



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIC ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار تليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences biologiques

Option : parasitologie

THEME

Effet larvicide des deux huiles essentielles de *Piper nigrum* et *Illicium verum* sur les larves de moustique de l'espèce *Culex pipiens*

Devant le jury composé de :

Président (e) : Professeur ZERROUKI Houcine à l'Université de Laghouat.

Examineur : HAMIDA Lamine MCB Université d'Aflou.

Rapporteur : SELLAM Nassima MCA Université d'Alger

Co-rapporteur : CHAIBI Rachid Université de Laghouat.

Soutenu publiquement le : 30/06/2025.

Présenté par :

Melle. ADI Andjad

REMERCIEMENT

Je remercie tout d'abord Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné le courage, la patience et surtout la volonté nécessaires pour réaliser ce modeste travail.

En second lieu, je tiens à remercier mon promoteur, M. CHIBI Rachid, qui m'a encadré et conseillé précieusement tout au long de cette période d'étude.

Mes profonds remerciements vont également à ma co-promotrice, Mlle REGUIEGE Salima, qui m'a aidé dans l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à M. le Professeur ZERROUKI Houcine , qui m'a fait l'honneur de présider notre jury, ainsi qu'à M. HAMIDA Lamine, qui a accepté de juger et d'évaluer ce travail.

Je tiens enfin à exprimer ma profonde gratitude à tous les enseignants qui m'ont transmis leur savoir et qui, par leurs compétences, m'ont soutenu tout au long de mon parcours universitaire

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail en premier lieu à mes parents, c'est
Grâce a eux que j'en suis la aujourd'hui. À la lumière de mes jours,
La source de mes efforts, ma vie et mon bonheur, maman que j'adore.
À mon père pour sa patience avec moi et son encouragement.

À Mon chers frère Yacine

À ma chère sœur Amina pour leur encouragement et leur soutien

À mes amies et collègues À toute ma famille et a toutes les personnes
qui m'ont encouragé, aide et qui ont contribué de près ou de loin à cette
Réussite.

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES	I
LISTE DES FIGURES.....	II
LISTE DES TABLEAUX.....	III
Introduction	9
Partie 1 Généralités	
Chapitre 1 : Les huiles essentielles	11
1. Les huiles essentielles	11
1.1. Définition	11
1.2. Localisation des huiles essentielles dans la plante.....	11
1.3. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles.....	12
1.4. Facteurs de variabilité de la composition des huiles essentielles.....	12
1.5. Techniques d'extraction des huiles essentielles.....	12
Chapitre 2 : Présentation des modèles biologiques.....	17
A. Plantes.....	17
1 Description de <i>Culex pipiens</i>	21
1.1. Position systématique de <i>Culex pipiens</i> :	21
1.2. La morphologie de <i>Culex pipiens</i> :	22
1.3. Bio écologie et cycle de développement de <i>Culex pipiens</i>	24
2. Mécanisme de fécondation.....	25
2.1. Phase aquatique	25
2.2. . Phase aérienne	27
Partie II : Expérimentale	
Chapiter 1 Matériels et méthode	29
1. Choix du site d'échantillonnage.....	29
2. Technique d'échantillonnage et d'élevage	30
2.1 Identification entomologique	31
3. Méthode d'extraction	31
4. Réalisation des tests toxicologique.....	33
5. Analyses Statistiques	34
Chapitre 2 : Résultats et discussion.....	36
Résultats.....	36
1.2. Toxicité	37

1.3. Mortalité observée par <i>Piper nigrum</i>	37
1.4. Mortalité observée par <i>Illicium verum</i>	38
1.4.1 Cinétique de l'effet insecticide	39
1.4.2 Efficacité relative selon la concentration.....	39
1.4.3 Corrélation temps-dose	39
1.4.4 Implications pratiques.....	40
Conclusion	41
Discussion.....	41
Mécanismes d'action et cinétique de la toxicité	41
Rendement d'extraction et faisabilité pratique.....	42
Implications pour la lutte anti-vectorielle et limites.....	42
CONCLUSION GENERAL	44

LISTE FIGURES :

Figure 01 : Schéma du dispositif d'hydrodistillation (Penchev, 2010).....	05
Figure 02 : Schéma du montage d'entraînement à la vapeur d'eau (El Haib, 2011).....	06
Figure 03 : Schéma du montage d'hydrodiffusion (El haib, 2011).....	06
Figure 04 : feuilles et fleurs d' <i>Illicium verum</i> (Roubaudi., 2017).....	09
Figure 05 : <i>Illicium verum</i> ; (a) bénéfique, (b) nocif (originale., 2025).....	11
Figure 06 : Feuilles et fruits de <i>Piper Nigrum</i> (Yala., 2012).....	12
Figure 07 : Aspect des œufs de <i>Culex pipiens</i> (Originale,2025).....	14
Figure 08 : Larve de L3 de <i>Culex pipiens</i> (originale., 2025).....	15
Figure 09 : Nymphe de <i>Culex pipiens</i> (originale., 2025).....	16
Figure 10 : Emergence de l'adulte de <i>Culex pipiens</i> (originale., 2025).....	16
Figure 11 : Cycle de développement de <i>Culex pipiens</i> (Originale., 2025).....	17
Figure 12 : Vue générale d'une exuvie larvaire (Culicinae) (Brunhes et al, 2000).....	19
Figure 13 : Aspect général d'une nymphe de Culicidé (Aouati, 2010).....	19
Figure 14 : Organigramme directeur de notre stratégie d'étude.....	21
Figure 15 : Site d'échantillonnage, campus de l'Université Amar Telidji- Laghouat (Originale., 2025).....	22
Figure 16 : Image satellitaire du site d'échantillonnage, campus de l'Université Amar Telidji- Laghouat (Google Earthpro.,2025). Echelle 1/1000.....	23
Figure 17 : Elevage <i>in vitro</i> des larves de moustique <i>Culex pipiens</i> (Originale., 2025).....	24
Figure 18 : préparation des deux épices pour l'extraction (Originale., 2025).....	25
Figure 19 : Extraction des huiles essentielles par hydrodistillation (originale.,2025).....	25
Figure 20 : Tests de toxicité des différentes doses des deux HEs sur les larves de L4 de <i>Culex pipiens</i> (Originale., 2025).....	27
Figure 21 : Rendement d'extraction de différents extraits organiques de deux plantes étudiées.....	29
Figure 22 : Mortalité observée chez <i>Culex pipiens</i> après exposition par contacte directe à différentes concentrations d'extrait d'huile essentielle de <i>Piper nigrum</i>	31
Figure 23 : La mortalité observée chez <i>Culex pipiens</i> après exposition par contacte directe à différentes concentrations d'extrait d'huile essentielle d' <i>Illicium verum</i>	33

Liste des tableaux :

Tableau 01 : Les concentrations d'HE utilisées.....26

Tableau 02 : Caractéristiques organoleptiques des extraits obtenues par extraction.....30

Tableau 03 : Effet de contact directe des huiles essentielles de *Piper nigrum* différentes concentrations et durées d'exposition sur la mortalité de *Culex pipiens*.....31

Tableau 04 : Évolution de la mortalité des larves de *Culex pipiens* après exposition par contact directe à différentes concentrations d'extrait d'huile essentielle d'*Illicium verum* en fonction du temps.....32

Introduction

Introduction

Les insectes nuisibles sont ceux qui cohabitent avec l'être humain et ils ont développé entre eux des relations complexes. Les insectes que l'on dit nuisibles sont généralement ceux qui parasitent les humains et le bétail, leur font compétition pour l'obtention de nourriture ou leur transmettent des maladies. Les modifications apportées aux écosystèmes par les humains favorisent pour certains insectes et espèces qui s'y adaptent de devenir très nuisibles (**Borrer et al., 1981**).

Parmi ces insectes on note les moustiques, La famille des Culicidés est la plus importante, forment un groupe diversifié dont une grande partie des insectes sont hématophage (**Boudemagh et al., 2013 ; Poupardin, 2011**). Les femelles en période de reproduction ont besoin de sang pour le développement des œufs et certaines espèces ont une préférence marquée pour le sang humain. En effet les espèces connues dans la transmission des maladies à l'homme, nous citons celles appartenant aux genres *Culex*, Les espèces de ce genre transmettent des maladies parasitaires. (**Barbouche et al., 2001**).

Au cours des vingt dernières années, la faune Culicidienne d'Algérie a fait l'objet d'un certain nombre de travaux qui s'intéressent plus particulièrement à la systématique, la biochimie, la morphométrie, la lutte chimique et biologique à l'égard des moustiques (**Bouabida et al., 2012**).

En termes de stratégie du contrôle, l'utilisation d'insecticides chimiques conventionnels tels que les organophosphates et les pyréthriinoïdes (**Zahran et al., 2017**) révèlent d'être une stratégie principale de lutte. Cependant, leur utilisation massive et continue a provoqué divers inconvénients, comme les effets secondaires sur les organismes non visés et l'environnement avec les risques de contamination ou l'accumulation dans le sol, l'eau et les denrées récoltées, ainsi le développement de résistances ou encore les risques pour la santé des travailleurs agricoles (**Carlos, 2010**).

Partant de ce fait, l'adaptation des techniques alternative lutte que les insecticides de synthèse afin de contrôler les populations d'insectes nuisibles devienne de plus en plus nécessaire afin de préserver la santé des populations non ciblées. C'est pourquoi, on se focalise de plus en plus vers les composés naturels issus des plantes pour la mise au point des nouvelles molécules bioinsecticides (**Habbachi et al., 2013**). Plus de 2.000 espèces végétales possédant une activité insecticide sont déjà identifiées (**Merabti et al., 2015**). Dans ce contexte, plusieurs travaux précédents attestent le pouvoir insecticide des huiles essentielles des plantes

contre les Culicidés (El Akhal et *al.*, 2014; Dris et *al.*, 2017 ; Bouguerra et *al.*,2018), et constituent des sources larvicides potentielles de moustiques, en raison de leurs mélanges complexes en monoterpénoïdes et en phénols apparentés (Bandeira et *al.*, 2013).

C'est dans le cadre de valorisation des bioinsecticides et la protection de l'environnement contre la pollution et la pullulation des produits chimiques issus des insecticides nous avons optée pour les objectifs suivants :

- Des connaissances sur les moustiques *Culex pipens* et stratégie d'élevage.
- Echantillonnage des œufs et larves des moustiques
- Identification de l'espèce *Culex pipens*.
- Extraction des huiles essentielles de deux épices *Illicium verum* (Anis étoilé) et *Piper nigrum* (Poivre noir).
- Tests in vitro de l'activité larvicide de différentes doses des huiles essentielles des deux épices sur les larves de L4 de *Culex pipiens*.

Le présent travail est organisé en deux parties : une synthèse bibliographique comportant deux chapitres, le premier sur les huiles essentielles et le deuxième chapitre une présentation des modèles biologique. Une partie expérimentale son premier chapitre comporte l'ensemble des matériels et méthodologies de l'étude et le deuxième chapitre présent les résultats obtenus et leurs discussions. Et à la fin nous avons terminé par une conclusion et perspectives.

Partie 1

Généralités

Chapitre 1 : Les huiles essentielles

1. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles, appelées communément essences, sont des mélanges de substances aromatiques produites par de nombreuses plantes et présentes sous formes de minuscules gouttelettes dans les feuilles, la peau des fruits, la résine, les branches et le bois (**Padrini et Luchroni, 2006**). Elles se distinguent des huiles végétales par leur volatilité chimique (**Roger et al., 2005**).

1.1. Définition

Selon **Chiasson et Beloin (2007)**, les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages. Elles contiennent en moyenne 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des molécules peu complexes, soit des monoterpènes avec leurs phénols reliés, et des terpènes plus complexes, dont les sesquiterpènes.

Un très grand nombre de plantes aromatiques d'origines géographiques différentes est étudié, elles ont révélé des effets biocides contre divers ravageurs de cultures et même contre les bactéries et les champignons. Des plantes méditerranéennes odorantes appartenant différentes familles exercent un effet protecteur, soit en provoquant la mort de l'insecte, soit en inhibant sa reproduction (**Huignard et al., 2011**).

1.2. Localisation des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles se rencontrent dans tout le règne végétal. Cependant, elles sont particulièrement abondantes chez certaines familles (**Mann, 1987**) telles que : les Conifères, les Rutacées, les Ombellifères, les Myrtacées, les Lamiacées, les Poacées.

Les huiles essentielles se retrouvent dans des glandes minuscules situées dans différentes parties de la plante aromatique : les feuilles, les fleurs, les fruits, les graines, l'écorce et pour certaines plantes dans les racines (**Makhloufi, 2013**).

Les glandes sécrétrices sont réparties sur l'ensemble de la plante, rares sur les faces supérieures des feuilles et des tiges, elles sont un peu plus nombreuses sur le dessous des feuilles, mais elles abondent surtout sur le calice des fleurs. La formation des HE dans les végétaux est le fait d'une multitude de réactions biochimiques dont certaines ne sont pas encore élucidées. Elles prennent naissance dans des appareils sécréteurs qui ont une forme variée (**Djarri, 2011**), il s'agit par exemple de :

Trichomes Glandulaires (*Lamiaceae*) ; Cavités sécrétrices (*Myrtaceae* et *Rutaceae*).

1.3. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des substances liquides à température ambiante, elles sont volatiles, ce qui les différencie des huiles fixes. Elles ne sont que très rarement colorées, leur densité est généralement inférieure à celle de l'eau (les huiles essentielles de saffron, de girofle ou de cannelle sont plus denses que l'eau) (Cohen., 2013).

