

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Larbi Tébessi-Tébessa-
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la vie
Département de Biologie Appliquée



MEMOIRE DE MASTER
Domaine: Science de la Nature et de la Vie
Filière: Sciences Biologiques
Option: Biochimie Appliquée

Thème:
**Evaluation du potentiel larvicide d'huile
essentielle d'*Artemisia herba alba* à l'égard
de *Culex pipiens***

Présenté par:

M^{elle} BOUTABA Wafa

M^r HADJ SAID Bakir

M^r GHERIEB Abdessamie

Devant le jury:

Dr. BOUSSEKINE Samira	MCA	Université de Tébessa	Présidente
Dr. ZEGHIB Assia	MCB	Université de Tébessa	Promotrice
Dr. BOUABIDA Hayette	MCA	Université de Tébessa	Examinatrice

Date de soutenance: Le 23 Juin 2019

Note : Mention :

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Larbi Tébessi-Tébessa-
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la vie
Département de Biologie Appliquée



MEMOIRE DE MASTER
Domaine: Science de la Nature et de la Vie
Filière: Sciences Biologiques
Option: Biochimie Appliquée

Thème:
**Evaluation du potentiel larvicide d'huile
essentielle d'*Artemisia herba alba* à l'égard
de *Culex pipiens***

Présenté par:

M^{elle} BOUTABA Wafa

M^r HADJ SAID Bakir

M^r GHERIEB Abdessamie

Devant le jury:

Dr. BOUSSEKINE Samira	MCA	Université de Tébessa	Présidente
Dr. ZEGHIB Assia	MCB	Université de Tébessa	Promotrice
Dr. BOUABIDA Hayette	MCA	Université de Tébessa	Examinatrice

Date de soutenance: Le 23 Juin 2019

Note : Mention :

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

ملخص

Abstract

Résumé

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى اختبار مفعول الزيوت الأساسية المستخلصة من نبات (*Artemisia herba-alba*) الشيح كمبيد حشري حيوي ضد نوع من البعوض *Culex pipiens* واسع الانتشار في ولاية تبسة.

الزيوت الأساسية لنبات الشيح المستخلصة بالتقطير المائي، تظهر فعالية ضد يرقات الطور 4 لهذا البعوض، إذ يمكن استعمال هذه الزيوت كمبيد حشري طبيعي ضد هذا النوع من البعوض.

الكلمات المفتاحية : *Artemisia herba-alba*, *Culex pipiens*, الزيوت الأساسية, الإبادة اليرقية, الشيح.

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the larvicidal activity of the *Artemisia herba-alba* plant, towards the most abundant species of mosquito in the area of Tébessa, *Culex pipiens*.

The toxicity test of *Artemisia herba-alba* essential oil, extracted by hydrodistillation, shows that it exhibits larvicidal effect "dose-dependent", against the fourth instar larvae L4 of *Culex pipiens*. It could, therefore, be used as a potential bio-insecticide against this mosquito species.

Key words: *Culex pipiens*, *Artemisia herba-alba*, essential oil, larvicidal potential.

Résumé

Le but de cette étude est d'évaluer l'activité larvicide de la plante *Artemisia herba-alba*, à l'égard d'une espèce de moustique la plus répandue dans la région de Tébessa, *Culex pipiens*.

Le test de toxicité de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba*, extraite par hydrodistillation, vis-à-vis des larves stade L4 de *Culex pipiens*, montre qu'elle présente un effet larvicide "dose-dépendant". Elle pourrait, donc, être utilisée comme bio-insecticide potentiel contre cette espèce de moustique.

Mots clés : *Culex pipiens*, *Artemisia herba-alba*, huile essentielle, potentiel larvicide.

Dédicaces

Nous tenons à exprimer d'abord nos profonds remerciements à Allah, le Tout Puissant et Le Miséricordieux, de nous avoir donné la santé, la volonté, la patience et le courage pour mener à terme ce travail.

Nous dédions ce travail à nos familles et aux personnes les plus chères au monde nos chers Parents : A nos pères et à nos très chères mères : Rien au monde ne vaut les efforts fournis jours et nuits pour nous éduquer et pour nos bien être.

Ce travail est le fruit de vos sacrifices.

A nos chers frères, A nos chères sœurs, A nos chères amis, Aux personnes qui ont partagé ensemble les moments difficiles de ce Travail.

