République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministére de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Larbi Tébessi -Tébessa-
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Biologie d'Etres Vivants

MEMOIRE DE MASTER

Spécialité : Biologie Animale

Option : Ecophysiologie Animal

Titre

Impacte d'une huille essentielle, zeste d'orange contre les stades immatures et matures d'une espèce de moustique, *Culiseta longiareolata*

Présenté par :

Melle NECIB chiraz **Melle HAMEL chourouk**

Devant le jury :

Dr. MEBARKIA Nadjoua	Université de Tébessa	Présidente
Pr .TINE-DJEBBAAR Fouzia	Université de Tébessa	Co-promotrice
Dr. BOUZIDI Oulfa	Université de Tébessa	Promotrice
Dr. MAHMOUDI Khaoula	Université de Tébessa	Examinatrice

Année universitaire : 2024/2025

بسم الله الرحمان الرحيم

وَقالُوا الْحَمْدُ للهِ الذي هَدانا لِهذا وَما كُنَّا لِنَهْتَدِيَ لَوْلا "
"أَنْ هَدانا اللَّهُ

"صدق الله العظيم"

Remerciements

Avant tout, louange à Dieu le tout puissant, qui nous a guidée tout au long de ma vie et m'a donné la force extraordinaire, le courage et la patience pour passer par tous les Moments difficiles, et a permis à ce travail de voir le jour malgré tous les défis que j'ai auparavant cru insurmontables...Alhamdolillah.

Nous commençons par remercier notre encadrante Dr.BOUZIDI oulfa pour avoir accepté de nous encadrer, pour tous ses efforts, conseils avisés, ouverture d'esprit, soutien rédactionnel et moral et avec une grande rigueur scientifique malgré ses multiples occupation. Ce fut un plaisir d'apprendre et de travailler à ses côtés.

C'est un devoir d'exprimer toute ma gratitude et une infinie reconnaissance au notre co- promotrice professeur TINE-DJEBBAAR Fouzia elle a su guider et diriger avec clairvoyance et autorité scientifique la réalisation de ce mémoire Merci pour ses encouragements, ses conseils, sa patience et sa disponibilité à notre égard, du fond du cœur.

Nos profonds remerciements vont à l'ensemble des membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce mémoire. Au Dr. MEBARKIA Nadjoua (Docteur au Département de Biologie des êtres vivants, Université de Tébessa) présidente du jury , et au Dr.MAHMOUDI Khaoula (Docteur au Département de Biologie des êtres vivants, Université de Tébessa), examinatrice qui ont bien voulu accepter d'être membre de ce même jury et de nous faire l'honneur de juger ce travail.

Dédicace

"Louange à Dieu, grâce à Sa bénédiction, les bonnes actions sont accomplies. Celui qui m'a guidé et m'a aidé sur le chemin de la science et du savoir."

À ma chère mère, Abla, tu as planté en moi l'amour du savoir. Tu me suivais et priait pour moi à chaque instant. Si ce succès a un sens, c'est parce que tu en es la source et le secret.

À mon cher père, Necib said , tu m'as appris qu'aucun rêve ne se réalise sans effort, et que chaque travailleur mérite sa récompense. Tu as été un modèle de constance et de précision, ainsi qu'une source de confiance en ma capacité à atteindre mes objectifs.

À mon frère bien-aimé, **Islam**, qui a disparu de ma vue mais jamais de mon cœur. Tu étais la lumière dans mes jours sombres et le soutien dans mes moments de faiblesse. Tu es parti, mais tu as laissé dans mon cœur une histoire sans fin. Je t'offre ce travail, avec toute sa sueur et son espoir, comme une aumône continue pour toi, et une prière silencieuse pour ton âme pure.

À mes sœurs, Chihab, Chadha et Tassnim, vous avez été ma deuxième maison et mon soutien sage. Rien qu'entendre vos voix suffisait à me rappeler que je n'étais jamais seul.

À mon compagnon de mémoire, Chourouk, qui n'était pas seulement une amie d'étude, mais une sœur dans mon cœur, et une source de force lorsque ma volonté fléchissait. Nous avons partagé l'anxiété, le stress et la fatigue... Mais malgré tout, nous avons ri ensemble. Tu étais mon miroir quand je me perdais, toujours à mes côtés. Merci du fond du cœur, Chourouk, pour chaque instant, chaque parole, chaque présence.

Ces mémoires ne sont pas simplement la fin d'un voyage, mais le début d'un nouveau chapitre… Alors merci du fond du cœur à tous ceux qui ont fait partie de cette histoire.

Chiraz

Dédicace

Je rends grâce à Dieu, le Tout-Puissant, pour Sa bonté, Sa patience envers moi, et pour m'avoir permis d'arriver jusqu'ici.

À mon père, parti trop tôt…

Ton absence me pèse chaque jour, mais ton souvenir vit en moi. Ce travail, je te le dédie, en espérant qu'il te rende fier, là où tu es.

À ma mère,

Ma compagne de route, mon refuge, mon cœur. Merci pour ton amour sans limite, ta patience et tes prières. Ce diplôme est autant le tien que le mien.

À mes frères : Abdelhalim, Mohamed El Amine et Haitham,

Merci pour votre soutien silencieux, votre présence rassurante, et votre amour discret qui m'a tant portée.

À notre petit rayon de soleil, Oussaid,

Ton sourire a illuminé mes journées. Tu es une vraie source de joie dans nos vies.

À Chiraz,

Ma partenaire de mémoire, celle qui a partagé les longues heures de travail, de doutes et de fous rires. Merci d'avoir été là, chaque jour.

Et à toutes mes amies,

Merci pour votre présence, votre écoute et votre chaleur. Vous avez rendu ce parcours plus doux, plus humain, plus supportable

Chourouk

TABLE DES MATIERES

Titre	Page
I. INTRODUCTION	01
II. MATERIEL ET METHODES	04
2.1. Présentation de *Culiseta longiareolata* (Aitken, 1954)	04
2.2. Collecte et élevage	05
2.3. Présentation des zests d'orange	06
2.3.1. Configuration de la peau des oranges	06
2.4. Extraction de l'huile essentielle	07
2.5. Traitement et Bioessais	08
2.5.1 Traitement des larves et des pupes	08
2.5.2 Durée de développement	08
2.5.3. Traitement des adultes	09
III. RESULTATS	11
3.1. Caractéristiques organoleptiques et rendement de l'huile essentielle	11
3.2. Effet insecticide de l'HE de *C. sinensis* à l'égard des moustiques	11
3.2.1. Effet larvicide	11
3.2.2. Effet pupicide	12
3.3. Effet sur les adultes mâle et femelle	14
3.4. Effet sur la durée de développement	15
3.5. Les anomalies morphologiques	15
IV. DISCUSSION	18
4.1. Rendement en huile essentielle	18
4.2. Activité larvicide et pupicide et adulticide de l'HE des zestes d'orange douce *Citrus sinensis*	19
4.2.1. Toxicité des huiles essentielles	20
4.3. Effet sur la durée de développement	22

4 .4 Les abbérrations morphologiques	24
V. CONCLUSION	**28**
VI.RESUME	**31**
ABSTRACT	**32**
ملخص	**33**
VII.REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	**35**

LISTE DES FIGURES

N°	Titres	Pages
01	Sites de collecte : A.C) Residence el wiam; B.D) El Hamamet	05
02	zeste d'orange	07
03	Montage de l'hydrodistillateur	08
04	Traitement des adultes	09
05	Effets de l'HE de *C. sinensis,* appliquée sur les larves 4 de *Cs. Longiareolata* : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses (A) ; Mortalité corrigée (%) (m ± SEM, n=6 répétitions de 10 individus chacune) (B).Les lettres représentent le classement des doses selon le test HSD de Tukey	12
06	Toxicité de l'HE de C. sinensis (ppm), appliquée sur les pupes nouvellement exuviées de *Cs. Longiareolata*. La Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses (A) ; Mortalité corrigée (%) (m ± SEM, n=6 répétitions de 10 individus chacune) (B). Les lettres représentent le classement des doses selon le test HSD de Tukey.	13
07	Toxicité de l'HE de *C. Ssinensis* (µl/l), appliquée sur les adultes mâles (A) et femelles(B) de Cs. longiareolata: Mortalité corrigée (%) (m ± SEM, n6 répétitions de 5 individus chacune) : test HSD de Tukey	14
08	Aberrations morphologiques après traitement avec l'HE du *C. sinensis* chez Cs. longiareolata (A : Larve L4 déformée ; B : Lésion de la chambre branchiale L4 ; C,D : Lésion du siphon respiratoire ; E : Déformation de la pupe avec une seule trompette respiratoire ; F : Noircissement de la pupe ; G : Métamorphose interrompue (Photos personnelles, 2025).	16
09	Mode d'action des pesticides naturels	22

LISTE DES TABLEAUX

N° Titres Pages	
1. Rendement et caractéristiques organoleptiques de l'HE extraite des zestes d'orange *Citrus sinensis.*	11
2. Toxicité de l'HE de *C. sinensis*, appliquée sur les larves 4 nouvellement exuviées de *Cs. Longiareolata* : Détermination des doses létales et leurs intervalles de confiance (95%).	12
3. Toxicité de l'HE de *C. sinensis*, appliquée sur les pupes nouvellement exuviées de *Cs. longiareolata*: Détermination des concentrations létales et leurs intervalles de confiance (95%).	13
4. Toxicité de l'HE de *C. Sinensis*, appliquée sur les adultes mâle et femelle de *Cs. longiareolata* m:Détermination des concentrations létales et leurs intervalles de confiance (95%).	14
5. Effet de *C.sinensis* (CL25 et CL50) sur la durée de développement (jours) des stades larvaire et nymphale chez *Cs. longiareolata* (m ± SEM, n= 6 répétitions comportant chacune 10 larves et 10 pupes) : Test t de student	15

Introduction

I. INTRODUCTION

Les Culicidae, communément appelés moustiques, constituent l'une des familles d'insectes les plus vastes et médicalement importantes, regroupant plus de 3 500 espèces réparties en plus de 100 genres (Harbach, 2015). Ces insectes holométaboles, appartenant à l'ordre des Diptères et au sous-ordre des Nématocères, se distinguent par leur appareil buccal piqueur-suceur, caractéristique essentielle à leur rôle de vecteurs de maladies (Nabti, 2020). En effet, seules les femelles hématophages sont responsables de la transmission de nombreux agents pathogènes, notamment des virus, protozoaires et filaires, affectant la santé humaine et animale.

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a rapporté une recrudescence alarmante des cas de dengue, avec 7,6 millions de cas signalés en 2023, dont 3,4 millions confirmés, plus de 16 000 formes graves et plus de 3 000 décès, témoignant de l'ampleur croissante de cette menace sanitaire à l'échelle mondiale (OMS, 2023). Face à ce défi, la lutte antivectorielle repose majoritairement sur l'utilisation d'insecticides chimiques. Toutefois, cette stratégie est de plus en plus remise en question en raison de l'émergence de résistances chez certaines populations de moustiques ainsi que des effets délétères sur l'environnement (OMS, 2020 ; Hillary et al., 2024). Les recherches actuelles se penchent vers une nouvelle tendance, c'est l'utilisation des composés bioactifs naturels d'origine végétale qui ont suscité beaucoup d'intérêt due à leurs propriétés insecticides, leurs biodégradabilités et leurs non toxicités vis-à-vis des organismes non ciblés (Amer & Mehlhorn, 2006). Les huiles essentielles (HE) se sont révélées toxiques contre les larves de moustiques (Vivekanandhan et al., 2023). L'Autorité américaine des produits alimentaires et médicamenteux (AFD) a classé l'huile essentielle d'orange comme étant sûre. L'huile contient de nombreux composants tels que le limonène, les monoterpènes, l'α-pinène, le β-pinène, le terpinolène et l'octanal (de Jesus Oliveira et al., 2024). Plus récemment, les huiles essentielles (HE) extraites notamment des agrumes (famille des Rutaceae) ont été largement étudiées pour leur activité larvicide contre diverses espèces de moustiques.