Selon Selles (2006), du point de vue chimique, les huiles essentielles sont des mélanges complexes pouvant contenir plus de 300 composés différents, ces composés sont des molécules volatiles appartenant pour la grande majorité à la famille des terpènes (Piochon., 2008). Les huiles essentielles sont liposolubles, solubles dans les solvants organiques usuels ainsi que dans l'alcool, mais très peu solubles dans l'eau. Il faut donc impérativement un tensioactif pour permettre leur mise en suspension dans l'eau. Elles présentent un indice de réfraction élevé (Lakhdar., 2015).

1.4. Facteurs de variabilité de la composition des huiles essentielles

Etant formées de mélanges généralement complexes, les huiles essentielles présentent une très grande variabilité, tant au niveau de leur composition, qu'au plan du rendement des plantes d'origine. Cette variabilité peut s'expliquer par différents facteurs, que nous pouvons regrouper en deux catégories :

a. Facteurs intrinsèques liés à l'espèce, au type de clone, à l'organe concerné, à l'interaction avec l'environnement (type de sol ou climat, ...) et au degré de maturité du végétal concerné, voire au moment de la récolte au cours de la journée.

b. Facteurs extrinsèques en lien avec la méthode d'extraction des huiles essentielles (Besombes, 2008).

1.5. Techniques d'extraction des huiles essentielles

Les principales méthodes d'extraction des HE sont basées sur l'entraînement à la vapeur, l'expression, la solubilité et la volatilité. Le choix de la méthode la mieux adaptée se fait en fonction de la nature de la matière végétale à traiter, des caractéristiques physico-chimiques de l'essence à extraire, de l'usage de l'extrait et l'arôme du départ au cours de l'extraction (Bekhechi Chahrazed et Abde Lwahid Djamel ; 2013).

1.5.1. L'hydrodistillation :

Au cours de l'hydrodistillation, le matériel végétal est immergé dans l'eau, le mélange hétérogène est bouilli, et l'huile essentielle est volatilisée puis condensée. Etant donné l'insolubilisation dans l'eau de ses principaux composés volatils, l'HE peut être séparée par décantation après refroidissement dans un séparateur de phases (Penchev, 2010).

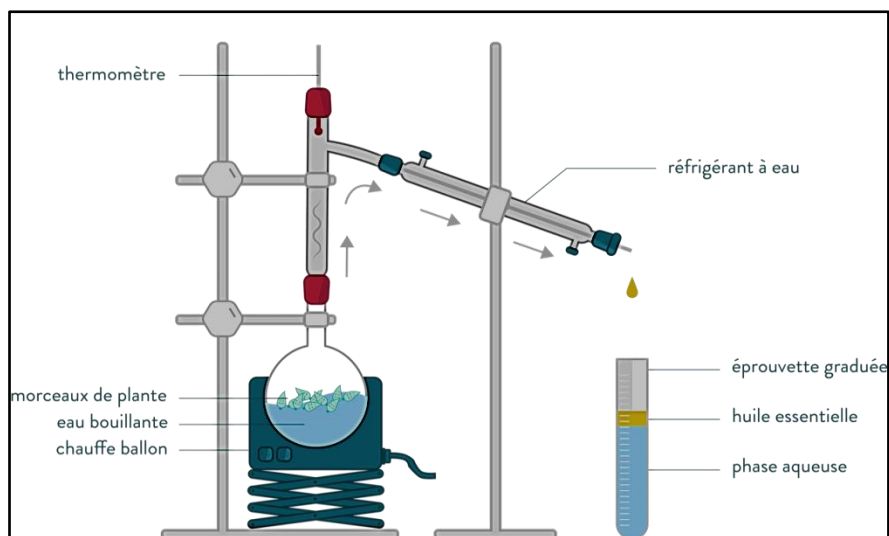


Figure 01 : Schéma du dispositif d'hydrodistillation (Penchev, 2010).

1.5.2. L'entraînement par la vapeur d'eau :

C'est la seule distillation préconisée par la Pharmacopée française, car elle minimise les altérations hydrolytiques (notamment des esters). Les plantes entières, ou broyées (lorsqu'il s'agit d'organes durs : racine, écorce), sont disposées dans un alambic traversé par un courant de vapeur d'eau produit par la chaudière. La vapeur d'eau injectée à travers la masse végétale, disposée sur des plaques perforées, entraîne l'HE. Elle se condense ensuite dans le serpentin du réfrigérant. A la sortie de l'alambic, le vase florentin (essencier) permet de séparer l'eau de l'HE grâce à la différence de densité des deux liquides (Da Silva, 2010).

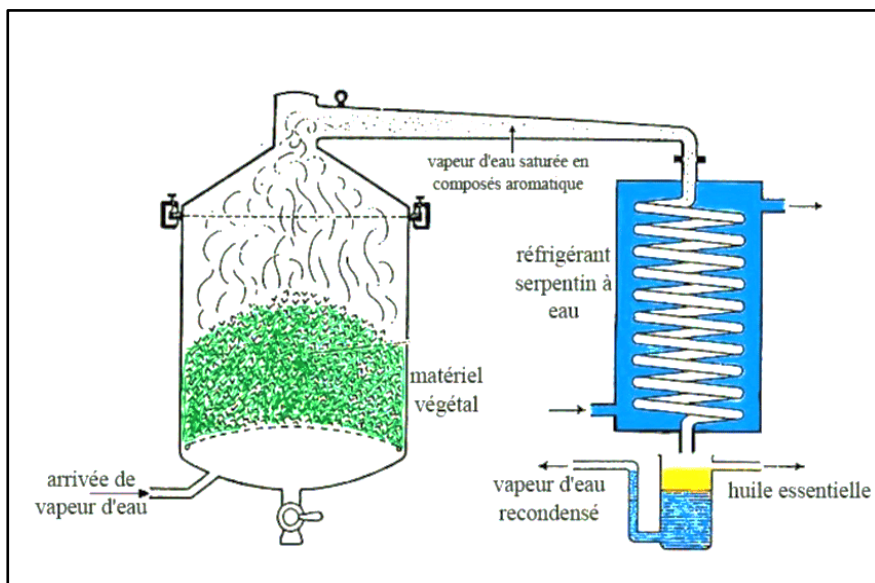


Figure 02 : Schéma du montage d'entraînement à la vapeur d'eau (El Haib, 2011).

1.5.3. L'hydrodiffusion (percolation) :

C'est une modification du processus de l'entraînement par la vapeur d'eau au cours duquel la vapeur d'eau arrive par le haut d'un conteneur d'herbe, permettant ainsi à la vapeur de percoler à travers la matière végétale par gravité. Les vapeurs d'huile et vapeurs d'eau sont ensuite condensées et séparées (Benabdelkader, 2012).

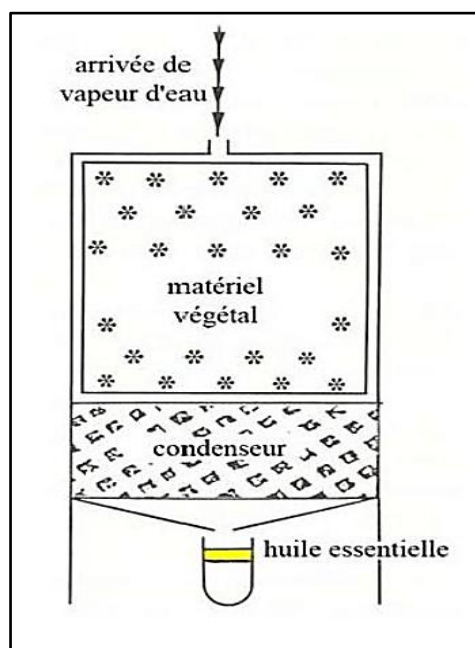


Figure 03 : Schéma du montage d'hydrodiffusion (El haib, 2011).

1.5.4. L'expression à froid :

C'est une technique "physique" simple où les écorces des agrumes (citron, orange...) sont pressées à froid pour extraire leurs HE en utilisant des rouleaux ou des éponges. Aucune source de chaleur n'est utilisée, laissant ainsi à l'huile une odeur très proche de l'original. Le principe de cette méthode consiste à faire éclater par différents procédés mécaniques (compression, perforation) les poches qui sont situées à la superficie de l'écorce de ces fruits renfermant l'HE. L'huile libérée est ensuite recueillie par un courant d'eau (Herzi, 2013).

1.5.5. Extraction par solvant :

C'est un procédé qui conduit à l'obtention des concrètes, des résinoïdes et des absolues ; le matériel végétal frais est par la suite épuisé par des solvants organiques volatils (Da Silva, 2010). Ces extraits sont très utilisés en parfumerie (Benabdelkader, 2012).

1.5.6. Enfleurage ou digestion :

Ce procédé est développé à froid ou à chaud, utilise les organes végétaux fragiles comme les fleurs aromatiques qui permettent d'obtenir des huiles ou des graisses. Lors de ce processus, les tissus végétaux sont mis en contact avec un corps gras (axonge) pour le saturer en essences végétales. Le corps gras est ensuite épuisé par l'alcool absolu et ce solvant évaporé sous vide pour ne laisser que les substances végétales (Benabdelkader, 2012).

1.6. Les méthodes d'analyse des huiles essentielles

L'analyse des huiles essentielles, qui consiste en des méthodes de séparation et d'identification des composants, reste une étape importante. Cependant, elle demeure une opération délicate nécessitant la mise en œuvre de diverses techniques (Joulain, 1994).

La chromatographie est le procédé fréquemment utilisé pour séparer les constituants des huiles essentielles. Elle se base sur les différences d'affinités des substances à analyser à l'égard de deux phases, l'une stationnaire ou fixe, l'autre mobile. La séparation des composants entraînés par la phase mobile, résulte soit de leurs adsorptions et désorptions successives sur la phase fixe, soit de leurs solubilités différentes dans chaque phase (Schwedt, 1993). Les méthodes les plus souvent :

A-Chromatographie sur couche mince (CCM) :

Il s'agit d'une technique de routine utilisée pour l'analyse rapide de fractions obtenues à la suite d'une séparation initiale. Elle repose principalement sur des phénomènes d'adsorption. Après que l'échantillon ait été déposé sur la phase stationnaire, fixée sur une plaque de verre ou sur une feuille semi-rigide en plastique ou en aluminium, les substances migrent, entraînées par la phase mobile composée d'un ou de plusieurs solvants. Ensuite, le repérage des molécules s'effectue soit par ultra-violet (UV), soit par un colorant spécifique ou encore par exposition aux vapeurs d'iode (**Caude et Jardy, 1996**). Cette technique, beaucoup moins performante que la chromatographie en phase gazeuse, peut être utilisée en routine pour le contrôle de qualité des huiles essentielles (**Bruneton,1999**).

B-Chromatographie en phase gazeuse (CPG) :

C'est de loin la technique la plus utilisée pour les huiles essentielles. Elle permet l'individualisation des constituants, leur quantification et le calcul de leurs indices de rétention (Ir). Le principe est basé sur la séparation des différents solutés gazeux par migration différentielle le long de la phase stationnaire. La phase mobile est un gaz (hélium, azote, argon ou hydrogène), appelé gaz vecteur (**Audigie et al., 1995**).

1.6.1. Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GPC/SM) :

Le but de combiner entre la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse CPG-SM, après séparation chromatographique, est d'ajouter à la chromatographie une deuxième dimension analytique (**Maack et Sablier,1994**). Le principe consiste à transférer les composés séparés par chromatographie en phase gazeuse par la phase mobile (le gaz vecteur) dans le spectromètre de masse au niveau duquel, ils vont être fragmentés en ions de masse variables dont la séparation sera en fonction de leur masse (**Bruneton,1999 ; Desjobert et al.,1997**). L'identification est ensuite réalisée par comparaison des indices de rétention (Ir) et des données spectrales (spectres de masse) des constituants individualisés avec les caractéristiques de produits de référence contenus dans des bibliothèques de spectres (**Paolini, 2005**).

Chapitre 2 : Présentation des modèles biologiques

A. Plantes

1. *Illicium verum* (Anis étoilé)

Il a été introduit en Europe à la fin du 17^{ème} siècle. Originaire d'Asie, principalement de Chine du Sud, Poussant essentiellement dans les régions tropicales il peut supporter le climat tempéré doux européen. La Badiane est également appelée "Anis de Sibérie", "Anis Etoilé", Badiane", "Badiane de Chine" et "Fenouil de Chine". (Brown et al .,1992)

Nom Commun Anis étoilé, badiane de Chine ; **Nom Anglais** Star anis ; **Nom Arabe** نجمة الارض

1.1. Description botanique

Anis étoilé est un arbuste à feuilles persistantes pouvant atteindre 18 m de haut, dont les branches portent des feuilles vert foncé, lancéolées, lisses et aromatiques. Elles se couvrent ensuite de fleurs jaune pâle qui se transforment ensuite en gousses en forme d'étoile à 8 branches qui contiennent chacune une graine. Toutes les parties du Anis étoilé sont aromatiques : du tronc gris blanc et lisse, aux feuilles, fleurs et graines (Morigane, 2007).



Figure 04 : feuilles et fleurs d'*Illicium verum* (Roubaudi., 2017)

1.2. Classification botanique

Selon Cronquist (1981) *Illicium verum* est classée comme suit :

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Tracheobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous-classe : Magnoliidae
- Ordre : Illiciales
- Famille : Illiciaceae
- Genre : *Illicium*
- Espèce : *Illicium verum*.

