

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت 1955 سكيكدة

UNIVERSITE DE 20 AOUT 1955 SKIKDA

Faculté De science

Département des sciences de la nature et de la vie

Mémoire présenté En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Écotoxicologie animale

Évaluation de l'activité larvicide d'huile essentielle et l'extrait de *Schinus molle(L)* sur *Culex modestus* (*Diptera : Culicidae*)

Présenté par :

- Boughaba Roumaissa
- Berdoudi Abir
- Yezli Ahlem
- Belbeli Kawter

Membre de Jury :

Mr. Djerrou Z	MCA	Président	UNIVERSITE DE 20 AOUT 1955 SKIKDA
Mr. Boulaknafet F	MCA	Directeur de Mémoire	UNIVERSITE DE 20 AOUT 1955 SKIKDA
Mr. Bouhayene S	MCA	Examinatrice	UNIVERSITE DE 20 AOUT 1955 SKIKDA
Mme. Dob Y	Doctorants.	Invité	UNIVERSITE DE 20 AOUT 1955 SKIKDA

Année Universitaire 2024- 2025

Remercîment

Je remercie avant tout Dieu, qui m'a donné le courage, la volonté, la patience ainsi que la force morale et physique nécessaires à la réalisation de ce travail.

Ce mémoire a été réalisé au sein du laboratoire du Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Vie, à l'Université du 20 Août 1955, sous la direction de Monsieur Boulaknafed Fouzi. C'est pourquoi je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à créer un environnement de travail propice, et qui ont mis à notre disposition tous les outils et matériaux nécessaires à l'accomplissement de notre recherche. Toute ma gratitude et mon respect vont à vous. Merci pour tout.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à Monsieur Boulaknafed Fouzi pour m'avoir encadrée et conseillée tout au long de ce travail. Son aide précieuse, ses encouragements constants et ses conseils avisés m'ont permis d'avancer et de mener à bien cette étude. Je lui témoigne ici ma profonde reconnaissance.

Je tiens également à exprimer ma gratitude à Madame le Professeur Dob Vasmine, pour son soutien constant, sa présence à nos côtés et son aide précieuse dans l'aboutissement de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent aussi au président du jury ainsi qu'aux membres du jury de ma soutenance, pour avoir accepté d'évaluer mon travail avec attention et bienveillance.

Dédicace

À mes plus grands soutiens et sources d'inspiration, je dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance infinie.

À ma mère,

Qui a toujours été mon port d'attache et ma boussole. Merci pour ton amour inconditionnel, ton dévouement et ton soutien inébranlable. Tu as été la lumière qui a éclairé mon chemin dans les moments sombres, Et tu as toujours cru en moi, même lorsque je doutais de moi-même.

À mon père,

À mon premier refuge, à celui dont les bras ont été mon abri dans les tempêtes, à celui qui a cru en moi quand je doutais. Papa, ton regard fier a été ma plus grande motivation, ton amour silencieux, ma plus grande force. Tu es l'homme qui a essuyé mes larmes sans poser de questions, celui qui a porté mes douleurs sans jamais se plaindre. Grâce à toi, j'ai compris que la vraie force est douce, et que l'amour d'un père est un trésor irremplaçable. Que Dieu te garde toujours pour moi.

À mes frères – Amine, Yassine et Narco,

Merci pour votre soutien constant, Vous êtes ma source de joie et de fierté. Je suis honorée de vous avoir dans ma vie.

À mes sœurs – Imane, Sara et Cheima,

Merci d'avoir toujours été là, Votre amour est mon refuge, votre force m'inspire chaque jour. Je vous aime profondément. Que Dieu vous bénisse et vous protège.

À ma meilleure amie – Khawla,

Merci d'être là dans mes hauts comme dans mes bas. Je t'aime et je te garde dans mon cœur.

À mes binômes – Abir et Athlem,

Merci pour cette collaboration sincère, pour votre sérieux, votre énergie et votre amitié. Vous avez été une belle source de motivation tout au long de ce parcours.

Et enfin...

À moi-même.

Merci à moi, pour ma force silencieuse, pour mon courage invisible, pour avoir cru en l'impossible quand tout semblait s'écrouler. Je suis fière de moi. Fière de celle que je suis devenue, plus forte, plus vraie, plus libre

Roumaïssa.

Dédicace

À ma très chère mère Falima

Symbole de tendresse, de patience et d'amour inconditionnel. Ta bénédiction et ton soutien ont été la lumière de mon chemin.

À mon père bien-aimé Boujamaâ,

Pour ses sacrifices silencieux, sa force tranquille et son appui constant.

À mes sœurs Amira, Kawthar, Imane, et à mon frère Yacine,

Merci pour votre affection, vos encouragements sincères et votre présence dans les moments les plus décisifs.

À Roumaïssa,

Ma précieuse amie devenue une sœur de cœur, Merci pour ton écoute, ton soutien fidèle et ta présence apaisante tout au long de ce parcours.

À Athlam,

Mon amie douce et attentionnée, pour ta gentillesse, À chaque membre de ma famille qui pense à moi dans ses prières,

Je vous aime profondément.

Abir

Dédicace

Je consacre ce mémoire, modeste aboutissement d'un parcours rempli d'apprentissages, à ceux qui ont toujours eu foi en moi, même au moment où je doutais.

À mes chers parents

Pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices discrets, leur patience infinie et leur confiance indéfectible. Rien de ce que j'ai réalisé n'aurait été réalisable sans vous.

À ma famille,

Pour leur soutien inébranlable, leurs prières et leurs encouragements lors des périodes de fatigue et de désespoir.

À mes enseignants et encadrants,

Pour leur soutien, leurs conseils éclairés, et leur exigence, qui ont façonné ma manière de réfléchir et de m'engager dans le travail.

À mes amis fidèles,

Pour leur attention, leurs encouragements, et leur petite attention de gentillesse qui ont adouci ce chemin.

Pour finir, je dédie ce travail à tous les étudiants et futurs chercheurs, espérant qu'il puisse agir comme source d'inspiration, de motivation, ou simplement leur rappeler que chaque effort a son importance et qu'aucune étape n'est inutile

Ahlem

Dédicace

Avant tout, je tiens à remercier Allah le tout puissant de m'avoir donné la foi et d'avoir permis d'en arriver là. Je dédie ce travail :

À ma chère mère : [wahida]

Maman, toi qui as veillé des nuits entières et as sacrifié tant de choses pour me voir réaliser mes rêves. Tes prières, tes encouragements et ton amour inconditionnel ont été ma force. Ce succès est le fruit de tes efforts et de ta patience infinie. Merci pour tout, je t'aime plus que les mots ne peuvent le dire.

À mon cher père : [Ahmed]

Papa, mon pilier et mon guide. Tes conseils, ton soutien indéfectible et ta présence constante m'ont donné la force de persévérer face à tous les défis. Tu as toujours cru en moi et m'as inspiré à donner le meilleur de moi-même. Ce succès est aussi le tien. Je t'aime et je te suis éternellement reconnaissant.

À mes chers frères et sœurs :

[Amine, Amir, Hanin, Bouhra]

Mes compagnons de route, merci pour votre présence constante à mes côtés, pour votre soutien illimité et pour vos encouragements qui ne m'ont jamais quitté. Ma joie est complète avec vous.

À ma chère tante : [Salha]

Vous qui avez été une seconde mère pour moi, merci pour votre soutien et votre tendresse qui m'ont enveloppée, et pour vos mots gentils qui ont apaisé mon âme dans les moments les plus difficiles.

Et à mes fidèles copines :

[Yasmine, abir, hadil, ikram]

Compagnons de route, vous qui avez partagé mes joies et mes peines, et qui avez été mon meilleur soutien dans les moments difficiles, je vous exprime tout mon amour et ma gratitude. Votre amitié est un trésor que je chéris.

Merci à vous tous d'avoir été à mes côtés. Cette réalisation n'est pas la mienne seule, elle est le fruit de nos efforts collectifs.

Kawter

Liste des tableaux

Tableau n°	Titre du tableau	
Tableau 1	Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle et de l'extrait de <i>Schinus molle</i> .	35
Tableau 2	Calcul du rendement d'extraction de <i>Schinus molle</i> .	35
Tableau 3	Analyse de la variance (ANOVA) de la toxicité de <i>S. molle</i> après 24h (huile essentielle).	37
Tableau 4	Analyse de la variance (ANOVA) de la toxicité de <i>S. molle</i> après 48h (huile essentielle).	38
Tableau 5	Analyse de la variance (ANOVA) de la toxicité de <i>S. molle</i> après 72h (huile essentielle).	38
Tableau 6	Comparaison multiple (test post-hoc) des doses testées après 24h (huile essentielle).	39
Tableau 7	Comparaison multiple (test post-hoc) des doses testées après 48h (huile essentielle).	40
Tableau 8	Comparaison multiple (test post-hoc) des doses testées après 72h (huile essentielle).	41
Tableau 9	Analyse de la variance (ANOVA) de la toxicité de <i>S. molle</i> après 24h (extrait éthanolique).	43
Tableau 10	Analyse de la variance (ANOVA) de la toxicité de <i>S. molle</i> après 48h (extrait éthanolique).	43
Tableau 11	Analyse de la variance (ANOVA) de la toxicité de <i>S.</i>	43

	<i>molle</i> après 72h (extrait éthanolique).	
Tableau 12	Comparaison multiple (test post-hoc) des doses testées après 24h (extrait éthanolique).	44
Tableau 13	Comparaison multiple (test post-hoc) des doses testées après 48h (extrait éthanolique).	45
Tableau 14	Comparaison multiple (test post-hoc) des doses testées après 72h (extrait éthanolique).	46
Tableau 15	Les concentrations létales (CL25, CL50 et CL90) de l'extrait et HE.	47

Liste des figures

Figure 1	Œufs des trois genres de moustiques (<i>Culex</i> , <i>Aedes</i> , <i>Anopheles</i>)	6
Figure 2	Larve de moustique au 4 ^e stade (photo personnelle)	7
Figure 3	Morphologie de la larve de moustique (Berchi, 2000)	8
Figure 4	Nymphe de moustique (photo personnelle).	9
Figure 5	Moustique adulte (photo personnelle)	10
Figure 6	Morphologie d'un moustique adulte (Zerroug, 2018).	11
Figure 7	Cycle de développement des moustiques.	13
Figure 8	Cycle de transmission du virus West Nile entre moustiques et oiseaux avec possibilité d'infection Humaines et équine (Hame, 2009)	14
Figure 9	<i>Schinus molle</i> (photo personnelles).	20
Figure10	Les différentes parties aériennes du <i>Schinus molle</i> .	22
Figure 11	Localisation de site de prélèvement.	28
Figure 12	Séchage broyage et découpage des feuilles de <i>S molle</i> (photos personnelles).	28
Figure 13	Dispositif d'extraction par hydro distillation De types cleverger (Photo originale).	29
Figure14	Les étapes de la production de l'huile essentielle (photos originales).	30
Figure 15	Dispositif d'extraction (soxhlet) (Photo originale).	30

Figure 16	Protocole d'extraction (soxhlet) (photos originales).	31
Figure 17	Cage d'élevage des larves (photo originale).	33
Figure 18	Cage d'élevage des adultes (photos originales).	33
Figure 19	Traitement des larves de moustiques par l'huile essentielle et extrait (Photos originales).	35
Figure 20	Critères morphologique d'identification de <i>Culex modestus</i> .	36
Figure 21	Mortalité larvaire en fonction du temps d'exposition à l'huile essentielle.	36
Figure 22	Mortalité larvaire en fonction du temps d'exposition à l'extrait éthanolique.	42

Liste des abréviations

Abréviation	Définition
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
HE	Huile essentielle.
EM	Extrait méthanolique / Extrait éthanolique.
CL ₅₀	Concentration létale 50 %.
CL ₂₅	Concentration létale 25 %.
ppm	Partie par million.
HES	Huile essentielle de <i>Schinus molle</i> .
ANOVA	Analyse de la variance.
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (logiciel de traitement statistique).
UV	Ultraviolet.
KOH	Hydroxyde de potassium.
L1, L2, L3, L4	Stades larvaires (1 ^{er} à 4 ^e).
X ²	Khi-deux (test statistique).
%	Pourcentage.
µl	Microlitre.
ml	Millilitre.
g	Gramme.
°C	Degré Celsius.

min	Minute.
h ou hr	Heure.
$\bar{X} \pm \text{SEM}$	Moyenne \pm erreur standard de la moyenne (Mean \pm Standard Error of the Mean).
ANOVA	Analyse de la variance (Analysis of Variance).
CL90	Concentration létale 90 % (Lethal Concentration 90%).
HSD	Honestly Significant Difference (dans Tukey HSD, test post-hoc de comparaisons).
P	Probabilité statistique (valeur de p dans les tests d'hypothèse).

Résumé

Cette étude vise à évaluer l'effet larvicide des extraits de *Schinus molle* sur les larves de *Culex modestus*, une espèce peu étudiée en Algérie. Deux types d'extraits ont été testés : l'huile essentielle obtenue par hydrodistillation (rendement de 1,12 %) et l'extrait brut obtenu par macération dans l'éthanol (rendement de 7,85 %).

Les tests ont révélé que l'huile essentielle est plus efficace, avec une CL₅₀ de 58,83 ppm, contre 108,28 ppm pour l'extrait éthanolique. La mortalité augmente avec la concentration et le temps d'exposition. Ces résultats soulignent le potentiel de *S. molle* comme alternative naturelle pour la lutte biologique contre les moustiques.

Des études complémentaires sont néanmoins nécessaires pour évaluer l'impact sur l'environnement et les organismes non cibles.

Les mots-clés : *Schinus molle*, *Culex modestus*, Activité larvicide, Huile essentielle, Extrait éthanolique, CL₅₀, Lutte contre les moustiques.

Abstract

This study aims to evaluate the larvicidal effect of *Schinus molle* extracts on *Culex modestus* larvae, a mosquito species that is poorly studied in Algeria. Two types of extracts were tested: essential oil obtained by hydrodistillation (yield: 1.12%) and crude ethanol extract obtained by maceration (yield: 7.85%).

The bioassays revealed that the essential oil is more effective, with an LC₅₀ of 58.83 ppm compared to 108.28 ppm for the ethanol extract. Larval mortality increased with both concentration and exposure time. These findings highlight the potential of *S. molle* as a natural alternative for mosquito control.

However, further studies are required to assess its ecological safety and impact on non-target organisms.

Keywords : *Schinus molle*, *Culex modestus*, larvicidal activity, essential oil, ethanol extract, LC₅₀, mosquito control.