Le bassin méditerranéen, riche d'une biodiversité végétale remarquable avec environ 25 000 espèces, dont près de 60 % sont endémiques, offre un réservoir précieux de ressources naturelles à exploiter (Schönfelder, 2014). Cette diversité floristique a suscité un intérêt croissant pour l'évaluation des propriétés bioinsecticides de nombreuses plantes. En effet, plusieurs études ont démontré que les extraits végétaux exercent des effets toxiques et inhibiteurs sur le développement

des insectes ravageurs, par contact, action fumigante ou effet répulsif (Mediouni Ben Jemâa, 2015 ; Dris, 2019 ; Bouguerra, 2019 ; Guenez, 2020, Bouzidi, 2020 ; Zeghib, 2022) ou les analogues d'hormones juvéniles (Hamaidia & Soltani, 2014 ; 2019) ont été évalués contre les larves de moustiques. De nombreuses recherches ont confirmé l'efficacité larvicide et adulticide des huiles essentielles de *Citrus sinensis*, *Citrus aurantium*, *Citrus limon* et *Citrus reticulata* contre des vecteurs majeurs tels qu'*Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* et *Culex quinquefasciatus* (Murugan *et al*., 2012 ; Dehkordi *et al*., 2016 ; Sharma *et al*., 2022). Le concept de « larvicides verts » désigne ainsi ces agents naturels, économiques et écologiquement compatibles, capables de réduire durablement les populations de moustiques (Sharma et al., 2022).

l'éspéce de *Citrus sinensis*,c'est un arbre largement cultivé et source importante de vitamine C et de composés bioactifs tels que flavonoïdes, caroténoïdes et huiles essentielles, bénéficie d'une reconnaissance accrue pour ses propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et antimicrobiennes, ainsi que pour son utilisation agroalimentaire (Tighe-Neira et al., 2017).

Dans le cadre de ce manuscrit, nous détaillerons dans la section Matériels et Méthodes les protocoles d'extraction des huiles essentielles à partir des écorces de *Citrus sinensis* ainsi que les méthodes d'évaluation biologique de leur toxicité larvicide. Les résultats, présentés dans la section Résultats et Discussion, seront organisés en trois axes principaux : l'analyse du rendement d'extraction par hydrodistillation, la détermination des paramètres de létalité (CL25, CL50, CL90) des huiles essentielles sur les larves, et enfin l'étude de l'impact morphologique des HE sur les stades larvaires, nymphale et adultes des moustiques.

Matériel et méthodes

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de *Culiseta longiareolata* (Aitken, 1954)

Culiseta longiareolata est une espèce à plusieurs générations par an, susceptible de manifester une diapause hivernale chez les femelles adultes (dans les régions froides) et chez les larves (dans les régions tempérées) (Bruhnes et al., 1999). Les femelles présentent une sténogamie et une autoténie. Elles préfèrent piquer les vertébrés, en particulier les oiseaux, et l'humain est rarement leur cible. Cette espèce est reconnue Comme porteuse du Plasmodium aviaire.

La position systématique de *Culiseta longiareolata* est la suivante :

Règne	**Animalia**
Sous-règne	**Metazoa**
Embranchement	**Arthropoda**
Embranchement	**Hexapoda**
Super-classe	**Protostomia**
Classe	**Insecta**
Sou-classe	**Pterygota**
Infra-classe	**Neoptera**
Super-ordre	**Endopterygota**
Ordre	**Diptera**
Sous-ordre	**Nematocera**
Infra-ordre	**Culicomorpha**
Famille	**Culicidae**
Sous-famille	**Culicinae**
Genre	**Culiseta**
Espéce	***Culiseta longiareolata***

2.2. Collecte et élevage:

La récolte des œufs et des larves de *Cs longiareolata* s'est effectuée à la pépinière située dans la région d'El Hammamet (Figure1). Dans le laboratoire, les larves sont élevées dans des contenants en plastique remplis d'eau déchlorée et alimentées avec 0,04g d'un mélange de biscuits à 75% et de levure à 25% (Figure 1). L'eau est renouvelée tous les deux jours et les adultes sont alimentés avec des raisins secs et des dattes. L'alimentation a une grande importance sur la fertilité, car les protéines offrent à la femelle la capacité de produire d'avantage d'œufs comparé aux femelles nourries uniquement au sucre (Wigglesworth, 1972). Quand les larves atteignent le stade nymphe, elles sont placées dans des enclos où elles subiront leur métamorphose pour devenir adultes.

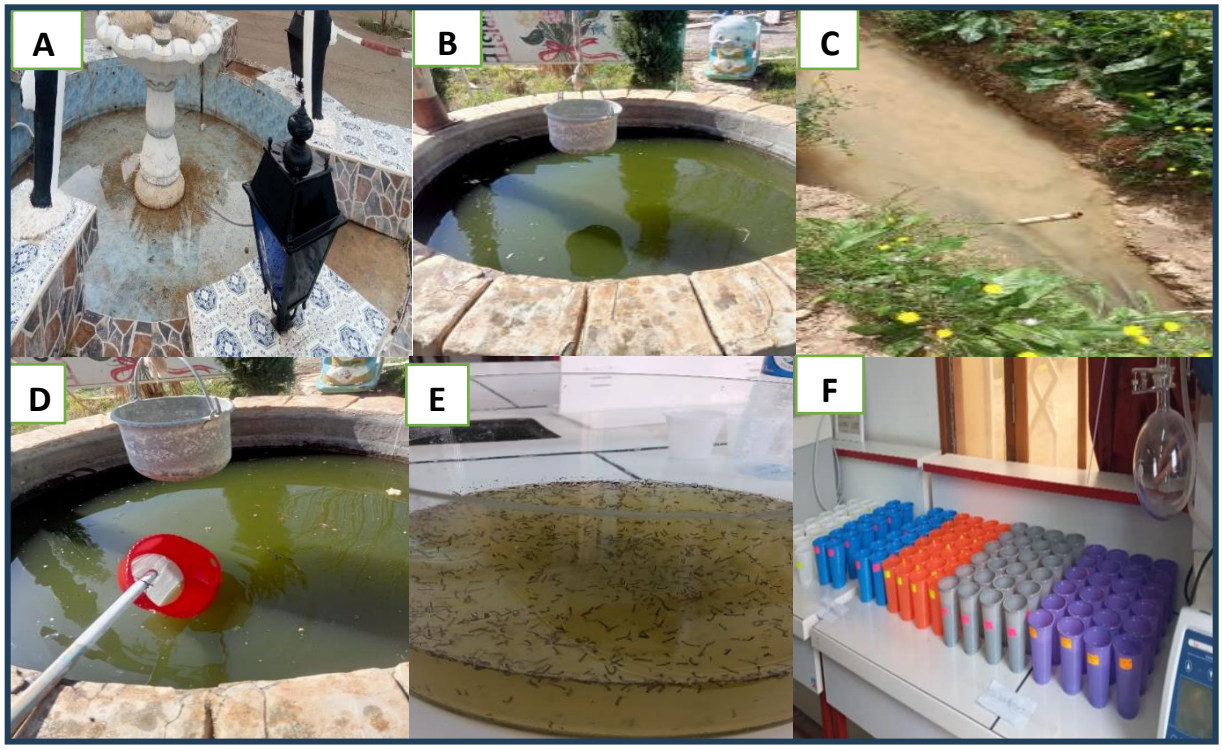


Figure1. Sites de collecte : A.C) Residence el wiam; B.D) El Hamamet (NECIB & HAMEL , 2025).

2.3. Présentation des zests d'orange

Les oranges, grâce à leur goût savoureux, leur haute valeur nutritive et leur riche composition en molécules bioactives, sont les fruits les plus consommés (Wang et al., 2007). À l'échelle mondiale, les oranges représentent 75% de la production totale d'agrumes. L'Algérie, en tant que producteur notable, contribue à la génération de grandes quantités de peaux d'orange. L'industrie de transformation et la consommation de ces dernières génèrent d'énormes quantités de sous-produits tels que les écorces.

2.3.1. Configuration de la peau des oranges :

Élément de l'écorce d'orange	Nom alternatif	Caractéristiques	% fruit	Références
Flavédo	Épicarpe	Couche externe colorée, contient des glandes à huiles essentielles, des pigments caroténoïdes et des vitamines	8 à 10%	Ladaniya (2008), Bejar et al. (2012)
Albédo	Mésocarpe	Couche interne blanche, texture spongieuse, riche en pectines	12à30%	Ladaniya (2008), Bejar et al. (2012)

la position systématique des agrumes est connue selon Osbeck, 1765 :

Règne	Plantae
Classe	**Magnoliopsida**
Ordre	**Sapindales**
Famille	**Rutaceae**
Genre	**Citrus**
Ordre	**Sapindales**
Famille	**Rutaceae**
Espéce	***Citrus sinensis* (osbeck,1765)**



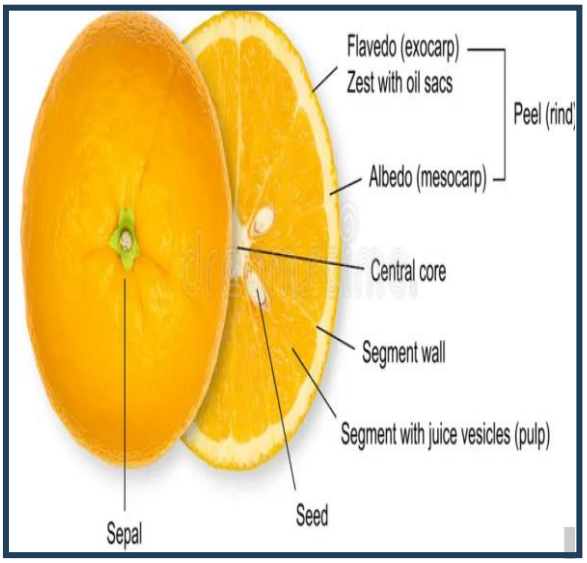


Figure2 . zeste d'orange (NECIB & HAMEL , 2025)

2.4. Extraction de l'huile essentielle

L'huile essentielle des zestes d'orange extraite par hydrodistillation grâce à un appareil de type Clevenger. Les zestes ont été obtenue à partir des oranges collectées durant la période mars-avril2025. Les zestes ont été séchées à l'ombre dans un endroit sec et aéré.100g de la matière sèche de zeste avec 1000 ml d'eau distillée sont introduit dans un ballon d'une capacité d'un2000 ml. Le mélange est porté à ébullition pendant 3 heures, les huiles essentielles recueillies ont été filtrées en présence de sulfate de sodium (Na2SO4) pour éliminer les traces d'eau résiduelle. Elles sont ensuite récupérées et stockées à 4°C et à l'obscurité dans un flacon en verre ombré, hermétiquement fermé. Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la matière sèche de la plante (AFNOR, 1987). Il est exprimé en pourcentage et calculé selon la formule suivante :

$$R = PB/PA \times 100$$

Ou

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

R : Rendement en huile en %.

PA : Poids de la matière sèche de la plante en g. **PB :** Poids de l'huile en g.



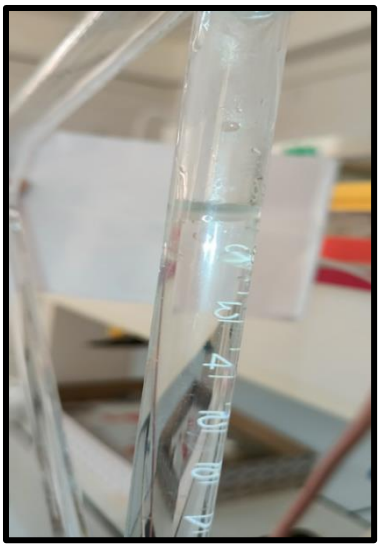


Figure3. Montage de l'hydrodistillateur(Photos personnelle NCIB et HAMEL , 2025).