1.3. Effet thérapeutique d'*Illicium verum*

L'anis étoilé est largement utilisé en phytothérapie ainsi que pour l'aromatisation de produits pharmaceutiques, alimentaires et cosmétiques. Les fruits sont couramment utilisés comme épice et comme traitement pharmaceutique. Il a été démontré qu'*I. verum* présente des effets antimicrobiens, antifongiques, anti-inflammatoires, antispasmodiques, digestive, antiallergiques, anticancéreux (Yang et al., 2010 ; Bazizi, 2017).

1.4. Toxicité

Les doses de traitement mentionnées ne nécessitent aucune précaution particulière. HE de l'anis étoilé ne peut pas être directement appliqué sur la peau ou les yeux. Il est possible que certains composés naturels de cette huile aromatique puissent entraîner une sensibilité chez certaines personnes lorsqu'elle est utilisée dans la composition de l'esthétique. D'après le 7ème amendement de la directive européenne sur la compilation des produits (EC/2003/15), il existe également deux catégories d'anis étoilé, l'une étant bénéfique et l'autre nocif (Sijelmassi, 1991).

- **Bénéfique:** est une plante fréquemment employée (à des fins thérapeutiques ou nutritionnelles) et fait donc partie des nombreux médicaments à base de plantes approuvés (Figure ...-a).
- **Nocif:** Il renferme naturellement des alcaloïdes toxiques qui affectent le système nerveux. (Figure ...-b).



Figure 05 : *Illicium verum* ; (a) bénéfique, (b) nocif (originale., 2025).

2. *Piper nigrum* (Poivre noir)

Piper nigrum est célèbre comme le roi des épices en raison de sa qualité piquante. Les grains de poivre chauds et piquants sont obtenus à partir du poivre noir, qui est l'épice la plus célèbre et l'une des épices les plus couramment utilisées dans le monde. Ils ont cultivé dans de nombreuses régions tropicales comme le Brésil, l'Indonésie et l'Inde (Kumar et al., 2017).

Nom Commun Poivre noir ; Nom Anglais Black pepper ; Nom Arabe فلفل أسود

2.1. Description botanique

Est une plante grimpante et vivace de 8-10m, ses tiges ligneuses et volubiles sont articulées rondes et lisses (Huguette., 2008)

Après fécondation, les fleurs se développent en baies à une graine chacune sont regroupées en épis retombants. Les baies vertes sont les fruits immatures de la plante, les grains de poivre noirs et blancs proviennent de la même plante, mais sont cueillis à des stades différents de la maturité (Liwei et al., 2004).



Figure 06 : Feuilles et fruits de *Piper Nigrum* (Yala., 2012).

2.2. Classification botanique

Selon Borge

(1991) *Piper nigrum* est classée comme suit :

- Règne : Plantae
- Sous règne : Trachenobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous-classe: Magnoliidae
- Ordre: Piperales
- Famille: Piperaceae
- Genre: *Piper*
- Espèce: *Piper nigrum*

2.3. Effet thérapeutique du *Piper nigrum*

Le poivre noir améliore le processus de digestion en aidant à décomposer plus rapidement les grosses molécules de graisse en molécules simples facilement digestibles et empêche l'accumulation de graisse dans le corps (Jean et al., 2016).

Il inhibe certaines cytokines proinflammatoires produites par les cellules tumorales, réduisant ainsi les chances de progression tumorale. (Nisar et al., 2012 ; Yala et al., 2016).

D'après des études réalisées par Hina et al (2012) le poivre noir présente des propriétés antipyrétiques et des effets anti-inflammatoires et hépato-protecteur, il empêche l'augmentation des taux de GPT et de GOT dans le sang, et cet effet inhibiteur dépend de la diminution de la sensibilité des cellules hépatiques au facteur de nécrose tumorale.

B. Insecte

1. Les moustiques

Les moustiques appartiennent au règne animal, au sous-règne des Métazoaires ou animaux formés de plusieurs cellules, à l'embranchement des Arthropodes et à la classe des Insectes ces Insectes Ptérygotes (sous-classe) ou à métamorphose complète, et de l'ordre Des Diptères sont caractérisés par deux paires

d'ailes dont la deuxième est transformé en haltère (Qutubuddin, 1960; Stoll et al, 1961; Stone et al, 1959).

C'est au sous ordre des Nématocères, à la famille des Culicidae qu'appartiennent les moustiques (Roth, 1980).

Les Culicidae sont des diptères holométaboles sa métamorphose complète au corps recouvert des soies allongées ou d'écaillés. Ils se développent à travers les stades œuf, larve et nymphe qui sont aquatiques avant d'atteindre le stade adulte aérien (Eledridge, 2005).

1 Description de *Culex pipiens*

Culex pipiens est un moustique qui appartient à une variété dite commune de moustiques (*Culex*) européens. Il est également nommé maringouin, cousin ou moustique domestique (Pierrick, 2014). Il appartient à l'ordre des diptères (holométaboles) caractérisés par une seule paire d'ailes (mésothoracique) bien développées (Aouati, 2016). Tout comme chez les autres espèces de moustiques, c'est la femelle qui pique pour la maturation des œufs. Le sang consommé est donc indispensable à la reproduction de cette espèce (Pierrick, 2014).

C'est un moustique ubiquiste capable de s'adapter à différents biotopes, il est actif pendant toute l'année et atteint son maximum de développement pendant les saisons chaudes (Faraj et al., 2006). Sous nos climats, la période de l'année correspondante est l'été (Resseguier, 2011).

1.1.Position systématique de *Culex pipiens* :

D'après Trari et al. (2002), la position systématique de *Culex* sp est la suivante :

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous-embranchement : Hexapoda
- Classe : Insecta
- Sous-classe : Pterygota
- Ordre : Diptera
- Sous-ordre : Nematocera
- Famille : Culicidae
- Sous-famille : Culicinae
- Genre : *Culex*
- Espèce : *Culex pipiens*.

1.2. La morphologie de *Culex pipiens* :

Les œufs : Comprend de l'intérieur ; l'embryon, la membrane vitelline Pellucide, un end-chorion épais et un exo-chorion plus ou moins pigmenté, il est de 0,5mm de taille (**Rodhain et Perez 1985**). Au moment de la ponte il est blanchâtre et prend rapidement par oxydation de certains composants chimiques de la thèque une couleur marron ou noire (**Seguy,1949**). Les œufs groupés en nacelle sont cylindro-coniques et se tiennent verticalement (**Pressat, 1905 et Lounaci, 2003**).

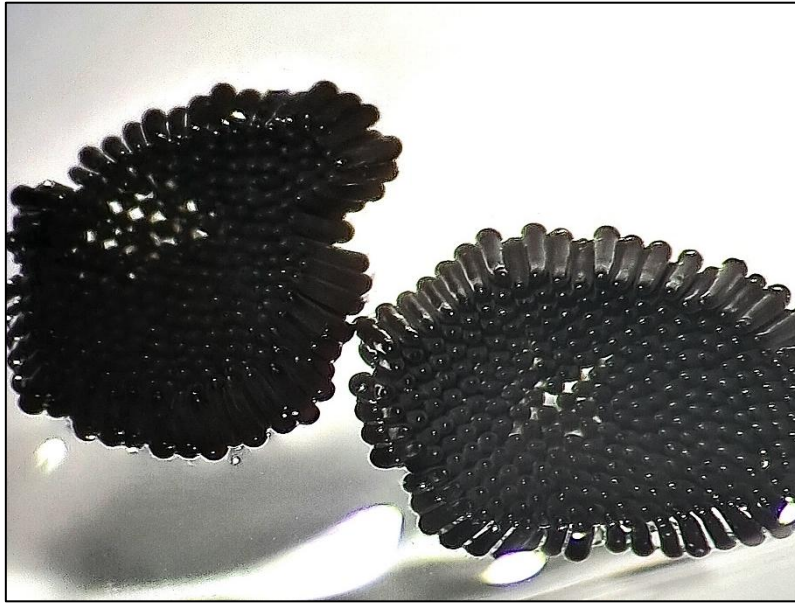


Figure 07: Aspect des œufs de *Culex pipiens* (**Originale,2025**).

Les stades larvaires : La larve évolue selon quatre stades L1, L2, L3 et L4, une larve de premier stade (L1) de taille réduite va , par une succession de trois mues , accroître sa taille, donnant en quelques jours une larve de stade (L4) le corps de la larve est divisé en trois parties principales : la capsule céphalique complètement sclérifiée , Le thorax aplati composé de trois segments fusionnés (bien plus large que les autres parties) et l'abdomen qui se compose de dix segments. Au long du corps de la larve sont insérées 222 paires de soies, leur arrangement est appelé la Chetotaxie ce qui présente le principal critère en taxonomie – morphologique – des larves Le stade larvaire (L4) se caractérise par un siphon long et effilé, de même couleur que le corps, et ses mouvements sont rapides et nerveux (**Fig..**).



Figure 08 : Larve de L3 de *Culex pipiens* (originale., 2025).

La nymphe : C'est une pupa mobile généralement sous forme de virgule ou d'un point d'interrogation vivant dans l'eau mais ne se nourrissant pas. Elle est formée d'un céphalothorax globuleux sur lequel s'insèrent oxygène trompettes respiratoires. La cuticule du céphalothorax est transparente où les ébauches des appendices locomoteurs, des antennes, de l'appareil buccale et des yeux composés des futurs adultes sont nettement visibles (Becher et al, 2003), la fin de stade nymphal la morphologie de l'adulte devient plus en plus visible.



Figure 09 : Nymphe de *Culex pipiens* (originale., 2025).

L'adulte (Imago) : Il est de taille moyenne environ 9 mm, brun clair, avec des bandes antérieures claires sur les tergites abdominaux, il est composé de : tête, thorax et abdomen dont la connaissance est indispensable en systématique (Becher et al, 2003).

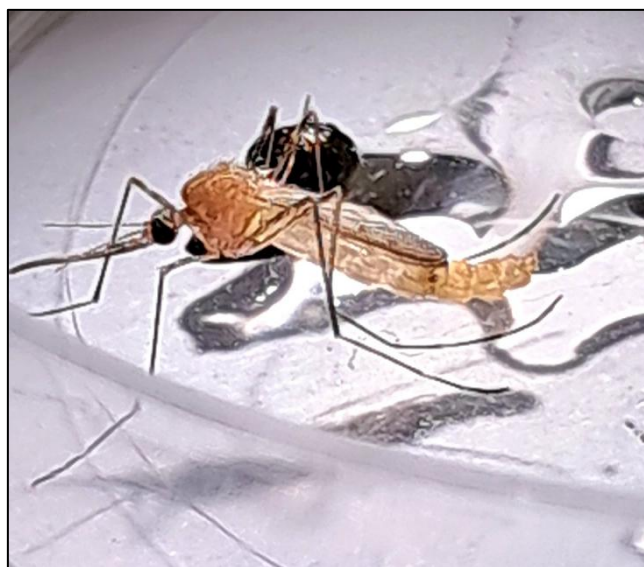


Figure 10 : Emergence de l'adulte de *Culex pipiens* (originale., 2025).

1.3. Bio écologie et cycle de développement de *Culex pipiens*

Les moustiques sont des insectes holométaboles, les premiers stades du développement (les œufs, les larves et les nymphes) sont aquatiques, cependant le stade Adulte à une vie aérienne. La femelle adulte est hémaphage, après son émergence d'une durée estimée à 24-72h, pique les vertébrés pour sucer leur sang contenant des protéines nécessaires à la maturation des œufs (Klowden, 1990).

Pendant la piqûre, la femelle injecte de la salive anticoagulante qui provoque, chez l'homme, une réaction inflammatoire plus ou moins importante selon les individus (Reinert, 2000).

Le cycle de développement des Culicidés dure environ douze à vingt jours (Adisso et Alia, 2005) (Fig 11). Il comprend quatre stades : l'œuf, la larve, la nymphe (pupe) et l'adulte. Cette métamorphose se déroule en deux phases à savoir la phase aquatique et aérienne.



Figure 11 : Cycle de développement de *Culex pipiens* (Originale., 2025).

2. Mécanisme de fécondation

Les deux sexes s'accouplent en vol ou dans la végétation, grâce aux longs poils dressés sur leurs antennes, les mâles peuvent percevoir le bourdonnement produit par le battement rapide des ailes des femelles qui s'approchent des essaims lors du vol nuptial, à ce moment le mâle fécond la femelle. Il laisse un stock de sa semence pour la femelle, qui sera conservée dans une ampoule globulaire ou vésicule d'entreposage elle s'accouple donc qu'une fois (**Darriet, 1998**).