الملخص

تهدف هذه الدراسة الى تقييم التأثير القاتل لليرقات لمستخلصات نبات *Schinus molle* على يرقات بعوض *Culex modestus*، وهو نوع غير مدروس بشكل كافٍ في الجزائر. تم اختبار نوعين من المستخلصات: الزيت العطري الناتج عن التقطير المائي (بنسبة مردود 1.12%) والمستخلص الخام المحضر بنقع الأوراق في الإيثانول (بنسبة مردود 7.85%). أظهرت التجارب أن الزيت العطري أكثر فعالية، حيث بلغت قيمة LC_{50} نحو 58.83 جزء في المليون، مقارنة بـ 108.28 جزء في المليون للمستخلص الإيثانولي. ازدادت نسبة الوفيات بارتفاع التركيز ومدة التعرض. تؤكد هذه النتائج أن *Schinus molle* قد يشكل بديلاً طبيعياً واعداً في مكافحة البعوض، غير أن هناك حاجة إلى دراسات إضافية لتقييم تأثيره البيئي وسميته على الكائنات غير المستهدفة.

الكلمات المفتاحية: كوليكتس مودستوس (*Culex modestus*)، النشاط القاتل لليرقات، الزيت العطري، المستخلص الإيثانولي، القيمة المميتة المتوسطة (CL_{50})، مكافحة البعوض.

Sommaire

Remerciement

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction.....1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. : Généralité sur les moustiques.

I.1.1 Généralité sur les moustiques	5
I.1.2 position systématique.....	5
I.1.3 Morphologie des moustiques.....	6
I.1.3.1 L'œuf	6
I.1.3.2 La larve	7
I.1.3.3 La nymphe	8
I.1.3.4 L'adulte.....	9
I. 1.4 Cycle de développement	11
I.1.4.1 Phases aériennes	11
I.1.4.2 Phases aquatiques.....	12
I.1.5 Espèce vectrices des maladies.....	12
I.1.6 Lutte contre les moustiques	14
I.1.6.1 Lutte physiques.....	14

I.1.6.2 Lutte chimique	15
I.1.6.3 Lutte biologique.....	15
I.1.6.4 Lutte génétique.....	16

I.2 : Présentation de plante aromatique médicinale.

I.2.1 Définition des plantes aromatiques et médicinales	18
<i>Schinus molle</i>	18
I.2.2 Description botanique.....	19
I.2.3 Classification taxonomique.....	21
I.2.4 Répartition géographique.....	22
I.2.4.1. Présence mondiale et principales zones de distribution de <i>Schinus molle</i>	22
I.2.4.2 <i>Schinus molle</i> en Algérie : répartition et zones d'occurrence.....	22
I.2.5 Intérêt écologique et médicinale et ornementale de l'évaluation larvicide.....	23
I.2.6 Composition chimique et principes actifs de <i>Schinus molle</i>	24

Chapitre II : Matériel et méthode

II.1 : Matériel et méthode

II.1.1 Matériel végétale	26
II.1.2. Procédés d'extraction de l'huile essentielle et de l'extrait éthanolique de <i>Schinus molle</i>	27
II.1.3. Le rendement d'extraction.....	29
II.1.4 Matériel animal	30
II.1.4.1 Echantillonnage et élevage des larves.....	30
II.1.5. Montage et identification des larves.....	31
II.1.6. Évaluation de l'activité larvicide de l'huile essentielle et de l'extrait.....	32
II.1.7. Analyse statistique.....	33

Chapitre III : Résultat et discussion

III.1 : Résultats

III.1.1 Résultat d'identification de l'espèce.....	36
III.1.2 Le rendement de l'extraction.....	37
III.1.3 comparaison temporelle des mortalités larvaires (huile essentielle).....	37
III.1.4 Analyse la variance (ANOVA) (huile essentielle)	38

III.1.5 Évolution de l'activité larvicide en fonction des doses et du temps d'exposition (huile essentielle) À 24, 48,72 h	39
III.1.6 comparaison temporelle des mortalités larvaires (extrait)	42
III.1.7 Analyse la variance (ANOVA) (extrait).....	43
III.1.8 Évolution de l'activité larvicide en fonction des doses et du temps d'exposition (extrait) À 24, 48,72 h.....	44
III.1.9 Les concentrations létales (CL25, CL50 et CL90) (extrait et huile).....	47
III.2 : discussion.....	48
Conclusion.....	53
Références bibliographie.....	56



Introduction

Introduction

Les moustiques, appartenant à la famille des Culicidae, sont des insectes diptères largement répandus à travers le monde, avec plus de 3 500 espèces identifiées (WHO, 2023).

Ces insectes jouent un rôle prépondérant en santé publique en tant que vecteurs de nombreuses maladies infectieuses. Les genres *Anophèles*, *Aedes* et *Culex* sont particulièrement notables pour leur capacité à transmettre des agents pathogènes responsables de maladies graves telles que le paludisme, la dengue, la fièvre jaune, le chikungunya et diverses encéphalites (Ghosh et al., 2012 ; WHO, 2023).

La transmission de ces maladies survient lorsque les moustiques femelles, nécessitant des repas sanguins pour le développement de leurs œufs, ingèrent des agents pathogènes d'un hôte infecté et les transmettent ultérieurement à un nouvel hôte lors de piqûres subséquentes.

La prolifération et la distribution des moustiques sont influencées par divers facteurs environnementaux, notamment le climat, la disponibilité des habitats de reproduction et la présence d'hôtes (Shaan et al., 2005), ce qui souligne l'importance d'une surveillance continue et de stratégies de contrôle adaptées pour réduire l'impact des maladies à transmission vectorielle.

L'utilisation intensive d'insecticides chimiques de synthèse dans la lutte contre les moustiques a engendré des effets indésirables, notamment le développement de résistances chez les vecteurs, la pollution environnementale et des risques pour la santé humaine (Hemingway & Ranson, 2000 ; Isman, 2006).

Ces préoccupations ont conduit à une recherche accrue de solutions alternatives, plus respectueuses de l'environnement et de la santé.

Les plantes médicinales et aromatiques, riches en composés bioactifs, offrent un potentiel considérable en tant qu'agents larvicides naturels. Plus de 2 000 espèces végétales possèdent une activité insecticide reconnue (Shaan et al., 2005 ; Ghosh et al., 2012).

Par exemple, la litière de l'aulne, riche en polyphénols, a démontré une toxicité significative vis-à-vis des larves de moustiques tels que *Culex pipiens* et *Aedes aegypti* (Benelli & Pavela, 2018).

De même, des extraits de plantes comme *Ocimum basilicum* (basilic) sont traditionnellement utilisés pour repousser les moustiques en raison de leurs propriétés répulsives (Bakkali et al., 2008).

Dans ce contexte, la recherche de solutions alternatives, plus écologiques et durables, s'impose. Parmi ces alternatives, l'utilisation de plantes médicinales et aromatiques suscite un intérêt croissant.

Ces plantes contiennent des composés bioactifs (huiles essentielles, alcaloïdes, flavonoïdes, terpènes...), capables d'avoir une action larvicide, c'est-à-dire de tuer les larves de moustiques avant qu'elles n'atteignent le stade adulte (Isman, 2006 ; Shaalan et al., 2005).

Face à la résistance croissante des moustiques aux insecticides classiques et aux effets secondaires néfastes de ces derniers sur l'environnement et la santé humaine, comment évaluer l'efficacité larvicide de certains extraits végétaux, et dans quelle mesure ces extraits pourraient-ils constituer une alternative viable aux produits chimiques de synthèse ?



Chapitre I
Synthèse Bibliographique

I.1 : Généralité sur les moustiques

I.1.1. Généralité sur les moustiques.

Les moustiques sont considérés comme les vecteurs les plus importants de nombreuses maladies à travers le monde (Beerntsen et al., 2000). Ils appartiennent à l'embranchement des Arthropodes et à la famille des *Culicidae*.

Les genres *Anophèles*, *Culex* et *Aedes* figurent parmi les plus largement répandus à l'échelle mondiale (Meyer, 2015). Seules les femelles sont hématophages, car elles ont besoin de sang pour assurer le développement de leurs œufs (Singh et al., 2013). Elles possèdent un appareil buccal allongé, en forme de trompe rigide, de type piqueur-suceur (Wanson, 1949). Leurs piqûres sont généralement bénignes pour l'homme et les animaux.

Les moustiques représentent une menace majeure pour la santé humaine et animale (Seda et al., 2019), en raison de leur rôle dans la transmission de nombreuses maladies infectieuses. Ce sont des insectes piqueurs hématophages, qui injectent des substances allergènes contenues dans leur salive au moment de la piqûre. Lors de cette dernière, ils aspirent uniquement le sang, ce qui les qualifie de solénophages (se nourrissant directement dans les vaisseaux sanguins).

I.1.2. Position systématique :

La famille des *Culicidae* est divisée en trois sous-familles, les *Culicinae*, *Anophelinae* et les *Toxorhynchetinae* et en 37 genres. On dénombre environ 3200 espèces dans le monde (Knight et Stone, 1977).

Règne : Animal.

Embranchement : Arthropodes.

Sous-embranchement : Antennates.

Classe : Insectes.

Sous-classe : Ptérygotes.

Section : Oligonéoptères.

Super ordre : Mécoptéroïdes.

Ordre : Diptères.

Sous-ordre : Nématocères.

Famille : *Culicidae*.

I.1.3. La morphologie :

Les moustiques sont des insectes holométaboles caractérisés par une métamorphose complète, impliquant trois stades de développement distincts : larvaire, nymphal et adulte. Chaque stade présente une morphologie spécifique, adaptée au milieu de vie correspondant : aquatique pour les stades pré-imaginaux et aérien pour le stade imaginal (Carnevale et Robert, 2009).

I.1.3.1. L'œuf :

Les œufs de moustiques, mesurant environ 1 mm de longueur et de forme fusiforme, sont pondus directement à la surface de l'eau sous forme de radeaux noirs aisément visibles à l'œil nu. Blanchâtres au moment de la ponte, ils s'assombrissent progressivement en quelques heures. Chaque œuf est structuré, de l'intérieur vers l'extérieur, Par l'embryon, la membrane vitelline pellucide, l'endo-chorion Et l'exo-chorion, Ce dernier présentant une pigmentation et une ornementation variables.

Pour les genres *Culex* et *Aedes* sont assemblés en nacelles régulières contenant de 200 à 400 unités, leur agencement assurant une insubmersibilité optimale (Cachereul, 1997).

Les œufs *d'Anophèles* sont pondus isolés ou rapprochés (Galli-Valerio, 1930), de forme allongée, chacun ayant 0.5 millimètre de longueur.

Chaque œuf (figure1), positionné verticalement grâce à un flotteur micropylaire en socle, est guidé par les pattes postérieures croisées de la femelle lors de la ponte (Séguy, 1955 ; Callot et Helluy, 1958). Une corolle est également observable au niveau du pôle inférieur de l'œuf.

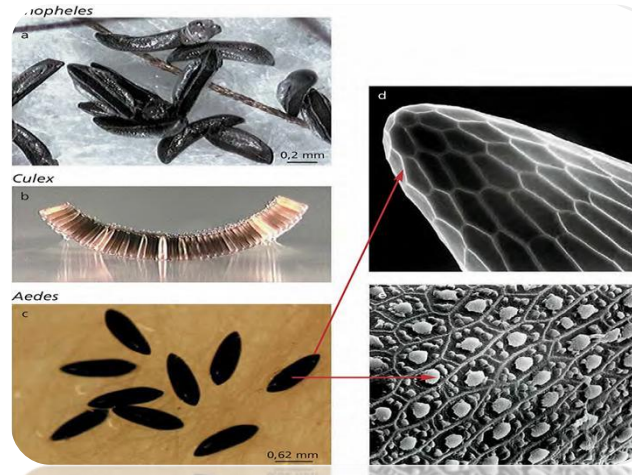


Figure 1 : Les œufs des trois genres de *Culicidae*.

I.1.3.2. La larve :

Les larves ont trois parties du corps : une petite tête, un thorax élargi (la partie médiane) et un long abdomen en forme de cylindre vermiforme, sa taille varie de 2 mm à 12 mm en moyenne en fonction des stades. (Muriel, 2005).



Figure 2 : Larve de 4eme stade (Photo originale).

- **La tête** : se compose de trois plaques chitineuses, l'une dorsale impaire et médiane ; le fronto- clypeus, les deux autres latérales et symétriques.

La tête incluse dans une capsule sclérotinisée (Becker et al. 2010).

Les pièces buccales sont de type broyeur, avec des mandibules mobiles transversales, constituées de longues soies courbées, ayant un rôle préhensile. Les antennes, insérées sur les côtés, sont généralement longues et spéculées, elles portent une touffe de soies largement utilisée en systématique (Himmi et al. 1995).

- **Le thorax :** Le thorax est large, avec trois segments indistincts, Sans pattes (Foster et Walker, 2019). Représenté par une masse indivise de forme légèrement globuleuse, aplatie dorso ventralement, Sur laquelle insèrent des paires de soies longues ou courtes, plus au moins ramifiées (Oudainia, 2014).

- **L'abdomen :** abdomen larvaire est plus étroit que le thorax, cylindrique (Foster et Walker, 2019). Se décompose en neuf segments. Le 8ème segment possède des excroissances servant à peigner ses brosses buccales, Le 9ème segment porte une brosse ventrale natatoire et ainsi qu'un siphon respiratoire entraînant une position de repos oblique (Goulu, 2015).

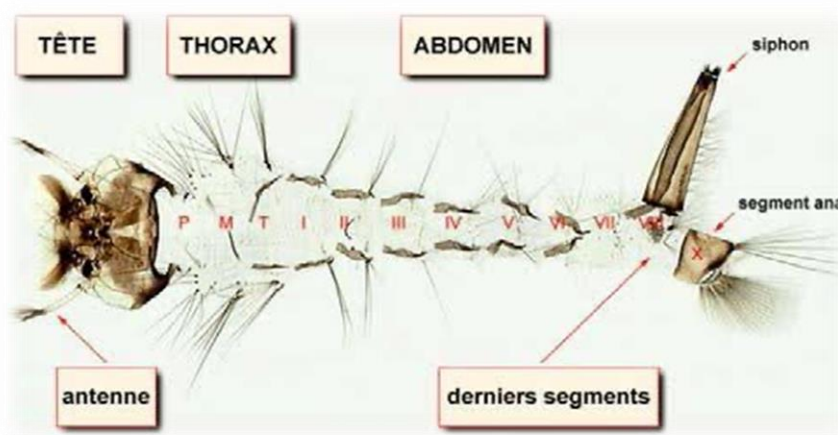


Figure 3 : Morphologie de la larve de moustique (Berchi, 2000).

I.1.3.3. Nympe :

Les nymphes sont en forme de virgule, la tête et le thorax étant soudés pour former un céphalothorax et l'abdomen enroulé dessous.

