الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1

Faculté des Sciences de la

Nature et de la Vie

جامعة فرحات عباس. سطيف1

كلية علوم الطبيعة و الحياة



Département De Biologie Et Physiologie Animale. N° ..... /SNV/**2026**

Mémoire

Présenté par

MADI Besma **MEHENNI Achouak** **LOUSSÂA Douâa**

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Parasitologie

THÈME

Activité Antivectorielle de l'huile de de *Lavandula angustifolia* sur *Drosophila melanogaster* : Comportement locomoteur et Reproduction, effets in vivo et in silico.

Soutenu publiquement le : 30/06/2026.

Président :	BOUNECHADA Mustapha	Pr -UFAS1
Encadrant :	BENSEBAA Fethi	MCA-UFAS1
Examinatrice :	MOUHOUBI Djamila	MCA-UFAS1

Année Universitaire : 2025/202

Introduction

Introduction

Les insectes jouent un rôle essentiel dans la stabilité des écosystèmes. Ils préservent la diversité fonctionnelle et génétique, et empêchent l'effondrement des réseaux écologiques dont dépendent les services de la nature **(Duffus et al., 2021)**. Malgré leurs contributions vitales, les insectes représentent une menace sanitaire majeure à l'échelle mondiale, car ils sont les vecteurs de plus de 17% des maladies infectieuses. Ils transmettent ainsi à l'homme divers agents pathogènes, qu'ils soient parasitaires notamment le paludisme par les moustiques, bactériens à l'instar de la borréliose de Lyme par les tique, ou viraux comme la dengue, le chikungunya et le Zika par les moustiques **(Host et al., 2024; Ruaux, 2020)**.

Parmi les mesures de prévention des maladies vectorielles figure l'utilisation d'insecticides, qui contribue à réduire les populations de vecteurs responsables de la transmission des agents infectieux **(Simard, 2018)**.

L'utilisation intensive et systématique des insecticides de synthèse a longtemps constitué l'une des principales stratégies de lutte contre les insectes ravageurs et vecteurs. Grâce à leur efficacité rapide et à leur large spectre d'action, ces produits ont largement contribué à la protection des cultures et à la réduction de certaines maladies transmises par les insectes. Cependant, leur emploi excessif a progressivement révélé plusieurs limites d'ordre environnemental et sanitaire **(Damalas & Eleftherohorinos, 2011)**.

En effet, la persistance de nombreux insecticides dans l'environnement favorise leur accumulation dans les sols, les eaux et les organismes vivants. Cette contamination peut entraîner des effets néfastes sur les espèces non ciblées, notamment les pollinisateurs, les organismes aquatiques et les ennemis naturels des ravageurs. De plus, les phénomènes de bioaccumulation le long de la chaîne trophique représentent un risque potentiel pour la biodiversité et la santé humaine **(Mahmood et al., 2016 ; Tudi et al., 2021)**.

Parallèlement, l'utilisation répétée de ces substances exerce une forte pression de sélection sur les populations d'insectes. Cette situation favorise l'apparition et la propagation de mécanismes de résistance génétique, permettant aux insectes de survivre aux traitements autrefois efficaces. Ces mécanismes peuvent résulter de modifications des sites cibles, d'une augmentation des capacités de détoxification enzymatique ou d'une diminution de la pénétration des insecticides dans l'organisme. L'émergence de ces résistances réduit considérablement l'efficacité des traitements et conduit souvent à une augmentation des doses appliquées ou à l'utilisation de nouvelles molécules, aggravant ainsi les risques environnementaux associés **(Ffrench-Constant, 2013 ; Damalas & Eleftherohorinos, 2011).**

Face aux limites de plus en plus évidentes des insecticides chimiques, la communauté scientifique s'est progressivement orientée vers la recherche de solutions alternatives plus sûres et respectueuses de l'environnement. Dans ce contexte, les approches naturelles occupent aujourd'hui une place croissante dans les stratégies de lutte contre les insectes nuisibles et vecteurs. Parmi ces alternatives, les biopesticides d'origine végétale apparaissent comme une option particulièrement prometteuse, en raison de leur biodégradabilité, de leur faible toxicité ainsi que de leur impact réduit sur les écosystèmes. Par ailleurs, la diversité de leurs modes d'action contribue également à limiter l'apparition de phénomènes de résistance chez les insectes **(Isman, 2020)**.

On observe aujourd'hui une diversité importante de produits naturels d'origine végétale utilisés dans la protection des cultures **(Isman, 2006)**. Parmi eux, les produits biologiques se distinguent par leur intérêt écologique, notamment grâce à leur biodégradabilité et à leur faible impact sur l'environnement. Dans ce cadre, les huiles essentielles représentent l'un des groupes les plus étudiés dans la recherche actuelle **(Kacaniova et al., 2024)**. Il s'agit de substances volatiles extraites de plantes aromatiques, reconnues pour leurs multiples propriétés biologiques, notamment insecticides, répulsives et larvicides. Leur intégration dans les programmes de lutte intégrée est particulièrement encouragée, en raison de leur faible persistance dans l'environnement et de leur innocuité relative vis-à-vis des organismes non ciblés **(Isman, 2006)**.