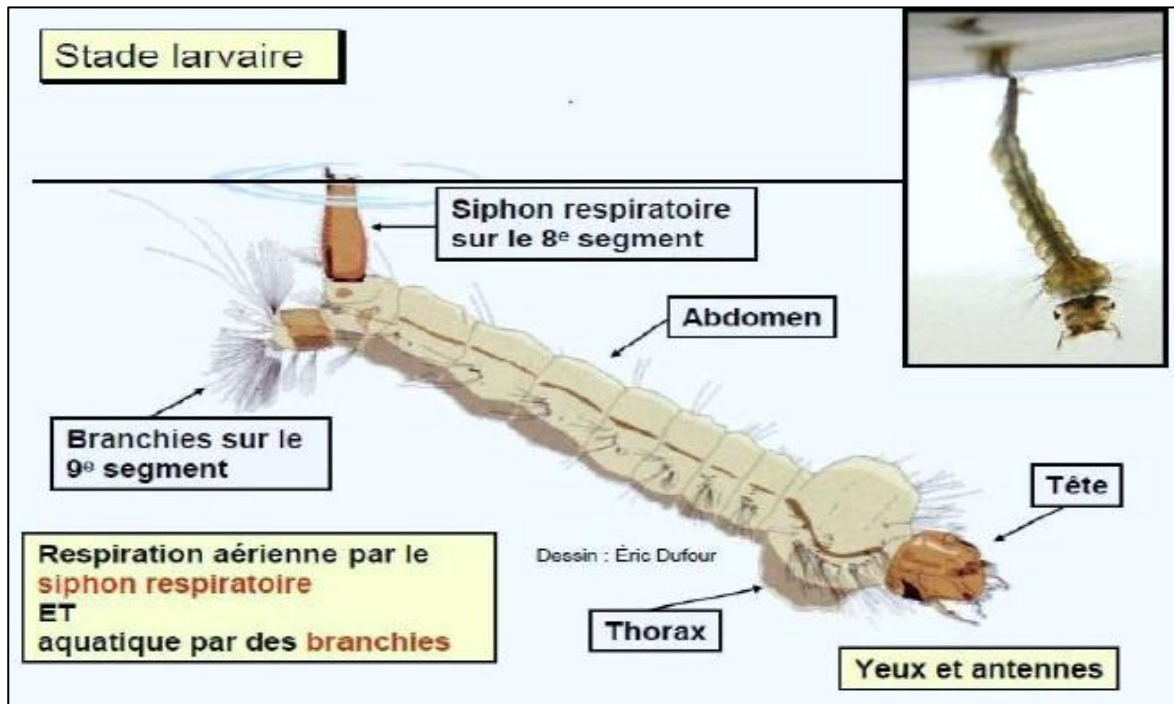
Après la fécondation, les femelles partent en quête d'un repas sanguin duquel, elles retirent les protéines et leurs acides aminés, nécessaires pour la maturation des œufs. Ce repas sanguin prélevé sur un vertébré (mammifère, amphibien, oiseau), est ensuite digéré dans un endroit abrité (**Guillaumot, 2006**). Dès que la femelle est gravide, elle se met en quête d'un gîte de ponte adéquat pour le développement de ses larves. La ponte a lieu généralement au crépuscule. Le gîte larvaire est une eau stagnante ou à faible courant, douce ou salée (**Avitshedji, 1990**).

2.1.Phase aquatique

Les œufs : ont de diverses formes (fusiformes, allongés, renflés dans leurs milieu) sont pondus par la femelle dans différents milieux. Elle peut pondre jusqu'à 300 œufs, qui éclosent en 24 à 48 H lorsque la température de l'eau est suffisante, la taille d'un œuf est de 0,5mm (**Ribert, 2007**)

Stade larvaire

Culex pipiens se développe indifféremment dans les eaux claires ou polluées. D'aspect vermiforme, son corps se divise en trois segments (Fig12) : tête, thorax trapu et dépourvu d'appendices locomoteurs, abdomen souple. Sa taille varie de 2mm à 12mm en moyenne en fonction des stades. Elle est dépourvue d'appareil locomoteur, ce qui ne signifie pas qu'elle soit immobile. Son extrémité caudale est munie d'un siphon, ou tube respiratoire dans le prolongement de l'abdomen, long et étroit affleurant à la surface de l'eau ; ce tube est muni de 5 clapets qui s'ouvrent sur deux orifices par où l'air pénètre à l'intérieur quand la larve monte à la surface de l'eau, et se rabattent quand elle gagne les profondeurs. Ses pièces buccales sont de types broyeurs, adaptées à un régime saprophyte (alimentation de type particulière) (**Kettle, 1995 et Andreo, 2003**).



Nymphose

La tête et le thorax fusionnent pour donner un céphalothorax sur lequel on trouve deux trompes qui permettent à la nymphe de respirer. Sa forme globale rappelle celle d'un point d'interrogation. Les orifices anal et buccal étant bouchés, la nymphe ne se nourrit pas. Ses palettes natatoires, situées sur l'abdomen, lui permettent de se déplacer (Cachereul, 1997).

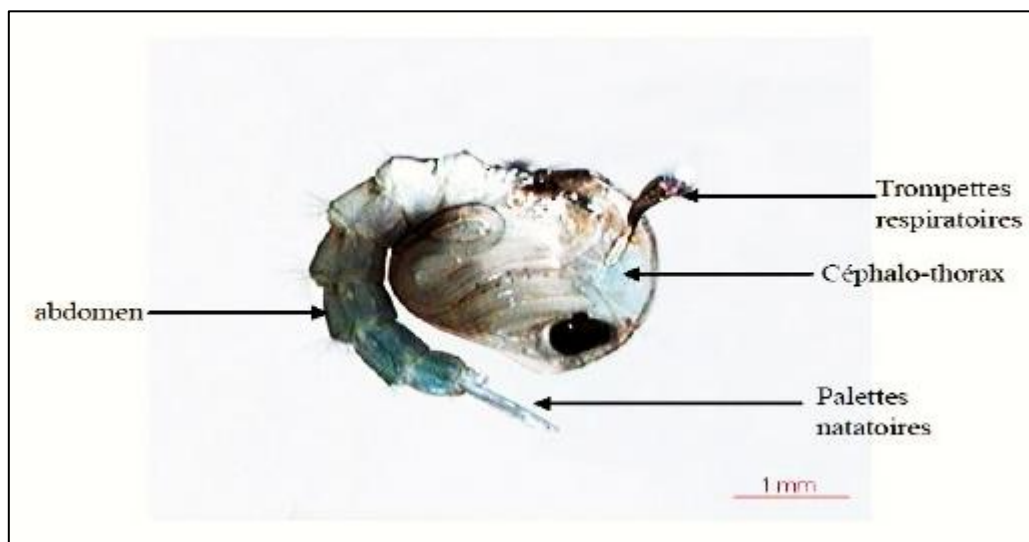


Figure 13 : Aspect général d'une nymphe de Culicidé (Aouati, 2010).

2.2.. Phase aérienne

Stade adulte

L'adulte, une fois métamorphosé, provoque une cassure au niveau de la tête nymphale et émerge à la surface de l'eau. Les mâles atteignent leur maturité sexuelle au bout d'un jour alors que les femelles l'atteignent au bout de 1 à 2 jours, et elles sont plus grandes que les mâles issus d'une même émergence (Clements, 1999). A la fin du stade nymphal, la nymphe s'étire, son tégument se fend dorsalement et, très lentement, l'adulte (imago) s'extirpe de l'exuvie : c'est l'émergence, qui dure environ quinze minutes au cours desquelles il se trouve exposé sans défense face à de nombreux prédateurs de surface (Rodhain et perez, 1985).

Les adultes mâles se nourrissent du suc et de nectar extrait de la Plante et meurt après la copulation. Les femelles peuvent vivre de 3 semaines à 3 mois selon la Température et la qualité du gîte, elle se nourrit du suc des plantes et est en plus hématophage, Ce qui est indispensable à la formation des œufs. (Ribert, 2007).

Partie II

Chapitre 1 : Matériels et méthode

Afin de répondre aux objectifs cités auparavant notre travail est orienté en deux volets qui sont détaillés dans l'organigramme suivant :

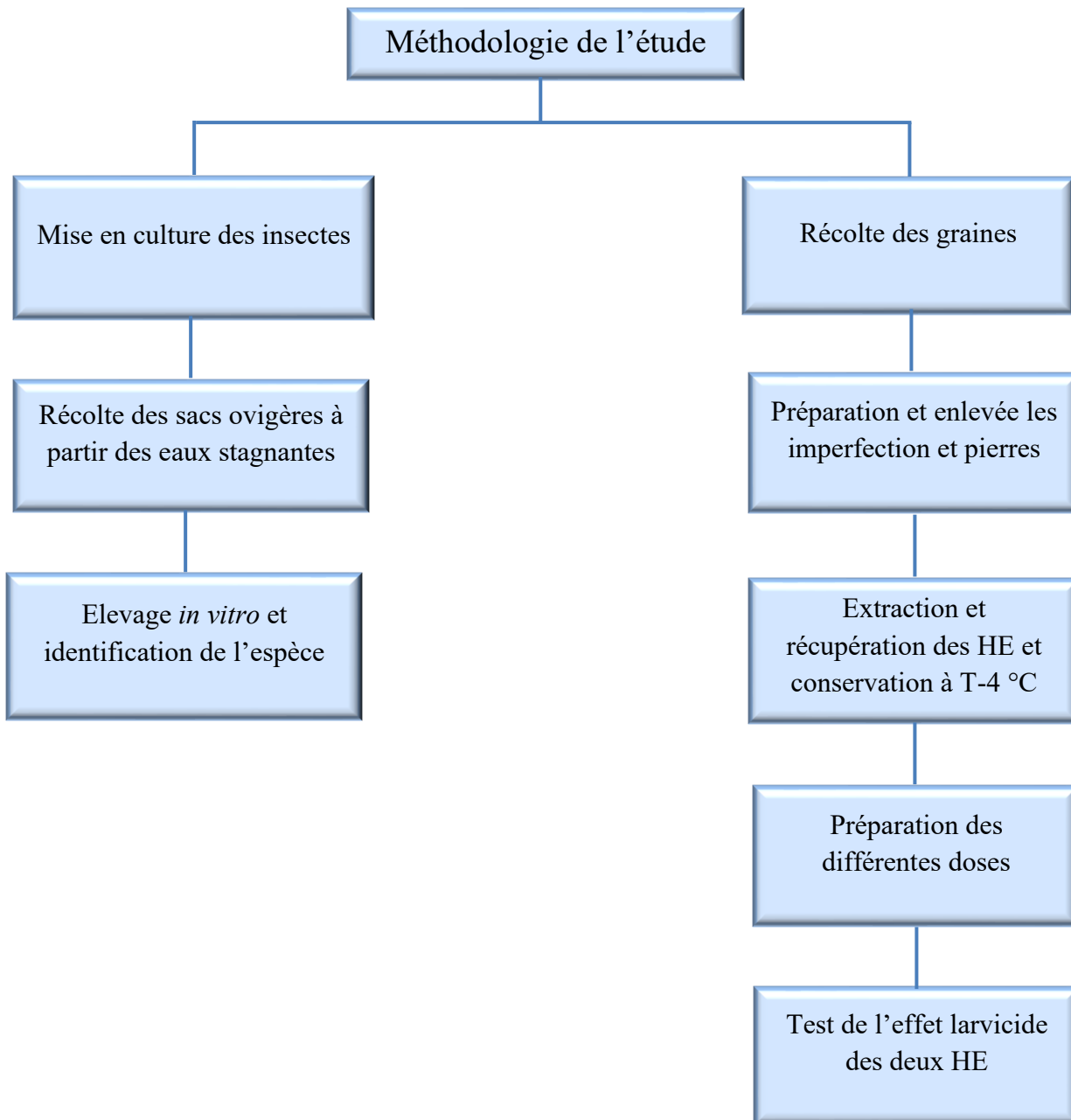


Figure 14 : Organigramme directeur de notre stratégie d'étude

1. Choix du site d'échantillonnage

Le site référence pour effectuer notre échantillonnage des œufs et larves de moustique, est situé dans des bassins dans le campus de l'Université Amar Telidji- Laghouat, au niveau de la faculté des sciences- pôle universitaire 02. (fig15 et 16)



Figure

15 : Site



d'échantillonnage, campus de l'Université Amar Telidji- Laghouat (Originale., 2025).

Figure 16 : Image satellitaire du site d'échantillonnage, campus de l'Université Amar Telidji- Laghouat (Google Earthpro.,2025). Echelle 1/1000.

2. Technique d'échantillonnage et d'élevage

Le matériel animal utilisé dans cette étude est représenté par des larves de moustiques appartenant à la famille des Culicidés. On utilise la méthode du trempage, consistant à plonger une louche dans l'eau puis déplacée d'un mouvement uniforme en évitant les remous (**Bouabida et al.,2012**). Les échantillons sont transportés au laboratoire dans des bouteilles en plastiques non fermées pour renouveler de l'air et permettre aux larves de respirer.

L'élevage des larves est réalisé au laboratoire dans des récipients en plastique contenant l'eau de gîte (Fig17), avec une température ambiante de 25 °C et une photopériode journalière, suivant le protocole de (**Bendali et al., 2001**).

Remarque :

L'utilisation du mélange biscuit (75%) et levure (25%) suivant le protocole de **Rahimi et Soltani (1999)**, cause une mortalité des larves après quelques jours d'élevage, pour cela nous avons choisi l'utilisation des insectes morts (criquet, papillon de nuit etc...), comme source de nourritures des larves de moustique.