Du mésothorax dorsal font saillie une paire de tubes respiratoires, ou trompettes à air, par lesquels la nymphe obtient de l'oxygène à l'intérieur du céphalothorax, on peut voir la surface de l'eau (Foster et Walker, 2019). Généralement voir les appendices en développement de la tête et du thorax de l'adulte enroulés ventralement ; ils enveloppent une poche d'air, espace aérien ventral qui fournit la flottabilité pour aider

À maintenir la nymphe à la surface de l'eau au repos. Au bout d'abdomen, deux larges palettes sont attachées au huitième segment. La nymphe peut fléchir ses segments abdominaux, provoquant le battement des palettes vers le bas, la propulsant dans l'eau

lorsqu'elle est perturbée (Foster et Walker, 2019). Il existe un dimorphisme sexuel. En effet, les nymphes mâles sont plus petites et se développent plus vite (Goulu, 2015)

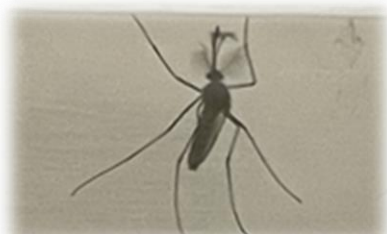


Figure 4 : Nympe de moustique (Photo originale).

I.1.3.4. L'adulte :

L'adulte des *culicidae* présente un corps élancé mesurant entre 3 et 9 mm de long, de couleur généralement brun clair. Il est recouvert d'écailles fines visibles sur le corps et les ailes. L'abdomen porte des bandes claires sur la partie antérieure des tergites.

Trois parties bien distinctes composent l'individu : la tête, le thorax et l'abdomen, (figure 6) dont la connaissance détaillée est essentielle en systématique. L'adulte possède de longues antennes segmentées (plus de six articles) ainsi que des pattes fines et allongées. Sa trompe (ou proboscis), caractéristiquement très développée, atteint une longueur équivalente à celle de la tête et du thorax réunis. Chez cette espèce, seules les femelles sont hémato-phages (Kettle, 1995).



A. adulte femelle



B. adulte male

Figure 5 : Moustique adulte (photo originale).

- **La tête :**

De forme générale globuleuse, elle porte les deux yeux composés, représentés chacun par des lentilles ommatidies, s'enroulent autour de l'avant et des côtés de la tête (Foster et Walker, 2019). Volumineux et presque jointifs (Séparés par une bande frontale étroite) souvent de couleur bleue ou vert métallique (Aouati, 2016). Une paire d'antennes (de 14 articles) plumeuses chez le mâle, verticillées (et de 15 articles) chez la femelle (Balenghien, 2007). L'appareil buccal diffère selon le sexe du moustique.

Chez le mâle, Il s'agit d'un appareil buccal de type suceur qui lui permet de se nourrir du nectar ou de la sève des plantes. L'appareil buccal des femelles est De type vulnérant (Goulu, 2015). L'ensemble des pièces buccales, de type piqueur, formant la trompe, Ou proboscis. L'hypopharynx contenant un canal de petit diamètre (Canal salivaire) et le labre en forme de gouttière, constitue, une fois fermée un canal de grand diamètre (canal alimentaire). Ces pièces buccales, au repos, sont protégées par une enveloppe souple, en forme De gouttière : le labium, terminé à son extrémité distale par deux petites languettes : les labelles. Une paire de palpes maxillaires (Oudainia, 2014).

- **Le thorax :**

Il est formé de trois segments soudés le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Cependant, Les pièces latérales étant les pleurs. Sur chacun de ces segments, s'insère une paire de pattes.

En outre, le mésothorax, très développé, porte paire de stigmates, une paire d'ailes et un prolongement postérieur et dorsal qui est le scutellum. Le métathorax porte quant à lui une paire de stigmates et une paire de balanciers ou haltères (Rodhain et Perez, 1985). D'après Séguy (1955), les pattes sont très fragiles, longues et grêles. Leur longueur augmente de la première à la troisième paire. Chaque patte comprend, de sa base à l'extrémité distale la hanche ou coxa, le trochanter indistinct, le fémur, le tibia et un tarse de cinq articles, dont le dernier porte deux griffes et parfois un empodium et deux pulvilli.

- **L'abdomen :**

Dans les deux sexes, l'abdomen comporte dix (10) segments .Il est mince et allongé, dont les neuvième et dixième formant les genitalia (ou hypopygium) assurant les fonctions sexuelles ; Chacun deux présente une partie dorsale (tergite) et une partie

ventrale (sternite). Les tergites et les sternites abdominaux sont ornés d'écailles constituant des caractères spécifiques, surtout chez la femelle.

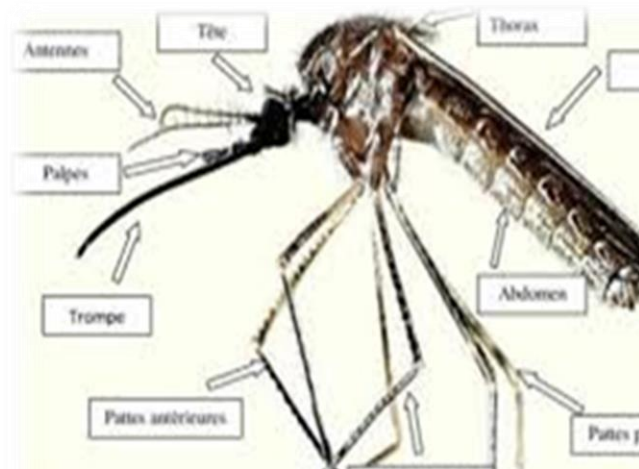


Figure 6 : Morphologie d'un moustique adulte (Zerroug, 2018).

I.1.4. Le cycle de développement :

Le cycle de vie des culicidae, comme celui de tous les insectes, comprend quatre stades : l'œuf, la larve, la nymphe et l'imago (adulte). Ce cycle se divise en deux phases distinctes : une phase aquatique qui englobe les trois premiers stades, puis une phase aérienne correspondant au stade adulte. Dans des conditions idéales, ce cycle complet s'achève en 10 à 14 jours. (Urquhart et al., 1996 ; Wall et Shearer, 1997).

I.1.4.1.Phase aérienne

Les adultes s'accouplent en vol ou sur la végétation, (Keffous, 2023). Chez les mâles les antennes à poils longs qui autorisées à entendre le bourdonnement produit par le battement rapide des ailes des femelles, lors du vol nuptial qui approchent des essaims. A ce moment, le mâle féconde la femelle en lui laissant un stock de sa semence.

Des caractéristiques de la femelle est de maintien en vie jusqu'à la mort des spermatozoïdes qui conserve de semence du mâle dans une ampoule globulaire ou vésicule d'entreposage (spermathèque). Elle ne s'accouple donc qu'une seule fois. (Merabti, 2015). Après la fécondation, les femelles prendront un repas sanguin nécessaire à l'élaboration des Saufs pour les espèces an autogènes cependant,

Les femelles des moustiques autogènes peuvent produire une première ponte sans repas sanguin en utilisant les réserves accumulées durant leur stade larvaire.

Ce repas sanguin prélevé sur un vertébré (mammifère, amphibien, oiseau), est ensuite digéré dans un endroit abrité et calme. (Aouati, 2015).

I.1.4.2.Phase aquatique :

Les œufs sont pondus dans l'eau, claire en général, mais on les trouve Également dans les eaux polluées, chargées en matières organiques qui Permettront aux larves de se nourrir. Les œufs sont déposés en une nacelle qui flotte sur l'eau. L'éclosion se produit environ 24 h à 48 h après l'oviposition. (Aouati, 2015). Et donnent naissance à des larves de stade L1 (1 à 2 mm), se nourrissent de matières organiques, de microorganismes et même des proies vivantes (pour les espèces carnassières). Passage de L1 en L2 et ainsi de suite au stade L4. Après 6 à 10 jours et plus, en fonction de la température de l'eau et la qualité des aliments, L4 mue (Merabti, 2015) A l'issue du stade L4, la larve se transforme en nymphe qui ne se nourrit plus car ces orifices anal et buccal sont bouchés et ainsi de profondes modifications anatomiques s'opèrent.

Après 2 à 3 jours, l'adulte est complètement formé dans son enveloppe nymphale. Le tégument se dessèche au contact de l'air et il se forme une déchirure en T sur sa face dorsale sous l'effet de l'augmentation de la pression interne. De cette nymphe émerge l'adulte (3 à 6 mm de long), progressivement en se gonflant d'air pour s'envoler après un temps nécessaire au déplissage des ailes et des pattes par augmentation de la pression de l'hémolymphe. (Merabti, 2015) (Figure 7).

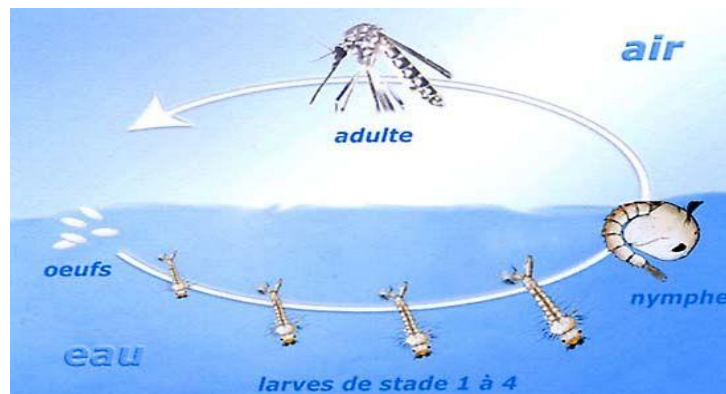


Figure 7 : Cycle de développement des moustiques.

I.1.5. Espèce vectrice des maladies :

Les moustiques, en particulier ceux de la famille des *Culicidae*, jouent un rôle majeur dans la propagation de plusieurs virus à l'origine de maladies infectieuses chez l'être humain. Pendant leur repas sanguin, ces insectes hématophages ont la capacité de transmettre divers agents infectieux, ce qui en fait un véritable enjeu de santé publique. Ces virus sont transmis entre les hôtes vertébrés, ce qui entraîne parfois des infections virales sévères. On connaît plus de 550 virus véhiculés par des arthropodes, parmi lesquels une centaine peuvent avoir un impact sur l'humain la dengue et le West Nile.

I.1.5.1. La dengue :

La dengue ou fièvre dengue est la plus importante et la plus répandue de l'arthropode humain. Elle est transmise dans toute la zone intertropicale par des moustiques *Aedes*, genre remarquablement *anthropophile*. La moitié de la population du monde qui vit dans ces régions est ainsi exposée. Moins de 1 % des cas correspondent à la fièvre dengue hémorragique, la forme grave de la maladie (Strobel et Lamaury, 2001). Classée parmi les maladies émergentes du fait de son extension géographique récente. Elle est fréquente chez les voyageurs (Molinier et Massel, 2008).

I.1.5.2. Le West Nile :

La fièvre du West Nile est une maladie virale causée par un agent appartenant à la famille des Flaviviridae, identifié pour la première fois en 1937 en Ouganda chez une femme présentant une fièvre bénigne. Depuis, cette infection a attiré l'attention en raison de l'émergence de flambées touchant l'homme et les chevaux dans plusieurs régions, notamment le bassin méditerranéen, l'Europe de l'Est, et plus récemment l'Amérique du Nord, où elle a été signalée en 1999 avec 62 cas humains confirmés et 7 décès.

Le virus est transmis principalement par des moustiques du genre *Culex*, qui agissent comme vecteurs biologiques, tandis que les oiseaux jouent le rôle de réservoirs naturels et d'amplificateurs du virus, dans un cycle qui se déroule aussi bien en zones humides qu'en régions sèches.

Chez le moustique, le virus se développe selon un cycle dit intrinsèque influencé par la température, tandis que chez l'oiseau, il provoque une virémie transitoire avant que l'immunité ne se mette en place.

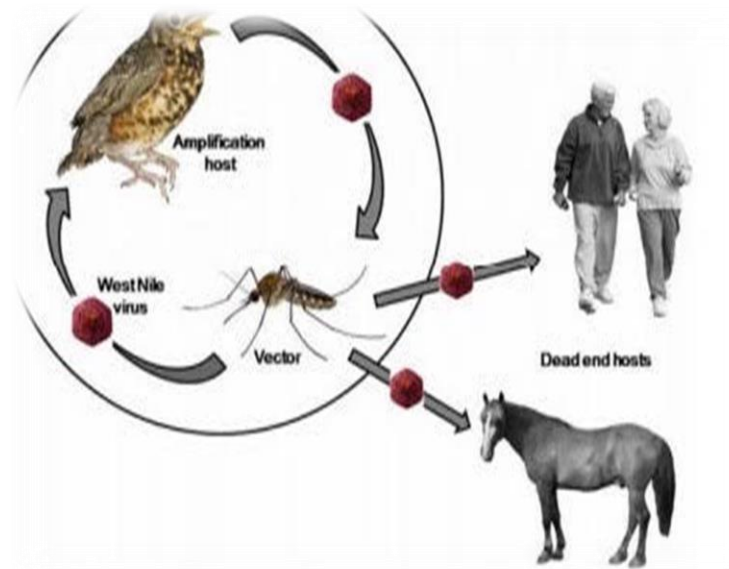


Figure 8 : Cycle de transmission du virus West Nile entre moustiques et oiseaux avec possibilité d'infection Humaines et équine (Hame, 2009).

I.1.6. Lutte contre les moustiques :

Aujourd'hui, la lutte contre les vecteurs ne repose plus sur une approche unique, mais sur une combinaison de diverses connaissances.

Une campagne de lutte ne se limite plus à la gestion des vecteurs, Des nuisances et à l'usage d'insecticides, mais prend en compte l'étude de la bio écologie, l'analyse des capacités vectorielles, et enfin le choix réfléchi de méthodes chimiques, biologiques et physiques, efficaces et respectueuses de l'environnement (Darriet, 1998).

I.1.6.1. La Lutte chimique :

La lutte chimique repose sur l'usage d'insecticides visant à réduire les populations de vecteurs en ciblant différents stades du cycle de vie, notamment les larves ou les adultes. Selon les situations, le traitement larvaire peut être privilégié, tandis que dans d'autres, le contrôle des adultes s'avère plus efficace.

Bien que très efficaces, les insecticides chimiques sont aujourd'hui souvent utilisés en complément ou en alternance avec d'autres méthodes pour limiter leur impact environnemental et réduire le risque de résistance chez les vecteurs (Anses, 2013).

Les premiers pesticides, dits de première génération, étaient composés de substances simples comme l'arsenic, la nicotine ou des dérivés pétroliers. Leur forte toxicité et leur persistance dans l'environnement représentaient un risque important (Philogène, 1991). Par la suite, l'industrie chimique a mis au point les pesticides de deuxième génération, incluant des composés plus diversifiés (organophosphorés, carbamates, pyréthroïdes, biocides), chacun doté d'un mode d'action spécifique. Le choix du pesticide dépend alors des objectifs et du contexte d'application.

I.1.6.2. La lutte biologique :

Le terme lutte biologique recouvre plusieurs concepts qui varient selon les disciplines impliquées dans la protection des cultures. Comme la indiqué Nordland (1996), la lutte biologique (également appelée contrôle biologique ou bio contrôle) repose sur l'utilisation d'organismes vivants naturels ou de leurs produits pour prévenir ou réduire les dommages causés par des organismes nuisibles tels que les ravageurs agricoles, les vecteurs de maladies, les champignons phytopathogènes et les mauvaises herbes.