2.5. Traitement et Bioessais

2.5.1Traitement des larves et des pupes

Après un test de Screening, on a pu déterminer la gamme de concentrations de l'HE de *Citrus sinensis* qui est de l'ordre de : 4, 8, 16 et 20 ppm. Ces concentrations ont été appliquées dans des pots contenant 150ml d'eau et 10 larves du quatrième stade ou 10 pupes nouvellement exuviées de *Cs. longiareolata*. Après 24h de traitement, les larves et les nymphes sont rincées et placées dans de nouveaux récipients contenants de l'eau propre et de la nourriture. Le témoin négatif ne contenait que de l'eau tandis que le témoin positif renfermait un millilitre d'éthanol. Le suivi de mortalité des larves a été réalisé après le : 24h, 48h et 72h après traitement alors que le suivi des nymphes a été fait jusqu'à l'émergence des imagos . Six répétitions comportant chacune 10 larves ou 10 pupes, ont été réalisées pour chaque concentration. Le pourcentage de mortalité observée est corrigé par la formule d'Abbott (1925) qui permet d'éliminer la mortalité naturelle et de déterminer la toxicité réelle du traitement. La détermination des concentrations létales (CL25, CL50 et CL90) ainsi que leur intervalle de confiance (95% IC) a été faite grâce à un logiciel GRAPH PAD PRISM 7.

2.5.2 Durée de développement

Afin d'évaluer l'effet des zestes d'orange sur les durées de développement des différents stades de *Cs. longiareolata*, des expériences ont été établies. Après traitement (CL25 et CL50) des larves du quatrième stade nouvellement exuviées, les durées des deux stades ont été calculées ; la durée du

4ème stade larvaire depuis la 3ème mue jusqu'à la mue nymphale, et la durée du stade nymphal depuis l'apparition des pupes jusqu'à l'émergence des adultes. Quinze répétitions de 10 larves ont été réalisées pour chaque concentration. Une série témoin est conduite en parallèle et les individus reçoivent de l'eau propre.

2.5.3. Traitement des adultes

Après un screening préalable, l'huile des zestes d'oranges a été appliquée à différentes concentrations :2,5 ; 5 ; 10 et 20 µl/L d'air sur un disque de papier filtre de1,5 cm de diamètre suspendu à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle.

Les adultes mâles et femelles de *Cs. longiareolata* ont été introduits dans des boîtes en plastiques d'une capacité de 60 ml. 6 répétitions de 5 individus ont été réalisées pour chaque concentration. Une série témoin est conduite en parallèle et les individus reçoivent de l'eau distillée.

Les mortalités ont été enregistrées à 1h, 6h, 12h et 24h après traitement et corrigées selon la formule d'Abbott (1925). Les concentrations létales ainsi que leur intervalle de confiance (95% IC) ont été calculées grâce à un Logiciel GRAPH PAD PRISM 7.



Figure4. Traitement des adultes (NCIB & HAMEL , 2025).

Résultats

III. RESULTATS

3.1. Caractéristiques organoleptiques et rendement de l'huile essentielle

L'extraction des zestes de *Citrus sinensis* par hydrodistillation a permis d'obtenir une huile essentielle sous forme liquide, d'un aspect huileux, incoloré, caractérisée par une odeur caractéristique de l'orange fraîche, avec un rendement de 2,07 % de la matière sèche.

Tableau 1. Rendement et caractéristiques organoleptiques de l'HE extraite des zestes d'orange *Citrus sinensis.*

	Caractéristiques organoleptiques			
Extrait	**Odeur**	**Couleur**	**Aspect**	**Rendement**
Huile essentielle	Aromatique fraîche et forte	Incolore	Liposoluble	2,07 %

3.2. Effet insecticide de l'HE de *C. sinensis* à l'égard des moustiques

3.2.1. Effet larvicide

Après un test de screening, différentes concentrations de l'HE de *Citrus sinensis* ont été appliquées sur les larves du quatrième stade de *Cs. longiareolata* (4, 8, 16 et 20 ppm). Des séries témoins négatifs (eau seulement) et témoins positifs (eau+1ml d'éthanol) sont réalisées en parallèles. Aucune mortalité n'a été observée dans les deux séries témoins.

Les mortalités corrigées enregistrées augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps après traitement chez *Cs. Longiareolata.* A 24h ($F=6,60$; $df=4,949$; $P=0,0004$), à 48h ($F= 2,60$; $df = 42,71$; $P<0,001$) et à 72h ($F= 3,60$; $df = 427$; $P<0,001$). Ces mortalités marquent des valeurs allant de 10% pour la dose la plus faible (4ppm) enregistrées à 24h après traitement à plus de100 % pour la dose la plus forte (20 ppm) 72h.

La courbe dose-réponse exprimant les pourcentages de mortalité en fonction du logarithme des doses appliquées (Fig. A et B) a permis l'estimation des concentrations létales (CL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le HillSlope(Tableau2).

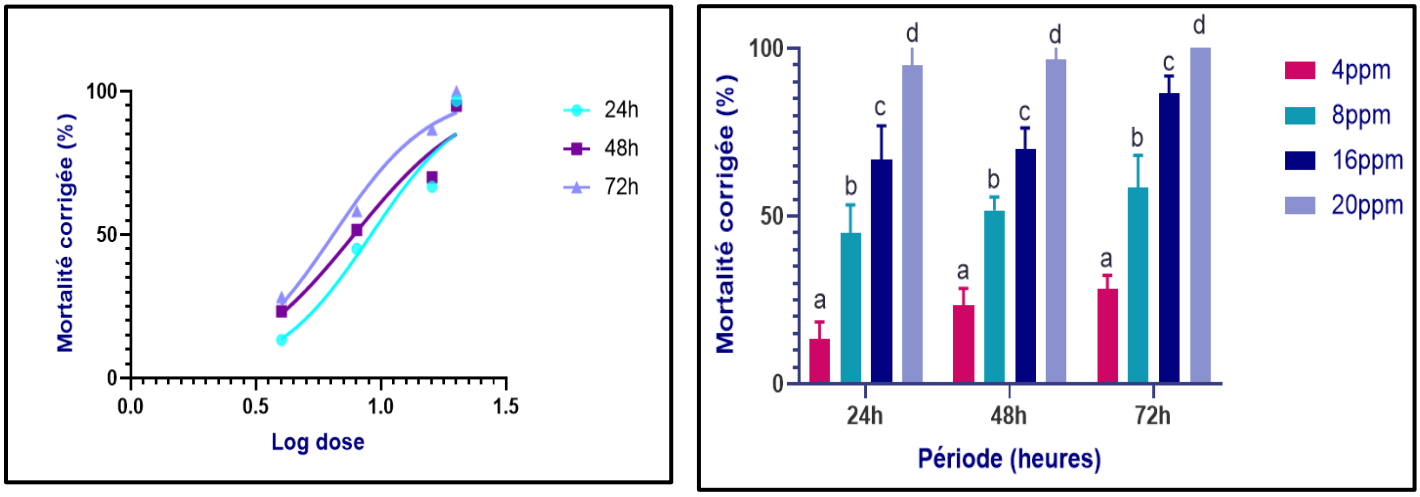


Figure5. Effets de l'HE de *C. sinensis*, appliquée sur les larves 4 de *Cs. Longiareolata* : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses **(A)** ; Mortalité corrigée (%) (m ± SEM, n=6 répétitions de 10 individus chacune) **(B)**. Les lettres représentent le classement des doses selon le test HSD de Tukey

Tableau2 . Toxicité de l'HE de *C. sinensis*, appliquée sur les larves 4 nouvellement exuviées de *Cs. Longiareolata* : Détermination des doses létales et leurs intervalles de confiance (95%).

Temps (heures)	Hill Slope	R2	CL25(ppm) 95% IC	CL50(ppm) 95% IC	CL90 (ppm) 95% IC
24	**0,6719**	**0,92**	**5,575** [0,1157-10,256]	**9,113** [0,4136-1,204]	**24,35** [0,1340-3,895]
48	**0,4759**	**0,93**	**4,308** [0.07510-9,320]	**7,795** [0,2657- 1,154]	**25,32** [0,9642-3,587]
72	**0,394**	**0,97**	**3,932** [1 ,462-6,420]	**6,438** [0,5931-0,9645]	**17,27** [0,9666-5,620]

3.2.2. Effet pupicide

Après un test de screening, différentes concentrations de l'HE de *Citrus sinensis* ont été appliquées sur les pupes de *Cs. longiareolata* (8,16,32 et 64 ppm). Des séries témoins négatifs (eau seulement) et témoins positifs (eau+1ml d'éthanol) sont réalisées en parallèles. Aucune mortalité n'a été observée dans les deux séries témoins.

Les mortalités corrigées enregistrées augmentent de façon significative en fonction des doses

Appliquées ($F_{(3, 60)} = 427,0$ =; P<0,001) (Fig6).

Ces mortalités varient de 8% et 10 % pour la dose la plus faible (8 ppm) à 96% et 100% pour la

dose la plus forte (64 ppm) (Fig6). La courbe dose-réponse exprimant les pourcentages de mortalité en fonction du logarithme des concentrations appliquées (Fig6) a permis l'estimation des valeurs des différentes concentrations létales (CL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le Slope (Tableau3.).

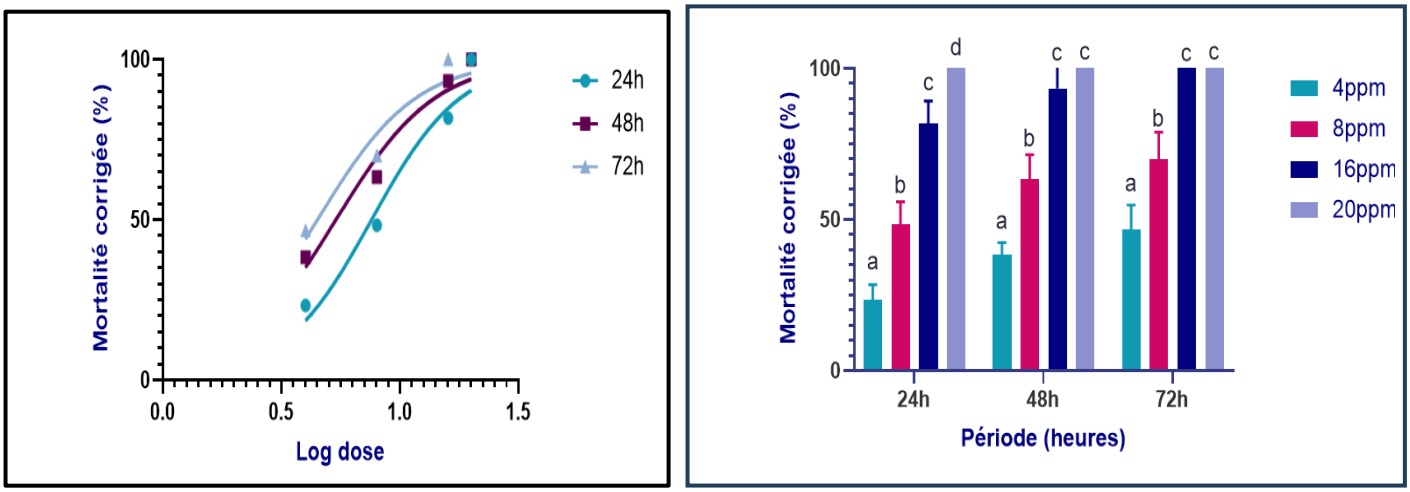


Figure 6 : Toxicité de l'HE de *C. sinensis* (ppm), appliquée sur les pupes nouvellement exuviées de *Cs. Longiareolata*. La Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses **(A)** ; Mortalité corrigée (%) (m ± SEM, n=6 répétitions de 10 individus chacune) **(B).** Les lettres représentent le classement des doses selon le test HSD de Tukey.