Parmi les huiles essentielles les plus étudiées figure celle de *Lavandula angustifolia* (lavande), une plante appartenant à la famille des Lamiaceae et largement reconnue pour ses

propriétés biologiques **(Pavela, 2016)**. Cette huile essentielle se caractérise par une composition riche en molécules bioactives, notamment le linalool et l'acétate de linalyle, qui constituent ses principaux composés actifs **(Mehrotra et al., 2025)**. Son activité biologique est principalement attribuée à un effet neurotoxique, notamment par l'inhibition de l'acétylcholinestérase (AChE), entraînant des perturbations du système nerveux des insectes **(Georgieva et al., 2025)**.

Plusieurs études ont confirmé son efficacité insecticide, soulignant ainsi son potentiel dans les stratégies de lutte antivectorielle **(Kacaniova et al., 2024)**. Dans ce contexte, l'huile essentielle de lavande apparaît comme une ressource naturelle prometteuse pour le développement de biopesticides innovants.

Le présent travail s'inscrit dans une démarche de valorisation des ressources végétales naturelles comme alternatives potentielles aux pesticides chimiques conventionnels. L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les effets in vivo et silico de l'huile essentielle *de L.angustifolia* sur *Drosophila melanogaster* à travers l'analyse de plusieurs paramètres biologiques, notamment le comportement locomoteur, fécondité et fertilité. Cette approche multidimensionnelle permettra de mieux comprendre l'impact de cette huile essentielle sur le "fitness" global de l'insecte et d'explorer son potentiel dans les programmes futurs de lutte biologique durable.

Sommaire

REMERCIEMENTS.....
Dédicase.....
Sommaire.....
Listes des des figures.....
Liste des tableaux.....
Liste des abréviations.....
Résumé.....
Abstrat.....
الملخص.....
Introduction..... Erreur ! Signet non défini.
Matériel et Méthode..... Erreur ! Signet non défini.
1. Matériel Biologique..... Erreur ! Signet non défini.
1.1. *Drosophila melanogaster* comme organisme modèle..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2. Taxonomie..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.3. Morphologie de *D. melanogaster*..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.4. Cycle de développement..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.5. Protocole d'élevage au laboratoire..... **Erreur ! Signet non défini.**
2. Présentation de l'huile essentielle de *L. angustifolia*..... Erreur ! Signet non défini.
2.1 Origine et méthodes d'extraction..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.2. Composés chimiques et leurs propriétés..... **Erreur ! Signet non défini.**
3. Traitement..... Erreur ! Signet non défini.
3.1. Test de géotaxie négative..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.2. Test de fécondité..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.3. Test de la fertilité..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.3.1. Analyses statistiques..... **Erreur ! Signet non défini.**
4. Docking moléculaire..... Erreur ! Signet non défini.
4.1. La définition et principe..... **Erreur ! Signet non défini.**
4.2. Les outils du Docking moléculaire :..... **Erreur ! Signet non défini.**
4. 3. Méthode de Docking moléculaire utilisée..... **Erreur ! Signet non défini.**
4.3.1. Préparation des protéines..... **Erreur ! Signet non défini.**
4.3.2. Préparation du ligand..... **Erreur ! Signet non défini.**
4. 3.3. Préparation du site actif (Gride)..... **Erreur ! Signet non défini.**
4.3.5. Analyse et visualisation des résultats..... **Erreur ! Signet non défini.**
Résultats..... Erreur ! Signet non défini.
1.Résultats des tests biologiques in vivo..... Erreur ! Signet non défini.
1.1. Effets de l'huile de *Lavandula* sur le comportement locomoteur (Géotaxie négative) **Erreur ! Signet non défini.**
1.2. Effet de l'huile de *Lavandula* sur la fécondité..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.3. Effet de l'huile de *Lavandula* sur la fertilité..... **Erreur ! Signet non défini.**
2. Résultats de Dockings moléculaires (in silico)..... Erreur ! Signet non défini.

2.1. Validation de la méthode de Docking par le test RMSD ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.2 Analyse des énergies de liaison (ΔG)..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.3. Composés de l'huile de lavandula..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.4. Analyse des interactions moléculaires..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.4.1. Interactions du (Z)-β-Farnesene avec les protéines cibles (AChE et RDL) .**Erreur ! Signet non défini.**
2.4.2. Interactions du Limonène avec la protéine cible InR .... **Erreur ! Signet non défini.**
a ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.5. Analyse de la Drug-likeness et des propriétés ADME ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.5.1. Druglikeness des composés de *Lavandula angustifolia* :**Erreur ! Signet non défini.**
2.6 Prédiction de la toxicité (in silico)..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.6.1 Toxicité des composés de *L.angustifolia*..... **Erreur ! Signet non défini.**
Discussion..... Erreur ! Signet non défini.
CONCLUSION & PERSPECTIVES ..... Erreur ! Signet non défini.
Références..... Erreur ! Signet non défini.