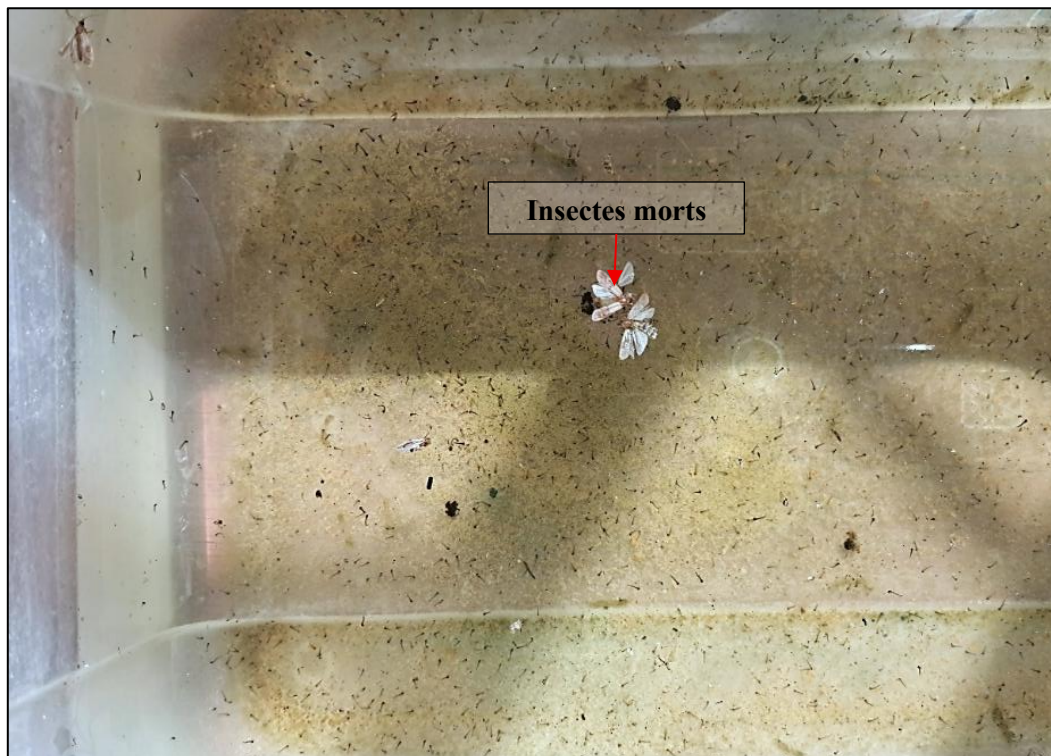


Figure 17 : Elevage *in vitro* des larves de moustique *Culex pipiens* (**Originale., 2025**).

2.1 Identification entomologique

Pour notre étude, nous avons adopté la technique de préparation proposée par **Matile (1993)**. Seules les larves du quatrième stade font l'objet d'une identification fiable entre lame et lamelle.

La détermination de l'espèce est faite à l'aide d'un microscope photonique en utilisant le manuel d'identification de (**Brunhes et al., 1999**).

3. Méthode d'extraction

Afin d'étudier l'activité biologique de notre huile essentielle nous avons adopté l'extraction par hydrodistillation :

3.1. Mode opératoire :

Dans un ballon d'une capacité de 2 litres, on introduit 100 g de matière végétale découpée. Puis, on ajoute un volume d'eau qui correspond à 2/3 de la capacité du ballon. Ensuite, on adapte le ballon à l'appareil de condensation et on alimente le réfrigérant en eau. Ainsi, le ballon et son contenu sont mis sur un chauffe-ballon. (**Fig 18**)

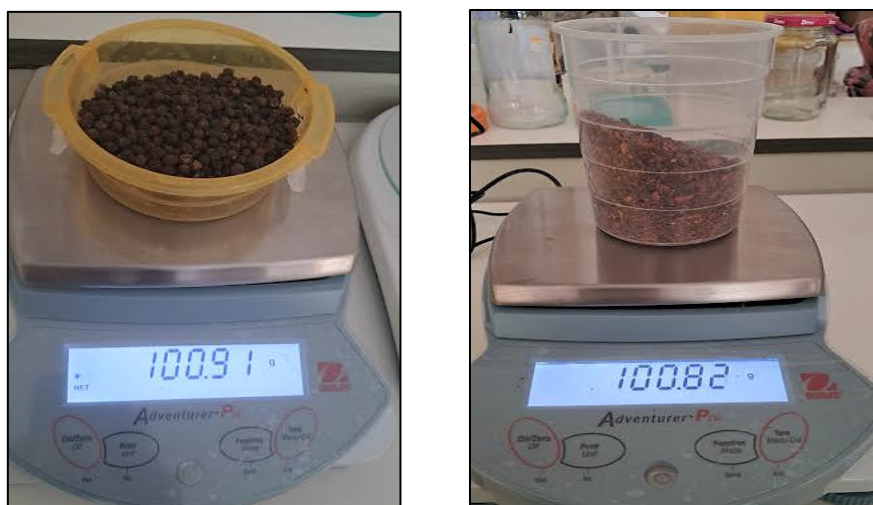


Figure 18 : préparation des deux épices pour l'extraction (**Originale., 2025**).

Les huiles essentielles entraînées par les vapeurs d'eau générées dans le ballon sont dirigées vers le col de cygne (le coude) qui relie le ballon au réfrigérant. Enfin le distillat est récupéré dans un erlenmeyer recouvert d'un papier aluminium pour le protéger de la lumière. On le conserve au réfrigérateur. L'extraction des huiles essentielles dure plus de 2 heures.

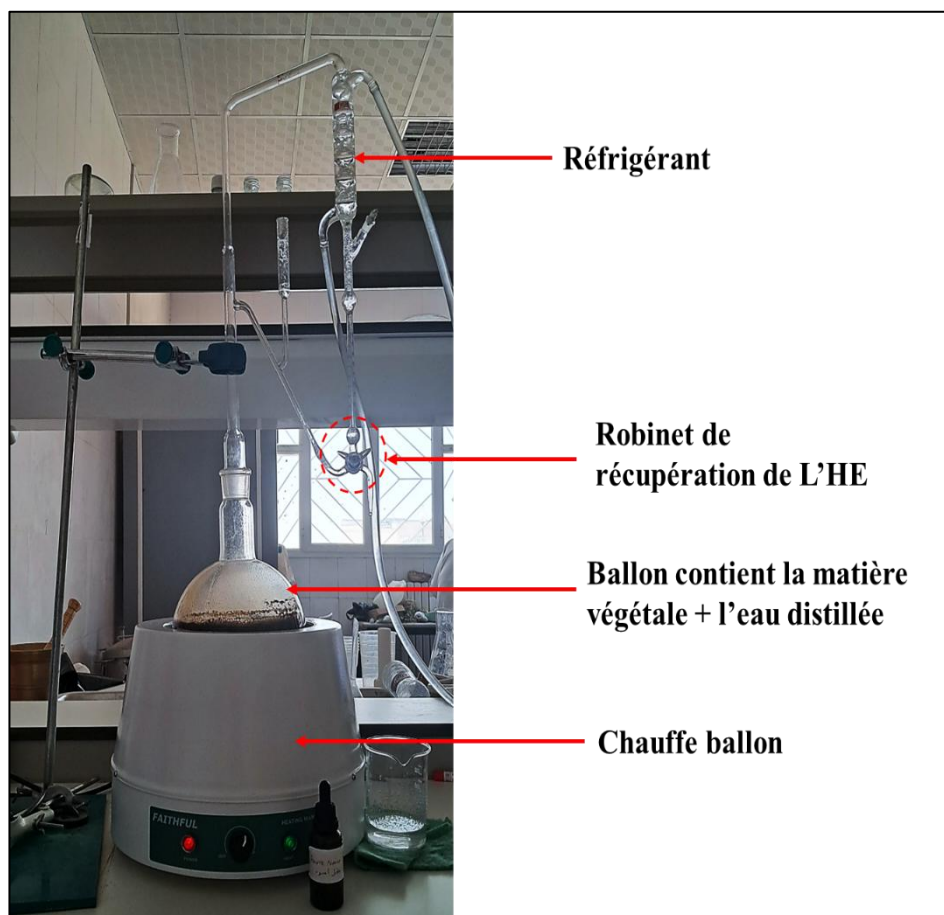


Figure 19 : Extraction des huiles essentielles par hydrodistillation (originale.,2025).

3.2. Calcul du rendement

Le calcul du rendement est défini comme étant le rapport entre la masse de la matière végétale et la masse de l'huile essentielle obtenue (Belyagoubi., 2006), selon la formule suivante :

$$R_{HE} = \frac{MHE}{Ms} \cdot 100$$

R: rendement en huile essentielle.

MHE : la masse d'huile essentielle.

Ms : la masse de la matière végétale en g.

3.3. Préparation des dilutions :

Les huiles essentielles ont été diluées (Tableau 01) dans une quantité de DMSO, ce dernier a été testé afin de confirmer l'absence d'une activité larvicide.

Les doses les plus faibles 5%, 10%, 15% et 20% sont utilisé dans le cas ou la concentration 25% tue la population entière.

Tableau 01 : Les concentrations d'HE utilisées

Dilution	Concentration	Quantité
1 ^{ère} dilution	5%	50µL HE +950 µl DMSO
2 ^{ème} dilution	10%	100 µL HE +900 µl DMSO
3 ^{ème} dilution	20%	200 µL HE +800 µl DMSO
4 ^{ème} dilution	25%	250µL HE +750 µl DMSO
5 ^{ème} dilution	50%	500µl HE+500 µl DMSO
6 ^{ème} dilution	75%	750 µl HE+250 µl DMSO
7 ^{ème} dilution (HE pure)	100%	1000µl HE+ 0 µl DMSO

4. Réalisation des tests toxicologique

La méthodologie de nos tests ainsi que les formules utilisées pour calculer le pourcentage de mortalité est inspirée de la technique des tests de sensibilité normalises par l'organisation mondiale de la santé (O.M.S.).

Le protocole de ce teste toxicologique décrit par **Kemassi et al. (2015)**, avec quelques modifications.

Les concentrations ainsi préparées pour chaque HE, seront utilisées dans les essais toxicologiques à l'égard du quatrième stade larvaire de *Culex pipiens* et pour ce faire, elles sont préalablement séparées des autres dans un bac contenant l'eau. Pour chaque concentration nous avons utilisé 4 gobelets contenant 10 ml de l'eau déchlorurée et 10 µl des concentrations préparées dans lesquels dix (10) larves sont introduites.

Pour chacune des concentrations, un gobelet témoin est préparé (Fig20). Le taux de mortalité dans les gobelets est déterminé après 24h, 48h, 72h. Ces tests compris trois 3 répétitions, pour chaque concentration.

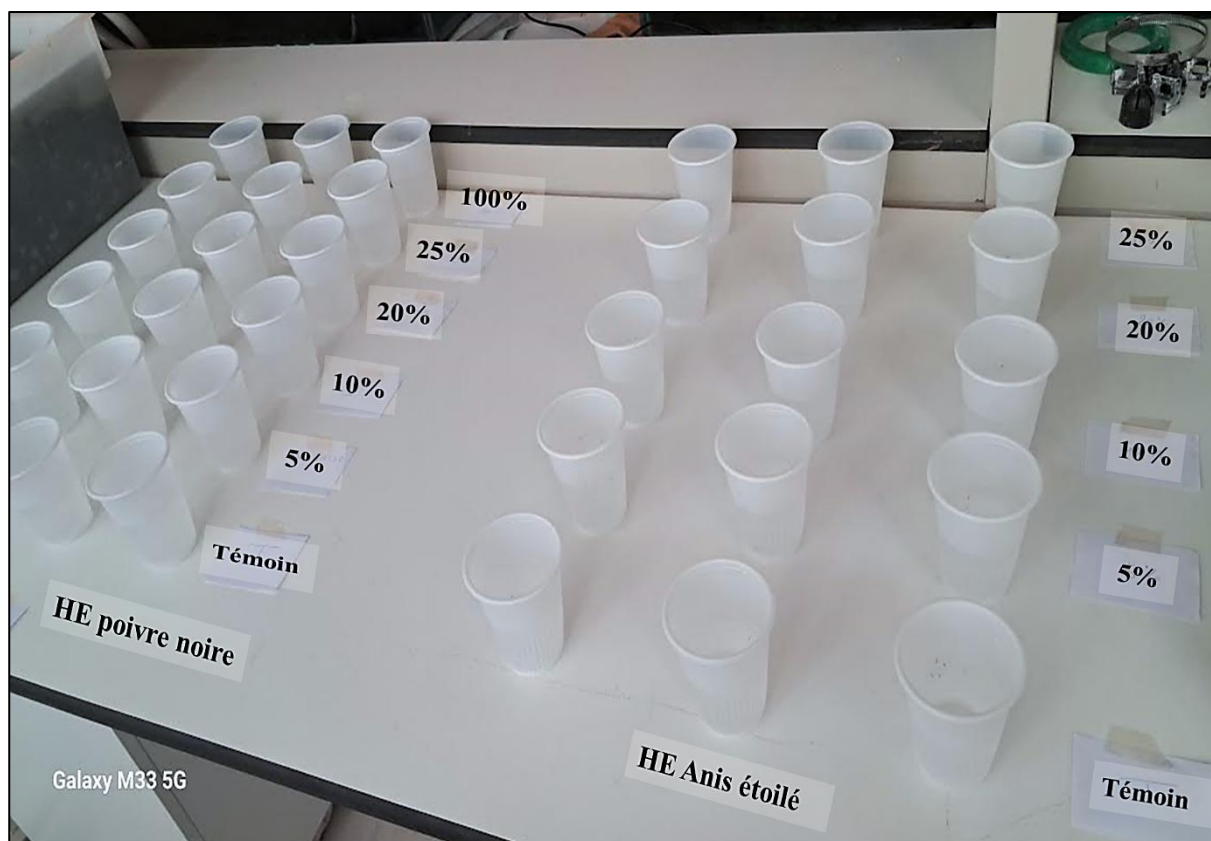


Figure 20 : Tests de toxicité des différentes doses des deux HEs sur les larves de L4 de *Culex pipiens* (Originale., 2025).

5. Analyses Statistiques

Afin de mieux comprendre et modéliser les résultats obtenus ; ces derniers ont été soumis à différentes analyses statistiques. Le pourcentage de mortalité a été calculée en utilisant la formule (1) et lorsque le taux de mortalité des témoins est compris entre 5 et 20%, une correction est effectuée grâce à la formule d'Abbott (1925 in OMS (1963) formule (2)).