Tableau3. Toxicité de l'HE de *C. sinensis,* appliquée sur les pupes nouvellement exuviées de *Cs. longiareolata:* Détermination des concentrations létales et leurs intervalles de confiance (95%).

Temps (heures)	Hill Slope	R2	CL25 (ppm) 95% IC	CL50 (ppm) 95% IC	CL90 (ppm) 95% IC
24	**2,305**	**0,94**	**4,714** [0,9113 -8,887]	**7,593** [3,587 – 12,13]	**19,70** [9,209 – 128,4]
48	**2,069**	**0,95**	**3,158** [0,5445 – 5,635]	**5,371** [2,223 – 8,202]	**15,53** [7,157 – 65,78]
72	**2,080**	**0,96**	**2,645** [0,06347 -5,012]	**4,486** [0,6047- 7,287]	**12,90** [0,1156- 105,9]

3.3. Effet sur les adultes mâle et femelle

Après un test de screening, différentes concentrations de l'HE de *C. sinensis* ont été appliquées par fumigation sur les adultes mâles et femelles de *Cs. Longiareolata* (2.5, 5, 10, et 20µl/l d'air). Aucune mortalité n'a été observée dans les séries témoins.

Les mortalités corrigées enregistrées augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées chez *Cs. longiareolata* (Fig. A et B) : pour les mâles ($F(3, 12) = 9.628$; $P=0.0016$), les femelles ($F(3, 12) = 45.40$; $P<0.0001$). Les résultats montrent une mortalité plus importante chez les males par rapport aux femelles. L'estimation des concentrations létales (CL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le HillSlope (Tableau 4) a été faite par le GRAPH PAD PRISM 7.

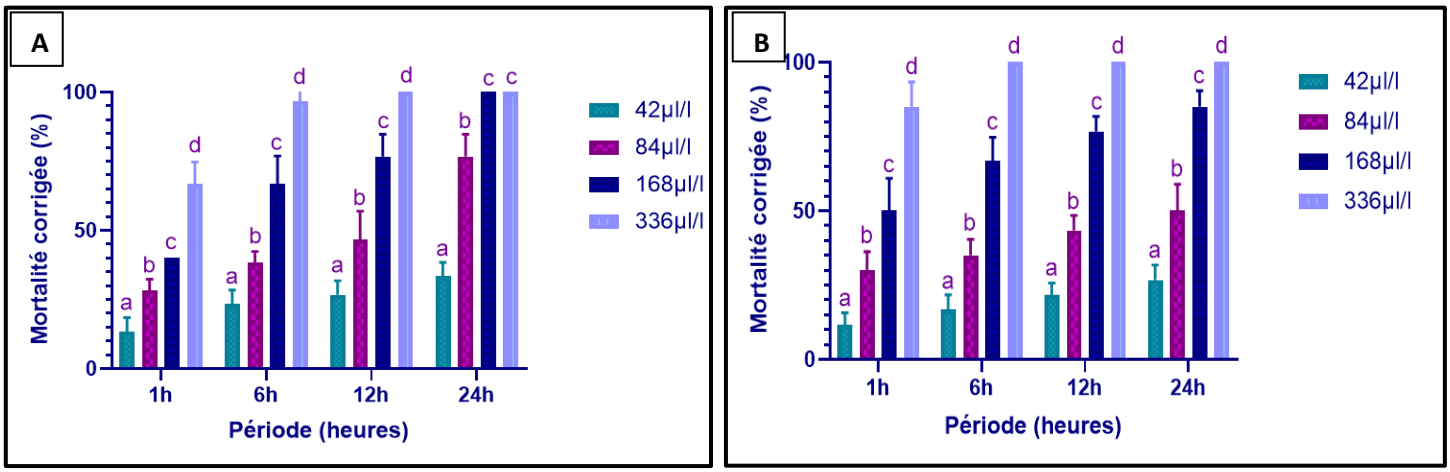


Figure7 . Toxicité de l'HE de *C. Ssinensis* (µl/l), appliquée sur les adultes mâles (A) et femelles(B) de *Cs. longiareolata*: Mortalité corrigée (%) (m ± SEM, n6 répétitions de 5 individus chacune) : test HSD de Tukey.

Tableau4. Toxicité de l'HE de *C. Sinensis*, appliquée sur les adultes mâle et femelle de *Cs. longiareolata* m: Détermination des concentrations létales et leurs intervalles de confiance (95%).

Temps (heures)	Hill Slope	R2	CL25 (ppm) 95% IC	CL50 (ppm) 95% IC
Femelle	**2.03**	**0.98**	**44.61** [18,97- 71,48]	**76.60** [49,93-108,6]
Male	**2.88**	**0.99**	**36.84** [45,88 – 62,77]	**53.92** [27,56 – 44,96]

3.4. Effet sur la durée de développement

Après traitement des larves et des pupes de *Cs. longiareolata* par l'huile du Citrus (CL25 et CL50), la durée des stades larvaires et nymphale ont été déterminée et les résultats sont présentés dans le Tableau5.

La durée des stades larvaires chez *Cs. longiareolata* montre des fluctuations dues au traitement par le Citrus par rapport aux témoins. Les concentrations appliquées (CL25 et CL50) prolongent significativement la durée du 4ème stade larvaire et nymphale ($p < 0,001$). De plus, on note un effet dose à tous les stades étudiés (CL25 vs CL50 : $p = 0.02541$; $p = 0.0832$) respectivement. Cependant, létales comparativement aux témoins ($p < 0,001$) avec une relation dose-réponse à tous les stades étudiés L4 et pupe (CL25 vs CL50 : $p < 0,001$).

Tbleau 5 : Effet de *C.sinensis* (CL25 et CL50) sur la durée de développement (jours) des stades larvaire et nymphale chez *Cs. longiareolata* (m ± SEM, n= 6 répétitions comportant chacune 10 larves et 10 pupes) : Test t de student

Espéce	Stade	Témoins	CL25	CL50
Cs.longiareolata	**Larve**	3.04±0.77 **a**	5.95±0.68 **b**	8.26±056 **c**
	Pupe	2.80±057 **a**	4.26±05.52 **b**	4.59±048 **b**

3.5. Les anomalies morphologiques

Des anomalies morphologiques attirantes ont été observées dans certains cas après exposition d'huile essentielles des zestes d'orange. La plupart des larves et des pupes traitées au moment de leur mort ont subi des modifications morphologiques telle que la pigmentation de leur thorax, le changement de la forme de leur tête et de leur thorax, ainsi que des lésions au niveau de l'intestin moyen, des papilles anales, du siphon respiratoire et l'absence des trompettes respiratoires chez certaines pupes. On a noté également l'échec de l'émergence des adultes, traduite par l'incapacité de détacher leurs pattes et leurs ailes de l'exuvie nymphale.

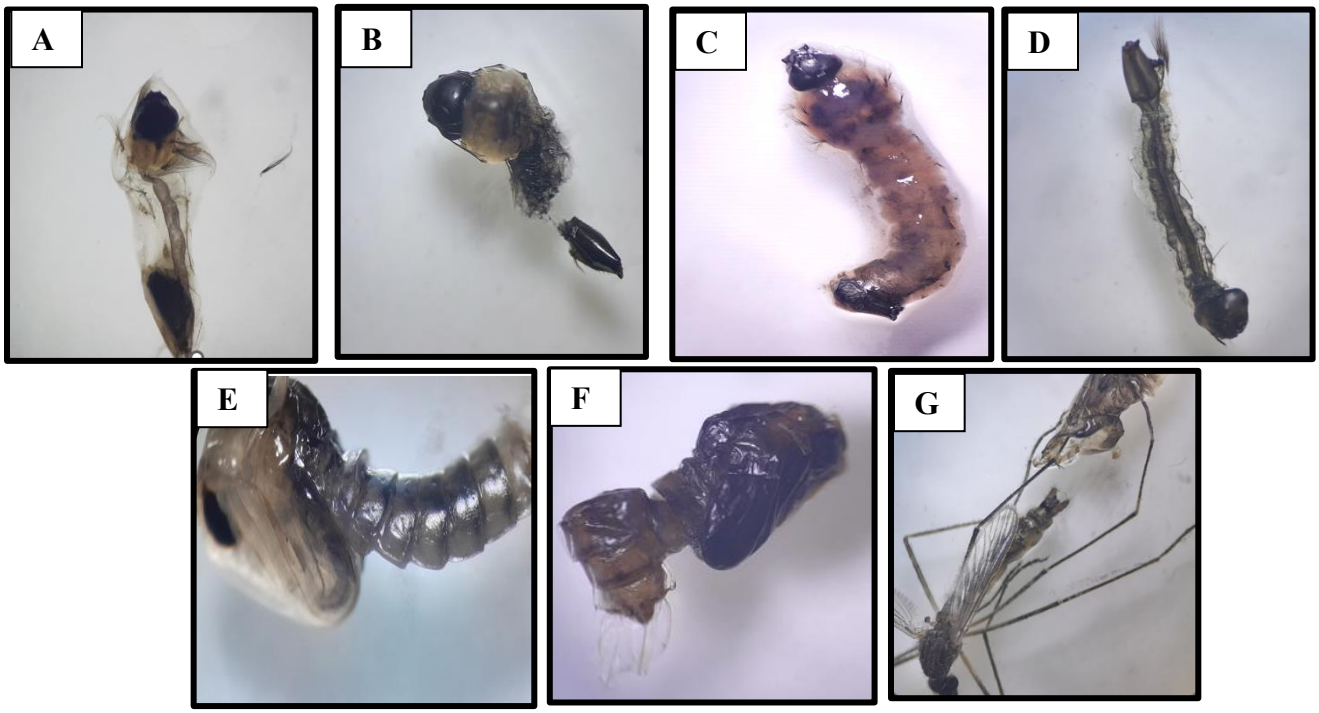


Figure8. Aberrations morphologiques après traitement avec l'HE du *C. sinensis* chez *Cs. longiareolata* (**A** : Larve L4 déformée ; **B** : Lésion de la chambre branchiale L4 ; **C, D** : Lésion du siphon respiratoire ; **E** : Déformation de la pupe avec une seule trompette respiratoire ; **F :** Noircissement de la pupe ; **G** : Métamorphose interrompue (Photos personnelles, 2025).

Discussion

IV DISCUSSION

4.1. Rendement en huile essentielle

Les plantes produisent deux types d'huiles : les huiles fixes, composées principalement d'esters de glycérol et d'acides gras, et les huiles essentielles volatiles, constituées d'un mélange complexe de composés organiques responsables de l'arôme spécifique des plantes (Sirousmehr *et al*., 2014 ; Tisserand et Young 2014). Dans notre étude, le rendement d'extraction par hydrodistillation des zestes purs d'orange *Citrus sinensis* est de 2,07 % après 3 heures, avec une huile essentielle incolore et à l'odeur caractéristique d'orange. Ce rendement est supérieur à plusieurs résultats antérieurs, tels que ceux d'EL-Akhal *et al*., (2014) qui ont obtenu 1,2 % au Maroc et celle de Bouhali (2015) avec 0,39 % en Algérie. Cependant, d'autres études ont rapporté des rendements plus élevés, comme Didi et Yakoubi (2021) avec 3,9 à 4 %, et Kurniasih *et al*., (2021) qui ont même atteint 6,84 %. Ces variations se retrouvent également chez d'autres espèces du genre Citrus : par exemple, le *Citrus reticulata* chinois présente un rendement de 0,689 % (Yi *et al*., 2018), la mandarine indienne 1,10 % (Ajikumaran Nair *et al*., 2017), tandis que les mandarines brésilienne et chinoise affichent respectivement 2,04 % et 1,34 % (Fouad et Da Camara, 2017 ; Guo *et al*., 2018). Ces différences s'expliquent par plusieurs facteurs, notamment les conditions bioclimatiques et géographiques telles que le climat, la température et l'humidité (Zaouaoui *et al*., 2020 ; Jordan *et al*., 2013), mais aussi par des variations génétiques, édaphiques, la méthode d'extraction employée, la partie de la plante utilisée (écorce, feuilles, fleurs), le stade de croissance, la saison de récolte et la conservation du matériel végétal (Pereira *et al*., 2000 ; Boutekedjiret *et al*., 2003 ; Figueiredo *et al*., 2008 ; Deschepper, 2017).