Les agents de lutte biologique comprennent notamment les prédateurs, les parasites et les agents pathogènes. La faune prédatrice des larves de moustiques, d'un intérêt particulier en lutte biologique, est principalement composée de poissons et d'insectes prédateurs. Selon Walton (2007), les poissons larvivores tels que *Gambusia* spp. Originaires d'Amérique du Nord, sont utilisés depuis le début du XX^e siècle dans de nombreux écosystèmes favorables à leur développement, et près de 300 autres espèces de poissons larvivores sont recensées à travers le monde permet ces agents biologiques.

I.1.6.3. La Lutte physique :

Le contrôle physique, ou contrôle mécanique, implique l'utilisation de méthodes visant à réduire le nombre de moustiques à l'aide de diverses techniques, où l'environnement dans lequel vivent les moustiques est modifié de manière à limiter les facteurs qui les aident à se reproduire. Cette méthode est l'une des plus anciennes méthodes connues de lutte contre les moustiques et repose principalement sur l'amélioration de l'environnement urbain en éliminant toutes les conditions propices à la croissance des moustiques.

Une méthode complémentaire qui peut être utilisée dans ce contexte est l'introduction de billes de polystyrène dans des lieux clos pour réduire les lieux de reproduction des moustiques (Thierry, 2011).

Les méthodes de contrôle physique vont de solutions simples comme l'installation de moustiquaires aux fenêtres, l'utilisation de répulsifs contre les moustiques ou de vêtements spécialement conçus à cet effet, à des méthodes plus complexes.

Ces méthodes contribuent également à rendre l'environnement moins propice aux moustiques en supprimant leurs

I.1.6.4. La lutte génétique :

La lutte génétique repose sur l'étude du patrimoine génétique des moustiques dans le but de modifier certaines de leurs séquences. L'objectif de ces manipulations est de réduire les populations de Culicidae en introduisant des moustiques stériles ou porteurs de gènes.

Létaux affectant les générations futures. Cette approche inclut, entre autres, le lâcher de Mâles stériles (empêchant la fécondation des femelles hématophages) et la modification génétique des femelles (par insertion d'un fragment d'ADN), ce qui rend les moustiques incapables de transmettre une maladie en diminuant leur capacité vectorielle. Cependant, cette méthode reste coûteuse et est souvent mal perçue par les populations locales, car les lâchers massifs entraînent des nuisances importantes (Goislard, 2012) sites de reproduction, comme le drainage des marais, le comblement des lacunes naturelles, la gestion des déchets et l'amélioration de la gestion des plans d'eau et de l'assainissement, Notamment en milieu urbain (Fécherolle, 2008 ; Fontenille et al., 2009 ; Anses, 2011).

I. 2 : Présentation de plante aromatique médicinale

I.2.1. Définition des plantes aromatiques et médicinales :

Les plantes aromatiques et médicinales regroupent un vaste ensemble de végétaux utilisés à la fois pour leurs arômes et leurs propriétés thérapeutiques. Les plantes aromatiques, cultivées pour leurs feuilles, tiges, racines, graines ou fleurs, sont principalement appréciées en cuisine et en phytothérapie pour les senteurs qu'elles dégagent et les huiles essentielles qu'elles renferment (Bremness, 2005). Par ailleurs, les plantes médicinales sont employées depuis la préhistoire comme remèdes naturels pour prévenir ou traiter diverses maladies. Bien qu'il n'existe pas de définition juridique universelle, une plante est dite médicinale, notamment en France, lorsqu'elle est inscrite à la pharmacopée et que son usage est reconnu comme exclusivement thérapeutique, en raison de ses propriétés curatives ou préventives pour la santé humaine ou animale (Bouhamed et Zidane, 2019).

- **Définition de *Schinus molle* :**

Schinus molle est connu sous le nom de poivre américain, poivre du Pérou, *escobilla*, faux poivron (الفلفل الكاذب). Est une plante appartenant à la famille des *Anacardiaceae*, Un arbre court à de longues feuilles minces, C'est une espèce pionnière à croissance rapide, on la trouve typiquement dans les zones montagneuses, aux bordures des routes et sur les terres agricoles.

Il pousse bien sur les sites et les pentes caillouteuses , il Préfère les sols sableux et bien drainés mais il est tolérant à la plupart des types de sol et aussi à la salinité et l'alcalinité il tolère les hautes températures et une fois établie ,il extrêmement résistant à la sécheresse, ainsi au gel, mais pas pour de longues périodes .

C'est une plante médicinale utilisée en thérapie traditionnelle. Les huiles essentielles de cette plante ont de nombreuses propriétés thérapeutiques. Ils sont utilisés traditionnellement comme agent cicatrisant, stomacal et anti diarrhéique, en raison de la présence de tanins et de résines grasses (Rocha et al., 2012).

En phytothérapie, ils sont utilisés pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine fongique, contre les dermatophytes, celles d'origine bactérienne (Mehani et segni, 2013).

De nombreuses propriétés médicinales ont été attribuées à cette plante (Simionatto et al, 2011). Des recherches récentes montrent que des extraits obtenus de *Schinus*

molle peuvent être utilisés en tant qu'agent analgésique (anti-douleur), anti-inflammatoire et anti-tumoral. Il possède également des propriétés antibactériennes, antivirales, antifongiques, insecticides et répulsives (Devecil et al., 2010).



Figure 9 : *Schinus molle* (photo originale).

I.2.2. Description botanique :

Le *Schinus molle* est un arbre ou arbuste qui pousse généralement jusqu' à 6 m de haut, mais il peut atteindre plus de 20 m. Il appartient à la famille botanique des *Anacardiaceae*, le *S. molle* est un résineux. On le reconnaît sans peine à sa silhouette élégante et ses rameaux longuement pendants.

- **Les Feuilles :** Ses feuilles persistantes composées de nombreux folioles, sont étroitement lancéolées, distantes, d'odeur poivrée au froissement.
- **Les fleurs :** sont petites, d'un blanc jaunâtre, et disposées en grosses grappes.
- **Les fruits rouges :** globuleux et presque secs, ayant la taille et la saveur d'un grain de poivre, sont des drupes. Le *S. molle* fleurit pratiquement toute l'année. Il s'agit d'une espèce dioïque, chaque individu portant uniquement des fleurs masculines ou uniquement des fleurs féminines. La pulpe est mince et coriace il a un goût sucré et contient huiles aromatiques. Il y a une ou deux graines par fruit (Walter et al., 2016).

- **Les grains :** Les graines sont mûres lorsque les fruits sont devenus rouges, 2 à 4 mm de diamètre, ronde, brun-noir, sillonnée une fois séché. Il y a 30 000 à 40 000 graines par kg ; les fruits sont récoltés directement sur l'arbre (Jøker et al., 2002).

- **Feuillaison :** espèce à feuillage persistant, à renouvellement constant des éléments foliaires. Le jaunissement de feuilles est noté de juin à mi-septembre en moyenne pendant quinze semaines, une petite saison de repousse plus active s'étend de fin septembre à octobre. Le feuillage complet est observé entre mi-novembre et mai en moyenne pendant vingt-huit semaines (Chopin et al., 1964).

- **Période de floraison :** La floraison se produit en septembre à décembre.

- **La maturité des Fruits :** aura lieu en décembre-janvier dans les régions de répartition naturelle. En Afrique de l'Est la cueillette des fruits se fait en Mars (Ouhererre et Abidat, 2018)

- **Semis et germination :** Les graines sont semées en pépinière Ou directement Dans des conteneurs avec deux graines par contenant. Il est recommandé d'utiliser un substrat léger et perméable. La germination commence après environ deux semaines et est normalement. Terminé après quatre semaines. La germination est rapportés à 60-80% mais dans certains endroits, en particulier où L'espèce est cultivée en dehors de la zone de distribution, une faible Germination en pépinière est un problème. Dans des circonstances normales 1 kg de semences donneront 17. 000plants. Quand les semis mesurent entre 30 et 35 cm, ils sont prêts à être plantés dans le champ (Joker et al. 2002).



Feuille (photo originale)



fruit



Fleur



les graine

Figure10 : Les différentes parties aériennes du *Schinus molle*.

I.2.3. Classification taxonomique :

La classification botanique de *Schinus molle* d'après Dupont et Guignard :

Règne : Végétal.

Embranchement : Spermaphytes.

Sous-embranchement : Angiospermes.

Classe : Eudicots.

Ordre : Sapindales.

Famille : *Anacardiacees*.

Genre : *Schinus*.

Espèce : *Schinus molle*.

I.2.4 Répartition géographique :

I.2.4.1. Présence mondiale et principales zones de distribution de *Schinus molle*

Le *Schinus molle*, membre de la famille des *Anacardiaceae*, est un genre d'arbres et d'arbustes cultivés dans de nombreuses régions du monde, en particulier dans les zones à climat chaud et tempéré. Les espèces de *Schinus molle* sont connues pour leur capacité à s'adapter aux environnements secs, ce qui en fait un arbre idéal pour la plantation dans les régions arides. Les espèces les plus courantes sont *Schinus molle* (*Schinus* souple) et *Schinus terebinthifolia* (*Schinus* térébenthine), un arbre à feuilles pennées, à petites fleurs et à petits fruits rouges.

L'arbre *Schinus molle* pousse dans les régions tropicales et tempérées de nombreuses régions du monde. *Schinus molle*, également connu sous le nom d'arbre à poivre rose, est le plus largement cultivé dans des régions comme :

- **Amérique du Sud :** *Schinus molle* est originaire du Brésil, d'Argentine et de Bolivie.
- **États-Unis :** *Schinus molle* a été introduit dans certains États, comme la Californie et la Floride, où il est utilisé comme plante ornementale dans les parcs et les zones urbaines.
- **Méditerranéen :** L'arbre *Schinus molle* a été introduit dans certains pays méditerranéens comme l'Espagne et l'Italie, où il est cultivé à des fins ornementales.
- **Australie :** Le *Schinus molle* se trouve dans certaines zones sèches d'Australie, où il est utilisé en foresterie.

I.2.4.2. *Schinus molle* en Algérie : répartition et zones d'occurrence

En Algérie, le *Schinus molle* est le plus commun et a été introduit depuis longtemps pour décorer les villes et les zones touristiques. Cet arbre est connu pour sa tolérance à la sécheresse, ce qui en fait un arbre adapté aux zones à approvisionnement en eau limité ou aux climats arides. Il se trouve principalement dans les parcs publics et les zones urbaines des régions côtières et du nord de l'Algérie, notamment dans les grandes villes comme Alger où il est utilisé dans l'agriculture urbaine à des fins décoratives.

On peut également le rencontrer dans certaines zones désertiques et semi-désertiques à proximité des oasis, grâce à sa grande capacité d'adaptation aux conditions sèches.

I.2.5. Intérêt écologique et sanitaire de l'évaluation larvicide

Une plante ornementale et médicinale à fort potentiel écologique Le genre *Schinus molle*, appartenant à la famille des *Anacardiaceae*, comprend plusieurs espèces d'arbres et d'arbustes originaires principalement d'Amérique du Sud.

Les deux espèces les plus connues sont *Schinus molle* (poivrier rose) et *Schinus terebinthifolius* (faux poivrier brésilien).

Ces plantes se distinguent par leur adaptabilité aux climats arides et semi-arides, ce qui leur confère un grand intérêt écologique et ornemental dans plusieurs régions du monde.

I.2.5.1. Importance écologique :

Schinus molle est une espèce pionnière, capable de s'établir dans des sols pauvres, secs et dégradés. Grâce à ses racines robustes, elle aide à stabiliser les sols et à lutter contre l'érosion, en particulier dans les zones menacées par la désertification. Elle joue également un rôle dans la régénération écologique des zones perturbées et sert de refuge à de nombreuses espèces animales, notamment les insectes pollinisateurs (Souza et al., 2016). Son feuillage dense offre aussi un microclimat favorable dans les écosystèmes arides.

I.2.5.2. Utilisations médicinales et économiques :

Le *Schinus molle* est utilisé depuis longtemps en médecine traditionnelle sud-américaine. Ses feuilles, ses fruits et son écorce possèdent des propriétés antimicrobiennes, anti- Inflammatoires et antifongiques.

Des études ont montré que ses extraits peuvent inhiber la croissance de certaines bactéries pathogènes (De Lima et al. 2013). En plus de ses usages médicaux, le fruit du *Schinus molle* est parfois utilisé comme substitut au poivre dans la cuisine. L'huile essentielle extraite de ses fruits est utilisée en cosmétique et en aromathérapie pour ses propriétés relaxantes et purifiantes.

I.2.5.3. Valeur ornementale et adaptation :

L'attrait visuel du *Schinus molle*, avec son feuillage finement découpé et ses grappes de fruits rouges brillants, en fait un choix populaire pour les plantations ornementales dans les zones urbaines et les parcs.

Il est souvent utilisé comme arbre d'alignement dans les villes chaudes et comme brise-vent dans les exploitations agricoles. Sa croissance rapide et sa faible exigence en eau le rendent particulièrement utile dans les programmes de reboisement des zones semi-arides (Santos et al., 2011).

I.2.6. Composition chimique et principes actifs de *Schinus molle*

Le *Schinus molle*, aussi appelé faux-poivrier ou poivrier rose, est une plante médicinale aux nombreuses propriétés. Ses parties (feuilles, baies, écorce, huile essentielle) contiennent plusieurs principes actifs intéressants, notamment :

1. Monoterpènes et sesquiterpènes : (dans l'huile essentielle) Les huiles essentielles extraites des feuilles et des fruits de *Schinus molle* sont riches en monoterpènes, notamment : α -pinène, β -pinène, limonène, α -phellandrène, β -phellandrène, myrcène, sabinène, germacrène D, caryophyllène, spathulénol, α -eudesmol, β -eudesmol. Ces composés sont responsables des propriétés insecticides Antifongiques, antibactériennes et anti-inflammatoires.

2. Flavonoïdes : Des flavonoïdes tels que : Quercétine, kaempférol, apigénine, catéchine, biapigénine, quercétine-3-O-glucuronide (Callistus Bvenura et al., Foods. 2022.). Ont été identifiés, conférant à la plante des propriétés antioxydants, antiinflammatoires et anticancéreuses.

3. Acides phénoliques et gallotannins : Les fruits et les coques de *Schinus molle* contiennent : Acide gallique, acide vanillique, acide féruloyltartarique,

Digalloylshikimique, pentagalloylglucose (Callistus Bvenura et al. Foods. 2022.)

Ces composés sont associés à des effets antioxydants et antimicrobiens.

4. Saponines et tanins : Bien que moins étudiés, des saponines et des tanins ont été détectés contribuant aux effets antifongiques, astringents et anti-inflammatoires de la plante. (Al-Andala, A., & Moustafaa, M).



Chapitre II

Matériel et méthode

II. 1 : Matériel et Méthode :

II.1.1. Matériel végétale :

- La récolte de la plante :

Dans cette étude, les échantillons du matériel végétal utilisé ont été récoltés au mois d'avril 2025 dans la région de zeramna, wilaya de Skikda à l'aide de ciseaux pour se débarrasser des tiges.