(1) pourcentage de mortalité= nombre des larves mortes/ nombre des larves introduites*100

(2) pourcentage de mortalité= mortalité des larves traitées%- mortalité des témoins/ 100- mortalité des témoins*100

En utilisant la régression linéaire simple, notre but est d'étudier comment la mortalité varie en fonction de la dose d'insecticide utilisée, et si une relation linéaire a un sens permettent d'établir une droite de régression. Puis les données normalisées font l'objet d'une analyse de la variance (ANOVA) à un seul critère de classification, en utilisant ANOVA nous cherchons à déterminer s'il existe une différence significative entre les différentes doses d'insecticides utilisées, et si tel est le cas, quel est la dose la plus efficace en termes de mortalité.

C'est un cas d'ANOVA a un facteur (une dose d'insecticide) équilibré puisque le nombre de répétitions est le même pour les différentes doses utilisées. Basé sur le pourcentage de mortalité, la valeur des concentrations létales (DL50) de l'extrait d'huile de deux plantes testées sur l'espèce *Culex pipiens* sont été obtenus séparément par le calcul de la droite de régression linéaire en utilisant l'analyse de probité (**Finney 1971**).

Les régressions probité « la modélisation de l'effet de doses à déterminer (DL50 et leurs limites de confiance 95%), quant à elles sont utilisées afin d'identifier pour chaque plante, la plus faible concentration létale induisant une grande mortalité larvaire ; en d'autres termes « plus ce chiffre est petit et plus la plante est toxique

Chapitre 2 : Résultats et discussion

Résultats

Dans le cadre de cette étude, l'efficacité insecticide des extraits organiques de deux espèces végétales (*Piper nigrum* et *Illicium verum*), collectées auprès d'herboristes de la région de Laghouat, a été évaluée in vitro sur des larves L4 de *Culex pipiens* via deux méthodes d'application : contact direct et fumigation. Les taux de mortalité ont été mesurés par un suivi quotidien sur une période de 72 heures. Les données recueillies ont ensuite été soumises à une analyse statistique paramétrique (ANOVA, seuil de significativité $p < 0,05$) à l'aide des logiciels Microsoft Office Excel (version 2025) pour la validation des résultats et STATISTICA (v. 12.0) pour l'analyse de variance.

1.1. Rendement d'extraction et caractéristiques des extraits

Le rendement d'extraction en principes actifs de différents extraits organique correspond au le pourcentage de poids d'extrait sec calculé par rapport le poids de matière végétale sèche utilisée pour l'extraction.

La figure 21 Présente les déférentes valeurs de rendement des différents extraits organique *Piper nigrum* et de *Illicium verum* obtenus à partir de la méthode d'extraction (hydrodistillation).

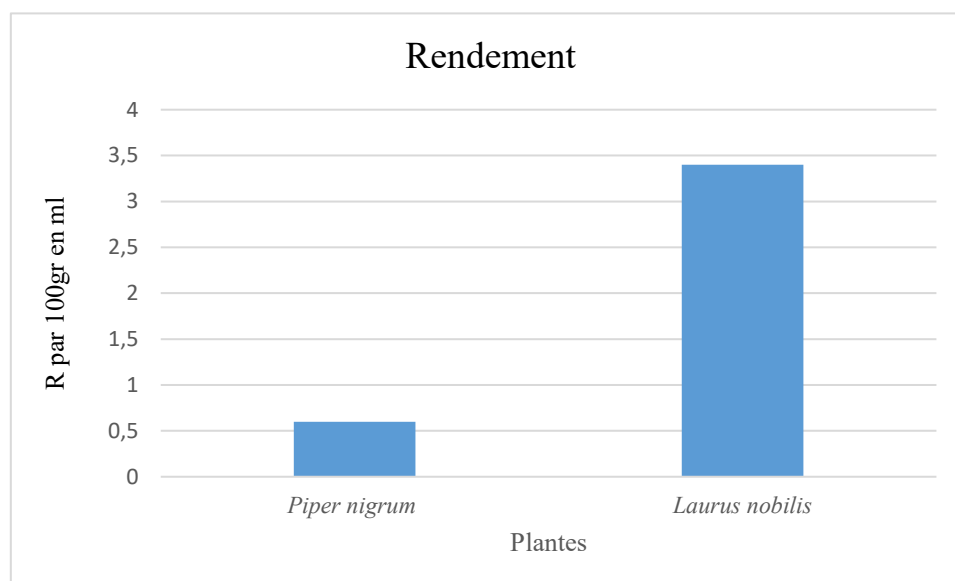


Figure 21 : Rendement d'extraction de différents extraits organiques de deux plantes étudiées

Les résultats de la figure précédente montrent que les valeurs de rendements varient entre 0.6 ml/100gr pour *Piper nigrum* et 3.4 ml/100gr pour la badiane de chine *Illicium verum*. Le tableau suivant résume les caractéristiques organoleptiques des extraits organiques de deux plantes obtenues par la macération. Les extraits présentent les mêmes caractéristiques sauf que la couleur qui est différente de l'extrait à l'autre avec le changement de solvant organique utilisé.

Tableau 02 : Caractéristiques organoleptiques des extraits obtenues par extraction

<i>Extrait</i>	<i>Plante</i>	<i>Aspect</i>	<i>Couleur</i>	<i>L'odeur</i>
Hydro-distillation (eau distillée)	<i>Illicium verum</i>	Liquide visqueux	Transparent	Agréable
	<i>Piper nigrum</i>	Liquide visqueux	Transparent	Agréable et concentré

1.2. Toxicité

L'étude de la toxicité par contact des extraits végétaux contre les larves du stade L4 de *Culex pipiens* est testée au laboratoire. L'utilisation des doses croissantes des extraits provoquent la mort des individus traités.

1.3. Mortalité observée par *Piper nigrum*

Cette figure illustre la mortalité observée chez *Culex pipiens* après exposition par contact direct à différentes concentrations d'extrait d'huile essentielle de *Piper nigrum*.

On observe une augmentation nette de la mortalité en fonction de la concentration et du temps d'exposition. À 50%, 75% et 100 % de concentration, la mortalité atteint 100 % dès la première heure. À des concentrations plus faibles (25 %), on a une mortalité de population de 73.3% après 2 heures d'exposition, et a 100% taux de mortalité après 6 heures. A 20% de concentration de l'extrait on a une mortalité de 60% dans les 48 heures et à 100% de mortalité après 72 heures.

Tableau 03 : Effet de contact directe des huiles essentielles de *Piper nigrum* différentes concentrations et durées d'exposition sur la mortalité de *Culex pipiens*.

	5%	10%	20%	25%	50%	75%	100%
1 H	0	0	0	33,3	100	100	100
2 H	0	3,3	26,6	73,3	100	100	100
4 H	0	13,3	33,3	93,3	100	100	100
6 H	0	13,3	40	100	100	100	100
24 H	3,3	16,6	40	100	100	100	100
48 H	3,3	23,3	60	100	100	100	100
72 H	10	23,3	100	100	100	100	100

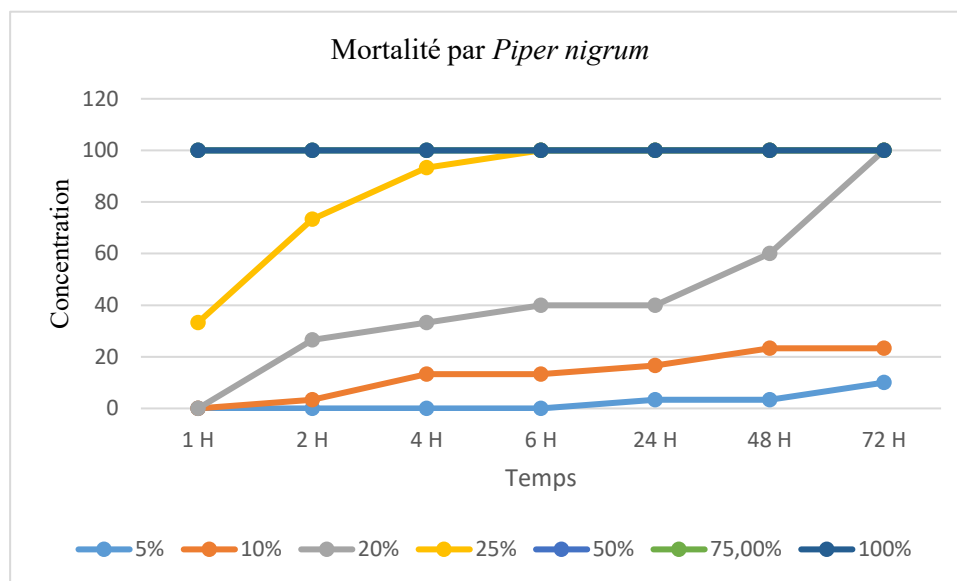


Figure 22 : Mortalité observée chez *Culex pipiens* après exposition par contacte directe à différentes concentrations d'extrait d'huile essentielle de *Piper nigrum*.

1.4. Mortalité observée par *Illicium verum*.

Le tableau fourni présente les pourcentages de mortalité de larves de *Culex pipiens* à différentes concentrations (5 %, 10 %, 20 %, 25 %, 50 %, 75 % et 100 %) d'huile essentielle d'*Illicium verum* en fonction de la durée d'exposition (de 1 h à 72 h)

Tableau 04 : Évolution de la mortalité des larves de *Culex pipiens* après exposition par contacte directe à différentes concentrations d'extrait d'huile essentielle d'*Illicium verum* en fonction du temps

Durée d'exposition	5 %	10 %	20 %	25 %	50 %	75 %	100 %
1 h	0 %	20 %	10 %	70 %	80 %	63,3 %	80 %
2 h	20 %	26,6 %	23,3 %	86,6 %	90 %	60 %	93,3 %
4 h	40 %	33,3 %	36,6 %	100 %	100 %	93,3 %	100 %
6 h	40 %	53,3 %	53,3 %	100 %	100 %	100 %	100 %
24 h	83,3 %	80 %	76,6 %	100 %	100 %	100 %	100 %
48 h	93,3 %	90 %	86,6 %	100 %	100 %	100 %	100 %
72 h	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Chaque valeur indique le pourcentage de mortalité observé selon la concentration et la durée d'exposition.

1.4.1 Cinétique de l'effet insecticide

- **Seuil de 100 % de mortalité**

- Aux faibles concentrations (5 %, 10 % et 20 %), il faut attendre 72 h pour obtenir 100 % de mortalité des larves.
- À partir de 25 % de concentration, la mortalité maximale est atteinte très rapidement (4 h).

Phase d'accélération

- Entre 1 h et 4 h, la mortalité passe de 70 % à 100 % à 25 %, de 80 % à 100 % à 50 % et de 80 % à 100 % à 100 %, montrant une action rapide de l'huile essentielle à forte dose

1.4.2 Efficacité relative selon la concentration

- **Concentrations élevées (25–100 %)**

- Mortalité moyenne $\geq 93,8$ % pour 25 % et $\geq 95,7$ % pour 50 % et 100 % sur l'ensemble de la période, démontrant un pouvoir larvicide puissant même à brève exposition.

Concentrations faibles (5–20 %)

- Mortalité moyenne comprise entre 53,8 % et 57,6 %, beaucoup plus lente et nécessitant une exposition prolongée pour être efficace

1.4.3 Corrélation temps-dose

Le coefficient de corrélation de Pearson entre la mortalité et la durée d'exposition décroît légèrement à mesure que la concentration augmente (de 0,91 à 0,45), ce qui suggère :

- Un **effet temps-dépendant** marqué aux faibles doses (la mortalité augmente progressivement avec le temps).
- Un **effet dose-dépendant** prépondérant aux fortes concentrations (la mortalité est rapidement saturée, moins tributaire de la durée)

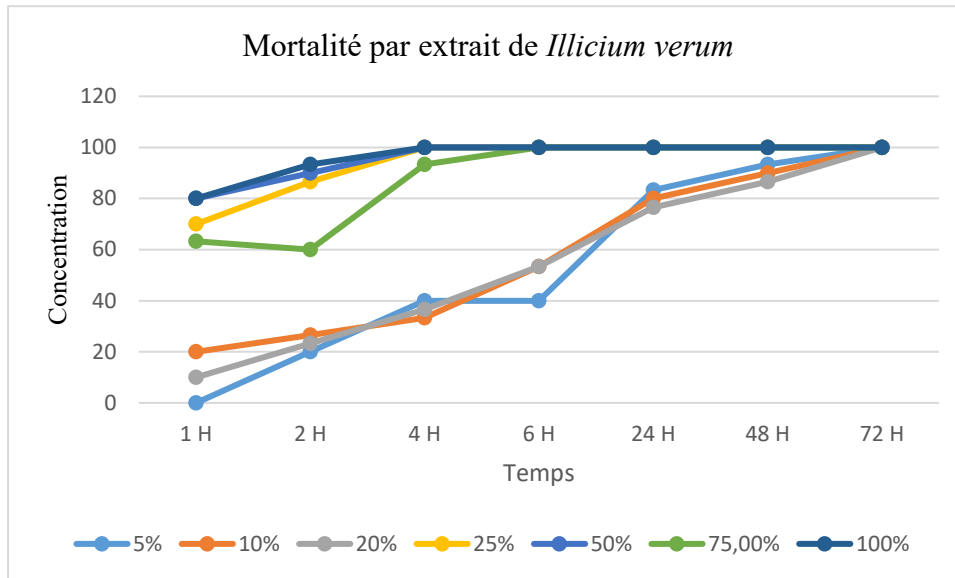


Figure 23 : La mortalité observée chez *Culex pipiens* après exposition par contacte directe à différentes concentrations d'extrait d'huile essentielle d'*Illicium verum*.

