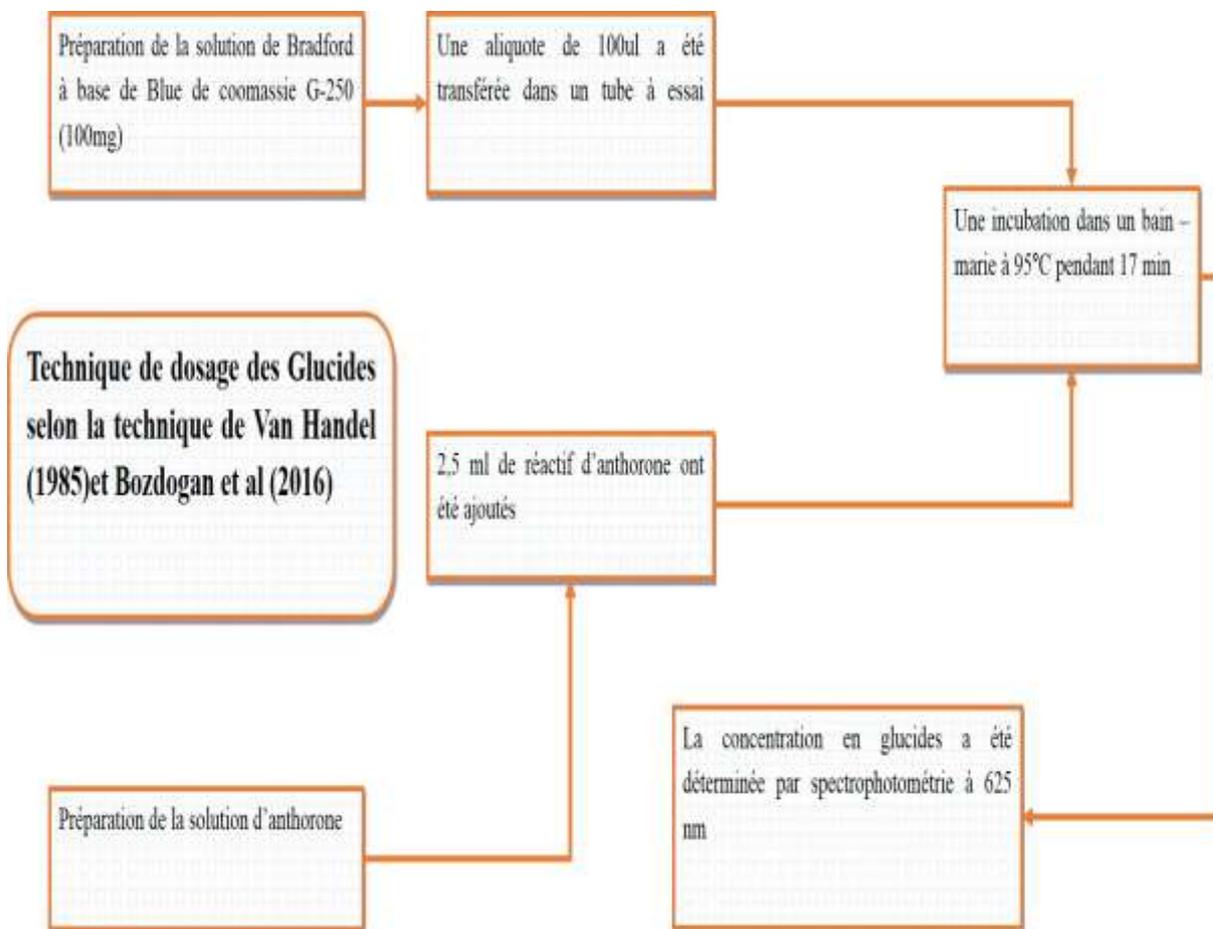


Figure 2. Schéma récapitulatif représente le dosage des glucides selon la technique de Van Handel (1985a) et Bozdoğan *et al.* (2016).

La solution Tampon du phosphore K₂HPO₄+KH₂PO₄ le pH ajusté à 7,4), les échantillons ont été incubés à 4°C pendant 30 minutes pour permettre aux glucides de se dissoudre. Les tubes contenant l'homogénat sont ensuite centrifugés à 4°C pendant 4 min à

6000 × g pendant 10 min. Une aliquote de 100 µL a été transférée dans un nouveau tube de 12 × 75 mm, placés dans un bain marie à 95°C jusqu'à l'évaporation complète de la solution d'attaque.

Les tubes ont été laissés refroidis, puis amendés par 2 ml de réactif anthrone, suivis d'une incubation dans un bain-marie à 95°C pendant 17 min. Les tubes ont ensuite été placés dans un bain de glace à 10 min et la densité optique à 625 nm a été mesurée. Pour les glucides, une courbe d'étalonnage a été générée à l'aide d'une solution d'étalon de glucose (1 g/L). Le blanc était une solution de glucose à 0,5 mg/ml (5 mg de glucose dans 10 ml d'eau distillée). Une série de dilutions a été effectuée pour obtenir les concentrations de glucose suivantes : 10, 20, 40, 60, 80, 100 et 200 µg/ml.

2.3.3. Dosage des lipides

L'effet des huiles essentielles sur les teneurs en lipides des a été déterminé à l'aide des méthodes décrites par Van Handel (1985b) et Plaistow *et al.* (2003).

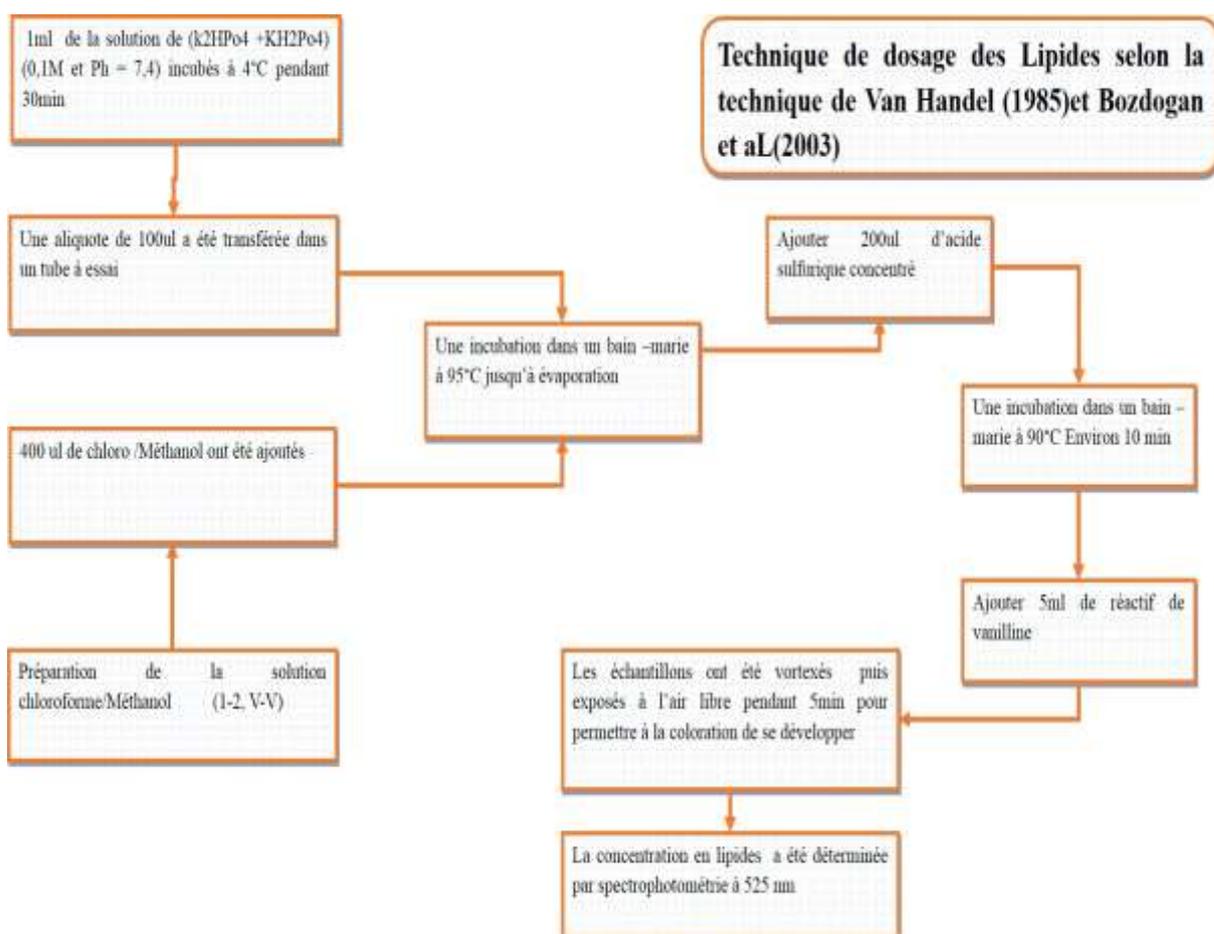


Figure 3. Schéma récapitulatif représente le dosage des lipides selon la technique de Van Handel (1985a) et Bozdoğan *et al.*, (2016)

La préparation de la solution de la Vanilline-acide phosphorique : 600 mg de vanilline ont été dissous dans 100 ml d'eau chaude et 400 ml de 85 % l'acide phosphorique bien agitée et conservé à l'obscurité. Les insectes ont été broyés dans la solution Tampon du phosphore $K_2HPO_4+KH_2PO_4$ le pH ajusté à 7,4), les échantillons ont été incubés à 4°C pendant 30 minutes pour permettre aux lipides de se dissoudre. Le surnageant a été transféré dans un tube propre (16 × 100 mm), qui a été tenu à l'intérieur d'une hotte à 95°C au bain-marie pour permettre au solvant restant de s'évaporer. Ensuite, 200 µL d'acide sulfurique concentré (95 %) ont été ajoutés et le solvant a été laissé s'évaporer à 90 °C pendant environ 10 min.

L'échantillon a été retiré du bain marie, laissé refroidir, et 5 ml de réactif vanilline ont été ajoutés. Les échantillons ont été vortexés puis exposés à l'air libre pendant 5 minutes pour permettre à la coloration de se développer. La densité optique de chaque échantillon a été mesurée à 525 nm lue après 25 minutes. La concentration en lipides pour chaque échantillon a été déterminée par rapport à une courbe standard construite en utilisant 25, 50, 100, 200, 400, 800 et 1200 µg d'huile végétale commerciale.

3. Expression des résultats

3.1. Calcul de la mortalité corrigée

Les taux de mortalités (TM) ont été exprimés selon la formule d'Abbott (1925) en mortalités corrigées (MC%), tenant compte des mortalités naturelles observées dans les boîtes témoins (Mt) selon la formule suivante :

$$MC\% = ((M - Mt) * 100) / (100 - Mt)$$

MC: la mortalité corrigée.

M: pourcentage de morts dans la population traitée.

Mt : pourcentage de morts dans la population témoin

3.2. Détermination de la DL₅₀

L'efficacité d'un toxique se mesure par sa DL₅₀ qui représente la dose conduisant à la mort de 50% des individus **d'un même lot**. La méthode de Finney (2009) et Ndomo (1971) basée sur la régression des probités des mortalités en fonction des logarithmes des doses d'huile essentielle a permis de déterminer la DL₅₀.

3.3. Analyse statistiques

Le modèle Général linéaire (G.L.M) a été utilisé pour analyser les valeurs de la mortalité corrigées (MC%) et la quantification des biomarqueurs énergétiques. Le MC% a été soumis à une analyse de probité pour obtenir des valeurs de DL_{50} avec leurs limites de confiance. Les données corrigées de la mortalité et des biomarqueurs énergétiques des insectes pour les tests de contact et de fumigation ont été soumises séparément à une analyse factorielle de la variance (ANOVA). La comparaison des moyennes a été effectuée à l'aide du test post hoc de Tukey au niveau de probabilité de 5 %.

Les données des essais biologiques temps-mortalité (survie) ont été soumises à une analyse de survie non paramétrique à l'aide d'estimateurs de Kaplan-Meier pour obtenir les courbes de survie et les estimations du temps de survie médian (LT_{50}). Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel statistique R Studio 1.2.5019-R version 3.6.1.

Chapitre II : Résultats et discussion

1. Résultats.

1.1 Effet répulsif des huiles essentielles sur la population de *S. granarius*

L'analyse de la variance ANOVA a montré un effet très hautement significatif de l'huile essentielle, la dose et l'interaction entre les deux facteurs sur l'effet répulsif des huiles essentielles sur les adultes de *S. granarius* (Tableau 2). Les résultats obtenus montrent que les deux huiles essentielles ont un effet répulsif très remarquable qui varie avec la variation de l'huile essentielle ($P=0,000$) et la dose ($P=0,000$). Toutefois, l'huile essentielle d'*A. herba alba* est la plus répulsive comparée à celle de *L. latifolia* (Figure 4).