L'état de la matière végétale joue un rôle crucial, la Pharmacopée Européenne (2008) souligne que les feuilles sèches fournissent généralement des rendements supérieurs à ceux des feuilles fraîches. Ceci est confirmé par Abd Elghani *et al*., (2023), qui ont observé un rendement moyen de 0,240 % pour les feuilles sèches, significativement plus élevé que celui des feuilles fraîches (0,480 %). Par ailleurs, la durée et les conditions de séchage influencent directement la volatilisation des huiles essentielles contenues dans la peau d'orange. Bhandari *et al*., (2024) ont ainsi obtenu des rendements allant de 1,75 à 2,25 % à partir des écorces de *Citrus sinensis*, tandis que les feuilles et les fleurs présentent des rendements plus faibles, respectivement entre 0,75–0,78% et 0,20–0,25 %, des résultats proches des nôtres malgré l'utilisation de méthodes d'extraction différentes.

Des études régionales menées en Algérie offrent une perspective détaillée et essentielle pour mieux évaluer les variations du rendement en huiles essentielles. Les travaux réalisés par Bouderbala *et al*., (2020) ont montré que le rendement en huiles essentielles diminue significativement, d'environ 50 %, lorsque le séchage des échantillons est prolongé de 8 à 21 jours dans la région de Guelma, soulignant ainsi l'importance de la durée de séchage sur le rendement d'extraction. Une autre étude réalisée à Blida a révélé un rendement relativement faible, autour de 0,22 %, lors de l'extraction par entraînement à la vapeur d'eau des feuilles de *Citrus sinensis*, tout en mettant en avant les propriétés biologiques des huiles essentielles extraites. Ces variations de rendement peuvent aussi s'expliquer par le mécanisme biologique propre à la plante : après la récolte, la plante continue à vivre et son activité de biosynthèse des terpènes et ces dérivés s'accentue, ce qui constitue un moyen de défense contre le stress hydrique. Cette activité explique l'augmentation initiale des rendements en huiles essentielles. Cependant, après la mort définitive de la plante, la biosynthèse cesse et les pertes d'huiles essentielles par évaporation ne sont plus compensées, entraînant une baisse du rendement (Bencheikh *et al*., 2015). Le rendement en huile essentielle de *Citrus sinensis* dépend d'une interaction complexe entre les caractéristiques intrinsèques de la plante, son environnement, le traitement du matériel végétal et la méthode d'extraction utilisée. C'est cette combinaison de facteurs qui explique les différences observées entre les diverses études sur les huiles essentielles de *Citrus*.

4.2. Activité larvicide et pupicide et adulticide de l'HE des zestes d'orange douce *Citrus sinensis*

4.2.1. Toxicité des huiles essentielles

Les composés phytochimiques extraits de diverses plantes offrent une large gamme d'applications bénéfiques, allant des médicaments aux insecticides. En particulier, ces produits peuvent agir non seulement comme agents toxiques ciblant différentes phases du cycle de vie des moustiques, mais aussi comme répulsifs et régulateurs de croissance et de reproduction (Sukumar *et al*., 1991 ; Ghosh *et al*., 2012).

Les recherches récentes privilégient l'utilisation de composés phytochimiques en tant qu'insecticides alternatifs, en raison de leur richesse en substances bioactives spécifiques aux insectes ciblés, tout en étant respectueux de l'environnement et sans nuire aux autres organismes. En effet, les extraits végétaux contiennent souvent des composés agissant de manière synergique,

qui sont biodégradables et présentent un faible risque de développement de résistance chez les insectes (Dias *et al*., 2015 ; Martello et al., 2019 ; Hikal *et al*., 2017).De nombreux composés phytochimiques se sont révélés efficaces contre les moustiques à différents stades : en tant qu'adulticides (Michaelakis *et al*., 2014 ; Zahran *et al*., 2017), larvicides (Pavela, 2015 ; Maggi et Benelli, 2018 ; Badawy *et al*., 2018), ovicides (Benelli, 2015 ; Govindarajan *et al*., 2011), pupicides (Chellappandian, 2018) ainsi que répulsifs (Amer et Mehlhorn, 2006 ; Conti *et al*., 2012 ; Gleiser *et al*., 2011). Ces substances ciblent divers éléments du système nerveux des insectes, notamment l'acétylcholinestérase (AChE), les récepteurs GABA, les récepteurs d'octopamine, les récepteurs nicotiniques de l'acétylcholine (nAChR) et les canaux sodiques, entraînant la mortalité des nuisibles (Kostyukovsky *et al*., 2002; Tong, 2010; Pavela *et al*., 2018; Isman & Seffrin, 2018). Leur efficacité varie selon leur profil phytochimique et la cible entomologique (Regnault-Roger *et al*., 2012).

Dans notre étude, les huiles essentielles (HE) extraites des zestes d'orange *Citrus sinensis* ont montré une activité insecticide notable contre les larves de 4e stade, les pupes et les adultes de *Cs. longiareolata*, une relation dose- réponse. Des études similaires sur les différentes espèces de Citrus (*C. sinensis*, *C. aurantifolia*, *C. aurantium*, *C. paradisi*) ont montré que *C. paradisi* et *C. aurantifolia* possèdent un potentiel insecticide plus marqué contre les adultes de Culex que contre les larves, avec une efficacité dépendant fortement de la concentration des extraits (Lagundoye *et al*., 2024). Récemment, Abagli *et al*., (2023) ont testé l'effet répulsif de faibles concentrations de l'huile essentielle de *C. anisata* sur les adultes du moustique *Cx. quinquefasciatus*, et ont conclu que la concentration de 1% chasse 100% des moustiques pendant les 15 premières minutes qui suivent son application ; d'où la nécessité d'évaluer la persistance de l'effet répulsif de cette huile essentielle dans le temps .Sarma *et al*., (2019) ont également rapporté que l'huile de *C. aurantifolia* présente une activité ovicide supérieure à son activité larvicide, bien que cette dernière soit renforcée par la concentration et la durée d'exposition . Plusieurs auteurs ont confirmé que les moustiques vecteurs tels que *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi* et *Culex quinquefasciatus* sont sensibles à l'huile essentielle de *C. sinensis*. Par exemple, El-Braky *et al.,* (2016) ont mesuré une CL50 de 63,89 µg/cm² par fumigation et 0,43 µg/cm² par contact contre *Sitophilus oryzae*, indiquant une forte activité insecticide. Oyedeji *et al*., (2020) ont trouvé des valeurs similaires, avec une CL50 de 80,01 mL/L d'air pour la fumigation et 95,63 µg/adulte pour le contact. De plus, Saad Mona (2013) a démontré une toxicité notable de l'huile essentielle de *C. sinensis* sur les larves

de *Spodoptera littoralis* avec une CL50 de 6,88 µl/l. Les travaux d' Aissaoui *et al*., (2020) ont montré que des huiles essentielles de *C. sinensis* et *C. aurantium* sont efficaces contre différents stades de développement de *Tetranychus urticae*, avec des taux de mortalité élevés chez les adultes, larves et œufs. Zarubova *et al*., (2014) ont également observé des mortalités importantes (jusqu'à 85 %) chez les larves *d'Oulema melanopus* après exposition topique à l'huile essentielle de *C. sinensis*. L'efficacité des huiles essentielles dépend aussi du type d'agrume et de ses constituants, notamment le limonène, reconnu pour ses propriétés insecticides (Simon-Oke et Akeju, 2019 ; Khanikor *et al*., 2021). Les agrumes sont connus pour leur toxicité contre les larves, pupes et adultes de diverses espèces de moustiques (Ivoke *et al*., 2013 ; Favela-Hernández *et al*., 2016). Les insecticides à base de plantes agissent par des mécanismes complexes, principalement en perturbant le système respiratoire des insectes, mais aussi en inhibant l'activité enzymatique et les récepteurs nerveux, affectant ainsi leurs processus physiologiques (Silwanyana *et al*., 2025). Girgenti et Suss (2002) ont suggéré que les extraits de plantes peuvent bloquer les cellules réceptrices de l'acide lactique chez *Aedes aegypti*, empêchant ainsi les moustiques de reconnaître la peau humaine comme source d'alimentation (Effiom *et al*., 2012). L'analyse chimique par chromatographie en phase gazeuse a révélé que cette huile est principalement composée de D-limonène (96,1 %). Le test biologique a montré une activité larvicide notable avec une dose létale 50 (DL50) de 105,13 ppm, bien que cette efficacité soit inférieure à celle de la deltaméthrine, un insecticide de synthèse (DL50 = 2,3 ppm). Ces résultats suggèrent un potentiel pour la formulation de bio-insecticides naturels à base d'huiles essentielles de *Citrus sinensis* (Yolidje *et al*., 2024). Ce mécanisme est lié à l'évaporation du principe actif en présence du dioxyde de carbone de la peau, modifiant la signature chimique recherchée par les moustiques. Les réactions allergiques observées chez certains volontaires, telles que des éternuements et démangeaisons, ont été de courte durée et considérées comme bénignes (Adeniyi-Akee *et al*., 2025). Une autre recherche a démontré l'effet bioinsecticide des huiles essentielles de *Citrus sinensis* (ainsi que de *Mentha piperita*, *Thymus vulgaris* et *Citrus paradisi*) sur des adultes diapausants d'insectes, confirmant l'activité insecticide de ces huiles. Une étude algérienne a montré que les poudres de pelure de *Citrus sinensis* ont un effet insecticide significatif sur les différents stades évolutifs (œufs, larves, nymphes) de *Sitophilus zeamais*, empêchant complètement l'émergence des adultes à certaines concentrations (Wangkaqué *et al*.,2024).

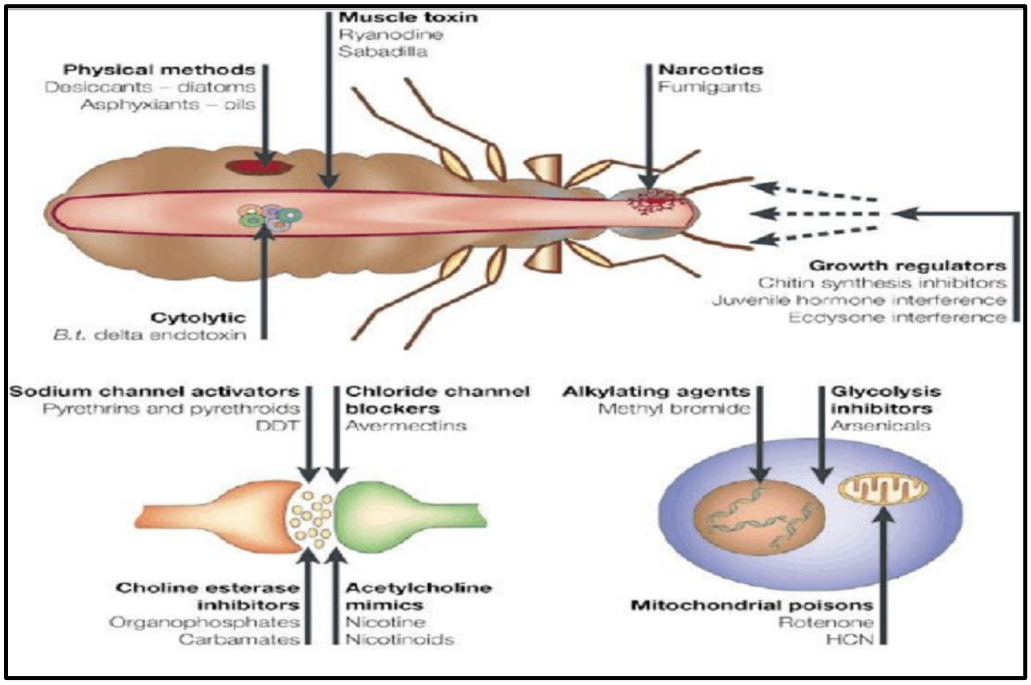


Figure 9. Mode d'action des pesticides naturels (Oguh *et al*., 2019).