1.4.4 Implications pratiques

- Pour un contrôle rapide des populations de *Culex pipiens*, une concentration minimale de 25 % est recommandée, car elle assure 100 % de mortalité en moins de 4 h.
- Pour un traitement continu ou à libération lente, des concentrations plus faibles peuvent être envisagées, à condition de garantir une exposition prolongée (≥ 72 h).
- Ces résultats appuient l'utilisation de l'huile essentielle d'*Illicium verum* comme agent larvicide naturel, adapté selon les besoins de rapidité et de durée d'action

Conclusion

L'huile essentielle d'*Illicium verum* affiche une efficacité larvicide dépendante à la fois de la dose et du temps d'exposition. Les fortes concentrations induisent une mortalité rapide et totale, tandis que les faibles concentrations nécessitent de longues expositions pour un effet similaire. Ces informations sont essentielles pour optimiser les protocoles de lutte anti-vectorielle.

Discussion

Les résultats de cette étude montrent une efficacité larvicide remarquable des extraits de *Piper nigrum* et *Illicium verum* contre les larves L4 de *Culex pipiens*, avec des taux de mortalité atteignant 100 % à des concentrations élevées (≥ 25 %) en seulement 1 à 4 heures d'exposition.

Pour *Piper nigrum*, une mortalité complète est observée dès la première heure à des concentrations de 50 % à 100 %, tandis qu'à 25 %, ce seuil est atteint après 6 heures. Ces observations corroborent les travaux de **Park et al (2002)**, qui ont identifié des composés isobutylamides tels que la pipericide et la rétrofractamide A dans les fruits de *Piper nigrum* comme étant extrêmement toxiques pour les larves de *Culex pipiens pallens*, avec des valeurs de LC50 aussi basses que 0,004 ppm pour la pipericide.

De plus, Al-Rajhi et al. (2020) ont rapporté une mortalité de 100 % des larves de *Culex pipiens molestus* dès le deuxième jour avec des extraits éthanoliques de *Piper nigrum* à des concentrations de 1 à 1,5 ppm, soulignant la puissance de cette plante même à faible dose.

Concernant *Illicium verum*, les résultats indiquent une action rapide à partir de 25 % de concentration, avec une mortalité maximale en moins de 4 heures, bien que des concentrations plus faibles (5-20 %) nécessitent 72 heures pour atteindre 100 % de mortalité.

Ces données sont cohérentes avec les conclusions de **Wang et al (2016)**, qui ont démontré une forte toxicité de contact des extraits de *Illicium verum* contre *Myzus persicae*, attribuée à l'inhibition des enzymes métaboliques comme l'acétylcholinestérase (AChE) et la glutathion S-transférase (GSTs), avec des taux d'inhibition dépassant 50 % à 72 heures à une concentration de 1 000 mg/L.

Bien que leur étude porte sur un autre insecte, les mécanismes sous-jacents pourraient être similaires pour *Culex pipiens*, suggérant une perturbation métabolique comme cause de la mortalité observée.

Mécanismes d'action et cinétique de la toxicité

L'effet dose-dépendant et temps-dépendant mis en évidence dans cette étude, avec une corrélation de Pearson décroissant de 0,91 à 0,45 à mesure que la concentration augmente, indique une saturation de l'effet toxique à fortes doses.

À des concentrations élevées (25-100 %), la mortalité moyenne est supérieure à 93,8 %, suggérant une toxicité aiguë probablement liée à une perturbation rapide des systèmes nerveux ou respiratoires des larves. Cette hypothèse est soutenue par les recherches de **Park et al (2002)**, qui ont montré que la structure N-isobutylamine des alcaloïdes de *Piper nigrum* joue un rôle clé dans la toxicité larvicide, indépendamment de la présence de groupements méthylènedioxyphényle.

Par ailleurs, **Kim et al (2017)** ont proposé que des composés naturels de *Piper nigrum*, tels que la myristicine et le dodécanol, pourraient agir en réduisant la tension de surface de l'eau, empêchant les larves de respirer correctement, ce qui pourrait expliquer la mortalité rapide observée à fortes doses dans notre étude.

À faibles concentrations (5-20 %), la mortalité plus lente, atteignant 100 % après 72 heures, suggère une toxicité chronique, potentiellement liée à des effets sur la croissance ou à des dommages cumulatifs.

Ce phénomène est également rapporté par **Al-Rajhi et al (2020)**, qui ont observé un effet inhibiteur des extraits aqueux de *Piper nigrum* à 0,1 % sur le développement des ovaires et des follicules chez les adultes de *Culex pipiens molestus*, indiquant des impacts à long terme même à faible dose.

Rendement d'extraction et faisabilité pratique

Le rendement d'extraction des extraits organiques varie significativement entre les deux espèces, avec 0,6 ml/100 g pour *Piper nigrum* contre 3,4 ml/100 g pour *Illicium verum*.

Ce faible rendement pour *Piper nigrum* pourrait poser des défis pour une production à grande échelle, malgré son efficacité larvicide. En comparaison, des études comme celle de **El-Wakeil et al (2022)** sur diverses huiles essentielles contre *Culex pipiens* ont montré que des plantes à haut rendement, telles que *Foeniculum vulgare* et *Camellia sinensis*, offrent des alternatives viables pour un contrôle intégré des moustiques, avec des mortalités larvicides de 95-100 % à 1 000 ppm. Pour *Illicium verum*, le rendement plus élevé pourrait favoriser son utilisation pratique, bien que des optimisations des méthodes d'extraction soient nécessaires pour réduire les coûts, comme suggéré par Wang et al. (2016) dans leurs travaux sur les biopesticides écologiques.

Implications pour la lutte anti-vectorielle et limites

Les résultats appuient l'utilisation des extraits de *Piper nigrum* et *Illicium verum* pour un contrôle rapide des populations de *Culex pipiens*, avec une concentration minimale de 25 % recommandée pour une mortalité de 100 % en moins de 4 heures.

Ces données sont en accord avec les recommandations d'**El-Wakeil et al (2022)**, qui ont classé plusieurs huiles essentielles, dont celle de *Piper nigrum*, dans le groupe des agents larvicides modérément efficaces (81-92 % de mortalité), mais ont souligné leur potentiel dans des stratégies intégrées.

Cependant, l'étude actuelle, réalisée in vitro, ne prend pas en compte les conditions environnementales réelles, une limite également relevée par **Kim et al (2017)**, qui insistent sur la nécessité de tests en conditions naturelles pour valider l'efficacité des composés naturels. De plus, l'absence d'analyse chimique détaillée des extraits limite la compréhension des composés actifs spécifiques, un point critique également soulevé par **Park et al (2002)** dans leurs travaux sur les alcaloïdes de *Piper nigrum*.

CONCLUSION

GENERAL

Cette étude a démontré l'efficacité larvicide significative des extraits organiques de *Piper nigrum* et *Illicium verum* contre les larves L4 de *Culex pipiens*, avec des taux de mortalité atteignant 100 % à des concentrations de 25 % et plus en moins de 4 heures, et une mortalité complète après 72 heures à des doses plus faibles (5-20 %).

Les résultats révèlent un effet dose-dépendant et temps-dépendant, avec une action rapide à fortes concentrations et une toxicité plus progressive à faibles doses, comme en témoigne la corrélation de Pearson décroissant de 0,91 à 0,45 avec l'augmentation de la concentration.

Le rendement d'extraction, bien que variable (0,6 ml/100 g pour *Piper nigrum* contre 3,4 ml/100 g pour *Illicium verum*), souligne le potentiel de ces extraits comme alternatives naturelles aux insecticides chimiques.

Ces observations s'alignent avec des travaux antérieurs montrant l'efficacité des extraits de *Piper nigrum* contre d'autres vecteurs comme *Aedes aegypti*, avec une activité résiduelle pouvant atteindre 37 jours dans des dispositifs à libération contrôlée.

De même, les propriétés insecticides d'*Illicium verum*, attribuées à des perturbations enzymatiques, confirment son intérêt comme biopesticide écologique. Ces résultats appuient l'utilisation de ces extraits pour un contrôle rapide ou prolongé des populations de moustiques, en fonction des concentrations et des durées d'exposition appliquées.

En conclusion, les extraits de *Piper nigrum* et *Illicium verum* se révèlent être des agents larvicides prometteurs contre *Culex pipiens*, avec des performances comparables à celles rapportées dans la littérature par des auteurs tels que **Park et al (2002)** et **Wang et al (2016)**.

Perspectives

Toutefois, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour identifier les composés bioactifs précis, évaluer la toxicité sur des organismes non cibles, et tester l'efficacité en conditions de terrain, comme le suggèrent **El-Wakeil et al (2022)**. Ces étapes sont cruciales pour intégrer ces extraits dans des protocoles de lutte anti-vectorielle durable et respectueuse de l'environnement.

- Padrini F., Lucheroni M.T., 2006.** Le grand livre des huiles essentielles. Ed. De Vecchi S.A. Paris, 206p.
- Chiasson H, Beloin N (2007).** Les huiles essentielles, des biopesticides « Nouveau genre ». Revue de littérature “Antennae” 14 (1):3–6.
- Huignard J., Glitho A., Monge J.P., Regnault-Roger C., 2011.** Insectes ravageurs des grains de légumineuses. Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Ed. Quæ, Paris, 145p.
- Mann J., 1987.** Secondary metabolism. Clarendon Press, Oxford, 374 p.
- Makhloufi A. 2013.** Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de Béchar (*Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru. Thèse de Doctorat, Université Aboubaker Belkaid, 136p.
- Cohen D., 2013.** Les huiles essentielles à l'officine : Dangers pour la femme enceinte et les nouveau-nés. Thèse de doctorat en pharmacie. Université Joseph Fourier de Grenoble. p 6,7.
- Regnault-Roger C., 2005.** Molécules allélochimiques et extraits végétaux dans la protection des plantes : nature, rôles et bilan de leur utilisation au XXesiècle. In Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Tec & Doc Lavoisier, Paris, 625-650.
- Piochon M., 2008 :** Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore Laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse. Mémoire de master. Université du Quebec à Chicoutimi, Canada.
- Lakhdar L ,2015.** Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur *aggregatibacter actinomycetemcomitans*, étude in vitro. Thèse de Doctorat en Sciences Odontologiques. Univ Mohammed 5 de rabat., p (37-38).
- Besombes C., 2008.** Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydro thermomécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. Thèse Doctorat. Université de La Rochelle. 41-45 pp.
- Penchev I. 2010.** Étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions. Thèse de Doctorat- Université de Toulouse.
- Da silva F. (2010).** Utilisation des huiles essentielles en infectiologie ORL. Thèse de doctorat en Pharmacie. Université Henri Poincaré - Nancy p17,10, p18.
- Benabdelkader T. (2012).** Biodiversité, Bioactivité et Biosynthèse des Composés Terpéniques Volatils des Lavandes Ailées, *Lavandula stoechas* Sensu Lato, un Complexe d'Espèces Méditerranéennes d'Intérêt

Référence bibliographique

Pharmacologique. Thèse de doctorat en Biologie et Ecophysiologie Végétale de l'École Normale Supérieure de Kouba-Alger et de l'Université Jean-Monnet de Saint-Etienne, France. P10,25.

El Haib A, 2011. Valorisation des terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques. Thèse de Doctorat en Biochimie. Université de Toulouse., p (158).

Herzi N. (2013). Extraction et purification de substances naturelles : comparaison de l'extraction au CO₂-supercritique et des techniques conventionnelles. Thèse de doctorat en Génie des Procédés et de. Institut National Polytechnique de Toulouse l'Environnement.

Joulain D, (1994). Modern methodologies applied to the analysis of essential oil and other. p35.34.

Schwedt G, (1993). Méthodes d'analyse. Ed. Flammarion.

Caude M. et Jardy A. Méthodes chromatographiques. Base documentaire : Techniques d'analyse. 1996. Référence : P1445.

Bruneton J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition, Ed. TEC et DOC, Paris.

Audigie C.L., Dupon G. et Zonsgain F.(1995). Principes des méthodes d'analyse biochimique. T1, 2ème ED. Doin, Paris, 1995, p. 44.

Paolini J. 2005. Caractérisation des huiles essentielles par cpg/ir, cpg/sm-(ie et ic) et rmn du carbone-13 de *cistus albidus* et de deux *asteraceae* endémiques de Corse : *eupatorium annabinum* subsp. *corsicum* et *doronicum corsicum*. Thèse de doctorat.

Maack F. et Sablier M. (1994) Couplage chromatographiques avec la spectrométrie de masse. Bases documentaires, Techniques d'analyse. Référence : P2614.

Desjobert J. M., Bianchini A., Tommy P., Costa J. et Bernardini A. F. (1997). Etude d'huiles essentielles par couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse. Application à la valorisation des plantes de la flore Corse. *Analysis* 25 (6) : p 13.16.

Brown, S. A., Biggerstaff, J., Savidge, G. F. (1992). Disseminated intravascular coagulation and hepatocellular necrosis due to clove oil. *Blood coagulation et fibrinolysis*, 3(5), 665-668.

Morigane. (2007). Grimoire des plantes. Ce livre est publié sous la licence libre Creative Commons BYNCND. p 6-8.

Roubaudi L. (2017). *Illicium verum* Hook. Via Telabotanica.

Cronquist A, (1991). The evolution and classification of plants. *New Phytologist*, vol.117. N0 3. 5.