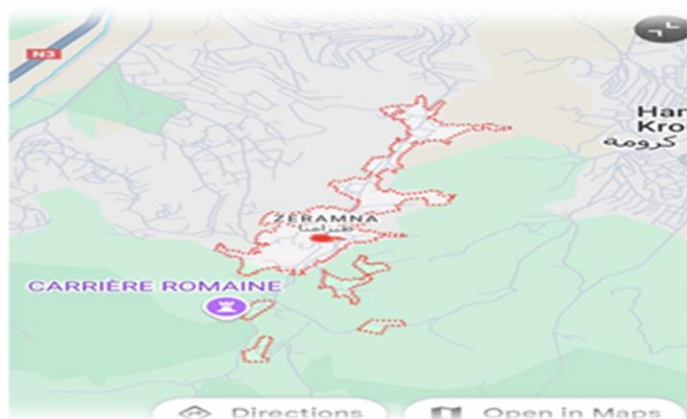


Figure 11 : Localisation de site de prélèvement.

Le matériel végétal est constitué des feuilles de la plante *Schinus molle*. Les feuilles sont lavées, puis laissées sécher à l'ombre, à température ambiante et dans un endroit aéré.

Les feuilles sèches ont été broyées avec un broyeur électrique jusqu'à obtenir une poudre fine. Le broyat a été conservé dans des sachets, à température ambiante, dans un endroit sec et à l'abri de l'humidité et de la lumière, jusqu'à leur utilisation.



Figure 12 : Séchage broyage et découpage des feuilles de *S molle* (photos originale).

II.1.2. Procédés d'extraction de l'huile essentielle et de l'extrait éthanoléique de *Schinus molle* :

L'extraction de l'huile essentielle de *Schinus molle* a été réalisée par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger. Pour cela, 80 g de feuilles finement découpées ont été introduites dans un ballon contenant 800 ml d'eau distillée.

Le mélange a été chauffé pendant 3 heures, permettant la récupération de l'huile essentielle, laquelle a ensuite été conservée dans un flacon en verre ambré, au réfrigérateur.

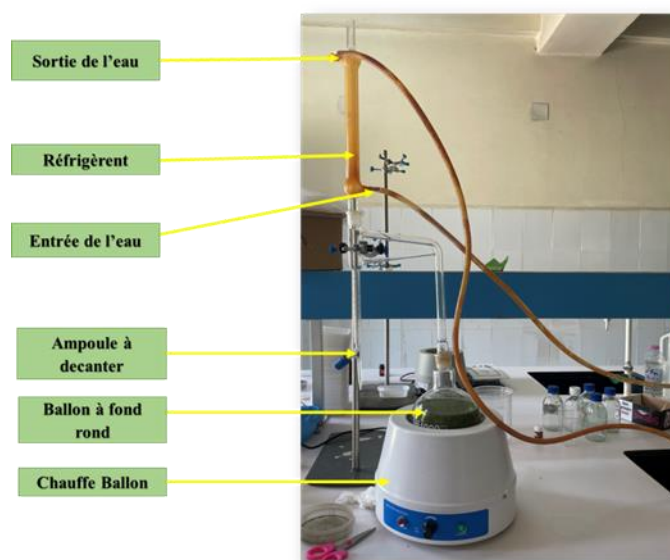


Figure 13 : Dispositif d'extraction par hydro distillation De types clevenger
(Photo originale).



Figure 14 : Les étapes de la production de l'huile essentielle (photos originales).

Par ailleurs, l'extrait éthanoïque a été obtenu à partir de 20 g de poudre de plante, placée dans une cartouche insérée dans un appareil Soxhlet. L'extraction s'est effectuée à l'éthanol, puis le solvant a été évaporé à l'aide d'un rotavap, permettant d'obtenir l'extrait sec, conservé ensuite dans des conditions adéquates jusqu'à utilisation.



Figure 15 : Dispositif d'extraction (soxhlet) (Photo originale).

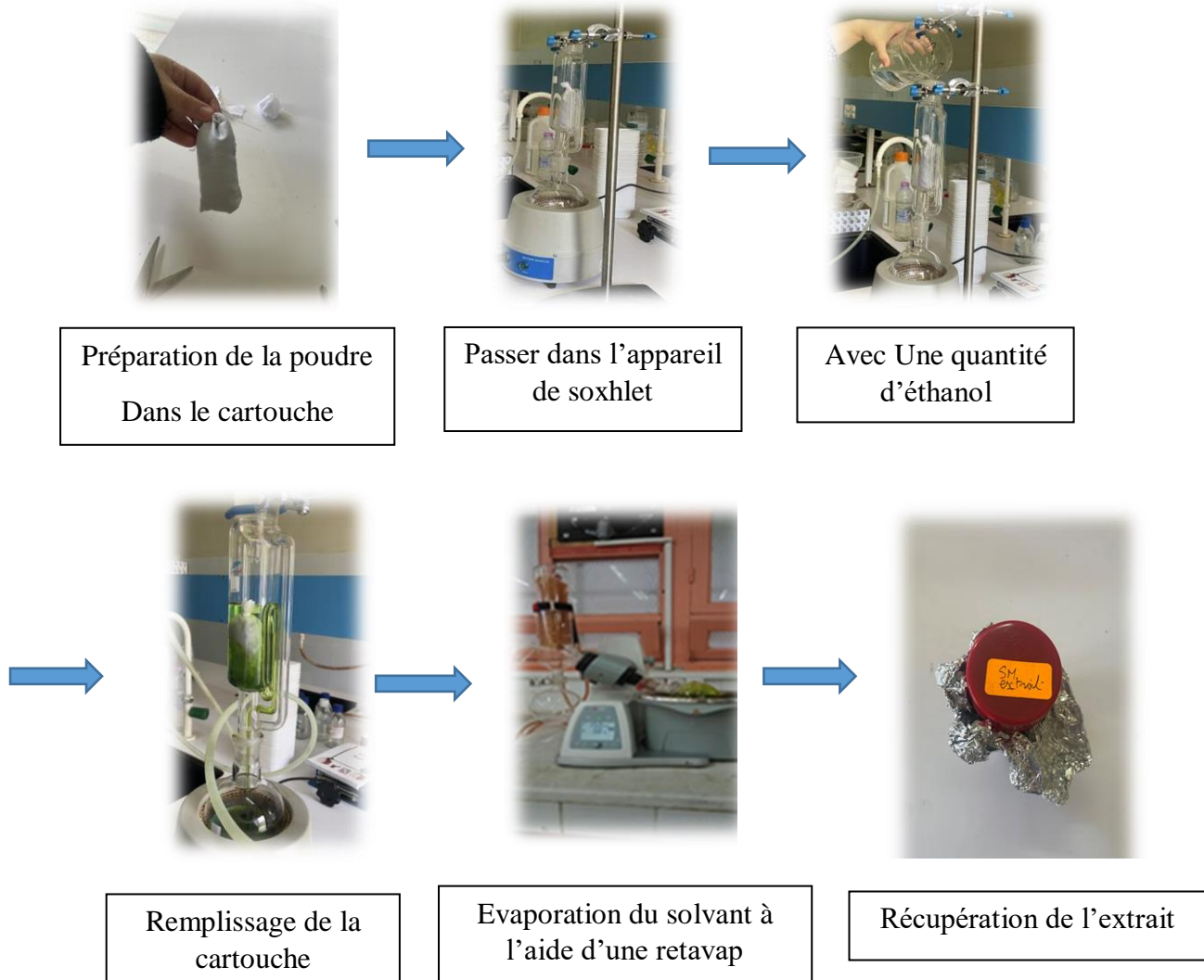


Figure 16 : Protocole d'extraction (soxhlet) (photos originales).

II.1.3. Le rendement d'extraction :

Le rendement de l'extraction a été calculé pour l'extrait éthanolique ainsi que pour l'huile essentielle obtenue à partir des feuilles de *Schinus molle*.

Le calcul du rendement (en %) a été réalisé selon la formule suivante :

$$R (\%) = (M' / M) * 100$$

II.1.4. Matériel animale :

Les larves de moustiques ont été collectées dans un réservoir d'eau stagnante situé dans une zone résidentielle, contenant de l'eau accumulée durant la saison hivernale.

II.1.4.1 L'échantillonnage et élevage d'espèces :

Les larves de moustiques ont été collectées sur le terrain à l'aide de la méthode dite du « coup de passoire », consistant à immerger une passoire dans l'eau puis à la déplacer de manière uniforme sans provoquer de remous (Bouabida et al., 2012). Les spécimens ainsi récoltés ont été transportés au laboratoire et transférés dans des bacs en plastique propres contenant de l'eau de source, recouverts d'un tissu en tulle pour prévenir toute contamination ou évasion. Les larves ont été nourries quotidiennement avec une faible quantité de nourriture pour poissons. Les nymphes, qui ne s'alimentent pas à ce stade, ont été isolées sans apport nutritif.

Ces nymphes ont ensuite été placées dans une cage cubique en tulle blanc (dimensions : 40 × 40 × 40 cm), équipée d'un manchon latéral en tissu muni d'un élastique à son extrémité pour permettre une manipulation sécurisée. Les adultes émergents y ont été maintenus uniquement dans le but d'obtenir une nouvelle génération de larves, l'étude ayant porté exclusivement sur les stades larvaires.

Le régime alimentaire des adultes se composait d'une source sucrée, à savoir une grappe de raisins secs (figure.21). Pour les femelles, un repas sanguin était indispensable à la production d'œufs. À cet effet, une méthode d'alimentation artificielle a été utilisée : une petite quantité de sang hépariné a été déposée dans une boîte de Pétri en verre, recouverte d'un film plastique alimentaire étiré. Celle-ci a été placée sur la partie supérieure de la cage, de manière à ce que le film soit en contact avec le tulle, permettant aux femelles de piquer à travers pour se nourrir.



Figure 17 : Cage d'élevage des larves (photo originale).



A : Le repas des males.



B : Le repas sanguin des femelles.

Figure 18 : Cage d'élevage des adultes (photos originales).

II.1.5. Montage et identification des larves :

Pour le montage des larves, on a utilisé le protocole suivant :

1- On a mis les larves qui ont été conservés dans l'alcool dans un bain de KOH à 10% pendant 24h. Cette étape consiste à éclaircir les échantillons en détruisant les tissus internes.

2- Les larves sont ensuite mises dans plusieurs bains d'eau distillée pour leur rinçage entre 3 et 5 minutes chacun.

3- Après le rinçage, les larves sont mises dans des bains d'alcool à différentes concentrations (70°, 80°, 96°) et cela pour une éventuelle déshydratation.

4- Pour l'élimination de l'effet d'alcool, les larves sont déposées dans une solution de Xylène pendant 5 minutes.

5- Les larves sont ensuite montées entre lame et lamelle dans une goutte de baume de Canada pour leur conservation.

6- Observation de quelques larves par une loupe binoculaire et un microscope optique.

L'identification morphologique de l'espèce larvaire assistée par un microscope optique et un ordinateur basé sur un programme d'identification et d'enseignement des Culicidae d'Afrique méditerranéenne (Brunhes et al., 1999)

II.1.6. Évaluation de l'activité larvicide de l'huile essentielle et de l'extrait éthanolique de *Schinus molle* :

Les deux extraits de *Schinus molle*, à savoir l'huile essentielle et l'extrait éthanolique, ont été évalués selon un protocole expérimental identique, basé sur les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour les tests larvicides.

Cinq concentrations ont été préparées pour chaque extrait : 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm et 100 ppm.

Pour l'huile essentielle, une solution mère a été préparée à l'aide d'un solubilisant (Tween 80) afin d'assurer une dispersion homogène dans l'eau.

Les dilutions successives ont ensuite été réalisées avec de l'eau de source. L'extrait éthanolique, quant à lui, a été dilué directement dans l'eau sans ajout de solubilisant.

Chaque concentration a été testée en trois répétitions, dans des boîtes contenant 100 ml de solution et 20 larves de moustiques aux stades L3 et L4. Un témoin, constitué uniquement d'eau de source, a été utilisé comme contrôle. La mortalité larvaire a été enregistrée après 24 h, 48 h et 72 h d'exposition.

Observation de mortalité est ensuite noté après 24h, 48h, 72h d'exposition.

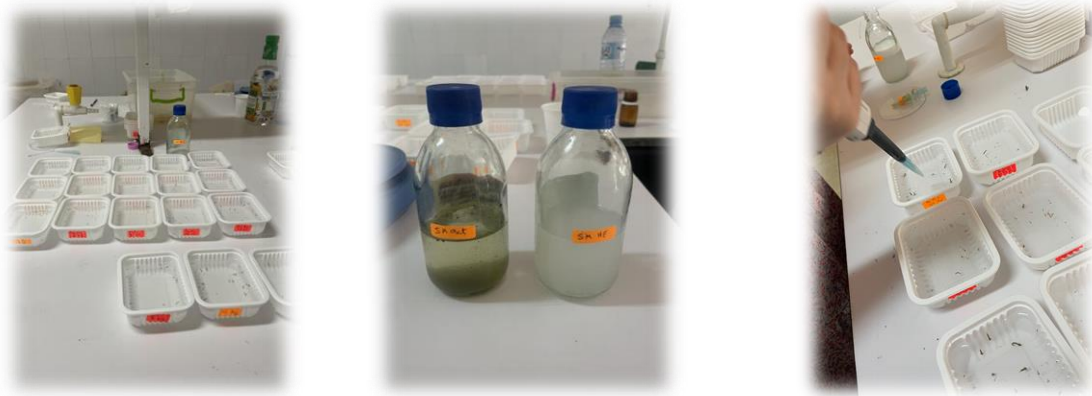


Figure 19 : Traitement des larves de moustiques par l'huile essentielle et extrait
(Photos originales).

II.1.7. Analyse statistique

Les résultats obtenus lors des tests larvicides ont été exprimés sous forme de moyenne \pm erreur standard de la moyenne ($\bar{X} \pm \text{SEM}$). L'analyse des données a été effectuée à l'aide du logiciel Graph Pad Prism 8.

Une analyse de la variance à un facteur (ANOVA) a été réalisée pour évaluer l'effet des différentes concentrations (doses) de l'huile essentielle et de l'extrait éthanolique de *Schinus molle* sur la mortalité des larves de *Culex modistus* aux différents temps d'exposition (24 h, 48 h et 72 h). Lorsque l'ANOVA indiquait une différence significative ($p < 0,05$), un test post-hoc de Tukey HSD a été appliqué pour identifier les groupes statistiquement différents entre eux.

Par ailleurs, les valeurs de CL25, CL50 et CL90 (concentrations létales provoquant respectivement 25 %, 50 % et 90 % de mortalité) ont été déterminées par analyse de régression probit selon la méthode de Finney (1971), en utilisant également Graph Pad Prism 8.

Ces paramètres permettent de caractériser la toxicité relative de chaque extrait de manière quantitative.

L'ensemble des analyses statistiques a permis d'évaluer :

- l'effet dose-dépendant,
- l'effet temps-dépendant,
- la significativité des différences entre les concentrations,
- la puissance larvicide des extraits à travers les valeurs de CL.