4.3. Effet sur la durée de développement

Les métabolites secondaires issus de nombreuses espèces végétales exercent une influence significative sur la croissance et le développement des différents stades ontogéniques des moustiques. Ces composés induisent divers effets biologiques, notamment une mortalité accrue, des anomalies morphologiques, une inhibition de la mue, un retard dans le développement nymphal ainsi qu'un allongement de la durée des stades larvaires (Al-Mekhlafi *et al*., 2020). Par ailleurs, plusieurs études ont rapporté des perturbations du développement chez divers insectes après exposition à des extraits de plantes (Shazad *et al*., 2018).

Après traitement des larves et des pupes par l'HE de *C. sinensis* , on a noté un prolongement de la durée de développement larvaire et nymphale chez *Cs. longiareolata*. Notre résultat tst en corabore avec cellesrapporté par Muthuraman *et al*., (2024) montrent que l'huile essentielle de *Citrus sinensis* a été évaluée pour ses propriétés larvicides et retardatrices de développement sur les larves de *Culex quinquefasciatus*, induisant une mortalité larvaire élevée et un allongement significatif du stade larvaire, retardant la métamorphose en adultes .Le limonène, principal composé actif, est responsable de ces effets. Des résultats similaires sont signalés par Bouabida et Dris, (2022) , qui ont montré que les huiles essentielles issues de diverses espèces végétales provoquent des effets

biologiques significatifs sur les populations de moustiques. L'huile essentielle de *Ruta montana* (synonyme *Ruta graveolens*) exerce une toxicité larvicide notable sur *Culex pipiens*, perturbant de manière significative les réserves énergétiques des larves, notamment les protéines et lipides, ce qui induit un ralentissement du développement larvaire dont la durée normale varie entre 12 et 20 jours ainsi que des anomalies morphologiques, attestant de son potentiel en tant qu'agent larvicide naturel .

Les mêmes effets ont été signalés au coure de traitement par les huiles essentielles de *Lavandula stoechas* et *Eucalyptus globulus* qui présentent une activité adulticide élevée contre *Culex pipiens*, avec des taux de mortalité respectifs atteignant 100 % et plus de 90 % après 48 à 72 heures d'exposition, interrompant ainsi le cycle de vie des moustiques en empêchant la reproduction des adultes (Riat et Kocher, 2019). De plus, L'huile essentielle de *Mentha pulegium* a également révélé une toxicité larvicide marquée sur *Aedes caspius* et *Culex pipiens*, avec une DL50 approximative de 28 ppm, confirmant son efficacité dans l'inhibition du développement larvaire (Guenez *et al*., 2018). Des études complémentaires ont porté sur les propriétés répulsives des huiles essentielles de *Clausena anisata* et *Hyptis suaveolens* vis-à-vis de *Culex quinquefasciatus*. Les résultats montrent que ces huiles réduisent significativement le nombre de moustiques posés et gorgés de sang, avec une persistance d'effet d'au moins deux heures après application. L'efficacité augmente avec la concentration, atteignant environ 88-89 % de répulsion à 6 % de concentration. Ces huiles ont aussi un effet larvicide reconnu dans d'autres études, ce qui suggère qu'elles peuvent perturber le développement des stades immatures des moustiques, retardant ainsi leur cycle de vie (Abagli *et al*., 2020 ;2023). Les travaux de Castillo-Morales *et al*., (2021) prouvent que l'exposition aux concentrations sublétales d'huile essentielle de *Clausena fexuosus* induit des effets similaires à ceux du diflubenzuron, notamment une diminution des concentrations hormonales, un allongement de la période larvaire et une mortalité accrue chez *Aedes aegypti* . Al-Mekhlafi *et al*., (2020) à trouvé que les extraits floraux de *Matricaria chamomilla* prolongent la durée du développement larvaire chez *Culex pipiens* d'environ cinq jours par rapport aux témoins. De même, le traitement avec des monoterpènes tels que le carvone, le cuminaldéhyde et le limonène accroît la durée du stade nymphal chez la même espèce de 3 à 4 jours par rapport aux témoins (Zahran & Abdelgaleil, 2011). L'allongement des périodes de développement causé par les extraits de plantes de citrus est principalement attribuée à la présence de composés bioactifs tels que le limonène, le citronellal, le citronellol et d'autres terpènes. Ces molécules agissent en perturbant le système nerveux des

insectes, en inhibant des enzymes clés et en altérant les processus physiologiques liés à la croissance et à la métamorphose des moustiques (Isman, 2000). Ainsi que les huiles essentielles étudiées exercent une double action synergique : un effet toxique direct sur les stades larvaires, perturbant leur physiologie et prolongeant leur développement, ainsi qu'un effet répulsif et adulticide réduisant la survie et la reproduction des moustiques adultes. Cette synergie confère à ces huiles un potentiel considérable en tant qu'alternatives écologiques pour la lutte intégrée contre les moustiques vecteurs de maladies (Bentouati, 2021).

4 .4 Les abbérrations morphologiques

L'application d'huiles essentielles de zestes d'orange sur les larves et pupes de moustiques a engendré des anomalies morphologiques notables, comprenant une pigmentation thoracique atypique, des altérations au niveau de la tête et du thorax, ainsi que des dommages internes similaires à ceux constatés dans l'intestin moyen, les papilles anales et le siphon respiratoire. L'absence de trompettes respiratoires chez certaines pupes et l'incapacité des adultes à émerger mettent également en évidence un impact significatif sur le développement post-embryonnaire.

Ces observations sont conformes aux effets larvicides et perturbateurs du développement signalés pour d'autres extraits de plantes et huiles essentielles. Par exemple, Shah & Gupta, (2025) ont prouvé que l'extrait acétonique des feuilles d'*Ageratum houstonianum* provoque une mortalité significative chez les larves d'*Aedes aegypti*, et entraîne aussi des malformations de développement comme l'apparition d'intermédiaires larve-pupe et une diminution de l'émergence adulte. Leurs conclusions ont aussi souligné une déformation du processus de pupation, entraînant une prolongation des durées de passage de la larve à la pupe et de la pupe à l'adulte.

Les monoterpènes, tels que le limonène qui prédomine dans les huiles essentielles d'agrumes, sont réputés pour leurs propriétés neurotoxiques et cytotoxiques sur les insectes (Isman, 2020 ; Mossa, 2021). Le limonène peut affecter la régulation hormonale de la métamorphose, spécifiquement le système endocrinien lié à l'ecdystéroïde et à l'hormone juvénile (JH), ce qui pourrait justifier les anomalies de mue et d'émergence notées. D'après Pavela & Benelli (2016), des modifications dans le contrôle hormonal peuvent entraîner des défaillances de l'émergence imaginale, fréquemment observables à travers la difficulté des adultes à se débarrasser entièrement de leur exuvie nymphale.

Les dommages constatés sur l'intestin moyen et les structures respiratoires pourraient aussi être attribués à une action cytolytique ou à un trouble osmotique induit par les composants lipophiles de l'huile essentielle. Les huiles essentielles peuvent franchir les membranes cuticulaires et nuire aux tissus internes via des processus d'oxydation lipidique ou de désorganisation membranaire (Regnault-Roger *et al.*, 2022). Selon la recherche de Senthil-Nathan (2019), certaines huiles essentielles induisent une dégénérescence cellulaire dans l'épithélium intestinal et le système trachéal des larves de Lépidoptères.

Les métabolites secondaires des plantes, en particulier les composés volatils présents dans les huiles essentielles, exercent une toxicité directe sur les tissus épithéliaux des organes internes des insectes, tels que l'intestin moyen et le siphon respiratoire. Cette toxicité se manifeste par des altérations morphologiques et fonctionnelles des cellules digestives et respiratoires. Selon Senthil-Nathan (2020), les monoterpènes contenus dans ces huiles perturbent de manière multifactorielle les processus physiologiques des insectes, notamment en inhibant l'activité des enzymes digestives, en compromettant la respiration cellulaire et en perturbant l'organisation tissulaire. Ces perturbations biochimiques et cellulaires conduisent à des lésions tissulaires significatives et à des dysfonctionnements métaboliques, affectant ainsi la croissance, le développement et la survie des insectes. Ces effets sont cohérents avec les mécanismes d'action des métabolites secondaires qui ciblent des voies enzymatiques clés et les systèmes neurophysiologiques des insectes, contribuant à leur efficacité insecticide et à leur potentiel comme agents de lutte biologique. Les dommages constatés sur l'intestin moyen et les structures respiratoires pourraient aussi être attribués à une action cytolytique ou à un trouble osmotique induit par les composants lipophiles de l'huile essentielle. Les huiles essentielles peuvent franchir les membranes cuticulaires et nuire aux tissus internes via des processus d'oxydation lipidique ou de désorganisation membranaire (Regnault-Roger *et al.*, 2022). Selon la recherche de Senthil-Nathan (2019), certaines huiles essentielles induisent une dégénérescence cellulaire dans l'épithélium intestinal et le système trachéal des larves de Lépidoptères.

Au final, une augmentation de la pigmentation thoracique pourrait être associée à une oxydation renforcée des phénylpropanoïdes ou à un amassement inhabituel de métabolites secondaires, généralement observé en tant que mécanisme de stress physiologique (Benelli *et al.*, 2018). Un tel

changement de pigmentation est fréquemment un signe indirect d'une perturbation des voies de signalisation hormonale et métabolique.

Conclusion

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La lutte antivectorielle contre les moustiques demeure une priorité sanitaire majeure. Diverses stratégies sont mises en œuvre, notamment l'application d'insecticides chimiques de synthèse. Toutefois, ces composés présentent des effets toxiques significatifs sur la santé humaine et engendrent une contamination environnementale. Par conséquent, le développement d'alternatives naturelles dotées d'activités insecticides efficaces, tout en minimisant les impacts écotoxicologiques et économiques, s'avère indispensable (Benayad, 2008).

En Algérie, l'utilisation d'extraits végétaux comme agents biopesticides a récemment suscité un intérêt croissant, corroboré par plusieurs études récentes (Aouati, 2016). L'huile essentielle des zestes d'orange *Citrus sinensis*, riche en composés bioactifs, a démontré un potentiel larvicide notable contre *Culiseta longiareolata*, suggérant son application possible dans la formulation de bio-insecticides à faible coût. Cette approche s'inscrit dans le cadre des recherches actuelles visant à exploiter les propriétés insecticides des huiles essentielles (Mohan et Ramaswamy, 2007).

Notre expérimentation a révélé que l'exposition des larves, des pupes et les adulte males et femelle de *Culiseta longiareolata* à des concentrations croissantes d'huile essentielle des zestes de *Citrus sinensis* induit une mortalité larvaire complète, confirmant l'efficacité dose-dépendante de ce bio-insecticide naturel. Par ailleurs, l'huile essentielle perturbe significativement la métamorphose larve-nymphe et l'émergence de l' adultes , processus critique du cycle biologique des moustiques, en provoquant des malformations morphologiques et en inhibant le développement normal des stades immatures. Ces observations soulignent l'intérêt stratégique d'une intervention ciblée au stade larvaire pour un contrôle vectoriel optimal.

Ces résultats ouvrent des perspectives de recherche pour approfondir l'évaluation de l'huile essentielle de *Citrus sinensis* comme agent larvicide alternatif dans la gestion intégrée des populations de moustiques vecteurs de pathogènes. Son potentiel pourrait contribuer à la réduction des risques épidémiologiques associés aux maladies vectorielles.