Yang, J. F., Yang, C. H., Chang, H. W., Yang, C. S., Wang, S. M., Hsieh, M. C., Chuang, L. Y. (2010). Chemical composition and antibacterial activities of *Illicium verum* against antibiotic-resistant pathogens. *J. Med. Food*, 13, p 1-9.

Sijelmassi, A. (1991). Les plantes médicinales du Maroc, ed Le Fennec, Casablanca.p44.

Kumar A. S, Vinay K.S. (2017). Biological action of *Piper nigrum* - the king of spices. *Journal européenne de la recherche biologique* .11 :223-233.

Huguette M. (2008). La route des épices naturelles, mélanges d'épices aromates et condiment naturels. p 11.

Liwei Gu; Mark A; Kelm John F; Hammerstone; Gary B; Joanne H; David H; Susan G; Ronald L., (2004). Prior, Concentrations of Proanthocyanidins in Common Foods and Estimations of Normal Consumption. *J; Nutr.* vol. p 134.

Hina F , Nisar A , Bilal H, Shahid F , Mohammad A , Mubarak A. (2012). Rôle biologique de *Piper nigrum* L. (Poivre noir).1-10.

Nisar A, Hina F , Bilal H.A, Shahid F, Mohammad A, Mubarak Al.(2012). Biological role of *Piper nigrum* L. (Black pepper). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*.1-10.

Qutubuddin M. (1960) - Mosquito studies in the Indian subregion, Part I Taxonomy - A brief review. 133p.

Stoll N.R., et Stone A., Dolleus R.P., Forest J., Riley N.D., Sabrosky C.W., Knight K.L. , et Starcke H.1961 - A synoptic catalogue of the mosquitoes of the world, The Thomas Say Foundation Ent. Soc. Ameri. 358P.

Stone A., Knight K.L. , Starcke H. (1959) - A synoptic catalogue of the mosquitoes of the world, The Thomas Say Foundation Ent. Soc. Ameri..pp 358.

Roth M. (1980) - Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes, ORSTOM, Paris. 259p.

Eldridge F. B., Marquardt C. W., Black C. W., Freier E. J., Hagedorn H. H., Hemingway J., Higgs S., James A. A., et More G. C., 2005 - Mosquitoes, the Culicidae. In *Biology of Disease Vectors*, Elsevier Academic Press, 2; 95-101.

Aouti A. (2016). Larvicidal Effect of *Marrubium Vulgare* on *Culex pipiens* in Eastern Algeria. *International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES*.15. (74). 1026-1031.

Trari B ; Dakki M ; Himmo ; et Agbani M, 2002-Les moustiques (Diptera-Culicidae) du Maroc. *Revue bibliographique et inventaire des espèces. Bull.Suc.PatholExot.*, (4) :329- 334.

Rodhain F. et Perez C. 1985. Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Notion d'épidémiologie des maladies à vecteurs. Ed. Maloine, 458 p.

Seguy E., 1955 – Introduction à l'étude Biologique et Morphologique des insectes Diptères. Ed. Muséum Nationale, Rio-de-Janeiro, 260P.

Pressat R. 1905, L'analyse démographique. Paris, Presses Universitaires de France, 498 p.

Louanci Z., 2003- Biosystématique et bioécologie des culicidies (*Diptera : Nematocera*) et milieu rural et agricole, Pp : 43-44.

Becher N., Pertric D., Zgomba M., Boase C., Lane J. et Kaiser A., 2003- Moustiquitos and their control. Ed. Kluwer Academic. New York, 498 P.

Klowden M.J. 1990 et Lea A.O., 1979- The endogenous regulation of mosquito reproductive behavior on the blood meal size and feeding success of natural populations of mosquitoes (*Diptera: Culicidae*). *J. Med. Entomol.* 5:4-517.

Adisso D. N., et Alia A.R., 2005- Impact des fréquences de lavage sur l'efficacité et la durabilité des moustiques à longue durée d'action de types Olyset Net ® et Permanet® dans les conditions de terrain. Mém. Doctorat. 79P.

Darriet F., 1998 - La lutte les moustiques nuisant et vecteurs de maladies. Khartala-orstom, Paris. 91P.

Guillamot L., 2006- les moustiques et la dengue. Institut Pasteur de Nouvelle Calédonie. 15P.

Avitchedji A.M., 1990- Bioécologie d'*Anopheles melas* et d'*Anopheles gambiae*s. Comportement des adultes vis-à-vis de la transmission du paludisme en zone côtière lagunaire, République du Bénin. Mém. Doctorat. 76P.

Ribert C., 2007- Epidémiologie des maladies parasitaires, tome 4, affections provoquées ou transmises par les arthropodes. Cachan : EM inter, 581 P.

Kettle D.S. 1995 - Medical and Veterinary Entomology, 2^o edition, Wallingford: CAB international, 725P.

Andreo V. (2003) - L'effet anti-gorgement sur un chien d'un shampoing à 0,07% de Deltaméthrine sur un moustique du Complexe *Culex pipiens* ; Thèse de Médecine Vétérinaire, Toulouse. 70 p.

Brunhes J., HASSAIN K., Rhaim A., Hervy J-P., 2000 : Les espèces de l'Afrique méditerranéenne : Espèces présentes et répartition (*Diptera, Nematocera*). *Bull. Ent. France*, extrait: 105(2) : 195-204.

Cachereul A. 1997 - Les moustiques : cycle de développement, aspects anatomophysiologiques et régulation du cycle ovarien, Thèse de Médecine Vétérinaire, Nantes. 117P.

Aouti A. (2016). Larvicidal Effect of *Marrubium Vulgare* on *Culex pipiens* in Eastern Algeria International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES.15. (74). 1026-1031.

- Clements, A. N. 1999.** The Biology of Mosquitoes. (Sensory reception and behaviour). Chapman and Hall, London.
- Ribert C., 2007-** Epidémiologie des maladies parasitaires, tome 4, affections provoquées ou transmises par les arthropodes. Cachan : EM inter, 581 P.
- Rodhain F. et Perez C. 1985.** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Notion d'épidémiologie des maladies à vecteurs. Ed. Maloine, 458 p.
- Bendali F., 2001** - Etude bioécologique, systématique et biochimique des Culicidae (Diptera : Nematocera) de la région d'Annaba. Lutte biologique anticulicidienne. Doc. Biologie animale. Univ d'Annaba. 176P.
- Rehimi, N. et Soltani, N. 1999** - Laboratory evolution of alsystine. A chitin synthesis inhibitor agonist *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). Effects on development and cuticule secretion. J. Appl. Ent., 123:437 - 441.
- Brunhes J.; Le Goff G.; etGeoffroy B., 1999** - Afro-tropical anopheline mosquitoes. Description of three new species: *An. carnevalei* sp nov. *An. hervyi* sp nov. and *An. dualaensis* sp nov. and resurrection of *An. rageaui*. J. Am. Mosq. Control. Assoc. ; 15,552- 558.
- Matile.L (1993).** Monographie de la plante hôte .In : Fritas, S. Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la région de Batna. Tlemcen : Université Abou Bakr Belkaid. P 17.
- Belyagoubi L. (2006).** Effet de quelques essences végétale sur la croissance des moisissures de détérioration des céréales. Mémoires en vue de l'obtention du diplôme du magistère en biologies université A boubekibel Kaid P : 12-15.
- Kemassi A., Boukhari K., Cherif R., Ghada K., Bendaken N., Bouziane N., Boual Z., Bouras N et Ould el hadj-Khelil A., Ould el hadj M. D., 2015.-** Evaluation de l'effet larvicide de l'extrait aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) (Euphorbiaceae). ElWahat pour les Recherches et les Etudes, vol. 8 n°1: 44-61.
- Finney, D.J. (1971).** Statistical method in biological assay. 2ème Edition, Londres, Griffin, 333p.
- Park J., Kamendulis L.M., Friedman M.A., Klaunig J., (2002).** Acrylamide-induced cellular transformation. Toxicol. Sci, 65:177-83.
- Wang, R., Xu, X., & Zhu, Q. (2016).** Pubertal exposure to di-(2-ethylhexyl) phthalate influences social behavior and dopamine receptor D2 of adult female mice. Chemosphere, 144, 1771-1779.

Kim, M. J., Radhakrishnan, R., Kang, S. M., You, Y. H., Jeong, E. J., Kim, J. G., & Lee, I. J. (2017). Plant growth promoting effect of *Bacillus amyloliquefaciens* H-2- 5 on crop plants and influence on physiological changes in soybean under soil salinity. *Physiology and molecular biology of plants*, 23(3), 571-580.

El Wakeil N., Abd-Alla A., El Sebai T., Gaafar N. (2022). Effect of organic sources of insect pest management strategies and nutrients on cotton insect pests. Chap2. Nova Publishers. New york. p54-57.

Résumé

La présente étude a été conduite au sein du Département de Biologie du Pôle Universitaire 02 de l'Université Amar Telidji de Laghouat et porte sur l'évaluation de l'activité larvicide de deux huiles essentielles extraites de *Piper nigrum* (poivre noir) et *Illicium verum* (badiane) à l'encontre des larves de quatrième stade (L4) du moustique *Culex pipiens*.

Les rendements d'extraction ont révélé des différences significatives, avec 0,6 ml/100 g pour *Piper nigrum* contre 3,4 ml/100 g pour *Illicium verum*, mettant en évidence le potentiel de ces extraits en tant qu'alternatives naturelles aux insecticides conventionnels.

Les essais biologiques ont mis en évidence un effet larvicide à la fois dose-dépendant et temps-dépendant. Des taux de mortalité de 100 % ont été observés pour des concentrations égales ou supérieures à 25 % en moins de 4 heures. Par ailleurs, des mortalités totales ont également été obtenues à des concentrations comprises entre 5 et 20 % pour *Illicium verum* après 72 heures d'exposition.

Ces résultats soulignent l'intérêt de poursuivre des investigations approfondies visant à caractériser la composition chimique de ces huiles essentielles afin d'identifier les molécules bioactives responsables de l'effet larvicide. En outre, des études complémentaires, notamment des essais in vivo, s'avèrent indispensables en vue de valoriser ces extraits comme bio-insecticides potentiels dans la lutte intégrée contre les moustiques, contribuant ainsi à la préservation de la santé publique et de l'environnement.

Mots-clés : *Culex pipiens*, larves, huile essentielle, extraction, *Illicium verum*, *Piper nigrum*, activité larvicide, bio-insecticides.

الملخص

أجريت هذه الدراسة في قسم البيولوجيا بالقطب الجامعي 02 بجامعة عمار تليجي بالأغواط، وتهدف إلى تقييم النشاط اليرقي القاتل لزيبتين أساسيتين مستخلصتين من (الفلل الأسود) و (اليانسون النجمي) ضد يرقات البعوض من الطور الرابع (L4) من نوع *Culex pipiens*.

كشفت مردودات الاستخلاص عن فروقات كبيرة، حيث بلغت 0.6 مل/100 غرام بالنسبة لـ *Piper nigrum* مقابل 3.4 مل/100 غرام لـ *Illicium verum*، مما يُبرز الإمكانيات الواعدة لهذه المستخلصات كبدايل طبيعية للمبيدات الحشرية التقليدية.

أظهرت الاختبارات البيولوجية تأثيراً قاتلاً لليرقات يعتمد على الجرعة والمدة الزمنية. تم تسجيل نسب وفاة بنسبة 100% عند تركيزات تساوي أو تفوق 25% في أقل من أربع ساعات. بالإضافة إلى ذلك، تم الحصول على وفيات كاملة عند تركيزات تتراوح بين 5% و20% بالنسبة لـ *Illicium verum* بعد 72 ساعة من التعرض.

تؤكد هذه النتائج أهمية مواصلة الدراسات المعمقة من أجل تحديد التركيب الكيميائي لهذه الزيوت الأساسية، بهدف التعرف على الجزيئات النشطة المسؤولة عن التأثير القاتل لليرقات. كما أن إجراء دراسات تكميلية، خاصة الاختبارات الحية (*in vivo*)، ضروري من أجل تثمين هذه المستخلصات كبيومبيدات محتملة ضمن استراتيجيات مكافحة المتكاملة للبعوض، بما يساهم في الحفاظ على الصحة العامة والبيئة.

الكلمات المفتاحية: *Culex pipiens*؛ يرقات، زيت أساسي، استخلاص، *Illicium verum*، *Piper nigrum*، نشاط قاتل لليرقات، بيومبيدات.

Abstract

This study was conducted within the Department of Biology at University Pole 02 of Amar Telidji University of Laghouat and focuses on evaluating the larvicidal activity of two essential oils extracted from **Piper nigrum** (black pepper) and **Illicium verum** (star anise) against fourth instar larvae (L4) of the mosquito **Culex pipiens**.

The extraction yields showed significant differences, with 0.6 ml/100 g for *Piper nigrum* compared to 3.4 ml/100 g for *Illicium verum*, highlighting the potential of these extracts as natural alternatives to conventional insecticides.

Biological tests revealed a larvicidal effect that was both dose-dependent and time-dependent. Mortality rates of 100% were observed at concentrations equal to or greater than 25% in less than 4 hours. Furthermore, total mortality was also achieved at concentrations ranging from 5% to 20% for *Illicium verum* after 72 hours of exposure.

These results underscore the importance of further investigations to characterize the chemical composition of these essential oils in order to identify the bioactive compounds responsible for the larvicidal effect. Moreover, additional studies, including in vivo testing, are essential to promote these extracts as potential bio-insecticides in integrated mosquito control strategies, thus contributing to public health and environmental preservation.

Keywords: *Culex pipiens*, larvae, essential oil, extraction, *Illicium verum*, *Piper nigrum*, larvicidal activity, bio-insecticides.