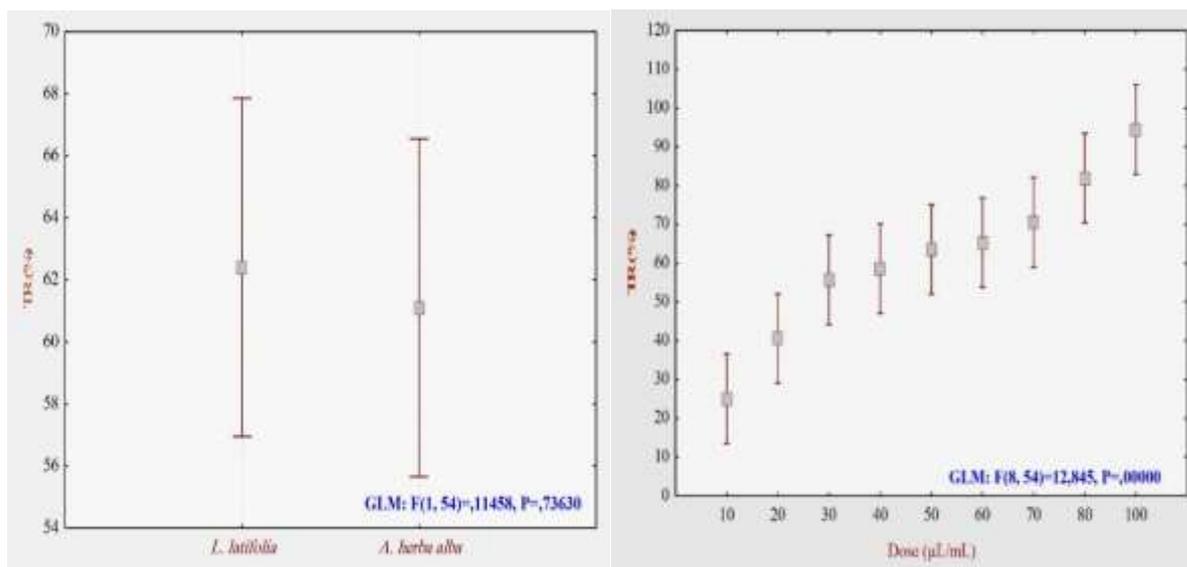


Figure 4. Effet comparé de l'effet répulsif des huiles essentielles d'*A. Herba alba* et *L. latifolia* et leurs doses sur les adultes de *S. granarius* par contact.

Tableau 2. Effets répulsifs sur les adultes de *S. granarius* exposés aux formulations des huiles essentielles de d'*A. herba alba* et de *L. latifolia*. Les résultats représentent la Moyenne ± erreur standard. Les lettres a, b indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$).

Dose(µL)	Effet répulsif (%)	classe	Effet répulsif (%)	classe
10	16,66±09,62 ^e	Classe I	33,33±0,00 ^{de}	Class II
20	43,75±10,41 ^{cde}	Classe III	37,5±21,65 ^{cde}	Class II
30	66,071±5,15 ^{abcd}	Classe IV	45,23±6,87 ^{cde}	Classe III
40	66,07±05,15 ^{abcd}	Classe IV	51,18±5,95 ^{bcd}	Classe III
50	73,01±9,16 ^{abc}	Classe V	54,16±12,02 ^{bcd}	Classe III
60	66,07±5,15 ^{abcd}	Classe IV	64,58±10,41 ^{abcd}	Classe V
70	66,07±5,15 ^{abcd}	Classe IV	75,00±,0,00 ^{abc}	Classe V
80	75,00±0,00 ^{abc}	Classe V	88,88±,0,00 ^{ab}	Classe V
100	88,88±0,00 ^{ab}	Classe V	100,00±0,00 ^a	Classe V

L'effet répulsif de données a indiqué que la répulsion des huiles essentielles est dose dépendante elle augmente avec l'augmentation de la dose pour les deux huiles essentielles. Néanmoins, l'huile essentielle d'*A. Herba alba* et de *L. latifolia* ont produit des taux de répulsion variables entre 16.66 jusqu'à 88.88% et entre 33.33 jusqu'à 100 sur la population de *S. granarius*, respectivement.

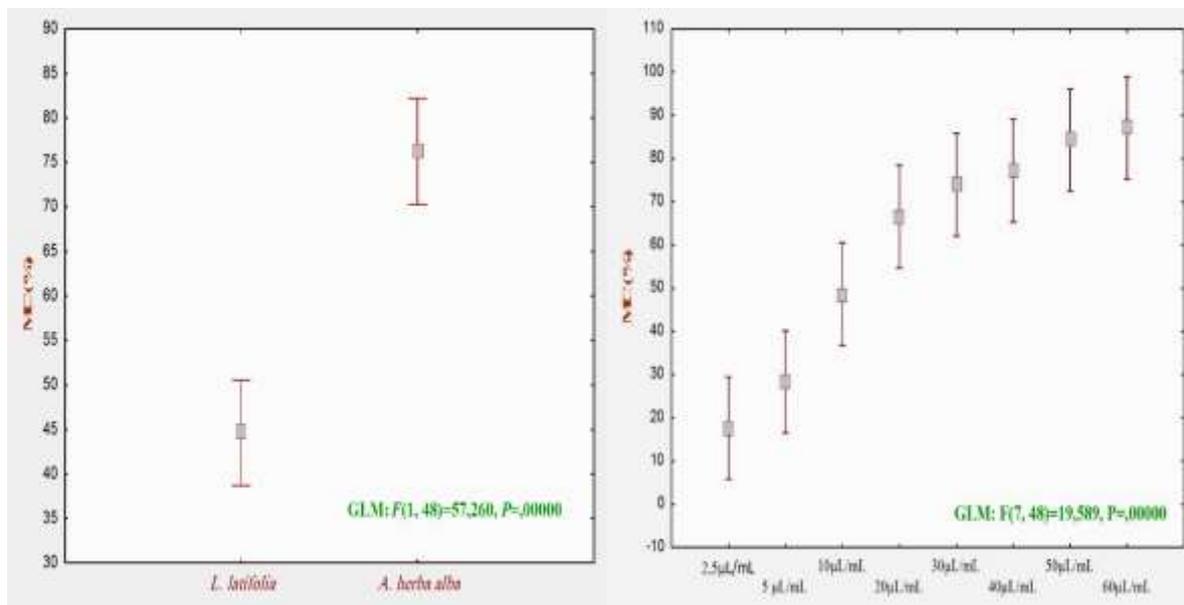


Figure 5. Effet comparé de l'efficacité des huiles essentielles d'*A. herba alba* et *L. latifolia* et leurs doses sur les adultes de *S. granarius* par contact.

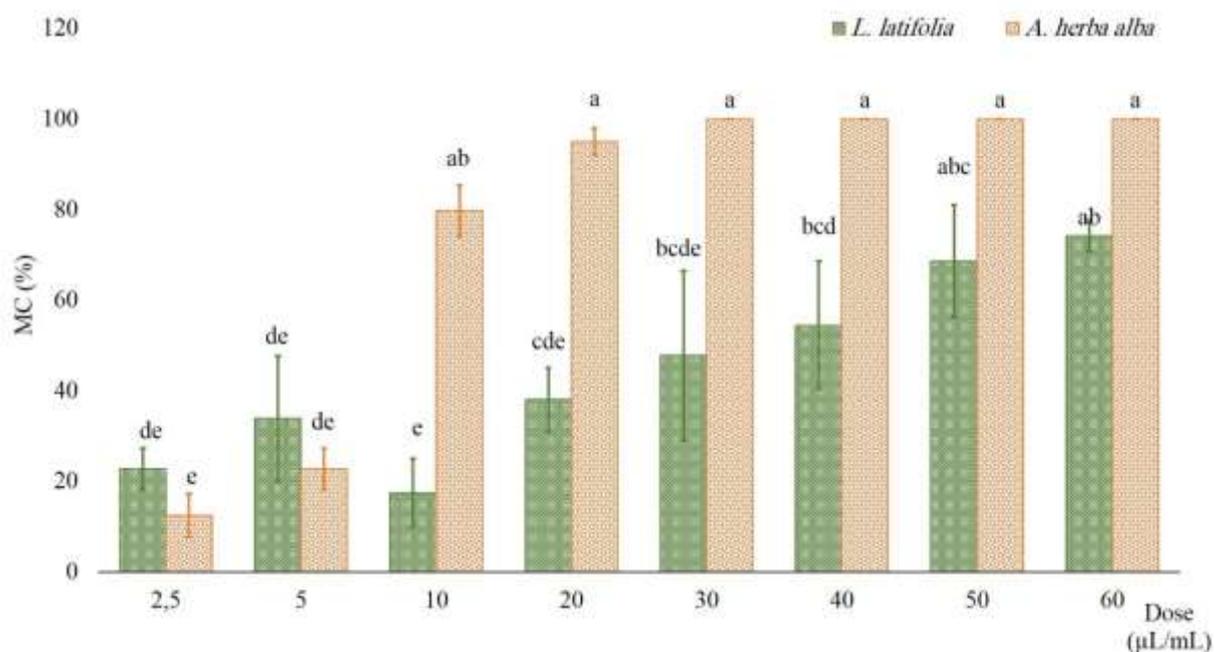


Figure 6. Variation des taux de mortalité corrigée chez les adultes de *S. granarius* exposés aux différentes doses des huiles essentielles d'*A. Herba alba* et *L. latifolia* par contact. Les résultats représentent la Moyenne \pm erreur standard. Les lettres a, b, indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$).

1.2. Effet toxique des huiles essentielles sur les adultes de *S. granarius* par contact direct

L'analyse de la variance ANOVA effectuée par le modèle GLM révèle une différence très hautement significative de l'huile essentielle ($F=76,9$, $P \leq 0.001$), la dose ($F=3.8$, $P \leq 0.00001$) et l'interaction entre les deux ($F=148.9$, $P \leq 0.003$). Bien que, l'efficacité des huiles essentielles est dose dépendante, elle augmente avec l'augmentation de la concentration (Figure 5). La dose de 60 $\mu\text{L}/\text{mL}$ est la plus efficace et la dose de 2.5 $\mu\text{L}/\text{mL}$ est la faiblement efficace. A cet effet, l'huile essentielle d'*A. herba alba* avec les doses 50 et 60 $\mu\text{L}/\text{mL}$ est les plus efficaces (Figure 6).

Les résultats affichés dans la figure exposent également un effet insecticide très remarquable de la formulation d'*A. Herba alba* contre les adultes de *S. granarius* qui varie entre 10 et 100 %. Cependant, l'effet insecticide le plus élevé a été noté chez les individus testés avec les concentrations 30, 50 et 60 μL avec des taux de MC% environ 79.66, 100 et 100%, respectivement. Par contre, le plus faible effet insecticide a été remarqué chez les individus traités avec la concentration 2.5 μL , dont la MC% enregistrée est de 10%. Par ailleurs, l'huile essentielle de *L. latifolia* a montré des taux de MC% très remarquable, qui varient entre 5 et 79.66%, alors que, les concentrations de 50 et 60 $\mu\text{L}/\text{mL}$ sont les plus efficaces avec des taux de MC% environ 69.16 et 79.44%.

1.3. Effet toxique des huiles essentielles sur les adultes de *S. granarius* par inhalation

L'examen des expériences effectuées sur le stade adulte de *S. granarius* a dénué que les formulations des huiles essentielles ($F=57.26$, $P \leq 0.000$), les concentrations ($F=19.59$, $P \leq 0.001$) ainsi l'interaction entre les deux ($F=5.95$, $P \leq 0.001$) ont un effet très hautement significatif sur le taux de mortalité de la population de *S. granarius* traitée par inhalation (Figure 5).

En général, l'effet insecticide a exposé différentes intensités, bien que le taux de MC% est variable en fonction l'huile essentielle et la concentration. Les données de la Figure 6 indiquent la sensibilité de stade adulte aux huiles essentielles d'*A. herba alba* en comparaison avec celle de *L. latifolia*. Cette formulation expose un taux de mortalité qui varie entre 12.5 et 100%, sachant que les concentrations 30, 40, 50 et 60 ont provoquées un taux de mortalité total. Ces mêmes concentrations des formulations de *L. atifolia* ont montré des taux de MC% 47.74 ; 54.44 ; .68.61 et 74.16 %, respectivement. Cela, présente que l'huile essentielle de *L. latifolia* est moins efficace en comparant avec l'huile essentielle d'*A. herba alba*. Par ailleurs,

le taux de mortalité augmente avec l'augmentation de la concentration dans les deux traitements.

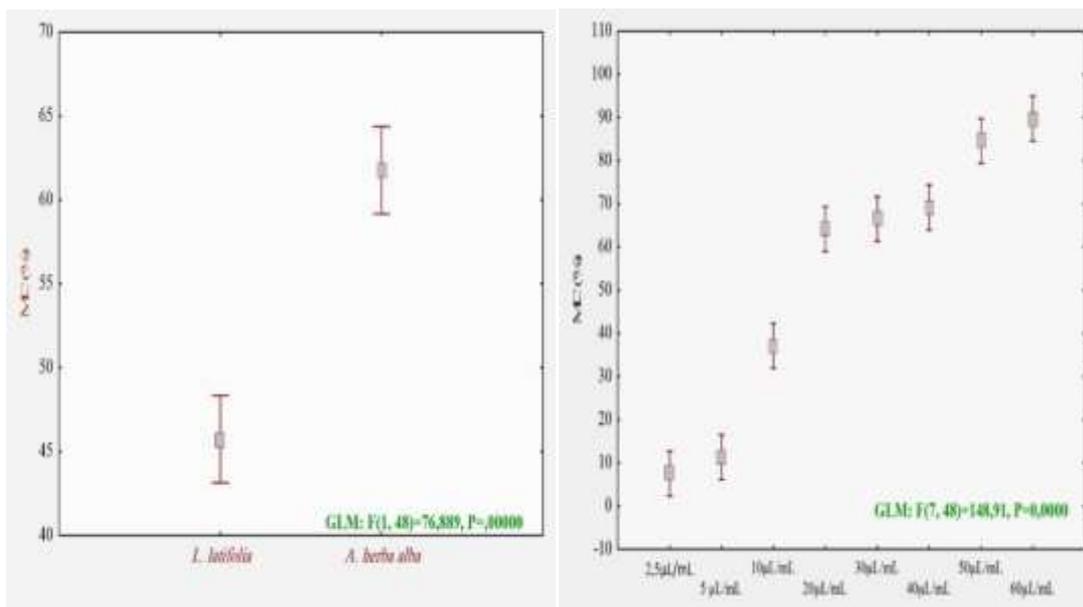


Figure 7. Effet comparé de l'efficacité des huiles essentielles d'*A. herba alba* et *L. latifolia* et leurs doses sur les adultes de *S. granarius* par t.