À ceux et celles qui nous ont aidé d'une façon ou d'une autre, de près ou de loin dans ce travail, on les remercie du fond du cœur.

Enfin à tous ceux qu'on aime.

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos remerciements et nos profondes gratitude, avant tout à Allah.

Nous adressons nos sincères remerciements Dr. BOUSEKINE Samira d'avoir accepté de présider le jury de notre mémoire de Master.

Nous exprimons, également, nos profonds remerciements et nos vives connaissances à notre promotrice Mme ZEGHIB Assia, pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur. Nous tenons surtout à la remercier pour sa patience et ses précieux conseils, pour sa disponibilité exceptionnelle.

Nos plus hautes considérations et nos sincères reconnaissances vont à Dr. BOUABIDA Hayette pour avoir accepté d'examiner ce travail. Merci pour les remarques, suggestions et critiques que vous allez apporter, qui vont, sans doute, nous permettre d'enrichir le contenu de ce travail.

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude à notre enseignant Pr. DJABRI Belgacem, pour nous avoir permis de réaliser ce travail au sein du laboratoire des molécules bioactives et applications qu'il dirige.

Nous remercierons, également, tous les enseignants du département des sciences biologiques et nos collègues de master II biochimie appliquée promotion 2018/2019. Un immense merci pour Mr, ZEGHIB Fouad pour son aide dans la réalisation de notre travail. Ainsi que les doctorants SAKER Hichem et Abdelkarim de nous avoir aidé à la recherche bibliographique.

Nous ne manquons pas l'occasion de remercier particulièrement les personnes qui ont fait l'extraction. Que toute personne ayant participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail, trouve ici l'expression de nos très vifs remerciements.

Liste des figures

N°	Titres des figures	Page
1	Aspect morphologique de l' <i>Artemisia herba-alba</i> .	5
2	Structures chimiques de quelques composés rencontrés dans l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba-alba</i> .	7
3	Cycle de vie <i>Culex pipiens</i> .	16
4	Œufs de <i>Culex pipiens</i> .	17
5	Aspect des nacelles de <i>Culex pipiens</i> .	17
6	Morphologie générale d'une larve du stade 4 de <i>Culex pipiens</i> .	18
7	Larve de <i>Culex pipiens</i> au cours de respiration.	18
8	La Nymphe de <i>Culex pipiens</i> .	19
9	Têtes de <i>Culex pipiens</i> .	20
10	Morphologie de l'adulte de <i>Culex pipiens</i> .	20
11	Femelle de <i>Culex pipiens</i> au cours de la ponte.	21
12	Gîte larvaire artificiel ville de Tébessa (Photo personnelle).	28
13	Gîte larvaire Hammamet (Photo personnelle).	28
14	Gîte larvaire Boukhadhra (Photo personnelle).	28
15	Carte géographique de la région de Hammamet montrant la région du gîte larvaire (Google earth).	29
16	Nacelles et larves de <i>Cx pipiens</i> autour de la plaque chauffante (Photo personnelle).	30
17	Nymphes et adultes déposés dans la cage (Photo personnelle).	30
18	Les étapes d'extraction de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba-alba</i> .	31
19	Montage d'hydrotillateur type Çlevenger (photo personnelle).	32
20	Réalisation du test de toxicité des larves L4 nouvellement exuviées de <i>Culex pipiens</i> avec l'extrait HA d' <i>Artemisia herba-alba</i> (Photo personnelle).	33
21	Contact des larves L4 nouvellement exuviées de <i>Culex pipiens</i> avec l'extrait HA d' <i>Artemisia herba-alba</i> (photo personnelle).	33

22	L'huile essentielle d' <i>A. herba-alba</i> (Photo personnelle).	35
23	Diagramme en barre présentant les pourcentages de mortalités des larves L4 nouvellement exuvieés traitées par différentes concentrations des huiles essentielles d' <i>A. herba-alba</i> . Comparaison des moyennes à différents temps (24,48 et 72h) pour un même extrait.	37
24	Diagramme en barre présentant les effets des différentes concentrations des huiles essentielles d' <i>A. herba-alba</i> à l'égard des larves L4 nouvellement exuviées de <i>Culex pipiens</i> à différentes périodes (24,48 et 72h). Comparaison des moyennes pour un même temps entre les différentes concentrations.	39

Liste des tableaux

N°	Titres des tableaux	Page
1	La taxonomie de l' <i>Artemisia herba-alba</i> .	6
2	Position systématique de <i>Culex pipiens</i> .	15
3	Appareillages, verrerie et autres nécessaires pour le test de toxicité.	27

Abréviations et symboles

AFNOR : L'association française de normalisation.