Les travaux futurs devront se concentrer sur :

- L'évaluation comparative de l'efficacité larvicide de l'huile essentielle des différentes parties de la plante de *Citrus sinensis* sur des différentes espèces de moustiques ;

- La toxicité de cet extrait sur d'autres espèces de moustique et notamment, l'isolement et la caractérisation des composés actifs dans ces extraits ;
- L'optimisation des formulations et des modalités d'application pour une utilisation pratique et durable.

Résumé

VI. Résumé

Les moustiques sont des agents nuisant et des vecteurs de nombreuses maladies humaines et animales. La lutte contre ces insectes hématophages dépend de l'utilisation bio insecticide. Le présent travail porte sur l'étude de l'activité insecticide de l'huile essentielle extraite des zestes de *Citrus sinensis* (orange douce) sur les différents stades de développement du moustique *Culiseta longiareolata*. Ce moustique, bien que moins étudié que d'autres genres tels que *Aedes* ou *Anopheles*, reste un vecteur potentiel de pathogènes aviaires et mérite une attention particulière dans les stratégies de lutte biologique. L'huile essentielle a été extraite par hydrodistillation à partir de zestes séchés, avec un rendement de 2,07 %. Des bioessais ont été menés sur les larves du 4e stade, les pupes nouvellement formées, ainsi que sur les adultes mâles et femelles. Les résultats ont révélé que:

- L'HE induit une mortalité dose-dépendante significative chez les larves, avec une CL50 de 9,11 ppm à 24 h.
- Un effet pupicide marqué est observé dès 8 ppm, atteignant 100 % de mortalité à 64 ppm.
- Les adultes, exposés par voie fumigène, montrent une sensibilité accrue, notamment les mâles (CL50 = 53,92 µl/L d'air).
- L'exposition à l'HE entraîne un allongement significatif de la durée des stades larvaires et nymphaux.
- Des anomalies morphologiques, telles que des déformations du siphon, du thorax ou une métamorphose incomplète, ont été observées chez les spécimens traités.

Ces résultats démontrent l'efficacité potentielle de l'huile essentielle de zeste d'orange comme agent bioinsecticide à large spectre, agissant à la fois sur la survie, le développement et la morphologie des moustiques cibles.

Mots clés : Moustique, Huiles essentielles, Toxicité, Développement, anomalies morphologiques.

ABSTRACT

ABSTRACT

Mosquitoes are dangerous insects that spread a wide range of illnesses in both humans and animals. Bioinsecticides are essential in the battle against these blood-feeding insects.This study focuses on the insecticidal activity of the essential oil extracted from the peels of ***Citrus sinensis*** (sweet orange) on various developmental stages of the mosquito ***Culiseta longiareolata*.** Although this mosquito species is less studied than other genera such as *Aedes* or *Anopheles,* it remains a potential vector of avian pathogens and deserves particular attention in biological control strategies.

The essential oil was extracted by hydrodistillation from dried peels, yielding 2.07%. Bioassays were conducted on 4th instar larvae, newly formed pupae, as well as adult males and females. The results revealed that:

- The essential oil induces a significant dose-dependent mortality in larvae, with an LC_{50} of 9.11 ppm after 24 hours.
- A marked pupicidal effect was observed from 8 ppm, reaching 100% mortality at 64 ppm.
- Adults, exposed via fumigation, showed increased sensitivity, particularly males (LC_{50} = 53.92 µl/L of air).
- Exposure to the essential oil significantly prolonged the duration of larval and pupal stages.
- Morphological abnormalities such as siphon and thorax deformities, or incomplete metamorphosis, were observed in treated specimens.

These results demonstrate the potential efficacy of sweet orange peel essential oil as a broad-spectrum bioinsecticide, acting on the survival, development, and morphology of target mosquitoes.

Key words: Mosquitoes, Essential oil, *Citrus sinensis*, Toxicity, Development, morphological anomalies.

مـــــلـــخـــص

ملخص

يصنف البعوض من الحشرات الخطيرة التي تنقل العديد من الأمراض التي تصيب البشر والحيوانات. يُعدّ استخدام المبيدات الحشرية الحيوية أمرًا أساسيًا لمكافحة هذه الحشرات التي تتغذى على الدم.

يتناول هذا العمل دراسة الفعالية الحشرية لزيت القشور العطري المستخلص من قشور *Citrus sinensis* (البرتقال الحلو) على مختلف أطوار تطور بعوض *Culiseta longiareolata* ، ورغم أن هذا النوع من البعوض أقل دراسة مقارنة بأنواع أخرى مثل *Aedes* أو**Anopheles** ، إلا أنه يبقى ناقلاً محتملاً لمسببات أمراض الطيور، مما يستدعي إيلاءه اهتمامًا خاصًا في استراتيجيات المكافحة البيولوجية.

تم استخراج الزيت العطري عن طريق التقطير المائي من القشور المجففة، بمردود بلغت نسبته 2.07%. وقد أُجريت اختبارات حيوية على يرقات الطور الرابع، والطور العذري حديثي التكون، وكذلك على الذكور والإناث البالغة. وقد أظهرت النتائج ما يلي:

- يُحدث الزيت العطري نسبة وفيات كبيرة تعتمد على الجرعة المطبقة على اليرقات، حيث بلغت قيمة CL_{50} حوالي 9.11 جزء في المليون بعد 24 ساعة.
- لوحظ تأثير قوي قاتل على العذارى ابتداءً من تركيز 8 جزء في المليون، مع بلوغ نسبة وفيات 100% عند 64 جزء في المليون.
- كما أظهر البالغون، عند تعرضهم للزيت العطري عبر الاستنشاق، حساسية مرتفعة، خاصة لدى الذكور (CL_{50} = 53.92 ميكرولتر/لتر من الهواء).
- تسبب التعرض للزيت العطري في إطالة ملحوظة لمدة المراحل اليرقية والعذرية.
- لوحظت تشوهات مورفولوجية و تحول غير مكتمل أثناء عملية التحول الكامل من اليرقات الى العذارى و منها إلى البالغين.

تُبرز هذه النتائج فعالية زيت قشور البرتقال العطري كمبيد حشري حيوي واعد واسع النطاق، يؤثر في البقاء والتطور والشكل الخارجي للبعوض المستهدف.

الكلمات المفتاحية: البعوض، زيت القشور العطري، *Citrus sinensis* ، تشوهات مورفولوجية ، تطور.

Références bibliographiques

A

Abd Elghani, E. M., El Sayed, A. M., Emam, M. M. A. A., Al-Mahallawi, A. M., Tadros, S. H., Soliman, F. M., & Youssef, F. S. (2023). Seasonal metabolic profiling of Valencia orange leaf essential oil using GC coupled with chemometrics, nano-formulation, and insecticidal evaluation: in vivo and in silico. *RSC advances*, *13*(3), 1659-1671.

Abdelgaleil, S. A., Badawy, M. E., Mahmoud, N. F., & Marei, A. E. S. M. (2019). Acaricidal activity, biochemical effects and molecular docking of some monoterpenes against two-spotted spider mite (Tetranychus urticae Koch). Pesticide biochemistry and physiology. 156 : 105-115.

Adeniyi-Akee, M. A., Mbachu, K. A., Ibrahim, K., Osamudiamen, P. M., Aiyelaagbe, O. O., Idowu, S. O., & Adegoke, O. A. (2025). Repellency Effects, Cytotoxicity Assessment and Chemical Compositions of Citrus limon Seeds Extracts and Fractions Against Anopheles gambiae sl Mosquitoes. Avicenna Journal of Medical Biotechnology, 17(1), 56-63.

Aissaoui, A. B., Bouayad, N., Zantar, S., & Amrani, A. E. (2020). Study of the effect of Citrus sinensis and Citrus aurantium essential oils on Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae).

Ajikumaran Nair, S., Rajani Kurup, S. R., Akhila Nair, S., Sabulal, B. (2017). Citrus peels prevent cancer. Phytomedicine, doi: 10.1016/j.phymed.2017.08.011.

Al-Mekhlafi, F. A., Abutaha, N., Mashaly, A. M., Nasr, F. A., Ibrahim, K. E., & Wadaan, M. A. (2017). Biological activity of Xanthium strumarium seed extracts on different cancer cell lines and Aedes caspius, Culex pipiens (diptera: Culicidae). Saudi Journal of Biological Sciences. 24(4) : 817-821.

Al-Seenia, A., et al. (2018). Citrus peel essential oils as potential larvicides against mosquito vectors. *Journal of Essential Oil Research*, 30(5), 334–342.

Amer, A., & Mehlhorn, H. (2006). Repellency effect of forty-one essential oils against *Aedes*, *Anopheles*, and *Culex* mosquitoes. *Parasitology Research*, 99(4), 478–490.

B

Badawy, M. E., Taktak, N. E., & El-Aswad, A. F. (2018). Chemical composition of the essential oils isolated from peel of three citrus species and their mosquitocidal activity against Culex pipiens. Natural product research. 32(23) : 2829-2834.

Benelli, G. (2015). Plant-borne ovicides in the fight against mosquito vectors of medical and veterinary importance: a systematic review. Parasitology research. 114(9) : 3201-3212.

Bhandari, D. P., Chaudhary, P., Upadhyaya, S. R., Ranjitkar, R., Satyal, R., Adhikari, A., ... & Parajuli, N. (2024). Chemical variability, antioxidant and larvicidal efficacy of EOs from Citrus sinensis (L.) Osbeck peel, leaf, and flower. *Horticulturae*, *10*(6), 566.

Bouguerra, A. (2019). Effets toxiques des huiles essentielles sur les insectes nuisibles. *Journal Algérien d'Entomologie Appliquée,* 3(1), 45–54.

Bouhali, H., 2015. Caractérisation des huiles essentielles de *Citrus sinensis* et étude de leur activité antioxydante : étude comparative entre l'huile essentielle des écorces sèches et fraiches. Mémoire de Magister. Université A.MIRA-BEJAIA. Algérie.

Boutekedjiret, C., Bentahar, F., Belabbes , R. & Bessiere , J. M.(2003). Extraction of

Bouzidi, O. (2020). Activité larvicide des huiles essentielles issues de plantes spontanées algériennes. *Mémoire de Master,* Université de Tébessa.

C

Chellappandian, M., Vasantha-Srinivasan, P., Senthil-Nathan, S., Karthi, S., Thanigaivel, A., Ponsankar, A., ... & Hunter, W. B. (2018). Botanical essential oils and uses as mosquitocides and repellents against dengue. Environment international. 113 : 214-230.

Conti, B., Benelli, G., Flamini, G., Cioni, P. L., Profeti, R., Ceccarini, L., ... & Canale, A. (2012). Larvicidal and repellent activity of Hyptis suaveolens (Lamiaceae) essential oil against the mosquito Aedes albopictus Skuse (Diptera: Culicidae). Parasitology research, 110(5) : 2013-2021.

D

De Jesus Oliveira, J., et al. (2024). Composition and insecticidal activity of orange essential oil. *Industrial Crops and Products*, 213, 118984.

Dehkordi, N. A., et al. (2016). Toxic effects of *Citrus sinensis* peel oil on *Culex* species. *Iranian Journal of Medical Entomology*, 53(3), 187–195.

Deschepper, R. (2017). Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie.

Dias, W. O., Wanner, E. F., & Cardoso, R. T. (2015). A multiobjective optimization approach for combating Aedes aegypti using chemical and biological alternated step-size control. Mathematical biosciences. 269 : 37-47.

Dris, R. (2019). Utilisation des extraits de plantes à des fins insecticides. *Revue des Bioressources*, 5(2), 117–126.

E

Effiom, O. E., Avoaja, D. A., & Ohaeri, C. C. (2012). Mosquito repellent activity of phytochemical extracts from peels of citrus fruit species. Global Journal of Science Frontier Research, 12(1), 1-8.

EL-Akhal, F., Guemmouh, R., Greche, H., Lalami, A.E.O., 2014. Valorisation en tant que bioinsecticide de deux huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* cultivées au centre du Maroc (Valorization as a bio-insecticide of essential oils of *Citrus sinensis* and *Citrus aurantium* cultivated in center of Morocco) 6.