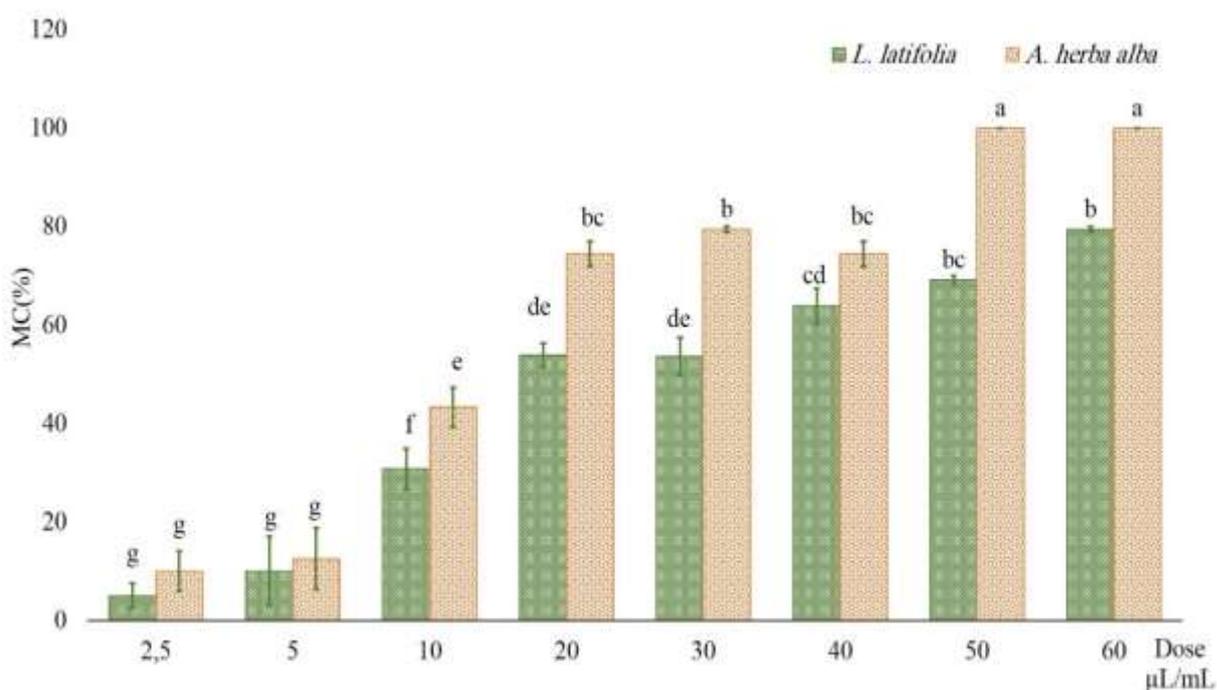


Figure 8. Variation des taux de mortalité corrigée chez les adultes de *S. granarius* exposés aux différentes doses des formulations des huiles essentielles d'*A. herba alba* et *L. latifolia* par contact. Les résultats représentent la Moyenne ± erreur standard. Les lettres a, b, indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$).

1.4. Détermination de la DL₅₀

L'examen des valeurs des DL₅₀ des deux formulations révèle que l'huile essentielle d'*A. herba alba*, est la plus efficace par inhalation et par contact direct. Pour le test par inhalation, les huiles essentielles de *A. herba alba* et *L. latifolia* ont provoqué des DL₅₀ de l'ordre de 9.93 et 20.7 µL/L air sur le stade adulte de *S. granarius*. Cependant elles sont de l'ordre de 10.8 et 31.98µL/MI par contact direct, respectivement (Figure 9).

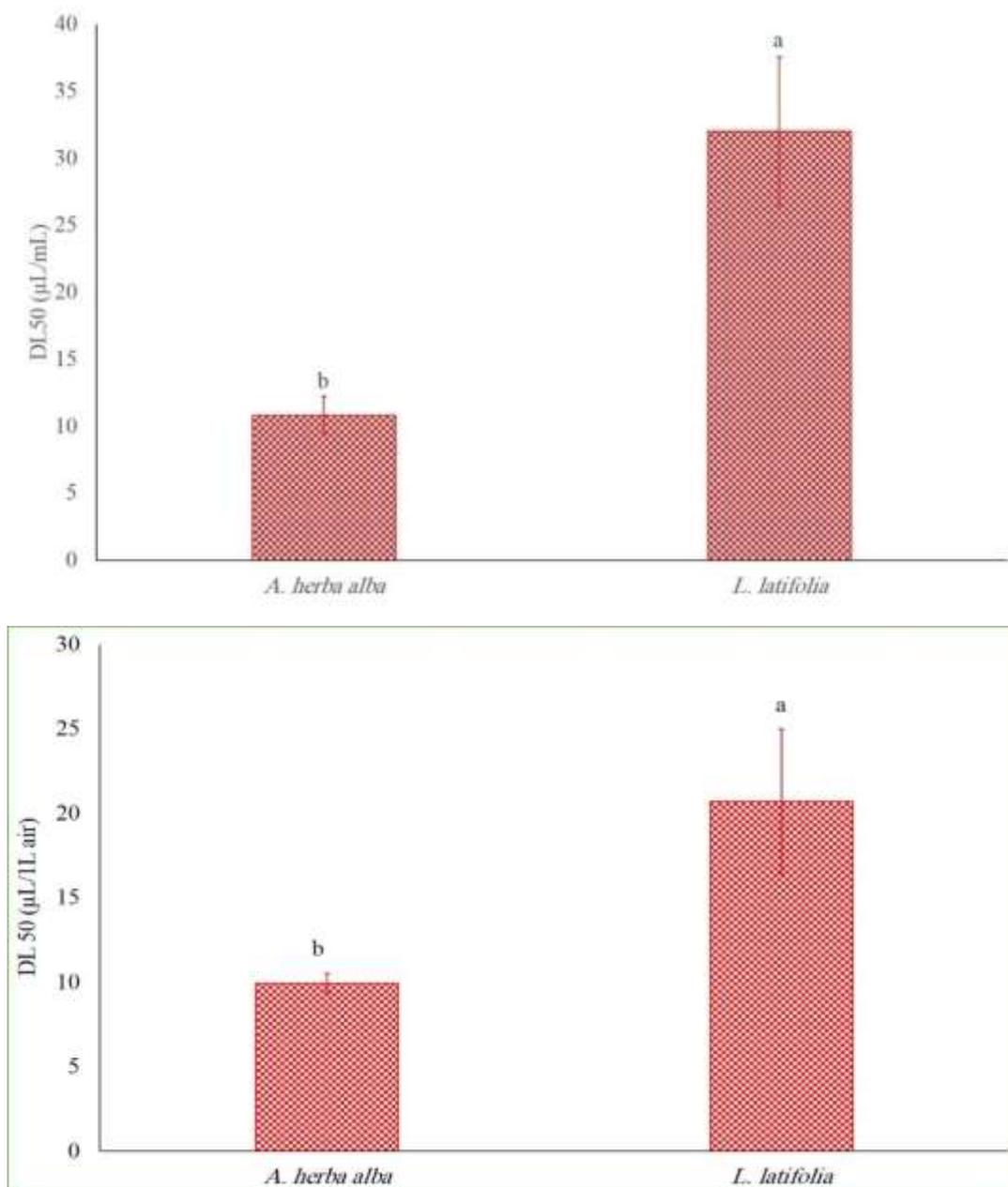


Figure 9. Résultats de la DL₅₀ des huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba* par contact et par inhalation sur les adultes de *S. granarius*. Les résultats représentent la Moyenne ± erreur standard. Les lettres a, b....indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$)

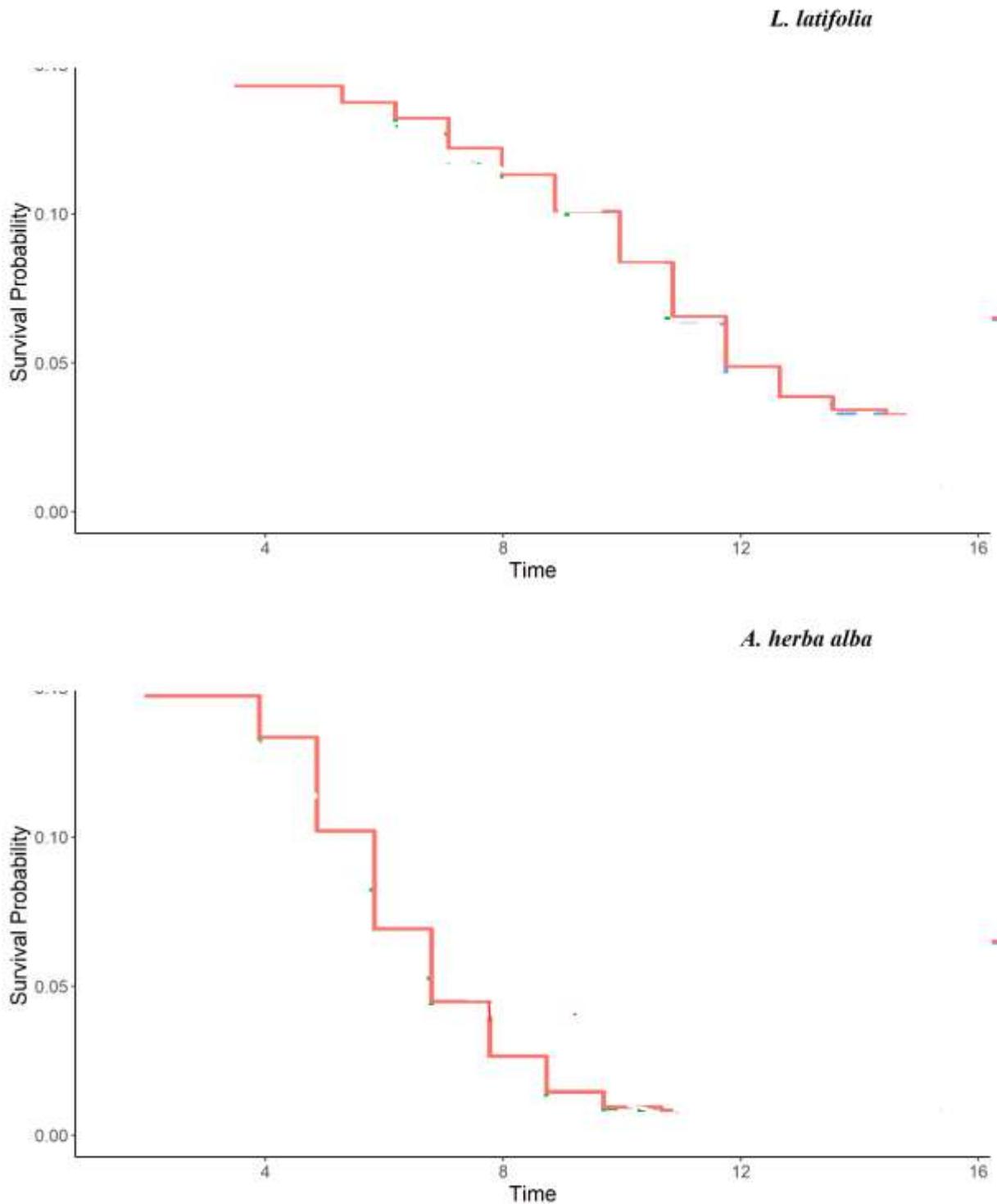


Figure 10. Courbes de la probabilité de survie des adultes de *S. granarius* exposés à l'huile essentielle d'*A. herba alba* et *L. latifolia*, estimées à l'aide du test du log-rank de Kaplan-Meier. LT_{50} pour les individus de *S. granarius* traités avec les huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba* *in vivo*.

En parallèle, les valeurs enregistrées par contact direct sont de l'ordre de 3.44 et 5.01 $\mu\text{L}/\text{ml}$ pour le stade larvaire et de 2.74 et 2.08 $\mu\text{L}/\text{L}$ air, pour le stade adulte, respectivement.

1.5. Test *in vivo* et relations Temps – mortalité

Dans les tests *in vivo*, le taux de survie a été déterminé pendant 20 jours après l'exposition des individus de *S. granarius* aux huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba*. La probabilité de survie est varié significativement en fonction l'huile essentielle (test du log-rank, $\chi^2= 172.9$, $df = 2$; $P<0,0001^{***}$). Les résultats obtenus montrent que la probabilité de survie de *S. granarius* a diminué de 100 % jusqu'à 3.33 % avec l'huile essentielle d'*A. herba alba* et de 23 % avec celle *L. latifolia*. Cependant, les temps de survie moyens (LT_{50}) de la population de *S. granarius* traitées avec l'huile essentielle de *L. latifolia* et *A. herba alba* étaient de 12 et 7.11 jours, respectivement .