Chapitre III

Résultat et discussion

III. 1 : Résultats

III.1.1. Caractéristique organoleptique et rendement de l'huile essentielle et l'extrait de *S. Molle*

➤ Caractéristique organoleptique

L'extraction des huiles essentielles et des extraits éthanoliques a permis de déterminer les rendements du *S. molle*, tout en mettant en évidence certaines propriétés caractéristiques :

L'huile essentielle (HE) de *S. molle* se présente sous forme liquide, avec une couleur jaune clair et une odeur très aromatique. Quant à l'extrait éthanolique, il se manifeste sous forme d'une pâte épaisse et collante, de couleur vert noirâtre et dégageant une odeur intense.

Tableau 1 : Caractéristique organoleptique de l'huile et d'extrait de *S.molle*.

	Couleur	Odeur	Aspect
HE de <i>S.molle</i>	Jaune clair	Très aromatique	Liquide mobile
EM de <i>S.molle</i>	Vent noirâtre	Fort	Pate épaisse et collante

➤ Rendement de l'extraction

Le rendement des extractions, exprime en pourcentage, a été déterminé par la formule Suivant :

$$R_{HE} = (M' / M) * 100$$

$$R_{HE} = (0.9 / 80) * 100 = 1,12\%$$

$$R_{EXT} = (M' / M) * 100$$

$$R_{EM} = (1.57 / 20) * 100 = 7.85\%$$

Tableau 2 : Calcule le rendement de *S.molle*.

	Poids des résidues (g)	Poids de la biomasse végétale (g)	Rendement
Huile essentielle	0.9	80	1.12
Extrait	1.57	20	7.85

III.1.2. Résultat d'identification

La collecte des larves dans le gîte nous a permis d'identifier un seul genre, à savoir le Genre *Culex modestus*.

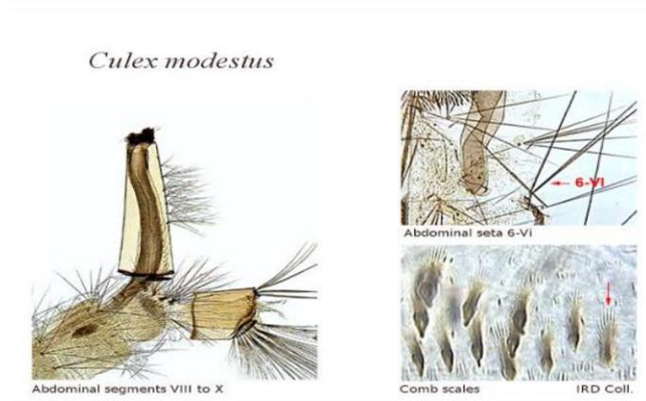


Figure 20 : Critères morphologique d'identification de *Culex modestus*.

III.1.3. Comparaison temporelle des mortalités larvaires (huile essentielle)

La comparaison multiple des concentrations utilisées montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les durées les plus proches d'exposition à l'huile essentielle de *Schinus molle*, notamment entre 24h et 48h, 24h et 72h, ainsi que 48h et 72h. La progression de la mortalité reste globalement croissante avec le temps et la concentration, mais sans franchir de seuil significatif d'un temps d'exposition à un autre.

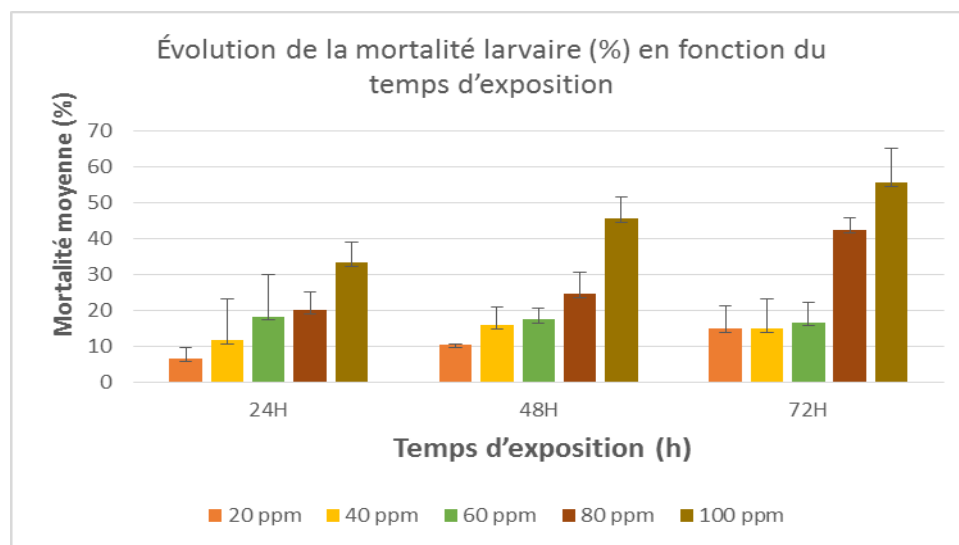


Figure 21 : mortalité larvaire en fonction du temps d'exposition à l'huile essentielle.

III.1.4. Analyse de la variance (ANOVA) des mortalités larvaires selon le temps d'exposition (huile essentielle)

Les tableaux suivants représentent l'analyse de la variance des mortalités larvaires de *Culex modestus* en fonction des différentes concentrations d'huile essentielle de *Schinus molle*, appliquées après 24, 48 et 72 heures d'exposition.

Après 24 heures d'exposition :

L'étude d'analyse de la variance (Tableau 1) montre qu'il existe une différence significative entre les mortalités obtenues selon les concentrations testées ($p = 0,023$), indiquant que l'effet larvicide varie selon la dose appliquée dès les premières 24h d'exposition.

Tableau 3 : Analyse de variance de la toxicité de *S.molle* après 24h.

	Somme des carrés	Degrés de liberté	Carré moyen	f	P-value
Entre les groupes	1223.333	4	305.833	4.588	0.023
Au sein des groupes	666.667	10	66.667		
Totale	1890.000	14			

Après 48 heures d'exposition :

L'analyse de la variance réalisée après 48h (Tableau 2) met en évidence une différence hautement significative entre les groupes ($p < 0,001$), traduisant une efficacité larvicide croissante et marquée en fonction de la concentration, plus accentuée qu'à 24h.

Tableau 4 : Analyse de variance de la toxicité de *S.molle* après 48h.

	Somme des carrés	Degrés de liberté	Carré moyen	f	P-value
Entre les groupes	2253.156	4	563.289	25.418	0.000
Au sein des groupes	221.607	10	22.161		
Totale	2474.763	14			

Après 72 heures d'exposition :

L'ANOVA réalisée à 72h (Tableau 3) confirme également une différence hautement significative entre les concentrations testées ($p < 0,001$), avec un effet larvicide nettement plus important aux doses élevées.

Tableau 5 : Analyse de variance de la toxicité de *S.molle* après 72h.

	Somme des carrés	Degrés de liberté	Carré moyen	f	P-value
Entre les groupes	43333.333	4	1083.333	21.937	0.000
Au sein des groupes	493.827	10	49.383		
Totale	4827.160	14			

III.1.5 Évolution de l'activité larvicide en fonction des concentrations et du temps d'exposition (huile essentielle) À 24, 48,72 h**À 24h :**

Parmi l'ensemble des concentrations testées, seule la concentration 5 a montré une différence significative par rapport aux autres concentrations, indiquant un effet larvicide nettement plus marqué à cette concentration ($p < 0,05$).

Tableau 6 : Résultats de la comparaison multiple des concentrations testées de l'huile essentielle de *S.molle* sur la mortalité larvaire de *Culex modestus* après 24h d'exposition (test Tukey).

(I) concentra (J) concentration	P
1,002,00	0,939
3,00	0,449
4,00	0,332
5,00	0,017
2,001,00	0,939
3,00	0,850
4,00	0,725
5,00	0,053
3,001,00	0,449
2,00	0,850
4,00	0,999
5,00	0,238
4,001,00	0,332
2,00	0,725
3,00	0,999
5,00	0,332
5,001,00	0,017
2,00	0,053
3,00	0,238
4,00	0,332

À 48h :

seule la concentration 5 présente une différence hautement significative par rapport aux autres concentrations ($p < 0,001$), traduisant un effet larvicide nettement supérieur.

Les autres concentrations ne montrent pas de différences marquées entre elles, malgré une légère tendance observée pour la concentration 4.

Tableau 7 : Résultats de la comparaison multiple des concentrations testées de l'huile essentielle de *S.molle* sur la mortalité larvaire de *Culex modestus* après 48h d'exposition (test Tukey).

(I) concentration (J) concentration	P
1,002,00	0,658
3,00	0,411
4,00	0,029
5,00	0,000
2,001,00	0,658
3,00	0,990
4,00	0,227
5,00	0,000
3,001,00	0,411
2,00	0,990
4,00	0,411
5,00	0,000
4,001,00	0,029
2,00	0,227
3,00	0,411
5,00	0,002
5,001,00	0,000
2,00	0,000
3,00	0,000
4,00	0,002

À 72 h :

seule la concentration 5 montre une efficacité significativement plus élevée que les faibles doses. Aucune différence n'est notée entre les concentrations 4 et 5, indiquant une stabilisation de l'effet larvicide dès la concentration 4.

Tableau 8 : Résultats de la comparaison multiple des concentrations testées de l'huile essentielle de *S.molle* sur la mortalité larvaire de *Culex modestus* après 48h d'exposition (test Tukey).

(I) concentration (J) concentration	P
1,002,00	1,000
3,00	0,997
4,00	0,005
5,00	0,000
2,001,00	1,000
3,00	0,997
4,00	0,005
5,00	0,000
3,001,00	0,997
2,00	0,997
4,00	0,008
5,00	0,000
4,001,00	0,005
2,00	0,005
3,00	0,008
5,00	0,235
5,001,00	0,000
2,00	0,000
3,00	0,000
4,00	0,235

III.1.6. Comparaison temporelle des mortalités larvaires (extrait).

L'analyse visuelle de l'histogramme montre une augmentation progressive de la mortalité larvaire en fonction du temps d'exposition et de la concentration de l'extrait éthanolique de *Schinus molle*.

Aux faibles concentrations (20 et 40 ppm), les mortalités restent relativement faibles, avec peu de différence entre les temps d'exposition. En revanche, à partir de 60 ppm, une légère hausse est observée entre 24 h et 72 h, bien que les écarts restent modérés.

Les concentrations élevées (80 et 100 ppm) présentent une évolution plus marquée : la mortalité augmente nettement avec le temps, atteignant un maximum à 72 h. À 100 ppm, la mortalité dépasse 60 % à 72 h contre environ 30 % à 24 h, traduisant un effet larvicide cumulatif et temps-dépendant.

Ces résultats confirment que l'efficacité de l'extrait augmente à la fois avec la concentration et la durée d'exposition, notamment à partir de 80 ppm.

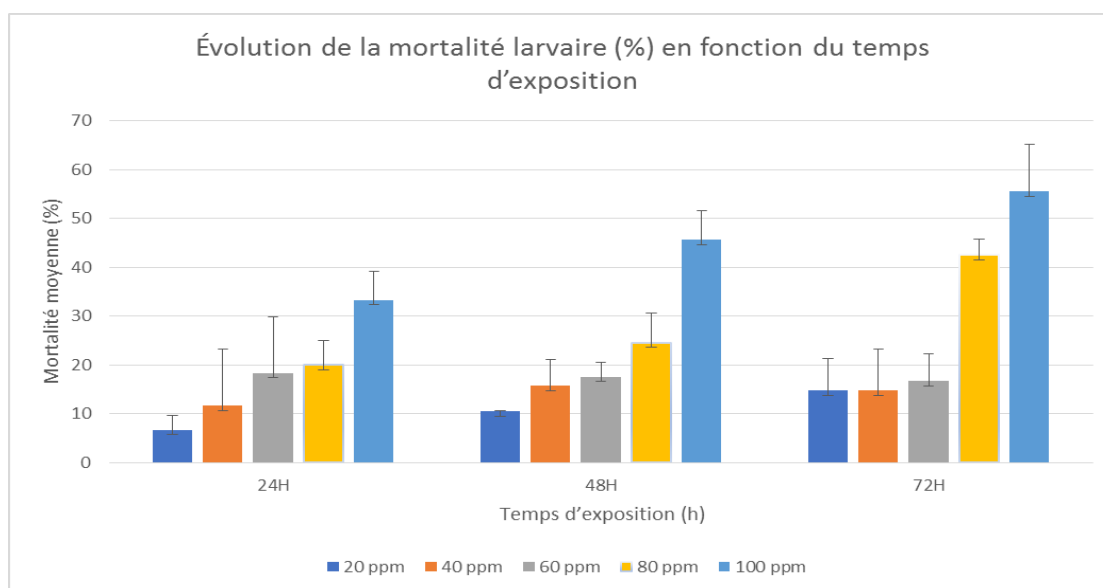


Figure 22 : mortalité larvaire en fonction du temps d'exposition à l'extrait éthanolique.

III.1.7. Analyse de la variance (ANOVA) des mortalités larvaires selon le temps d'exposition (extrait).

L'analyse statistique par ANOVA réalisée aux différentes périodes d'exposition (24h, 48h et 72h) révèle une différence significative entre les concentrations testées à chaque intervalle ($p = 0,000$).

A 24 heures d'exposition : À 24 heures d'exposition : l'ANOVA révèle une différence statistiquement significative ($p < 0,001$) entre les concentrations, indiquant que même à court terme, certaines concentrations ont un effet larvicide significatif.

Tableau 9 : Analyse de variance de la toxicité de *S.molle* après 24h.

	Somme des carrés	Degrés de liberté	Carré moyen	f	P-value
Entre les groupes	416.667	4	104.167	15.625	0.000
Au sein des groupes	66.667	10	6.667		
Totale	483.333	14			

À 48 heures d'exposition : l'analyse confirme une différence encore plus marquée ($p < 0,001$), ce qui suggère un effet larvicide amplifié avec le temps.

Tableau 10 : Analyse de variance de la toxicité de *S.molle* après 48h.

	Somme des carrés	Degrés de liberté	Carré moyen	f	P-value
Entre les groupes	1244.691	4	311.173	14.042	0.000
Au sein des groupes	221.607	10	22.161		
Totale	1466.297	14			

À 72 heures d'exposition : l'ANOVA montre une différence significative maximale ($p < 0,001$), traduisant une efficacité accrue et constante de l'extrait sur le long terme.

Tableau 11 : Analyse de variance de la toxicité de *S.molle* après 72.

	Somme des carrés	Degrés de liberté	Carré moyen	f	P-value
Entre les groupes	4158.436	4	1039.609	74.852	0.000
Au sein des groupes	138.889	10	13.889		
Totale	4297.325	14			

III.1.8.Évolution de l'activité larvicide en fonction des concentrations et du temps d'exposition (extrait éthanolique) À 24, 48,72 h.