El-Bakry, A.M., Abdel-Aziz, N.F., Sammour, E.A., and Abdelgaleil, S.A.M. (2016). Insecticidal activity of natural plant essential oils against some stored product insects and their side effects on wheat seed germination. Egyptian Journal of Biological Pest Control. 26(1): 83

F

Favela-Hernández, J. M. J., González-Santiago, O., Ramírez-Cabrera, M. A., Esquivel-Ferriño, P. C., & Camacho-Corona, M. D. R. (2016). Chemistry and pharmacology of Citrus sinensis. Molecules, 21(2), 247.

Figueiredo, A. C, Barroso, J G.,. Pedro, L G & Scheffer, J J. C (2008). Factors affecting

Fouad, H. A., Da Camara, C. A. G. (2017). Chimical composition and bioactivity of peel oils from *Citrus aurantiifolia* and Citrus reticulata and enantiomers of their major constituent against Sitophilus zeamais (Coleoptera : Curculionidae). Stored Products Rasearch, 73 : 30-36.
from populations of *Thymus caespititius* grown on the island S. Jorge (Azores). Phytochemistry.

G

Ghosh, A., Chowdhury, N. & Chandra, G. (2012). Plant extracts as potential mosquito larvicides. Indian Journal of Medical Research. 135:581–598

Girgenti, P., & Surs, L. (2002). Attivitá repellente nei confronti di Aedes aegypti (L.) di formulate a base di estratti vegetali naturali o principi attivi di sintesi. Annali di Igiene, Medicina Preventiva e di Comunità, 14, 205-210.

Gleiser, R. M., Bonino, M. A., & Zygadlo, J. A. (2011). Repellence of essential oils of aromatic plants growing in Argentina against Aedes aegypti (Diptera: Culicidae). Parasitology research. 108(1) : 69-78.

Govindarajan, M., Mathivanan, T., Elumalai, K., Krishnappa, K., & Anandan, A. (2011). Mosquito larvicidal, ovicidal, and repellent properties of botanical extracts against Anopheles stephensi, Aedes aegypti, and Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae). Parasitology research. 109(2) : 353-367.

growing wild in North African drylands. Nutrition and Food Science Journal. **18:** 19–28

Guenez, M. (2020). Étude comparative de l'efficacité insecticide de trois huiles essentielles sur *Culex pipiens. Mémoire de Master,* Université de Tébessa.

Guo, J. j., Gao, Z. p., Xia, J.l., Ritenour, M. A., Li, G.y., Shan, Y. (2018). Comparative analysis of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activity of citrus essential oils from the main cultivated varieties in China. LWT - Food Science and Technology.

H

Hamaidia, K., & Soltani, N. (2014). Effet des analogues d'hormone juvénile sur les larves de moustiques. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 9, 45–55.

Hamaidia, K., & Soltani, N. (2019). Régulation hormonale de la croissance larvaire chez les Culicidae. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 144(2), 89–97.

Harbach, R. E. (2015). The phylogeny and classification of Culicidae (Diptera). *Zootaxa*, 3872(1), 1–286.

Hikal, W. M., Baeshen, R. S., & Said-Al Ahl, H. A. (2017). Botanical insecticide as simple extractives for pest control. Cogent Biology. 3(1) : 1404274.

Hillary, T. A., et al. (2024). Environmental effects of insecticide overuse in vector control. *Environmental Entomology*, 53(1), 50–60.

I

Isman, M. B., & Seffrin, R. (2018). Essential oils as green pesticides for plant protection in horticulture. In: Mandal D, Shukla AC, Siddiqui MW (eds) Innovations in horticultural science: Sustainable horticulture 2: Food, health, and nutrition. Apple Academic Press.217–260.

Ivoke, N., Ogbonna, P. C., Ekeh, F. N., Ezenwaji, N. E., Atama, C. I., Ejere, V. C., ... & Eyo, J. E. (2013). Effects of grapefruit (Citrus paradisi MACF)(Rutaceae) peel oil against developmental stages of Aedes aegypti (Diptera: Culicidae).

J

Jordan, M.J., Lax, V., Rota, M.C., Loran, S. & Sotomayor, J.A. (2013). Effect of bioclimatic Journal. **18**: 481–484.

K

Khanikor, B., Adhikari, K., & Rabha, B. (2021). Insecticidal Compounds. Citrus: Research, Development and Biotechnology, 189.

Kostyukovsky, M., Rafaeli, A., Gileadi, C., Demchenko, N., & Shaaya, E. (2002). Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. Pest Management Science: formerly Pesticide Science. 58(11) : 1101-1106.

Kurniasih, N., Nuryadin, W., Harahap, M. N., Supriadin, A., & Kinasih, I. (2021, April). Toxicity of essential oils from orange (Citrus sinesis L. Obbeck) and lemongrass (Cymbopogon nardus L. Rendle) on Aedes aegypti a vector of Dengue Hemorrhagic Fever (DHF). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1869, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.

L. Food Controle .**30:** 463-468.

L

L.R., Deans, S.G. & Scheffer, J.J.C. (2000). Chemical polymorphism of the essential oils

Lagundoye, Y. O., Simon-Oke, I. A., & Akeju, A. V. (2024). Insecticidal activities of the ethanolic extract of citrus fruit seeds for the control of Culex mosquitoes. Discover Applied Sciences, 6(2), 35.

Laib, I. (2012). Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de Lavandula officinalis: application aux moisissures des légumes secs. *Nature & Technology/Nature & Technologie*, (7).

M

Maggi, F., & Benelli, G. (2018). Essential oils from aromatic and medicinal plants as effective weapons against mosquito vectors of public health importance. In Mosquito-borne Diseases Springer, Cham. 69-129.

Martello, R. H., Gallon, C., Souza, M. A., Calisto, J. F. F., Aguiar, G. P. S., Albeny-Simões, D., ... & Dal Magro, J. (2019). Micronization of thymol by RESS and its larvicidal activity against Aedes aegypti (Diptera, Culicidae). Industrial Crops & Products. 139 : 111495.

Mediouni Ben Jemâa, J. (2015). Essential oils: new biopesticides against insects. *Phytotherapy Research*, 29(3), 338–348.

Michaelakis, A., Vidali, V. P., Papachristos, D. P., Pitsinos, E. N., Koliopoulos, G., Couladouros, E. A., ... & Kimbaris, A. C. (2014). Bioefficacy of acyclic monoterpenes and their saturated derivatives against the West Nile vector Culex pipiens. Chemosphere. 96 : 74-80.

Murugan, K., et al. (2012). Bioefficacy of citrus peel extracts against mosquito larvae. *Parasitology Research*, 111, 65–77.

N

Nabti, H. (2020). Étude entomologique et rôle épidémiologique des moustiques en Algérie. *Mémoire de Magister*, Université de Constantine.

O

Oguh, C.E., Okpaka, C.O., Ubani, C.S., Okekeaji, U., Joseph, P.S. and Amadi, E.U. (2019). Natural pesticides (biopesticides) and uses in pest management-a critical review. Asian Journal of Biotechnology and Genetic Engineering. 2(3): 1-18.

Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2020b). *Stratégie mondiale de lutte antivectorielle 2017-2030*. Genève.

Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2023). *Rapport mondial sur la dengue et autres arboviroses*. Genève.

Oumeima, D. A., & INES, Y. S. (2021). Extraction analyse et encapsulation d'huile essentielle de déchets de citron (Citrus limon) et déchets d'orange (Citrus sinensis), en vue de leurs valorisation.

Oyedeji, A. O., Okunowo, W. O., Osuntoki, A. A., Olabode, T. B., & Ayo-Folorunso, F. (2020). Insecticidal and biochemical activity of essential oil from Citrus sinensis peel and constituents on Callosobrunchus maculatus and Sitophilus zeamais. Pesticide Biochemistry and Physiology, 168, 104643.

P

Pavela, R. (2015). Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: a review. Industrial crops & products. 76 : 174-187.

Pereira, S.I., Santos, P.A.G., Barroso, J.G., Figueiredo, A.C., Pedro, L.G., Salgueiro,

Regnault-Roger, C., Vincent, C., & Arnason, J. T. (2012). Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. Annual review of entomology. **57 :** 405-424

S

Saad Mona, M. G. (2013). Chemical composition and biological activities of four *Citrus* essential oils. Mansoura Journal of Plant Protection and Pathology, 9, 767-780.

Sarma, R., Adhikari, K., Mahanta, S., & Khanikor, B. (2019). Insecticidal activities of Citrus aurantifolia essential oil against Aedes aegypti (Diptera: Culicidae). Toxicology Reports, 6, 1091-1096.

Schönfelder, P. (2014). *Guide de la flore méditerranéenne*. Delachaux et Niestlé.

secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. Flavour

Sharma, P., et al. (2022). Plant-based green larvicides in mosquito control. *Journal of Vector Ecology*, 47(1), 22–31.

Shazad, M., Gupta, K. K., Kayesth, S., & Kumar, S. (2018). Sublethal effects of ethanol extract of Ocimum sanctum on laboratory-bred population of dengue mosquito Aedes aegypti L. Diptera: Culicidae. Journal Of Biologic. 3 : 1-7.

Silwanyana, Y., Mazwi, V., Miya, G., Oriola, A. O., Hosu, Y. S., Oyedeji, A. O., ... & Kuria, S. K. (2025). Effectiveness of citrus essential oils as a biopesticide against stored food product pests: A review. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 1-17.

Simon-Oke, I. A., & Akeju, A. V. (2019). Laboratory evaluation of extract from peels and seeds of some Citrus species against Anopheles mosquitoes (Diptera: Culicidae). Journal of Mosquito Research, 9.

Sukumar, K., Perich, M.J. & Boobar L.W. (1991). Botanical derivatives in mosquito control:a review. journal of American Mosquito Control Association 7:210-237

Svoboda, K. P., Greenaway, R. I. (2003). Investigation of volatile oil glands of Satureja hortensis L. (summer savory) and phytochemical comparison of different varieties. International Journal of Aromatherapy, 13(4), 196–202.

T

Tighe-Neira, R., et al. (2017). Citrus fruit phytochemicals and their antimicrobial properties. *Food Chemistry*, 221, 417–423.

Tong, F. (2010). Investigation of mechanisms of action of monoterpenoid insecticides on insect gamma-aminobutyric acid receptors and nicotinic acetylcholine receptors. Thesis of Doctorat, Iowa State University Capstones.108 p.

V

Vivekanandhan, P., et al. (2023). Larvicidal potential of citrus peel essential oils against dengue vectors. *Scientific Reports,* 13, 2441.

Y

Yi, F., Jin, R., Sun, J., Ma, B., Baoa, X. (2018). Evaluation of mechanical-pressed essential oil from Nanfeng mandarin (Citrus reticulata Blanco cv. Kinokuni) as a food preservative based on antimicrobial and antioxidant activities. LWT - Food Science and Technology, 95 : 346-353.

Z

Zahran, H. E. D. M., Abou-Taleb, H. K., & Abdelgaleil, S. A. (2017). Adulticidal, larvicidal and biochemical properties of essential oils against Culex pipiens L. Journal of Asia-Pacific Entomology. 20(1) : 133-139.

Zarubova, L., L. Kourimska, M. Zouhar, P. Novy, O. Douda, J. Skuhrovec (2014). Botanical pesticides and their human health safety on the example of *Citrus sinensis* essential oil and Oulema melanopus under laboratory conditions, Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science, 65, 89-93

Zeghib, A. (2022). Rôle des composés végétaux secondaires dans la régulation des insectes ravageurs. *Revue Algérienne d'Agronomie,* 10(1), 66–74.

Zouaoui, N., Chenchouni, H., Bouguerra, A., Massouras, T. & Barkat, M. (2020). Characterization of volatile organic compounds from six aromatic and medicinal plant species growing wild in North African drylands. NFS journal, 18, 19-28.