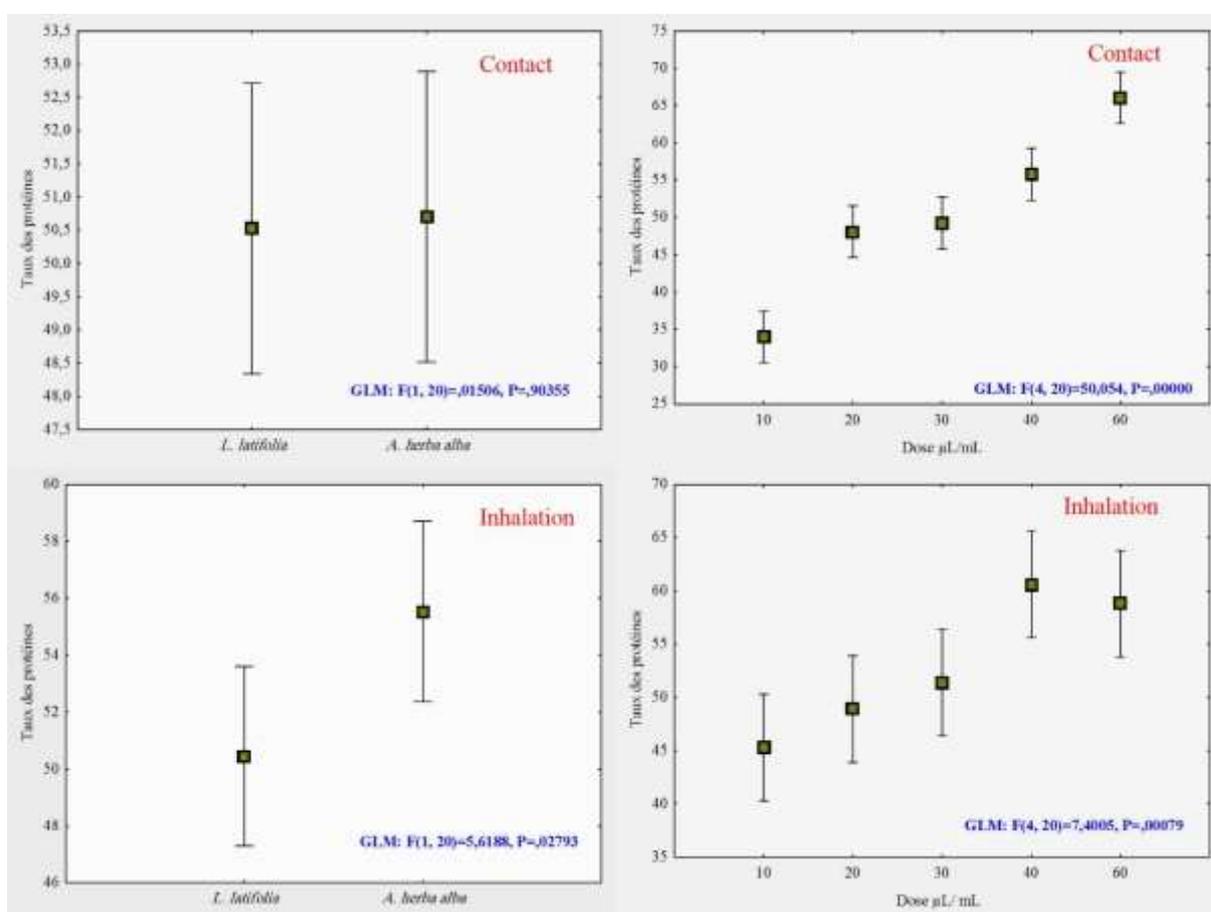


Figure 11. Effet comparé de l'huile essentielle et la dose sur le taux des protéines, des lipides et des glucides chez les adultes de *S. granarius* traités par les différentes concentrations des huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba*.

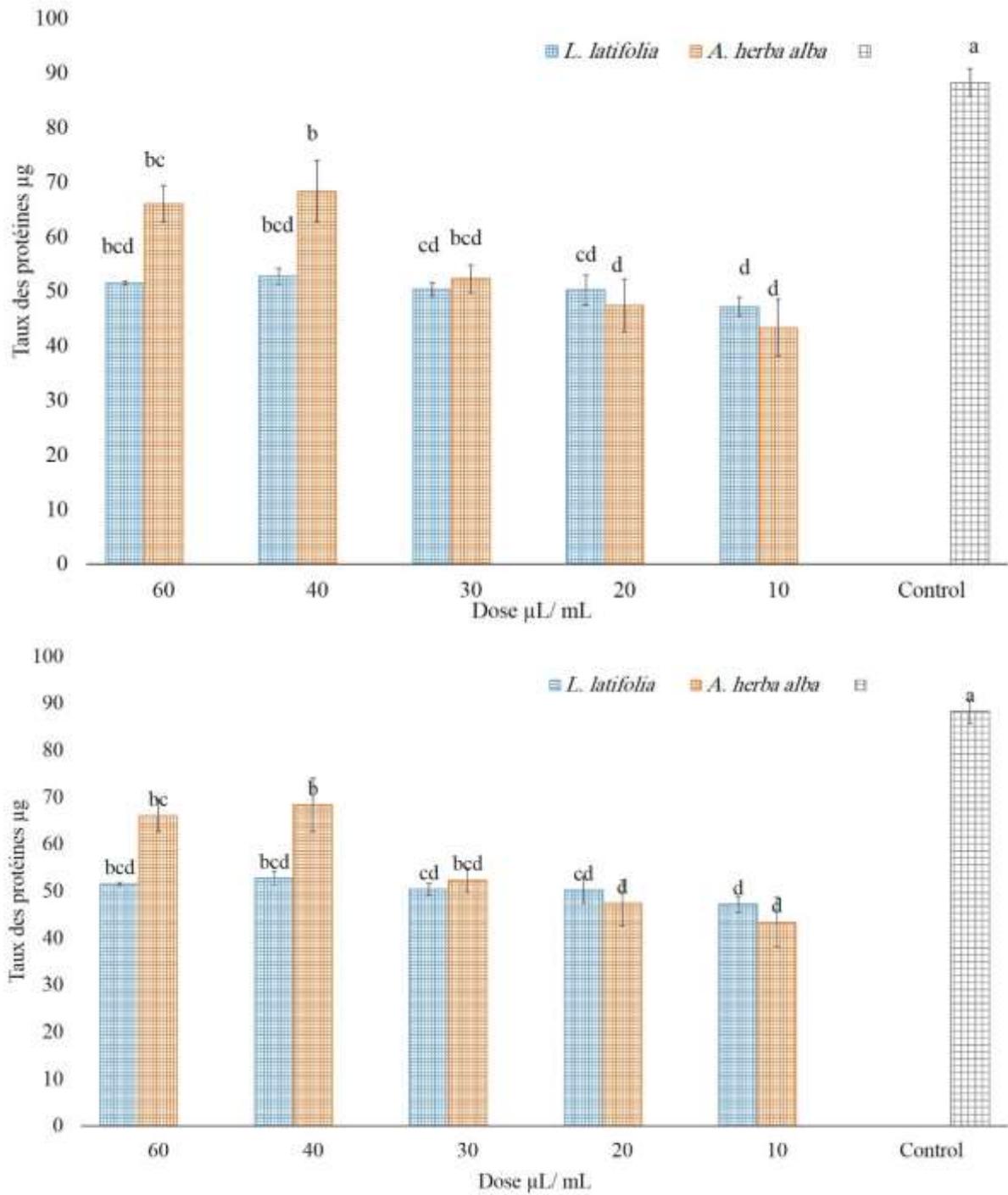


Figure 12. Variation des taux de des protéines chez les adultes de *S. granarius* exposés aux huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba* par contact et par inhalation. Les résultats représentent la moyenne ± erreur standard. Les lettres a, b... indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$).

2. Variation quantitative des réserves énergétiques chez les adultes de *S. granarius* traités par les huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba*

2.1. Effet sur le taux des protéines

L'analyse de données affichées sur la figure 12 expose une diminution significative des teneurs en protéines chez les individus de *S. granarius* traités avec les deux formulations et avec toutes les concentrations dans les traitements par contact et par inhalation. Chez les adultes, une diminution qui s'étale entre 41,06 à 71.36% pour les traitements par inhalation avec l'huile de *A. herba alba* et entre 39,39 à 51,56% avec l'huile de *L. latifolia*

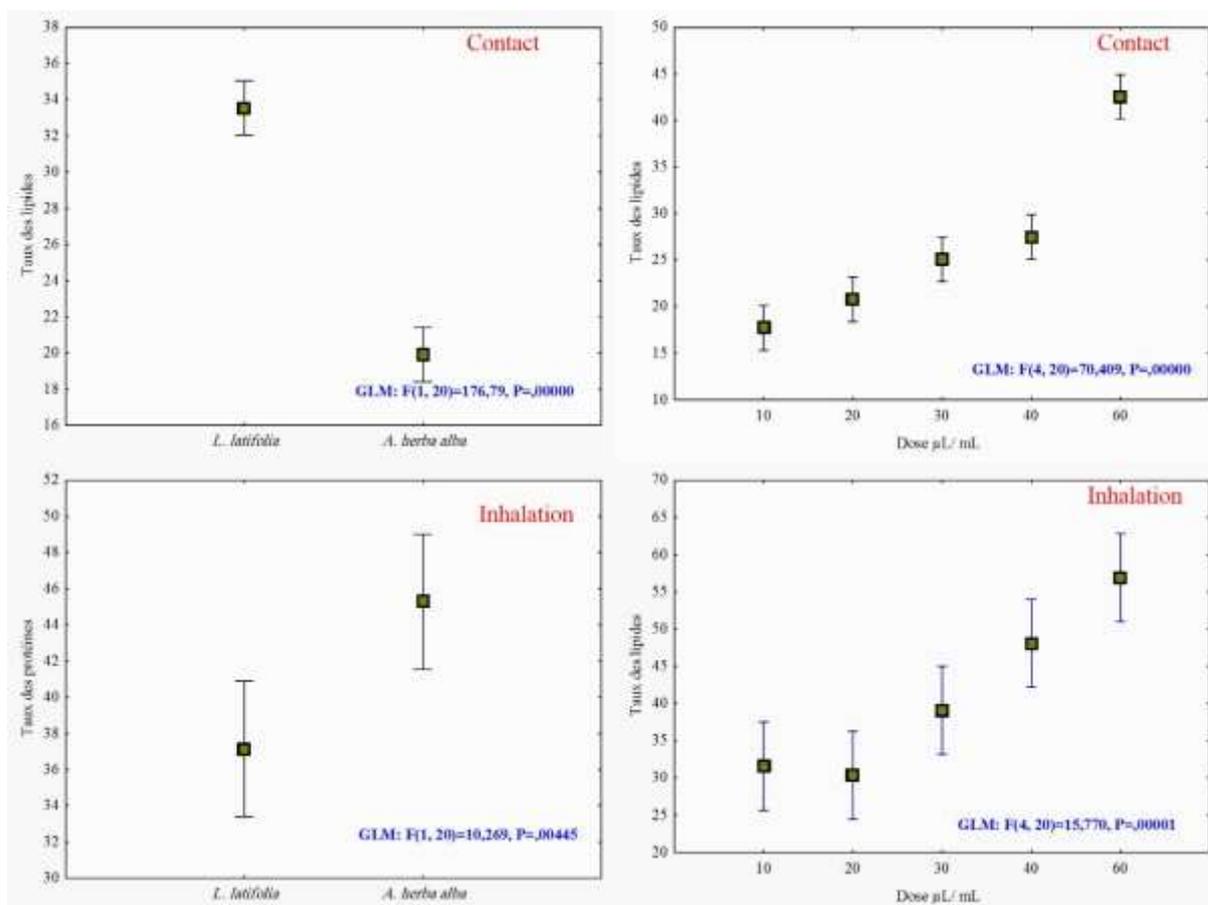


Figure 13. Effet comparé de l'huile essentielle et la dose sur le taux des lipides chez les adultes *S. granarius* traités par les huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba*.

Les traitements par contact ont suivies la même tendance que le traitement par inhalation. L'analyse de données affichées sur la figure 13 indique une diminution significative des teneurs en protéines chez les adultes de *s. granarius* traités par contact avec l'huile essentielle de *L. latifolia* de *A. herba alba*. Cette diminution est variable entre 79.09 à 71.36% avec les traitements par *A. herba alba*. et entre 43.78 et 56.96% avec ceux de *L. Latifolia*.

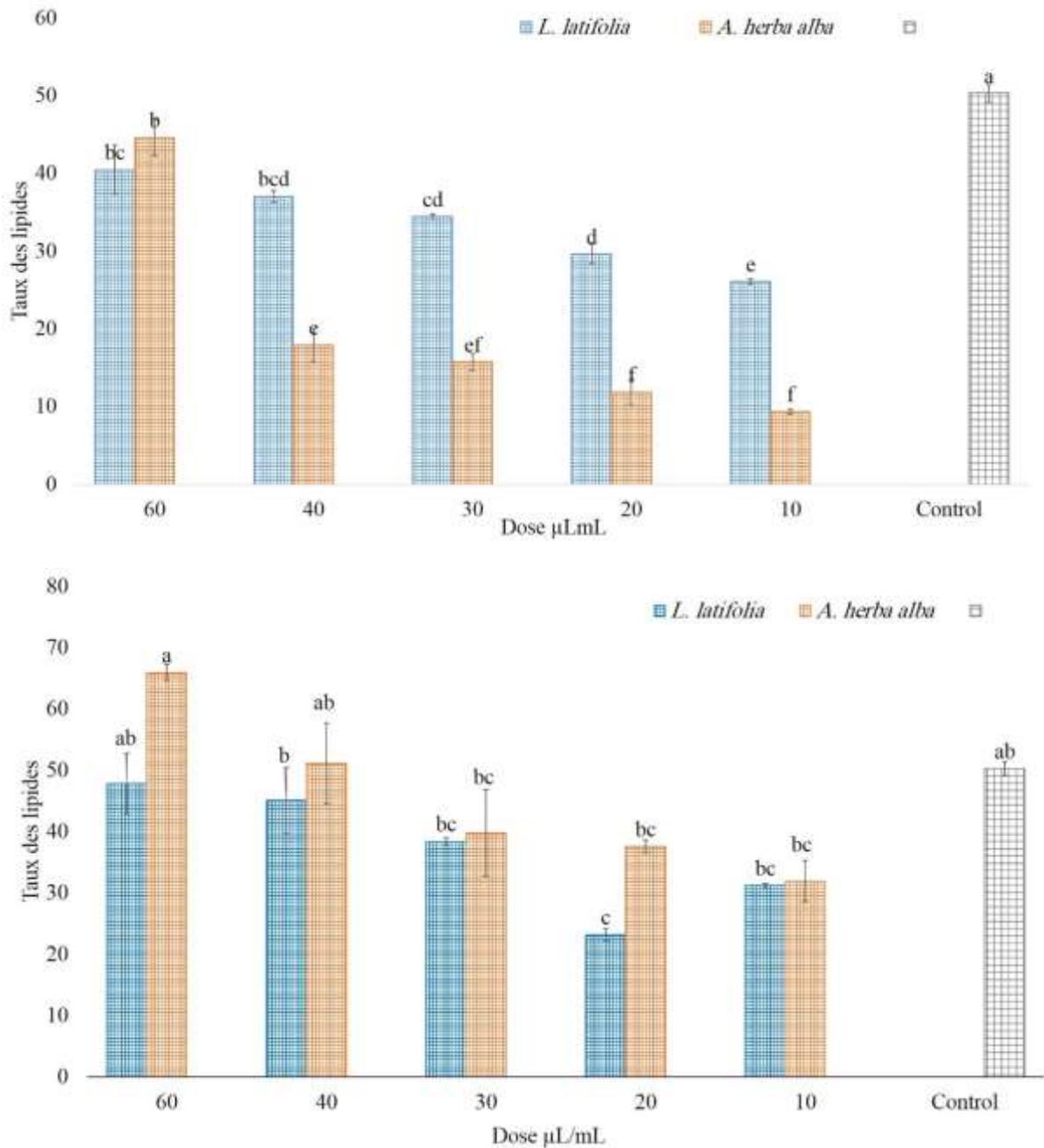


Figure 14. Variation des taux de des lipides chez les adultes et larves de *S. granarius* exposés aux huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba* par contact et par inhalation. Les résultats représentent la moyenne± erreur standard. Les lettres a, b indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$).