C : concentrations.

cm : centimètres.

Cx. pipiens : *Culex pipiens*.

DNID : diabète non insulino-dépendant.

FNO : fièvre du Nil occidental.

g : gramme.

h : heures.

HA : *A. herba-alba*.

HE : l'huile essentielle.

HE-AH : l'huile essentielle d'*A. herba-alba*.

H2OD : eau distillée.

Kg : kilogramme.

L : litre.

L4 : larve de 4^{ème} stade.

M : poids en gramme de l'huile résultant.

M0 : poids en gramme du matériel végétal à traiter.

mg : milligramme.

mL : millilitre.

mm : millimètre.

mn : minutes.

m ± SEM : moyenne ± écart type.

Pg : picogramme.

R(%) : rendement exprimé en %.

SDA : Sabouroug Dextros Agar.

Rép : répétition.

ug : microgramme.

UI : unité internationale.

μL : microlitre.

% : pourcentage.

SOMMAIRE

ملخص
Abstract
Résumé
Dédicaces
Remerciements
Liste des figures
Liste des tableaux
Abréviations et symboles
Table des matières

Titre	Page
Introduction	1
APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE	
Chapitre I : La plante <i>Artemisia herba-alba</i>	
I. Généralités	5
II. Etymologie de la plante	5
III. Description botanique et Taxonomie	6
IV. Habitat et écologie	6
V. L'huile essentielle	7
VI. Compositions chimique	7
VII. Utilisation en médecine traditionnelle	8
VIII. Activités biologiques et pharmacologiques	8
1. Activité antioxydante	8
2. Activité hypoglycémiant	9
3. Activité antifongique	9
4. Activité antibactérienne	10
5. Activité nématocide	10
6. Activité insecticide	10

Chapitre II : Biologie de <i>Culex pipiens</i>	
I. Généralités	13
1. Généralités sur les <i>Culicidaes</i>	13
2. Présentation de <i>Culex pipiens</i>	13
II. Biotope	14
III. Position systématique	15
IV. Cycle de développement de moustiques	15
1. Œuf	17
2. larve	17
3. Nymphe	18
4. Adulte	19
V. Reproduction/Ponte	20
VI. Recherche des hôtes	21
VII. Nuisance	22
1. Piqûres	22
2. Transmission des maladies	22
VIII. Lutte	23
1. Contrôle physique	23
2. Contrôle génétique	23
3. Lutte chimique	24
IX. La résistance aux insecticides	24
ETUDE EXPERIMENTALE	
Matériels et Méthodes	
I. Matériel d'origine végétal : huile essentielle d' <i>Artemisia herba-alba</i>	27

II. Matériels destinés à la réalisation du test de toxicité	27
1. Appareillages, verrerie et autres	27
2. Matériel d'origine animale : larves de <i>Culex pipiens</i>	27
III. Méthodes d'extraction de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba-alba</i> par hydrodistillation	30
1. Protocole d'extraction	30
2. Calcul du rendement	31
IV. Test de toxicité	32
RESULTATS ET DISCUSSIONS	
I. Aspect et rendement de l'huile essentielle	35
II. Test de toxicité	36
1. Etude de l'effet de temps d'exposition (24, 48 et 72h) pour chaque concentration-test de l'huile essentielle d' <i>A. herba-alba</i> (Etude horizontale)	36
2. Etude de l'effet des différentes concentrations-test de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba-alba</i> au cours de chaque temps d'exposition (Etude verticale)	39
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
	45

Introduction

INTRODUCTION

Les insectes représentent une grande partie de la biodiversité de la faune terrestre, comme dans la faune aquatique, compte les insectes, qui constituent près de 60% du règne animal et 50% de la diversité de la planète. Appartenant à l'embranchement des *Arthropodes*, les insectes hématophages sont responsables de la transmission d'agent infectieux (virus, bactérie ou protozoaire) d'un individu infecté à un individu sain, provoquant ainsi un bon nombre de maladies vectorielles. Ces insectes vecteurs sont principalement des moustiques, des phlébotomes, des moucheron (*Culicoides*) et des poux. Ils sont affiliés à l'ordre des *Diptères* et à la famille des *Culicidés*. Ils sont groupés en deux sous-familles, *Culicinae* et *Anophelinae*, répartis à travers le monde en 1400 espèces (**Aouati, 2016**).