الملخص

تُعد الزيوت الأساسية المستخلصة من النباتات بديلاً طبيعيًا وواعدًا للمبيدات الكيميائية في حماية المحاصيل الزراعية. في هذه الدراسة، تم تقييم التأثير المبيد للحشرات للزيت الأساسي لنبات الخزامى (*Lavandula angustifolia*) على ذبابة الفاكهة (*Drosophila melanogaster*)، وهي كائن نموذجي يُستخدم على نطاق واسع في دراسات السمية البيئية. تم تطبيق الزيت الأساسي موضعيًا على يرقات الطور الثالث (L3) بجرعتين: DL25 (0.16 ميكروغرام/يرقة) و DL50 (0.57 ميكروغرام/يرقة). وتم تحليل تأثير هذا العلاج على الحشرات البالغة الناتجة من الجيل المُعرَّض من خلال مؤشرات سلوكية وتكاثرية. أظهرت النتائج سمية عصبية واضحة تجلت في انخفاض ملحوظ في الأداء الحركي خلال اختبار الانجذاب الأرضي السلبي (Negative Geotaxis). كما أظهر تقييم معايير التكاثر انخفاضًا ملحوظًا في الخصوبة (عدد البيوض الموضوعة) وفي القدرة الإنجابية (نسبة فقس البيوض)، مما يؤكد التأثير المعرقل لهذا الزيت على تكاثر الحشرة. ولفهم آلية التأثير الجزيئية الكامنة، أُجريت دراسة إرساء جزيئي (Molecular Docking) باستخدام النمذجة الحاسوبية (in silico). وقد أظهرت المحاكاة وجود ألفة ارتباط قوية بين المكونات الرئيسية للزيت الأساسي، وهما الليمونين (Limonene) و(Z)-β-فارنسين ((Z)-β-Farnesene)، وبين مستقبلات مستهدفة رئيسية مرتبطة بالجهاز العصبي والتناسلي للحشرة (InR و RDL و AChE).

Résumé

Les huiles essentielles dérivées de plantes offrent une solution naturelle et prometteuse pour la protection des cultures en substitution aux pesticides synthétiques. Dans cette étude, l'effet insecticide de l'huile essentielle (HE) de *L.angustifolia* a été évalué sur *D.melanogaster*, une espèce modèle couramment utilisée en écotoxicologie. L'HE a été appliquée par voie topique sur des larves de troisième stade (L3) à deux doses, DL_{25} (0,16µg/larve}) et DL_{50} (0,57µg/larve). L'impact de ce traitement a été analysé chez les adultes de la génération exposée à travers des indicateurs comportementaux et reproductifs. Les résultats ont révélé une neurotoxicité marquée, traduite par une altération significative de la performance locomotrice lors du test de géotaxie négative. De plus, l'évaluation des
Paramètres de reproduction a montré une baisse notable de la fécondité (nombre d'œufs pondus) ainsi qu'une diminution de la fertilité (taux d'éclosion des œufs), prouvant l'effet perturbateur de cette huile sur l'insecte. Afin d'élucider le mécanisme d'action moléculaire sous-jacent, une étude d'ancrage moléculaire (Molecular Docking) in silico a été réalisée. Les simulations ont révélé de fortes affinités de liaison entre les principaux constituants (Limonène, (Z)-β-Farnesene) de l'HE et des récepteurs cibles clés du système nerveux et reproducteur de l'insecte (AChE, RDL, InR).Ces résultats mettent en évidence le potentiel biopesticide de l'huile essentielle de *L.angustifolia*, comme un neurotoxique et un perturbateur de la reproduction chez *D.melanogaster.*

Mots-clés *: Lavandula angustifolia, Drosophila melanogaster*, Géotaxie négative, Fécondité, Fertilité, Docking moléculaire, Biopesticide.

Abstrat

Plant-derived essential oils offer a natural and promising alternative to synthetic pesticides for crop protection. In this study, the insecticidal effect of the essential oil (EO) of *Lavandula angustifolia* was evaluated on Drosophila melanogaster, a model organism widely used in ecotoxicological studies.The EO was applied topically to third-instar larvae (L3) at two doses: LD_{25} (0.16 µg/larva) and LD_{50} (0.57 µg/larva). The impact of this treatment was assessed in the exposed generation of adults using behavioral and reproductive parameters.
The results revealed marked neurotoxicity, evidenced by a significant impairment of locomotor performance in the negative geotaxis test. Furthermore, the evaluation of reproductive parameters showed a notable reduction in fecundity (number of eggs laid) and fertility (egg hatchability rate), demonstrating the disruptive effect of this essential oil on insect reproduction.To elucidate the underlying molecular mechanism, an in silico molecular docking study was performed. The simulations revealed strong binding affinities between the major EO constituents, Limonene and (Z)-β-Farnesene, and key target receptors involved in the insect nervous and reproductive systems (AChE, RDL, and InR).These findings highlight the biopesticidal potential of L. angustifolia essential oil as both a neurotoxic agent and a reproductive disruptor in *D. melanogaster*.