2.2. Effet sur les lipides

Les teneurs en lipides ont été diminués significativement chez les individus de *S. granarius* traités par inhalation avec les deux formulations des huiles essentielles (Figure 14). Chez les adultes traités par inhalation avec la formulation de *A. herba alba* la diminution est variée entre 9.35 à 44,61%, chez les adultes traités avec la formulation de *L. latifolia* la diminution est varié entre 26,10 à 47.48 %, bien que cette diminution est variable entre 49.06 à 50% exhibent une baisse considérable dans les teneurs en lipides .

Pour les traitements par contact, une diminution des teneurs en lipides a été constatée chez les adultes traitées avec les formulations de *L. latifolia* qui varié entre 31,2 à 47.86 % respectivement. La diminution est plus supérieure dans les teneurs en lipides chez les adultes traités avec la formulation de *A. herba alba* qui s’allonge entre 31,94 à 65,93% respectivement.

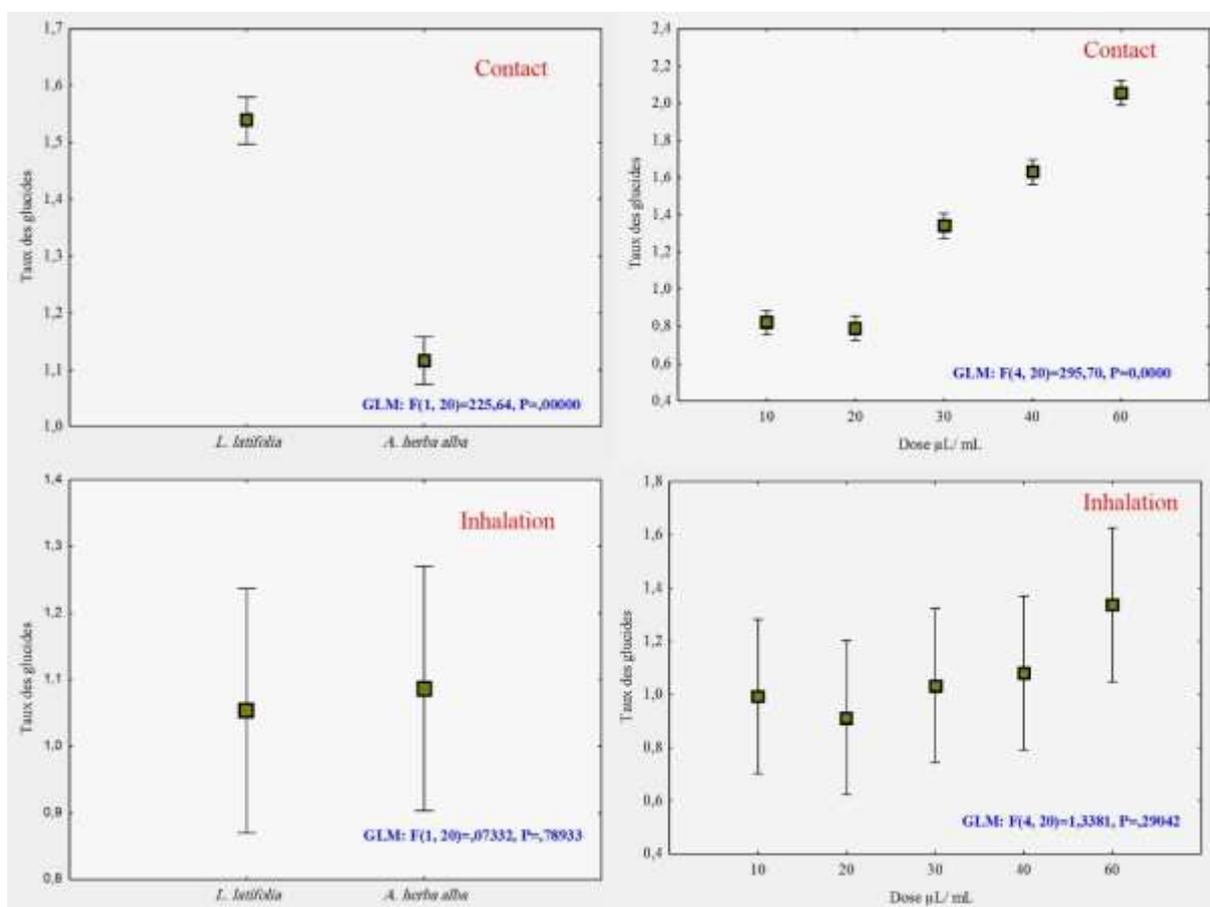


Figure 15. Effet comparé de l’huile essentielle et la dose sur le taux des glucides chez les adultes de *S. granarius* traités par les huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba*.

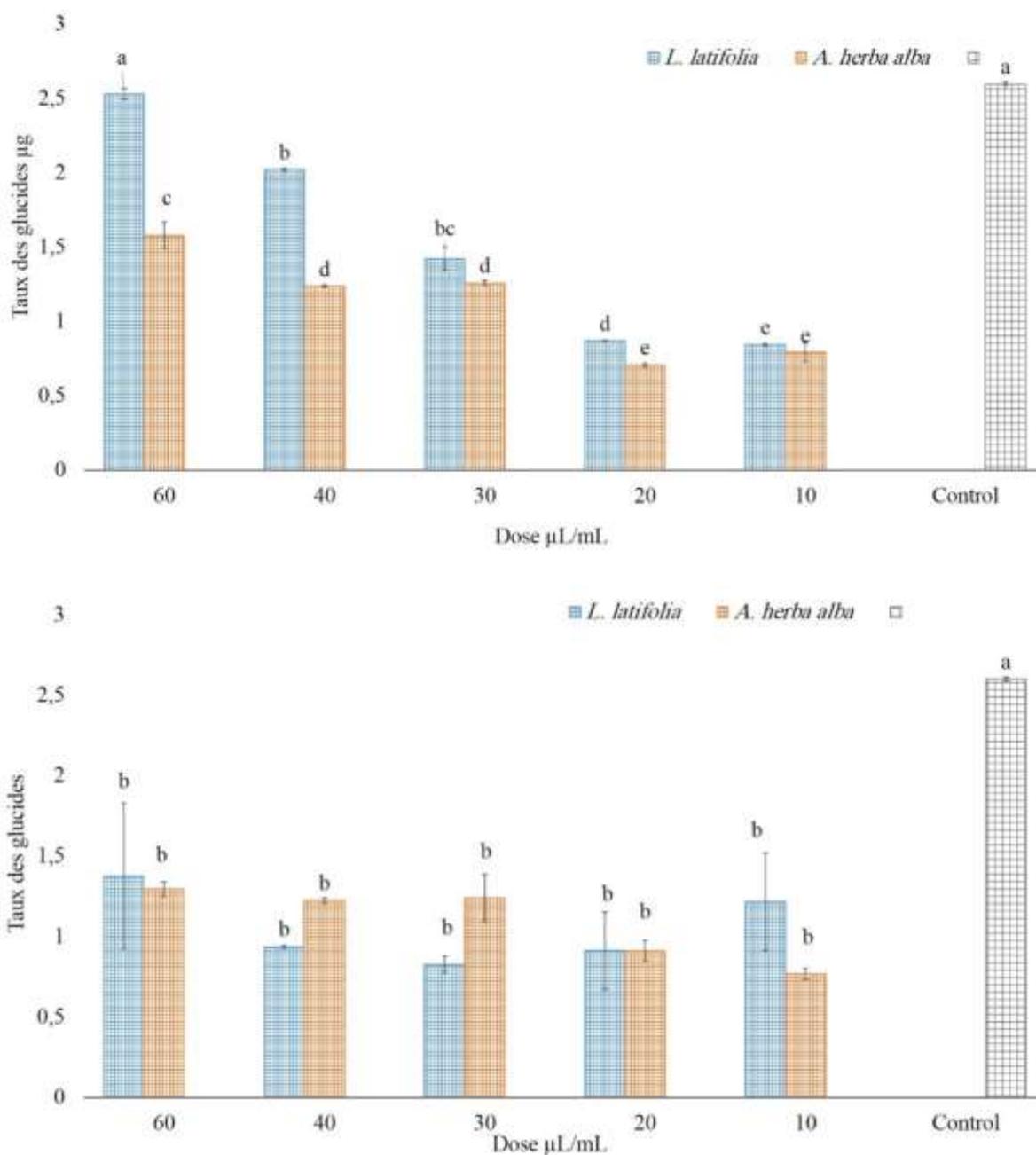


Figure 16. Variation des taux de des glucides chez les adultes de *S. granarius* traités avec les huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba* par contact et par inhalation. Les résultats représentent la moyenne \pm erreur standard. Les lettres a, b...indiquent la différence significative à une probabilité ($p \leq 0.05$).

2.3. Effet sur les glucides

Les teneurs glucidiques chez les adultes de *S. granarius* traités avec les formulations de l'huile essentielle de *L. latifolia* à la concentration 125 est égale au témoin. Par ailleurs, les traitements par les doses 100, 75 et 50 ont montré une diminution très importante qui varie

entre 45.30 jusqu'à 66.33%. Par ailleurs, les individus traités par la formulation de *S. granarius* enregistré une diminution des teneurs glucidiques de 66.14 à 79.16 % (Figure 16).

Par ailleurs, les traitements par contact de la même population par les deux formations ont enregistré une diminution des teneurs glucidiques chez les adultes traités par la formulation de *A. herba alba* avec des pourcentages variables entre 64.28 et 66.17 %. Cependant, les individus traités par la formulation de *L. latifolia* montrent un taux de réduction variable entre 67% à 88.20%.

2. Discussion

L'utilisation massive des insecticides chimiques a conduit à beaucoup de conséquences négatives telles que, l'apparition des souches résistantes aux insecticides, nocivité sur la faune auxiliaire, problèmes de résidu, pollution environnemental ayant pour résultat l'attention croissante étant donnée aux produits naturels (Isman, 2005). Les plantes peuvent fournir des solutions potentielles aux agents actuellement utilisés contre les insectes. Elles forment une source riche en produits biologiquement actifs. Beaucoup d'efforts ont été donc concentrés sur les dérivés des plantes pour les produits potentiellement utiles en tant qu'agents commerciaux de lutte contre les insectes nuisibles (Kim et al., 2003). Les plantes aromatiques sont parmi les bio-insecticides les plus efficaces d'origine botanique et les huiles essentielles constituent souvent la fraction bioactive la plus importante (Shaaya et al., 1997).

Les résultats de cette étude indiquent que les deux huiles essentielles ont une activité répulsive et insecticide très prononcés avec des taux variables selon l'huile essentielle, la dose ainsi que le mode d'application. L'huile essentielle formulée à base de *A. herba alba* est avérée la plus efficace comparée avec l'huile de *L. latifolia*. Nos résultats indiquent la sensibilité de insectes cibles au mode contact mieux que le mode inhalation. Bien que l'efficacité insecticide est dose dépendantes pour les deux huiles essentielles, elle augmente avec l'augmentation de la concentration.

L'effet insecticide des huiles essentielles par contact et par inhalation a été bien démontré contre les déprédateurs des denrées entreposées. De nombreuses recherches ont porté sur l'amélioration des formes d'utilisation des plantes qui permettent de renforcer et de rentabiliser leur activité insecticide (Isman, 1994).

Le pouvoir répulsif et insecticide et les différences observées dans la toxicité des huiles essentielles soit par contact direct au par inhalation sont attribuées à sa composition et sa richesse en composés bioactifs d'une part et de leurs variabilités en fonction des espèces végétales d'autre part. Il est cependant clair qu'elles interviennent directement sur la morphologie ou la physiologie de l'organisme nuisible. Nos résultats sont analogues à ceux

abstenus par plusieurs chercheurs sur la même espèce et mêmes d'autres espèces ravageuses (Kordali *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2010; Kordali *et al.*, 2012; Ziaee *et al.*, 2014; Germinara *et al.*, 2015 ; Plata -Rueda *et al.*, 2018; Plata-Rueda *et al.*,2020; Gong et Ren 2020; Teke et Mutlu 2020).

L'efficacité des huiles essentielles contre les insectes en général et *S. granarius* en particulier est principalement due à sa composition chargée par des constituants caractérisés par leurs activités insecticides et répulsives. Alors que, les différences observées dans l'efficacité sont attribués aux différents composés bioactifs et à leur variabilité, en fonction l'espèce végétale d'origine. La littérature a confirmé que plusieurs composés chimiques ayant un large spectre d'effets répulsifs et toxiques, notamment les phénols (1,8 cinéole et carvacrol), les alcools (α -terpinéol, terpinen-4-ol et linalol), les aldéhydes, les cétones (camphre et citronellal) et les hydrocarbures monoterpéniques (camphène, α -pinène et p-cimène) (Prates *et al.*,1998; Kim *et al.*,2010; Oliveira *et al.*,2018; Gong et Ren 2020; Plata-Rueda *et al.*,2020) .