À 24 h :

Seul un début d'effet larvicide est observé aux doses élevées : la concentration 5 montre une différence significative ($p = 0,000$), et la dose 4 uniquement face à la dose 1 ($p = 0,005$), tandis que les autres concentrations restent sans effet notable.

Tableau 12 : Résultats de la comparaison multiple des concentrations testées de l'extrait de *S.molle* sur la mortalité larvaire de *Culex modestus* après 24h d'exposition (test Tukey).

(I) concentration	(J) concentration	P
	1,002,00	0,539
	3,00	0,200
	4,00	0,005
	5,00	0,000
	2,001,00	0,539
	3,00	0,928
	4,00	0,061
	5,00	0,002
	3,001,00	0,200
	2,00	0,928
	4,00	0,200
	5,00	0,005
	4,001,00	0,005
	2,00	0,061
	3,00	0,200
	5,00	0,200

5,001,00	0,000
2,00	0,002
3,00	0,005
4,00	0,200

À 48 h :

L'effet larvicide devient plus marqué, notamment à la concentration 5 qui présente des différences hautement significatives avec toutes les autres ($p \leq 0,004$) ; la dose 4 est également efficace face à la dose 1 ($p = 0,029$), mais pas face aux autres.

Tableau 13 : Résultats de la comparaison multiple des concentration testées de l'extrait de *S.molle* sur la mortalité larvaire de *Culex modestus* après 24h d'exposition (test Tukey).

(I) concentration	(J) concentration	P
1,002,00	3,00	0,990
	4,00	0,658
	5,00	0,029
	5,00	0,001
2,001,00	3,00	0,990
	4,00	0,886
	5,00	0,058
	5,00	0,001
3,001,00	2,00	0,658
	4,00	0,886
	5,00	0,227
	5,00	0,004
4,001,00	2,00	0,029
	3,00	0,058
	3,00	0,227

5,00	0,117
5,001,00	0,001
2,00	0,001
3,00	0,004
4,00	0,117

À 72 h :

Les concentrations 4 et 5 induisent un effet larvicide très significatif comparé aux faibles concentrations ($p = 0,000$), bien qu'aucune différence ne soit notée entre elles, suggérant une saturation de l'effet à haute dose.

Tableau 14 : Résultats de la comparaison multiple des concentrations testées de l'extrait de *S.molle* sur la mortalité larvaire de *Culex modestus* après 24h d'exposition (test Tukey).

(I) concentration	(J) concentration	P
1,002,00	3,00	0,743
	4,00	0,280
	5,00	0,000
2,001,00	3,00	0,743
	4,00	0,886
	5,00	0,000
3,001,00	2,00	0,280
	4,00	0,886
	5,00	0,000
4,001,00	2,00	0,000
	3,00	0,000

5,00	0,743
5,001,00	0,000
2,00	0,000
3,00	0,000
4,00	0,743

III.1.9. Les concentrations létales (CL25, CL50 et CL90) de l'extrait et l'huile essentielle

Les concentrations létales (CL25, CL50 et CL90) ont été déterminées pour l'huile essentielle et l'extrait brut des feuilles de *Schinus molle* à l'aide de l'analyse Probit, dans le but d'évaluer leur activité larvicide sur les larves de *Culex modustus*.

Tableau 15 : Les concentrations létales (CL25, CL50 et CL90) de l'extrait et HE.

	CL25	CL50	CL90
Pour l'huile essentielle	58.83	94.77	246.0
Pour l'extrait brut	74.74	107.9	224.8

Ces valeurs traduisent une toxicité croissante en fonction de la concentration, révélant un potentiel larvicide des deux extraits.

III.2. Discussion

Les plantes, dans leur intégralité (feuilles, fruits, fleurs, racines et écorce), renferment un ensemble de composés biochimiques appelés principes actifs, connus pour leurs propriétés biologiques variées, telles qu'antivirales, antibactériennes ou antifongiques (Tennyson et al., 2012). Ces métabolites secondaires représentent une ressource précieuse pour le développement de produits naturels à visée médicinale ou insecticide. Ainsi, de nombreux chercheurs se sont penchés sur l'exploration de ces propriétés dans une optique de lutte biologique contre les vecteurs de maladies. Alaoui (2009), Tennyson et al. (2012) ainsi que Raveen et al. (2014) ont démontré que plusieurs extraits de plantes possèdent une activité larvicide significative, agissant à différents niveaux : en tant que toxiques directs, inhibiteurs de croissance, répulsifs, ou encore en perturbant le système nerveux des larves.

Dans le cadre de notre étude, nous avons évalué l'activité larvicide de l'huile essentielle et de l'extrait éthanolique des feuilles de *Schinus molle* contre les larves de *Culex modestus*. Le rendement en huile essentielle de *Schinus molle* a été estimé à 1,12 %, tandis que celui de l'extrait éthanolique a atteint 7,85 %. Ce rendement relativement modeste pour l'huile essentielle reste néanmoins conforme à la littérature, notamment pour les espèces aromatiques riches en résines ou en composés volatils. En effet, selon Chalchat et al. (2001), les rendements en huiles essentielles de *S. molle* varient entre 0,8 % et 1,5 %, en fonction des conditions d'extraction. De même, Lopez et al. (2011) ont obtenu un rendement de 1,1 % à partir des feuilles de *Schinus molle* récoltées au Pérou.

À l'inverse, le rendement élevé obtenu avec l'éthanol peut s'expliquer par la polarité du solvant, qui favorise l'extraction de composés hydrosolubles tels que les flavonoïdes, les tanins ou encore les saponines. Un rendement similaire (7,6 %) a été observé par Moraes et al. (2013) à partir d'un extrait hydro alcoolique de *Schinus terebinthifolius*, une espèce proche appartenant également à la famille des *Anacardiaceae*. Cependant, certaines études, comme celle d'Andrade et al. (2010) sur *S. molle*, rapportent des rendements bien plus faibles (inférieurs à 1 %), suggérant que des facteurs tels que l'origine géographique de la plante, le climat, la période de récolte ou encore les conditions de séchage peuvent influencer significativement l'extraction.

Concernant l'activité larvicide, une augmentation de la mortalité des larves de *Culex modestus* a été observée avec le temps d'exposition à l'huile essentielle de *Schinus molle*, bien que les différences entre les durées (24h, 48h, 72h) ne soient pas statistiquement significatives. Cela laisse penser que l'effet larvicide se manifeste rapidement, dès les premières 24h, puis tend à se stabiliser. Ce comportement est en accord avec les résultats de Benelli et al. (2017), qui ont observé une mortalité maximale des larves d'*Aedes albopictus* dès les premières 24 heures d'exposition à l'huile essentielle de *Schinus molle*. De même, Dias et Moraes (2014) ont montré un effet larvicide rapide de *Schinus terebinthifolius*, une espèce apparentée, contre les larves de *Culex quinquefasciatus*, suggérant une action précoce des composés volatils caractéristiques des *Anacardiaceae*.

En revanche, certains auteurs rapportent une mortalité progressive dans le temps. Par exemple, Mossa et al. (2012), en testant l'huile essentielle de *Anacardium occidentale* (de la même famille), ont constaté une augmentation graduelle de la mortalité larvaire entre 24h et 72h. Cela indique que la cinétique de libération ou d'absorption des composés actifs peut varier selon l'espèce végétale, la composition chimique de l'huile essentielle ou encore le métabolisme larvaire.

Les analyses statistiques par ANOVA effectuées aux trois durées d'exposition ont mis en évidence une intensification progressive de l'effet larvicide selon les concentrations testées. À 24h, une différence significative modérée ($p = 0,023$) indique que l'activité larvicide commence déjà à varier en fonction de la concentration. À 48h et 72h, les différences deviennent hautement significatives ($p < 0,001$), traduisant une efficacité renforcée des concentrations plus élevées. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Benelli et al. (2017), qui ont observé une toxicité croissante de l'huile essentielle de *Schinus molle* sur les larves d'*Aedes albopictus* en fonction de la concentration. De même, Moraes et al. (2013) ont mis en évidence une réponse dose-dépendante de *Schinus terebinthifolius* contre *Culex quinquefasciatus*, soulignant l'efficacité croissante des extraits avec l'augmentation des doses.

En revanche, Souza et al. (2015), en étudiant l'effet de l'huile d'*Anacardium occidentale* (famille *Anacardiaceae*), ont constaté une réaction larvaire plus lente, avec des différences significatives n'apparaissant qu'après 72h d'exposition. Cela

suggère que la cinétique d'action dépend non seulement de la concentration, mais aussi de la spécificité chimique de l'huile et de la sensibilité de l'espèce ciblée.

Les tests de Tukey ont renforcé ces conclusions en identifiant la concentration 5 comme étant systématiquement la plus efficace, notamment à partir de 48h. À 24h, cette concentration se distingue déjà significativement des concentrations plus faibles ($p = 0,017$). À 48h, elle montre une supériorité hautement significative ($p < 0,001$) sur toutes les autres, et à 72h, elle atteint un plateau d'efficacité, ne se distinguant plus de la dose 4. Ce phénomène suggère un effet de seuil ou de saturation, comme l'indiquent Souza et al. (2015), qui ont montré que les tissus cuticulaires des larves de moustiques peuvent être saturés à partir d'une certaine concentration de métabolites actifs issus d'*Anacardium occidentale*.

Pour l'extrait éthanolique, la mortalité larvaire s'est révélée progressive et dépendante du temps. À faibles doses (20 à 40 ppm), les mortalités sont restées limitées, tandis qu'à partir de 60 ppm, une augmentation graduelle a été observée, atteignant un maximum à 100 ppm à 72h. Ce profil est typique des extraits hydrosolubles, dont les composés actifs, comme les flavonoïdes et tanins, agissent de manière cumulative. Ces observations sont cohérentes avec les résultats de Moraes et al. (2013) sur *Schinus terebinthifolius*, qui ont noté une mortalité accrue sur 72h avec un extrait éthanolique contre *Culex spp.*

L'analyse de la variance (ANOVA) réalisée à chaque temps d'exposition a révélé une différence hautement significative dès 24h ($p < 0,001$), confirmant l'efficacité précoce de l'extrait éthanolique de *S. molle*. Cette significativité s'est maintenue à 48h et 72h, traduisant une toxicité croissante et un effet larvicide prolongé. Cette évolution temporelle peut s'expliquer par une pénétration progressive des composés actifs ou une action différée sur le système digestif ou nerveux des larves, comme l'ont proposé Andrade et al. (2010) pour les extraits végétaux riches en tanins de *S. molle*.

Les comparaisons multiples (test de Tukey) ont confirmé que, dès 24h, seules les concentrations 4 et 5 étaient efficaces, avec une différence très significative pour la concentration 5 ($p < 0,001$). À 48h, la dose 5 restait dominante, tandis que la concentration 4 commençait à se distinguer. À 72h, bien que les deux concentrations les plus élevées aient maintenu une mortalité élevée, l'absence de différence statistique entre elles indique une saturation de l'effet larvicide, phénomène déjà

observé par Benelli et al. (2017) à partir de certaines concentrations d'huiles essentielles de *Schinus molle*

Les valeurs de concentrations létales (CL25, CL50, CL90) ont montré que l'huile essentielle était légèrement plus toxique que l'extrait éthanolique, avec une CL50 de 94,77 ppm contre 107,9 ppm. Ces résultats sont proches de ceux rapportés par Benmebarek et al. (2014) pour l'huile de *S. molle*, qui obtint une CL50 de 105 ppm sur *Culex pipiens*. Toutefois, certains extraits d'autres espèces aromatiques montrent des CL50 beaucoup plus faibles : par exemple, Moraes et al. (2013) ont obtenu une CL50 inférieure à 50 ppm avec l'extrait éthanolique de *Schinus terebinthifolius*. Cela souligne que, bien que *S. molle* soit prometteuse, d'autres plantes peuvent présenter une activité larvicide plus puissante, bien que souvent plus rares ou potentiellement plus toxiques pour l'environnement.

En conclusion, l'ensemble de ces résultats confirme le fort potentiel larvicide de *Schinus molle*, tant par son huile essentielle que par son extrait éthanolique. Tandis que l'huile agit rapidement et intensément dès les premières 24 heures, l'extrait brut exerce une action progressive mais soutenue jusqu'à 72h. Cette complémentarité suggère une possibilité d'usage combiné dans une stratégie intégrée de lutte contre les moustiques. Toutefois, leur efficacité dépend étroitement de la concentration, du temps d'exposition, de l'espèce cible, ainsi que des conditions d'extraction et de formulation.



Conclusion Générale

Conclusion

Ce travail de recherche s'est inscrit dans une démarche éco-toxicologique visant à explorer le potentiel larvicide de l'huile essentielle et de l'extrait éthanolique des feuilles de *Schinus molle* contre les larves de *Culex modestus*, un moustique vecteur de pathogènes. Dans un contexte de résistance croissante aux insecticides de synthèse, l'évaluation de solutions naturelles s'impose comme une alternative à la fois efficace, écologique et durable.

Les résultats obtenus ont permis de démontrer une activité larvicide significative pour les deux extraits testés, avec une efficacité particulièrement marquée pour l'huile essentielle. Les analyses statistiques ont confirmé une mortalité larvaire croissante avec l'augmentation des concentrations et du temps d'exposition. Les valeurs de CL50 calculées à différents temps soulignent une toxicité remarquable, notamment pour l'huile essentielle après 72 heures. Le rendement d'extraction de l'huile essentielle (1,12 %) et celui de l'extrait éthanolique (7,85 %) sont conformes à ceux rapportés dans la littérature, attestant de la richesse de *Schinus molle* en composés bioactifs.

La comparaison entre l'huile essentielle et l'extrait éthanolique met en évidence des différences dans les mécanismes d'action. L'effet rapide de l'huile essentielle peut être attribué à la présence de composés volatils lipophiles (tels que les monoterpènes), capables de pénétrer rapidement les membranes larvaires. À l'inverse, l'extrait éthanolique, plus riche en composés polaires comme les flavonoïdes, les tanins et les alcaloïdes, semble agir de manière plus progressive, possiblement par ingestion ou interaction digestive.

Cette étude souligne ainsi l'intérêt de valoriser les ressources végétales locales comme alternatives naturelles aux produits chimiques dans la lutte contre les moustiques. Elle ouvre également la voie à des recherches complémentaires sur l'identification précise des composés actifs, leurs interactions synergiques, leur mode d'action, et leur impact environnemental global.

Finalement, notre travail confirme le potentiel biocide de *Schinus molle* et soutient son intégration dans des programmes de lutte antivectorielle durables, respectueux de la biodiversité et de la santé publique. Ces résultats constituent une base prometteuse pour des études à plus grande échelle et pour le développement de formulations écologiques adaptées aux contextes locaux.

Perspective

Intensifier les activités de lutte anti-larvaire en valorisant les produits naturels à base d'huiles essentielles de *Schinus molle*, particulièrement efficaces contre *Culex modestus*.

Étendre cette étude à d'autres espèces végétales locales, en profitant de la richesse de la flore algérienne pour identifier de nouveaux extraits potentiellement actifs.