D'après les analyses GC-MS effectuée par Moutassem *et al.* (2019), les cétones terpéniques dominant les autres composés de l'HE d'A. herba alba avec une fréquence de 60.68%. Plus de 30 éléments ont été identifiés et les principaux constituants sont le camphre (24.6%), chrysanthénone (14.6%), chrysanthénone isomère (4.99%), 1,8-cinéole (4.48%), α -thuyone (3.78%), β -thuyone (3.98%) et camphène (2.7%). Il a déjà été rapporté que ces composés exercent des activités répulsives et toxiques contre les ravageurs des denrées stockés, en particulier sur *S. granarius* (Zoubiri et Baaliouamer, 2012; Kim et al., 2010 ; Malacrinò *et al.*, 2016 ; Oliveira *et al.*, 2018 ; Chen *et al.*, 2018 ; Benelli *et al.*, 2019 b; Plata-Rueda *et al.*, 2020; Abouelatta *et al.*, 2020). Cependant, la présence des composés mineures pourrait également jouer un rôle aussi déterminant dans les activités répulsives et insecticides (Ehawa Essoung et al., 2020).

Autrement, d'autres travaux effectués par Barocelli et al. (2004) ont montré que la lavande *L. latifolia* est très riche en linalool (33.44%) and linalylacetate (36.15%) et d'autre composés avec des degrés faible tels que Camphor (7.6%), 4 Terpinol (3.0%) et 1,8-Cineole (5.2%). Les résultats de l'analyse de profil chimique de l'huile essentielle de *L. latifolia* par A la trache et al (2007) montrent un total de 40 composés identifiés, le principal composant étant Linalol (32,3%), Camphre (12,4%), 1,8-Cinéole (11,7%), Lavandulol (8,7%), p-Cymén-8-ol (7,7 %) et acétate de bornyle (4,2 %). De même, Al-Ansari et al., (2021) a montré que l'huile essentielle de *L. latifolia* est très riche en gamma-terpinene (26.8 %),camphor (13.8 %), 1,8-cineole (10.2 %), lavandulol (9.3 %), terpinen-4-ol (9.1 %), linalool (8.9 %), b-elemene(3.2 %), b-pinene (3.1 %), 1,4-cineole (3.07 %), camphene (2.32 %), a-terpineol (2.3 %). Ces

composés sont connus par ces activités biologiques insecticides contre une large gamme des ravageurs des denrées stockés. En effet, d'après les travaux d'Obeng-Ofori et al., (1997), les propriétés insecticides de 1,8-cinéole, le linalool, l'eugénol, α -terpinéol et le cymol ont été démontrées sur plusieurs insectes *Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzopertadominica* (Coleoptera: Bostrichidae) et *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae).

L'huile essentielle riche en linalol montre une activité toxique vis-à-vis des insectes, ceci est confirmé par les travaux de Traboulsi et al., (2002), qui ont testé huit composés contre les moustiques et ils ont prouvé que le thymol et le carvacrol présentent une activité insecticides très élevée.

Les propriétés insecticide de nombreuses huiles essentielles est principalement attribuée aux monoterpénoïdes qui sont généralement volatiles et lipophiles qui peuvent rapidement pénétrer dans les insectes et interfèrent avec leurs fonctions physiologiques (Isman, 2000; Bakkali et al., 2008; Coloma et al., 2010; Reis et al., 2014). En effet, cette activité peut s'expliquer par les principaux composés des huiles essentielles (Herman et al., 2016; Carovic-Stanko et al., 2010) les groupes fonctionnels des composés majoritaires (alcools, phénols, composés terpéniques et cétoniques). Des composés chimiques qui ont une grande efficacité et à plus large spectre sont présents dans les huiles essentielles en particulier les phénols (1,8 cinéole, carvacrol, octanol, ..) les alcools, (α - terpineol, terpinen-4-ol, linalol), les aldéhydes, les cétones (Camphor, etc.) (Sokovic et Griensven, 2006; Herman et al., 2016; Carovic-Stanko et al., 2010; Dorman et Deans, 2000), ce qui explique l'activité insecticides sur les insectes des denrées stockées.

En outre, les composants chimiques présents dans les HO tels que le thymol, le linalool, le citronellool, le limonène, le carvacrol et le α - et le β -pinène ont été largement documentés pour être des composés possèdent des activités larvicides et adulticides contre différents insectes nuisibles incluant les cafards (Appel et al., 2001), les moustiques (Watanabe et al., 1993), les mouches domestiques (Singh et Singh, 1991), les produits stockés (Tripathi et al., 2002) et les termites (Zhu et al., 2001a, b).

Les résultats obtenus à travers cette étude montrent également une nette différence dans l'efficacité des huiles essentielles de la lavande et de l'armoise blanche. A cet effet, les huiles essentielles de l'armoise blanche paraissent plus efficace comparées avec les huiles essentielles de lavande.

Le pouvoir insecticides et les différences observées dans l'efficacité des huiles essentielles sont expliqués d'une part par la composition et la richesse des huiles testées en composés d'une part et de leurs variabilités en fonction des espèces végétales d'autre part. Il est

cependant clair qu'ils interviennent directement sur la morphologie ou la physiologie de l'organisme nuisible.

Certains auteurs ont avéré que l'activité insecticide de *L. latifolia* est due principalement aux composés majoritaires de cette huile telle que le Camphre, 1,8-Cinéole, Lavandulol, p-Cymén-8-ol et acétate de bornyle. Les propriétés insecticides de 1,8-cinéole, le linalool, l'eugénol, α -terpinéol et le cymol ont été démontrées sur plusieurs insectes tels que *Tribolium confusum* (Coleoptera:Tenebrionidae), *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzopertadominica* (Coleoptera: Bostrichidae) et *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) (Obeng-Ofori et al., 1997).

Nos résultats corroborent ceux obtenus par Kordali et al. (2006) présentent l'efficacité insecticide de trois espèces d'*Artemisia* et leurs composants, qui présentaient un potentiel de protection des grains des céréales stockés contre les ravages de *S. granarius*. Les résultats obtenus par inhalation et par contact corroborent à ceux obtenus par GERMINARA et al. (2017). Ces chercheurs ont constaté que l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* est très efficace par contact sur *Sitophilus granarius* (L.) provoquant des taux de mortalité de 91.7 et 100% après 24 h et 48 h d'exposition par contact, respectivement. Ces mêmes auteurs, ont constaté une activité répulsive très remarquable dans les essais biologiques sur papier filtre. Dans ce dernier, l'OE a effectivement perturbé orientation du *S. granarius* vers un substrat hôte attractif (200 g de grains de blé) à partir de la dose de 1,1 mg. De même, Al-Harbi et al., (2021) ont démontré l'efficacité toxique de l'huile essentielle *L. angustifolia* sur *S. oryzae*; où avec des taux de mortalité totale de mortalité à 6 mg/cm² après 24 h d'exposition.

Najafian et al. (2012) ont rapporté que l'activité insecticide par fumigation est principalement due à la présence de camphre et de linalol dans l'huile essentielle de la lavande. Récemment, une étude portée par Al-Ansari et al. (2021) indiquent l'effet insecticide très prononcé de l'huile essentielle de *L. latifolia* par fumigation et par contact contre l'espèce *Euphorialeucographa* (Coleoptera;Scarabaeidae)

Une étude plus récente effectuée par Plata-Rueda et al. (2020) a mis en évidence que l'huile essentielle de la citronnelle et ses constituants à savoir, le citral et l'acétate de géranyle, produisaient une forte activité toxique et répulsive contre les adultes de *U. dermestoides*. Dans les mêmes ordres des idées, les travaux de Guettal et al. (2020) ont rapporté un très important pouvoir répulsif (66.5%) et toxique (92.52%) par l'huile essentielle de *Citrus limonum* contre *S. granarius*.

En plus, les huiles essentielles dérivées de *Rosmarinus officinalis*, *Laurusnobilis*, *Echinaceapurpurea*, *Origanummajorana*, *Ocimum basilicum* et *Foeniculum vulgare* ont

montré divers degrés d'effet répulsif et insecticide contre le charançon du blé *S. granarius* (Teke et Mutlu 2020).

Dans la présente étude, les HE de la lavande et l'armoise blanche de la citronnelle ont induit une mortalité de *S. granarius in vivo*, et les temps de survie moyens (LT50) étaient respectivement de 11,58 et 15,85 jours après l'exposition. Les effets rapides de ces huiles essentielles contre *S. granarius* indiquent leur potentiel à protéger les produits stockés. Dans ce cadre, ces deux huiles ont des effets comparables à ceux signalés pour les insecticides chimiques de synthèse. Dans ce contexte, des études antérieures effectuées par Vélez et al. (2017) ont indiqué que le produit chimique nommé pinosada provoqué un taux de mortalité très important de *S. granarius* et *S. zeamais* avec des LT50 de 12 et 13 jours, respectivement. Nos résultats corroborent ceux obtenus par Plata-Rueda et al. (2020) rapportent que le taux de survie est très faible après 48 h d'exposition de *S. granarius* à l'huile essentielle de lavande. Des effets similaires ont été observés lorsque d'autres coléoptères ravageurs des céréales stockées (*Rhyzopertha dominica*, *S. granarius* et *Tribolium castaneum*) exposés à des terpénoïdes d'origines végétales (Prates et al., 1998 ; Huang et al., 2002 ; Plata-Rueda et al., 2018).

Seri-Kouassi et al., (2004) ont montré que la toxicité des huiles essentielles sur les insectes est induite souvent par l'action de leurs composés majoritaires (Seri-Kouassi et al., 2004). Toutefois, ce n'est pas uniquement les composés majoritaires des HE qui sont responsables de cette activité insecticide, mais il peut y avoir aussi d'autres composés minoritaires qui peuvent interagir d'une façon synergique (Nagmo et hance, 2007). Dans ce sens, Sung-Eun Lee et al., (2001) ont déclaré que la toxicité des huiles essentielles à des insectes entreposés est influencée par la composition chimique de l'huile qui à son tour dépend de la source, la saison, les conditions écologiques, la méthode d'extraction, le temps d'extraction et la partie utilisée de plante.

Le type et la nature des constituants et leur concentration individuelle explique d'une part l'activité insecticide (Salido et al., 2004; Paolini et al., 2010; Sharifian et al., 2012; Liu et al., 2014), mais aussi le résultat d'une interaction synergique entre tous les composants d'autre part. Cependant, il serait difficile de lier les activités insecticides et répulsives des huiles uniquement à l'effet individuel des constituants de l'huile essentielle ; cela pourrait être dû à l'effet synergique de plusieurs éléments de l'huile. Des interactions complexes peuvent se produire entre les constituants majeurs et mineurs d'une manière synergique qui affecte l'activité insecticide. De même, les mélanges d'EO provenant de différentes plantes peuvent avoir une activité plus élevée que les extraits individuels de manière difficile à prédire (Geden, 2012). Par exemple, l'activité insecticide des terpènes (Ts) dans certains EO était

inférieure à celle des EO eux-mêmes (Palacios et al., 2009). En effet, Zhang et al., (2014) ont signalé que les propriétés de la bioactivité de *A. argyi* (H. Lév. Et Vaniot) l'huile essentielle peut être attribuée à la synergie entre les composants majeurs et mineurs de l'huile essentielle. Nos résultats indiquent l'effet insecticide des huiles essentielles de thym et de l'armoise blanche par contact ou par ingestion mais avec des degrés variés. Cependant, l'effet par contact est avéré efficace comparé avec ceux par ingestion. Ce dernier est traduit par le calcul de la DL50 pour chaque mode d'emploi.

En effet, suivant le mode d'application soit par contact ou par ingestion, l'huile essentielle peut affecter directement ou indirectement les fonctions physiologiques de l'insecte traité. Il est probable que les huiles essentielles affectent le système nerveux et le système digestif de l'insecte.

Des études antérieures expliquant le mode d'action des huiles essentielles ont montré que ces composés naturels peuvent provoquer des symptômes qui indiquent une activité neurotoxique, tel que l'hyperactivité, saisies et des tremblements suivis d'une paralysie et la mort de l'insecte qui sont très semblables aux effets produits par les Insecticides de type pyréthroïdes [57]. Par ailleurs, [58] a rapporté que les huiles essentielles sont des neurotoxines puissantes et peuvent inhibées l'enzyme acétylcholinestérase dans le système nerveux central. Ces effet ont été confirmé par les travaux menés par Polatoğlu et al., 2016, dont les résultats obtenus par ces auteurs ont montré que l'huile essentielle de *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae) a provoqué une d'inhibition l'AChE d'environ 50,3% et l' BChE avec un taux de 59,8%. L'inhibition de l'enzyme AChE d'une sélection de monoterpénoïdes incluant le α -terpinène a été étudiée et ces substances ont été déclarées comme des inhibiteurs faibles. Cependant, dans le même rapport, AChE enzyme a été signalé comme étant capable d'avoir plus d'un monoterpène comme inhibiteur (López et al., 2015). Autrement, Abdelgaleil et al., 2016 ont rapporté des nouvelles contributions sur le mode d'action des huiles essentielles sur les insectes des denrées stockées par l'inhibition de l'activité des ATPases. Cependant, Guo et al. (2009) ont constaté que les monoterpénoïde, le terpinène-4-ol, ont une forte inhibition de l'activité de la Na⁺, K⁺ et l'ATPase de la mouche domestique in vivo et in vitro.

Les études menées par Park et al., 2016 ont montré que le p-cymène, le thymol et le carvacrol étant des composants des OE qui étaient actifs dans la toxicité contre *Drosophila suzukii* des contacts. En outre, les principaux composants de *T. zygis* et *S. montana* étaient le thymol, le carvacrol et le p-cymène. Parmi eux, le p-cymène avait peu de toxicité de contact (mâle: 7,5 ± 3,1%, femelle 1,5 ± 0,7%) même à la plus haute concentration de 20 g / mouche. Thymol et Carvacrol ont montré une activité relativement plus forte que les OE actifs chez les deux sexes.

Les résultats obtenus par contact corroborent à ceux par El Guedoui (2003). Ces chercheurs ont constaté que l'HE de thym (*Thymus vulgaris*) est efficace par contact sur *Rhyzoperthadominica* (F) provoquant une mortalité de 100%. En outre, Shaaya et al. (1991) ont testé les huiles essentielles de certaines espèces de Labiées comme le thym, le basilic, le romarin et la lavande, ces substances ont causé 100% de mortalité chez *Rhyzoperthadominica* (F.) (Coleoptera : Bostrychidae). El Guedoui (2003) a évalué la toxicité du Romarin et du Thym sur *Rhyzoperthadominica* (F), cet auteur affirme que le Romarin est plus toxique que le Thym. Kechout (2001) avait testé l'efficacité de l'huile essentielle du Thym sur *Sitophilus oryzae* avec un taux de mortalité évalué à 85%. Benazzeddine (2010) souligne que par contact les quatre huiles essentielles (Romarin, Eucalyptus, Thym et Menthe) manifestent un taux de mortalité assez important sur *S. oryzae* dont toutes les huiles ont une efficacité très forte qui dépasse 88 % de mortalité. Bittner et al. (2008) ont testé la toxicité des huiles essentielles de cinq plantes aromatiques sur *S.zeamais*. Les résultats révèlent que les huiles extraites du *Thymus vulgaris* (Lamiacées) sont les plus toxiques sur *S.zeamais*

Dans le même contexte, Abbad et al. (2014) a signalé la toxicité par contacts de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* contre *T. castaneum*. En outre, les huiles essentielles de diverses espèces appartenant au genre *Artemisia* a présenté une toxicité par contact contre *Sitophilus zeamais* (Motschulky, 1855) principale ravageur plusieurs de plusieurs produits stockés : (*Artemisia vestita*, (Chuetal., 2010); *Artemisia capillaris* et *Artemisia mongolica* (Fisch. Ex Besser) (Nakai, 1917; Liu et al., 2010); *Artemisia frigida* Willd. (Liu et al., 2014)), *Acanthoscelides obtectus*, (*A. herba-alba*, (Mohamed et al., 2010)).

L'huile essentielle d'Armoise blanche a été testée contre trois parasites suceurs de laboratoire et d'insectes sous des conditions de serre. Ces parasites inclus *Bemisia tabaci* (Gennadius), *Aphis gossypii* (Glover) et *Thrips tabaci* (Lindman). Les résultats ont montré que la CL50 de *A. herba-alba* était de 0,042% pour les œufs et 0,074% pour les stades immatures de *B. tabaci*. En outre, l'huile a montré une toxicité élevée sur *A. gossypii* avec une CL50 de 0,023 et 0,085%. Armoise herbe blanche était plus toxique sur *T. tabaci* et *A. gossypii* que *B. tabaci* dans la test de laboratoire tout en *T. tabaci* était sensible (CL50 0,011 et 0,038%). L'huile était efficace pour contrôler insectes testés sur les plants de concombre à serres. Ce traitement a provoqué la réduction 85.41, 83.57%. dans le population de *B. tabaci*, 90.44, 88.00% pour *A. gossypii* et 87.45, 84.45% pour *T. tabaci* [137, 138].

L'action toxique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* a été mise en évidence par plusieurs chercheurs, Hashemi et Safavi (2012), ont étudié l'activité insecticide d'*Artemisia haussknechtii* sur *Sitophilus oryzae*. Il est à noter aussi que cette espèce a une

activité insecticide dont les feuilles exerce une toxicité sur les adultes du bruche *Acanthoscelidesobtectus* et la mite *Tineolabisselliella* (Negahban et al ., 2007).

Sharifian et al., (2012) ont suggéré que l'huile essentielle de l'armoise blanche pourrait avoir un effet potentiel comme agent de contrôle contre *Rhyzoperthadomonica*. La toxicité des huiles essentielles d'*ArtemisiaArgyi* contre *O. surinamensis* est étudié par (Lu et al ., 2011), Les résultats montre que ces huiles essentielles présentent un grand effet insecticide et que la mortalité enregistré chez les individus augmente avec l'augmentation des concentrations. Le pourcentage de mortalité dépasse 97% quand la concentration monte.

Pour chaque huile essentielle testée, les résultats montrent qu'il existe une variation concernant le taux de mortalité des insectes qui dépend de la dose utilisée en huiles essentielles et la durée d'exposition. A cet effet, Kim et al ., (2003) ont confirmé que l'activité toxique des huiles essentielles dépend de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition. Shakarami et al (2004), ont étudié la toxicité et la répulsivité de l'huile essentielle d'*Artemisiaaucheri* sur *Callosobruchusmaculatus*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* et *Sitophilus granarius*, à des concentrations de 0,03. 0,18. 0,37. 0,55. 0,74 et 0,92 µl, et ont déduit que *Callosobruchusmaculatus* la plus sensible à l'égard de cette huile.

Tapondjou et al. (2005), ont évalué l'activité insecticide des huiles essentielles du cyprès et de l'eucalyptus vis-à-vis de *Sitophilus zeamais* et de *Tribolium confusum*, ces auteurs ont obtenus des DL50 différentes pour les deux insectes appliquées par contact, ils obtiennent 0,36µl pour *Sitophilus zeamais* et 0,48 µl pour *Tribolium confusum*, démontrant ainsi l'efficacité de ces deux huiles essentielles sur ces deux insectes. Autres travaux réalisés confirment aussi l'effet insecticide des huiles essentielles de certaines plantes sur les ravageurs des denrées stockées comme *Lavandula angustifolia*, *Rosmarinusofficinalis.*, *Thymus vulgaris* contre : *Sitophilus oryzae*, *Rhyzoperthadominica* et *Tribolium castaneum*. *Sitophilus oryzae* et *Ryzoperthadominica* présentent le maximum de sensibilité pour les huiles essentielles (Rozman et al ., 2007).

Les différences de la réponse des deux espèces d'insectes pourraient être attribuées aux différences morphologiques et comportementales entre eux. Ces résultats se corroborent avec ceux obtenus par Nenaah et Ibrahim (2011) après les travaux sur l'effet adulticide des huiles essentielles de *Cinnamomumcamphora*, *Ocimum basilicum*, *Chenopodiumambrosioides*, et *Pimpinellaanisum* contre les insectes des denrées stockées *Trogodermagranarium* (Everts) et *Tribolium castaneum* (Herbst). Ces auteurs ont montré leur efficacité sur ces espèces, dont le taux de mortalité et variable selon l'espèce végétale, le temps et l'insecte cible.

En effet, l'efficacité des huiles essentielles ne sont pas les mêmes pour tous les insectes (Bekele et al .,), il faut noter qu'il ya une grande variation dans la sensibilité des espèces pour

une même huile essentielle ou même pour un même composé. Une même molécule allélochimique n'exerce pas forcément la même activité aux différents stades du cycle biologique d'un insecte (Shaaya et al., 1991). Les molécules actives des plantes insecticides peuvent varier d'une famille à une autre, ainsi qu'à l'intérieur d'une famille et la sensibilité peut différer d'une espèce à une autre et à l'intérieur d'une espèce (Gueye et al., 2011).

Les huiles essentielles d'origine végétale peuvent affecter le métabolisme et la croissance des insectes par le biais de divers processus biochimiques et physiologiques (Senthil-Nathan 2013). Cette étude a également révélé que l'intensité métabolique de *S. granarius* est fortement affectée par l'exposition aux huiles essentielles de la lavande et de l'armoise blanche. A ce titre les deux huiles essentielles ont provoqué un stress physiologique, qui peut expliquer les effets de toxicité des huiles essentielles de *L. latifolia* et *A. herba alba* contre *S. granarius*. Nous avons constaté que le traitement avec les huiles essentielles a entraîné des diminutions significatives des niveaux de protéines, de glucides et des lipides par rapport à ceux des témoins non traités. Cette diminution de la teneur en protéines pourrait être attribuée à un ou plusieurs facteurs, comme une diminution de la synthèse des protéines ou une augmentation de la dégradation des protéines, pour détoxifier les molécules affectées par les principes bioactifs présents dans les Huiles essentielles (Vijayaraghavan et al., 2010 ; Ranjini et al., 2016).

Des résultats similaires ont été obtenus après l'utilisation de huile essentielle de *lavandula latifolia* contre *S. granarius* (Guettal et al., 2020). Dans notre étude, la teneur en glucides de l'insecte ravageur testé était significativement diminuée sous le stress biologique exécuté par les huiles essentielles. Les insectes transforment généralement les glucides en lipides et en glycogènes (Sonmez et Gulel 2008), ce qui pourrait expliquer la réduction observée des taux de glucides et l'augmentation des taux de lipides observés chez les insectes traités. Des résultats similaires ont été obtenus chez la population de *S. granarius* traitée avec l'HE de *lavandula latifolia* (Guettal et al., 2020) et chez *T. castaneum* et *Callosobruchus maculatus* traités avec les huiles essentielles de cardamome, de cannelle et de muscade (Tarigan et Harahap 2016).

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Moutassem et al. (2021) montrent l'efficacité insecticide de lavande ASPIC et de l'armoise blanche contre *S. granarius*. Ces résultats ont été expliqués par les perturbations physiologiques de métabolismes de l'insecte, où ils ont constaté la diminution des lipides, des protéines et des glucides chez les insectes traités avec les deux huiles essentielles.

Conclusion

Conclusion

La recherche de nouvelles méthodes alternatives plus efficaces et moins polluantes s'avère donc nécessaire, ainsi l'utilisation de formulations à base des plantes aromatiques peut présenter de nombreux avantages par rapport aux insecticides de synthèses. Dans cette optique, notre étude a été achevée pour déterminer l'efficacité des huiles essentielles de *Lavandula latifolia* et *Artemisia herba alba* comme une méthode de lutte alternative aux pesticides chimique contre un ravageur potentiel des céréales à savoir *Sitophilus granarius*, afin de montrer l'effet de ces biomolécules sur les réserves énergétiques de ce dernier.

Les résultats obtenus montrent que les deux formulations ont manifesté des effets insecticides très remarquables sur la population de ravageur, dont l'intensité de la mortalité corrigée varie selon le type de l'huile essentielle, le stade et la dose appliquée.

L'huile essentielle de *Artemisia herba alba* affecte significativement la vitalité des adultes de *Sitophilus granarius*. Les résultats obtenus par contact donnent également l'effet insecticide le plus élevé noté chez les individus testés avec les concentrations 20, 10 et 5 μL avec des taux de MC% environ 80, 100 et 100%, respectivement. Cependant, l'huile essentielle de *Lavandula latifolia* a montré des taux de MC% remarquable et qui varient entre 13.33 et 100%, alors que, les concentrations de 10 et 20 $\mu\text{L}/\text{ml}$ sont les plus efficaces avec des taux de CM% environ 80 et 100%.

La lecture des résultats des larves traitées avec formulations à base de l'huile essentielle de *Artemisia herba alba* suggère une efficience très remarquable qui varie entre 26.67% avec la concentration de 1 $\mu\text{L}/\text{ml}$ et 100% avec les concentrations 10 et 20 $\mu\text{L}/\text{ml}$, respectivement. Les valeurs de MC% les plus élevées à savoir 80 et 100% sont constatées chez les larves. Par ailleurs, les tests par inhalation sur les adultes de traitées par *Lavandula latifolia* avec les concentrations 10 et 20 $\mu\text{L}/\text{ml}$, respectivement.

Par ailleurs, les tests par inhalation sur les adultes de *Sitophilus granarius* par la formulation de *Artemisia herba alba* expose un taux de mortalité qui varie entre 66.66 et 100%, sachant que les concentrations 75, 100 et 125 ont provoqué un taux de mortalité total. Ces mêmes concentrations des formulations de *Lavandula latifolia* ont dénudé des taux de MC% avec environ 70, 96.67 et 86.67 %, respectivement.

Avec la même méthode par inhalation les valeurs les plus élevées ont été constatées chez les larves de *Sitophilus granarius* traitées par *Artemisia herba alba* avec les concentrations 75, 100 et 125 $\mu\text{L}/\text{L}$ air, et qui sont de l'ordre de 50, 76.66 et 90%, respectivement. Par contre, la formulation de *Lavandula latifolia* a montré un intervalle d'efficacité variable entre 16.66 et 73.33% de taux de MC%.

Conclusion

D'après l'examen des valeurs des DL_{50} après 24h d'exposition des insectes aux différentes doses des huiles testés par contact et par inhalation, on a constaté que les deux huiles essentielles agissent mieux par contact que par inhalation sur les larves et les adultes. Cependant, les valeurs les plus faibles de la DL_{50} ont été notées pour les traitements par huiles essentielles de *Artemisia herba alba* par contact.

Dans les tests *in vivo* et la relation Temps – probabilité de survie, les résultats obtenus montrent que la probabilité de survie des adultes de *Sitophilus granarius* a diminué de 99,9 % jusqu'à 100 % avec l'huile essentielle de *Artemisia herba alba* et de 5 % avec celle *Lavandula latifolia*.

En parallèle, la probabilité de survie des larves de *Sitophilus granarius* a été diminuée de 99.3% jusqu'à 100 % avec l'huile essentielle de *Artemisia herba alba* et de 8.99% avec celle *Lavandula latifolia*.