Développer des laboratoires spécialisés dans la recherche sur les bios pesticides à base de plantes, en vue d'optimiser les techniques d'extraction et de formulation.

Évaluer l'efficacité des extraits de *S. molle* sur d'autres insectes nuisibles ou vecteurs d'intérêt médical afin d'élargir le champ d'application de ces bio pesticides.

Approfondir l'étude des mécanismes d'action larvicides, notamment en analysant l'impact des huiles essentielles sur les enzymes de détoxification impliquées dans la résistance des moustiques.

Renforcer la recherche opérationnelle en milieu urbain ou semi-urbain pour tester l'application de ces bios pesticides dans des conditions réelles et adapter les stratégies de lutte aux contextes locaux.

Explorer l'utilisation de l'extrait brut de *S. molle* à des doses plus élevées, afin d'améliorer son efficacité larvicide et d'optimiser les formulations futures.

Références

Bibliographiques

Référence Bibliographique

- ANSES. (2011). Évaluation des risques liés à l'utilisation d'insecticides en lutte antivectorielle. Agence nationale de sécurité sanitaire.
- ANSES. (2013). Hiérarchisation des insecticides potentiellement utilisables en lutte antivectorielle (LAV). Avis de l'ANSES.
- Aouati, A. (2015). Contribution à l'étude bioécologique de *Culex pipiens* dans la région de Blida. Mémoire de Master, Université Saad Dahlab – Blida.
- Aouati, A. (2016). Contribution à l'étude bioécologique de *Culex pipiens* dans la région de Blida. Mémoire de Master, Université Saad Dahlab – Blida 1.
- Abbassi, K., Atay-Kadiri, Z., & Ghaout, S. (2008). Biological effects of essential oils on *Anopheles stephensi* larvae. *Journal of Vector Ecology*, 33(2), 350–356.
- Adebayo, T. A., Ayodele, S. M., & Oluwole, O. A. (2020). Larvicidal efficacy and cuticular interaction of phytochemicals in selected plant extracts. *Journal of Insect Science*, 20(3), 1–9.
- Ajaegbu, E. E., Ochei, O. J., & Alika, J. E. (2015). Larvicidal efficacy of ethanolic extract of *Cymbopogon citratus* against *Culex quinquefasciatus*. *International Journal of Mosquito Research*, 2(1), 13–17.
- Alaoui, M. (2009). Étude de l'activité insecticide des extraits de plantes médicinales marocaines sur les larves de moustiques. Mémoire de Master, Université Mohammed V.
- Alemayehu, B., Teshome, T., & Tadesse, G. (2012). Evaluation of larvicidal activity of aqueous extracts of *Azadirachta indica* against *Anopheles arabiensis*. *Ethiopian Journal of Health Development*, 26(2), 116–120.
- Ali, A., Nisar, M., & Hussain, A. (2015). Toxicity of *Eucalyptus globulus* oil against mosquito larvae. *International Journal of Mosquito Research*, 2(4), 27–31.
- Andrade, E.H.A., Zoghbi, M.G.B., & Maia, J.G.S. (2010). Composition of essential oils of *Schinus molle* L. and *Schinus terebinthifolius* Raddi from different parts of Brazil. *Journal of Essential Oil Research*, 22(3), 234–239.

-Benmebarek, H., Djerrou, Z., & Mourot, J. (2014). Activité insecticide de l'huile essentielle de *Schinus molle* contre *Culex pipiens*. *Phytothérapie*, 12(1), 23–30.

-Benelli, G., Pavela, R., Petrelli, R., Cappellacci, L., Santini, G., & Canale, A. (2017). Evaluation of *Schinus molle* essential oil for larvicidal activity against mosquitoes and non-target organisms. *Parasitology Research*, 116(3), 979–985.

-Bouzenna, H., & Krichen, L. (2013). Extraction et analyse des huiles essentielles : rendement et composition. *Revue des Plantes Médicinales*, 2(1), 34–41.

-Bahri, O., Dhifallah, I., Ben Alaya-Bouafif, N., Fekih, H., Gargouri, J., & Triki, H. (2010). Étude séro-épidémiologique de la circulation du virus West Nile chez l'homme en Tunisie. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, Springer Verlag.

-Balenghien, T. (2007). Les moustiques (Culicidae) d'importance médicale en France métropolitaine : biologie, écologie et surveillance. IRD.

-Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Dahl, C., Lane, J., & Kaiser, A. (2010). *Mosquitoes and Their Control* (2e éd.). Springer-Verlag.

-Berchi, S. (2000). Bioécologie de *Culex pipiens* dans la région de Constantine et perspectives de lutte. Thèse de Doctorat ès Sciences, Université de Constantine.

-Boulkenafet, F. (2006). Contribution à l'étude de la biodiversité des phlébotomes et appréciation de la faune culicidienne dans la région de Skikda. Université Mentouri – Constantine.

-Boukraa, S. (2009). Biosystématique des moustiques dans et aux alentours des fermes d'élevage en Belgique. Mémoire de fin d'étude, Université de Liège.

-Bouabida, H., Taleb, A., & Mouhdi, K. (2012). Méthodes d'échantillonnage des larves de moustiques dans les zones humides. *Revue des Sciences de l'Eau*, 25(3), 245–253.

-Bouhamed, M., & Zidane, L. (2019). Utilisation des plantes médicinales dans la médecine traditionnelle : étude ethnobotanique. *Journal of Ethnopharmacology*, [à compléter].

-Bremness, L. (2005). *Plantes aromatiques et médicinales*. Éditions Gallimard.

- Brunhes, J., Rhaim, A., Geoffroy, B., & Hervy, J.-P. (1999). Les moustiques de l'Afrique méditerranéenne. IRD Éditions.
- Berchi, S. (2000). Contribution à l'étude de l'activité insecticide de quelques extraits végétaux sur les larves de moustiques. Mémoire de Magistère, Université de Constantine, Algérie.
- Callot, J., & Helluy, H. (1958). Biologie des moustiques. Revue Française d'Entomologie.
- Cachereul, A. (1997). Les moustiques vecteurs de maladies. Éditions Quae.
- Carnevale, P., & Robert, V. (2009). Les moustiques vecteurs de maladies. IRD Éditions.
- Chalchat, J.C., Garry, R.P., & Michet, A. (2001). Chemical composition of essential oils of *Schinus molle* L. from different geographical origin. *Flavour and Fragrance Journal*, 16(5), 356–360.
- Corbel, V., et al. (2012). Paludisme : des moustiques vecteurs en perpétuelle adaptation. IRD, Fiches d'actualité scientifique. <http://www.ird.fr/la-mediatheque/fiches-d-actualite-scientifique>.
- Dajoz, R. (1971). Précis d'écologie. Éditions Dunod.
- Darriut, F. (1998). La lutte contre les moustiques nuisants et vecteurs de maladies. Éditions Karthala.
- Devecil, F., et al. (2010). Biological properties of *Schinus molle*: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, [à compléter].
- Dias, C.N., & Moréas, D.F.C. (2014). Essential oils from plants as potential candidates for insect pest control: A review. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews*, 9(3), 58–67.
- Fontenille, D., Toto, J. C., & Grandadam, M. (2009). La lutte contre les moustiques vecteurs en milieu urbain : approches intégrées et durables. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 102(5), 322–328.
- Foster, W. A., & Walker, E. D. (2019). *Medical and Veterinary Entomology* (3e éd.). Academic Press.

-Gerberich, J. B., & Laird, M. (1968). Larvicidal fish and their capabilities. *Mosquito News*, 28(4), 505–521.

Goislard, M. (2012). La lutte génétique contre les moustiques vecteurs : promesses et controverses. *Revue Francophone d'Écologie*, 24(2), 145–152.

-Grid, N., & Hamadidi, A. (2018). Étude comparative de l'effet des extraits aqueux et des huiles essentielles de certaines plantes contre les larves de *Culex pipiens*. Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri – Constantine.

-Hame, M. (2009). Effet larvicide des extraits de plantes médicinales contre les moustiques vecteurs. Mémoire de Master, Université d'Oran, Algérie.

-Hassaine, K. (2002). Bioécologie et biotypologie des Culicidae de l'Afrique méditerranéenne. Thèse de Doctorat ès Sciences, Université de Tlemcen.

-Harbach, R. E. (1994). Review of the internal classification of the genus *Anopheles*. *Bulletin of Entomological Research*, [volume à compléter].

-Kebede, T., Alemu, T., & Getachew, D. (2010). Evaluation of larvicidal activity of ethanolic extract of *Ocimum lamiifolium* leaves against *Anopheles arabiensis*. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 20(3), 189–193.

-Kéfi, S., Msaada, K., & Marzouk, B. (2017). Effet insecticide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* contre les larves de moustiques. *Tunisian Journal of Medicinal Plants*, 4(2), 55–62.

-Keffous, L. (2023). Étude bioécologique de *Culex pipiens* dans un milieu urbain algérien. Mémoire de Master, Université de Béjaïa.

-Kettle, D. S. (1995). *Medical and Veterinary Entomology* (2e éd.). CAB International.

-Lopez, V., Gonzalez, E., & Rios, J. (2011). Extraction and characterization of essential oil from *Schinus molle* leaves in Peru. *International Journal of Aromatherapy*, 21(2), 85–89.

-Mansour, F., Chaghouri, J., & Abou Fakhr Hammad, R. (2011). Impact de la provenance géographique sur le rendement en huile essentielle. *Bulletin de la Société Botanique*, 148(2), 112–117.

-Massi, N., Berchi, S., Boulkenafet, F., & Louadi, K. (2011). Inventaire systématique et diversité biologique des Culicidae dans la région de Mila. *Faunistic Entomology*, 63(3), 203–206.

-Mehani, M., & Segni, L. (2013). Activité antifongique et antibactérienne des huiles essentielles de *Schinus molle*. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, [à compléter].

-Merabti, M. (2015). Étude bioécologique des moustiques dans la région de Guelma. Mémoire de Master, Université 8 mai 1945 – Guelma.

-Moraes, D.F.C., Cândido, R.G., & Bastos, J.K. (2013). Larvicidal activity of *Schinus terebinthifolius* leaf extract against *Culex quinquefasciatus*. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 23(1), 147–152.

-Mossa, A.T.H., Mohafrash, S.M.M., & Chandrasekaran, N. (2012). Comparative toxicity of essential oils of some plants from family Anacardiaceae against mosquito larvae. *Environmental Science and Pollution Research*, 19(5), 1376–1384.

-Murel, J. (2005). Identification et étude des Culicidae dans la région de Barcelone. Mémoire universitaire.

-Nordlund, D. A. (1996). Biological control, integrated pest management, and sustainable agriculture. In *Biological Control: A Global Perspective* (pp. 3–12). CABI Publishing.

-Oudainia, R. (2014). Étude morphologique et écologique des moustiques du genre *Culex* dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri.

-Raveen, R., Murugan, K., & Naresh Kumar, A. (2014). Larvicidal and growth inhibitory activity of plant extracts on mosquito vectors. *Parasitology Research*, 113(4), 1491–1501.

-Raveen, R., Ramanathan, T., & Ramalingam, V. (2014). Larvicidal potential of medicinal plants and their chemical constituents against mosquito vectors. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(12), 947–954.

-Rocha, M. F. G., et al. (2012). Chemical composition and biological activity of essential oil from *Schinus molle*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, [à compléter].

- Rodhain, F., & Perez, C. (1985). Maladies parasitaires : entomologie médicale et vétérinaire. Flammarion Médecine-Sciences.
 - Salamandre. (2010). Les moustiques en milieu naturel. Revue Salamandre, n°197.
 - Scholta, R., Scholte, E. J., & Knols, B. G. (2004). Entomopathogenic fungi for mosquito control: A review. Journal of Insect Science, 4(1), 19.
 - Seguy, E. (1955). Diptères (Nématocères). Faune de France, Vol. 61. Lechevalier, Paris.
 - Simionatto, E. L., et al. (2011). Phytochemical and pharmacological investigation of Schinus molle essential oil. Journal of Essential Oil Research, [à compléter].
 - Souza, M. F., Silva, M. G., & Lima, E. A. (2016). Ecological importance of Schinus molle in degraded areas. Brazilian Journal of Biology, 76(2), 345–352.
 - Souza, C.S., Lima, A.A.N., & Oliveira, J.V. (2015). Larvicidal activity of Anacardium occidentale L. against Aedes aegypti. Revista Brasileira de Plantas Medicinai, 17(1), 116–121.
 - Tene, V., Malagón, O., Finzi, P. V., Vidari, G., Armijos, C., & Zaragoza, T. (2013). Chemical composition and larvicidal activity of essential oils from Ecuadorian plants against Aedes aegypti larvae. Natural Product Communications, 8(2), 193–196.
 - Tennyson, S., Ravindran, K. J., & Arivoli, S. (2012). Larvicidal efficacy of various plant extracts against mosquito larvae. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2(7), 574–578.
 - USGS. (2023). Culex pipiens egg rafts on water. United States Geological Survey. www.usgs.gov
 - Wall, R., & Shearer, D. (1997). Veterinary Ectoparasites: Biology, Pathology and Control. Blackwell Science Ltd.
 - Zerrouk, M. (s.d.). Mise en valeur des huiles essentielles des plantes aromatiques algériennes (Schinus molle). Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah – Ouargla.
 - WHO (2023). World Malaria Report 2023. World Health Organization.
- Pour les moustiques comme vecteurs de maladies (paludisme, dengue, etc.)

-Benelli, G., Pavela, R. (2018). “Beyond mosquitoes—Essential oil toxicity and repellency against bloodsucking insects.” *Industrial Crops and Products*, 117, 382–392.

→ Sur les propriétés insecticides et répulsives des huiles essentielles.

-Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008). “Biological effects of essential oils – A review.” *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475.

→ Pour les effets biologiques des huiles essentielles, y compris leur toxicité.

-Hemingway, J., Ranson, H. (2000). “Insecticide resistance in insect vectors of human disease.” *Annual Review of Entomology*, 45, 371–391.

→ Sur la résistance des moustiques aux insecticides de synthèse.

- Isman, M. B. (2006). “Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world.” *Annual Review of Entomology*, 51, 45–66.

→ Très bon article de référence pour les extraits végétaux comme alternatives aux produits chimiques.

-Ghosh, A., Chowdhury, N., Chandra, G. (2012). “Plant extracts as potential mosquito larvicides.” *Indian Journal of Medical Research*, 135(5), 581–598.

→ Pour les extraits végétaux ayant une activité larvicide.

-Shalan, E. A.-S., Canyon, D., Younes, M. W. F., Abdel-Wahab, H., Mansour, A. H. (2005). “A review of botanical phytochemicals with mosquitocidal potential.” *Environment International*, 31(8), 1149–1166.

→ Revue générale des plantes à propriétés larvicides et répulsives.

-Bouzenna, H., Krichen, L. (2013). Étude des propriétés insecticides des huiles essentielles chez les moustiques.

→ (Utilisé dans ton mémoire pour comparer les rendements et les effets larvicides d'autres huiles essentielles.).