La population de *Sitophilus granarius* traitée a enregistré une diminution significative des teneurs en protéines en lipides et en glucides chez les individus traités avec les deux formulations et avec toutes les concentrations dans les traitements par contact et par inhalation chez les adultes et même chez les larves.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **_Abbad A., Kasrati A., Jamali C.A., Zeroual S., Ba M'Hamed T., Spooner-Hart R., Leach D. 2014.** *Insecticidal properties and chemical composition of essential oils of some aromatic herbs from Morocco. Natural Product Research.* 28(24): 2338–2341 DOI: <https://doi.org/10.1080/14786419.2014.936015>.
2. **_Abbot,W.S.1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide .*Journal of Economic Entomology* 18:265-267.
3. **_Abdelgaleil SAM, Abbassy MA,Belal ASH,Abdel Rasoul MMA.2008.**Bioactivity of two major constituents isolated from the essential oil of *Artemisia judaica* L.*Bioresour Technol.* 99(13):5947-5950.
4. **-Arthur FH.1996.**Grain protectants : Current status and prospects for the future.*J Stored Prod Res.* 32(4):293-302.
5. **_Bassolé I.H.N., Lamien-Meda A., Bayala B., Obame L.C., Ilboudo A.J., Franz C., Novak J., Nebié R.C., Dicko M.H., 2011.** *Chemical composition and antimicrobial activity of Cymbopogon citratus and Cymbopogon giganteus essential oils alone and in combination. Phytomedicine.* 18 (12): 1070–1074 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.05.009>.
6. **_Benchabane O., Hazzit M., Mouhouche F., Baaliouamer A., 2015.** *Influence of Extraction Duration on the Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oil of Thymus pallescens de Noé. Arabian Journal for Science and Engineering.* 40 (7): 1855–1865 DOI: <https://doi.org/10.1007/s13369-015-1694-x>
7. **-Benelli et al.,2012.** Repellence of *Hyptissuaveolens* whole essential and major constituents against adults of the granary weevil *sitophilus granarius* .*bull insectology.*65(2) :177_183.
8. **-Beti J.A., Phillips T.W., Smalley E.B., 1995.** *Effects of maize weevils (Coleoptera: Curculionidae) on production of aflatoxin B1 by Aspergillusflavus in stored corn. Journal of Economic Entomology.* 88 (6): 1776–1782 DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/88.6.1776>.
9. **_Bozek M,Hanus-Lorenz B,Rybak J.(2017).***The studies on waste biodegradation by Tenebrio molitor . In E3S web of conferences (Vol .17 ,P (7) EDPsciences.*
10. **_Bradford MM 1976.**A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein _dye bindine .*analytical biochemistry* ,72 (1_2)248_254.
11. **_Brügger B.P., Martínez L.C., Plata-Rueda A., Castro B.M. de C. e., Soares M.A., Wilcken C.F., Carvalho A.G., Serrão J.E., Zanoncio J.C., 2019.***Bioactivity of the Cymbopogon citratus (Poaceae) essential oil and its terpenoid constituents on*

Références bibliographiques

- the predatory bug, Podisusnigrispinus (Heteroptera: Pentatomidae). Scientific Reports.* 9 (1): 1–8 DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44709-y>
12. **Clevenger J.F,1928** . Apparatus for the determination of volatile oil . American pharmaceutical Association,vol 346-349.
 13. **Corrêa A.S., Pereira E.J.G., Cordeiro E.M.G., Braga L.S., Guedes R.N.C., 2011.** *Insecticide resistance, mixture potentiation and fitness in populations of the maize weevil (Sitophilus zeamais). Crop Protection.* 30 (12): 1655–1666. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.08.022>.
 14. **Germinara .GS, Di Stefano.MG,De.Acutis L, Pati.S, Define.S, De Cristofaro.A, Rotundo.G.2017** . Bioactivities of lavandula angustifolia essential oil against the stored grain pest Sitophilus granarius . *Bull Insectology* .70(1):129-138.
 15. **Hangstrum D.W., Phillips T.W., cuperus G .2012.**STored Protection,K-state Research a extension Kensas,358p.
 16. **Herman A., Tambor K., Herman A., (2016).** Linalool Affects the Antimicrobial Efficacy of Essential Oils. *CurrMicrobiol.* 72, 165–172.
 17. **Isman M.B., 2006.** *Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology.* 51: 45–66 DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>.
 18. **Kordaliet al., 2006; Kim et al., 2010; Kordaliet al., 2012; Ziaeeet al., 2014; Germinaraet al., 2015 ; Plata -Rueda et al., 2018; Plata-Rueda et al.,2020; Gong et Ren 2020; Teke et Mutlu 2020).** *Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish Origanumacutidens and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. Bioresource Technology.* 99 (18): 8788–8795 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.04.048>.
 19. **Keskina et Ozkaya 2015 ; Vélez et al., 2017, Plata-Rueda et al., 2018, Renoz et al., 2022).**p(1).
 20. **Moutassem D., Belabid L., Bellik Y., Ziouche S., Baali F., 2019.***Efficacy of essential oils of various aromatic plants in the biocontrol of Fusarium wilt and inducing systemic resistance in chickpea seedlings. Plant Protection Science.* 55 (3): 202–217 DOI: <https://doi.org/10.17221/134/2018-PPS>.
 21. **Ngamo L.S.T., Hance T., (2007).** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura* 25 (4), 215-220.

22. **-Obeng ofori, D ,Reichmuth C.H,bekele G,Hanssanali A,1997** biological activity of 1,8-cineole ,A major comporent of essential oil of *Ocimum kenyense*(Ayobeingira) against stored product beetles. *J. appel entomol*,121,237,243 .
23. **_Oliveira A.P.S., Silva A. Patrícia., Agra-Neto A. C., Pontual E. V., Lima T. A., Vera Cruz K.C., de Melo K. R., de Oliveira A.S., Coelho L.C.B.B., Ferreira M.R.A., 2020.** *Evaluation of the insecticidal activity of Moringaoleifera seed extract and lectin(WSMoL) against Sitophilus zeamais. Journal of Stored Products Research.* 87 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101615>.
24. **_Olivero-Verbel J., Nerio L.S., Stashenko E.E., 2010.** *Bioactivity against Tribolium castaneum Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) of Cymbopogon citratus and Eucalyptus citriodora essential oils grown in Colombia. Pest Management Science.* 66 (6): 664–668 DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1927>.
25. **_Park J.H., Jeon Y.J., Lee C.H., Chung N., Lee H.S., 2017.***Insecticidal toxicities of carvacrol and thymol derived from Thymus vulgaris Lin. against Pochaziashantungensis Chou &lu., newly recorded pest. Scientific Reports.* 7 (January): 1–7 DOI: <https://doi.org/10.1038/srep40902>.
26. **_ Plata-Rueda et al. A ,Martinez LC,Rolim G da S, Coelho RP ,Santos MH ,traveares W de S ,Zanuncio JC ,serrAo JE, 2020.**insecticidal and repellent activities of *Cymbogaon citratus* (poacea) essential oil and its terpenoids (Citral and geranyl acetate) against *Ulomoidesdermestoides*.*cropProd*.137.
27. **_Prateset al.,1998; Kim et al.,2010; Oliveira et al.,2018; Gong et Ren 2020; Plata-Rueda et al.,2020)** . insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica*(F) and *tribolium castanum*(herbest) *J stored prod Res* ; 34(4) :243_9 .
28. **_Prates H.T., Santos J.P., Waquil J.M., Fabris J.D., Oliveira A.B., Foster J.E., (1998).** Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *J Stored Prod Res*.34 (4), 243-9.
29. **_Riley I.T., Nicol J.M., Dababat A.A., (2009).**Cereal cyst nematodes: status research and outlook, Turkey, CIMMYT, 242 p.
30. **_Shaaya E., Ravid U., Paster N., Juven B., Zisman U., Pissarev, V., (1991).** Fumigant toxicity of essential oils againt four major stored-product insects. *Journal of Chemical Ecology*.17, 499-704.
31. **-Shaaya E., Kostjukovski M., Eilerg J., Sukprakarn C., (1997).** Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored product insects. *Journal of Stored Products Research*.33 (1), 7-17.

32. **Singh D., Singh A.K., (1991).** Repellent and insecticidal properties of essential oils against housefly, *Musca domestica* L. *International Journal of Tropical Insect Science.* 12(4), 487-49.
33. **Sokovic M., Van Griensven L.J., (2006).** Antimicrobial activity of essential oils and their components against the three major pathogens of the cultivated button mushroom, *Agaricus bisporus*. *Eur. J.Plant Pathol.* 116,211-224.
34. **Tapondjou A.L., Adler C., Fontem D.A., Bouda H., Reichmuth C., 2005.** *Bioactivities of cymol and essential oils of Cupressus sempervirens and Eucalyptus saligna against Sitophilus zeamais Motschulsky and Tribolium confusum du Val. Journal of Stored Products Research.* 41 (1): 91–102 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2004.01.004>.
35. **Traboulsi A.F, Taoubi K., EL-HAJ S., Bessiere J.M., Rammal S., (2002).** Insecticidal properties of essential plant oils against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). *Pest Manag Sci.* 58(5):491-5.
36. **Tripathi A.K., Prajapati N.V., Bahi J.R., Bansal R.P., Khanuja S.P.S., Kumar, S. (2002).** Bioactivities of the leaf essential oil of *Curcuma longa* (var. ch-66) on three species of stored-product beetles (Coleoptera). *J Econ Entomol.* 95, 183–9.
37. **Van Handel E.1985.** rapid determination of total lipids in mosquitoes. *Journal of the American Mosquito control association* ,1(3):302_304.
38. **Zettler JL, Arthur FH.2000.** Chemical control of stored product insectes with fumigants and residual treatment. *Crop Prot.* 19(8-10):577-582.
39. -Zoubiri et Baaliouamer, 2012; Kim et al., 2010 ; Malacrin`et al., 2016 ; Oliveira et al., 2018 ; Chen et al., 2018 ; Benelliet al., 2019 b; Plata-Rueda et al., 2020; Abouelattaet al., 2020).

Etude de l'effet répulsif et toxique des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* Asso. Et *Lavandula latifolia* Mill. Contre *Sitophilus granarius* (L.)

Résumé

Les huiles essentielles de *Lavandula latifolia* M. et *Artemisia herba alba* Asso. ont été analysées pour leur action répulsive et insecticide contre les adultes de *Sitophilus granarius* L. Les deux huiles essentielles ont montré une activité insecticide très remarquable d'une manière dose-dépendante. L'huile essentielle d'*A. Herba alba* a montré un effet plus répulsif avec des valeurs qui varient entre 83,33 et 100 % par rapport à l'huile essentielle de *L. latifolia*. De plus, cette même huile était l'insecticide biologique le plus efficace dans les tests *in vitro* et *in vivo*. Pour les tests de contact et de fumigation, l'huile essentielle de *L. latifolia* a provoqué des taux de mortalité corrigés de 33,33 % à 66,67 % et de 25 à 100 %, avec des valeurs de DL_{50} de 17,7 et 15 $\mu\text{L}/\text{ml}$, respectivement. Dans les tests *in vivo*, la probabilité de survie était de 99,9 % chez les insectes individuels, diminuant jusqu'à 2,48 % chez les adultes exposés à l'huile essentielle de *L. latifolia* et à 36 % chez les adultes traités à l'huile essentielle d'*A. Herba alba*. L'analyse des réserves énergétiques indique une diminution significative des teneurs en protéines, glucides et lipides chez les insectes traités. Cette étude a mis en évidence la toxicité bio-insecticide de l'huile essentielle de *Lavandula latifolia* M. et *Artemisia herba alba* Asso. contre *S. granarius*, révélant des gradients d'activité insecticide positifs et négatifs selon le mode d'exposition.

Mots clés. Mortalité corrigée, inhalation, contact, probabilité de survie, *in vivo*.

Assessment of repulsive and toxic activity of *d'Artemisia herba Alba Asso* ET *Lavandula latifolia* Mill Essential oils against *Sitophilus granarius* (L).

Abstract

Essential oils of *Lavandula latifolia* M. and *Artemisia herba Alba Asso*. Were tested for their repellent and insecticidal activity against *S. granarius*. Tested EOs showed pronounced adulticidal activity against insect pests in a dose-dependent manner. EO of *A. herba alba* exhibited a more repellent effect with values ranging from 83.4% to 100% compared to EOs of *L. latifolia*. In addition, *Artemisia herba Alba Asso* EO was the most effective agent, and adult stage was more susceptible to both essential oils. Regarding the contact and fumigation tests, EO *L. latifolia* caused corrected mortality rates of 33.33%–66.67% and 25%–100% in adult of *S. granarius*, respectively, with half-maximal lethal concentration (DL₅₀) values of 17.7 and 15 µL/MI. In *in vivo* test, the survival probability was 99.9% in control insects, decreasing to 2.48% in insects exposed to the essential oil of *L. latifolia* and to 36% in insects treated with *A. herba alba* essential oil. Analysis of energy reserves indicate a significant decrease in protein and carbohydrate and lipid contents in treated insects. This study highlighted the bio-insecticidal toxicity of *Lavandula latifolia* and *Artemisia herba Alba Asso* oil against *S. granarius* pest, revealing both significant positive and negative insecticidal activity gradients depending on the manner of exposure.

Key word: Corrected mortality, contact test, fumigation, survival probability, *in vivo*.

دراسة التأثير الطارد و السمي للزيوت العطرية لنبات الشيح *Artemisia herba alba*
و الخزامى *Lavandula latifolia Mill* ضد سوسة الحبوب (*Sitophilus granarius (L)*)

المخلص

تم تحليل نشاطها و المبيد للحشرات *Artemisia herba alba* و *Lavandula latifolia Mill* الزيوت الأساسية من اظهر كلا الزيتين الأساسيين نشاطا رائعا جدا (*Sitophilus granarius (L)* ضد البالغين من سوسة الحبوب) **اظهر** تأثيرا طاردا *Artemisia herba alba* و المبيدات الحشرية بطريقة تعتمد على الجرعة, الزيت العطري للشيح علاوة على ذلك , كان هذا الزيت *Lavandula latifolia Mill*. مقارنة بالزيت العطري في %100 و 83,33 أكثر بقيم نفسه هو أكثر المبيدات الحشرية البيولوجية فعالية في الاختبارات المعملية و الحيوية . بالنسبة لاختبارات التلامس و إلى %33,33 الأساسي في معدلات وفيات مصححة من *Lavandula latifolia Mill* التبخير, تسبب زيت , مل على التوالي . في الاختبارات المجراة /و 15 ميكرو لتر 17,7DL50 بقيم 100% و من 25 إلى %66,67 عند البالغين المعرضين %2,48 في الحشرات الضابطة , و انخفض إلى 99,99% كان احتمال البقاء على قيد الحياة يشير تحليل احتياطات الطاقة إلى انخفاض كبير في محتويات البروتينات و *Artemisia herba alba* لزيت و الكربوهيدرات و الدهون في الحشرات المعالجة . سلطت هذه الدراسة الضوء على سمية المبيدات الحشرية الحيوية الكلمات الدالة : الوفيات المعدلة , الاستنشاق , الاتصال , احتمالية البقاء على قيد الحياة , في الجسم الحي