La famille des *Culicidae*s est la plus importante, les moustiques appartenant à cette famille forment un groupe diversifié dont une grande partie des insectes sont hématophages. Selon le plus récent classement, la famille des *Culicidae*s comprend 2 sous-familles, 111 genres et 3528 espèces de la faune du monde. Au cours des vingt dernières années, la faune *Culicidienne* en Algérie a fait l'objet d'un grand nombre de travaux qui s'intéressent plus particulièrement à la systématique, la biochimie, la morphométrie ainsi que la lutte chimique et biologique à l'égard de ces moustiques (**Bouderhem, 2015**).

Le complexe *Culex pipiens* est un groupe de moustiques présent en Afrique. Les moustiques appartenant à ce groupe sont des vecteurs importants de plusieurs agents pathogènes responsables de maladies infectieuses, parfois mortelles, affectant l'homme et/ou l'animal, tel est le cas du virus West Nile, le virus de la fièvre de la vallée du Rift et des filaires, le paludisme, la leishmaniose, l'encéphalite japonaise et la fièvre jaune. En effet, ces 30 dernières années ont vu l'apparition dramatique de ces maladies infectieuses, plaçant chaque jour de nouvelles populations humaines dans des zones à risque d'infection. Les vecteurs qui en sont responsables, sont largement répandues dans le monde, surtout en zone intertropicale, plus rares, cependant, en zone tempérée (**Aouati, 2016**).

Face aux propagations des insectes et des épidémies, plusieurs méthodes ont été envisagées et adoptées, entre autres, les méthodes biologiques. En fait, les pesticides classiques tels que les organophosphorés, les organochlorés et les carbamates sont peu sélectifs. Ils ont fait apparaître, à long terme, des effets secondaires dans l'environnement. Toutes les connaissances acquises en physiologie des *Arthropodes* et des insectes, en particulier, ont permis de développer ces dernières années une méthode qui est devenue incontournable, c'est l'utilisation de plantes dans la lutte anti vectorielle (**Soltani et al., 2010**).

L'Algérie, la porte de l'Afrique, par son climat très varié (la mer méditerranéenne au Nord et le Sahara dans le sud) et sa situation géographique particulière, bénéficie d'une flore très riche et diversifiée répartie sur tout le territoire Algérien. En effet, le Nord Algérien présente une large gamme des espèces endémiques adaptées au climat de la zone et appartiennent aux différentes familles, entre autres, les *Lamiaceae*, les *Asteraceae*, les *Apiaceae*, etc... Ces plantes renferment un nombre très élevé de composés chimiques (huile essentielle, flavonoïdes, quinone, vitamine, saponines, caroténoïdes, terpènes, polyphénols, alcaloïdes, etc...) de propriétés physico-chimiques très variées et qui ont des activités biologiques différentes (antimicrobienne, antioxydante,...) (**Bouhekrit, 2018**). En effet, les extraits aqueux ou sous forme d'huiles essentielles des plantes contiennent des substances toxiques pouvant agir efficacement sur les moustiques de *Culex pipiens*. C'est des sources de molécules naturelles présentant un grand potentiel d'application contre les insectes et d'autres parasites des plantes et du monde animal (**Aouati, 2016**).

Ce travail propose d'étudier le potentiel larvicide de l'huile essentielle extraite de la plante *Artemisia herba-alba*, à l'égard de *Culex pipiens*. Cette étude comporte deux parties essentielles : aperçu bibliographique et étude expérimentale. Dans la première partie, nous présentons un bilan bibliographique des connaissances sur la plante *Artemisia herba-alba* et le moustique *Culex pipiens*. Dans la partie expérimentale, nous présentons les matériels d'étude ainsi que les méthodes utilisées. Par la suite, les résultats obtenus sont discutés et nous terminons par conclusion et perspectives.

APERÇU
BIBLIOGRAPHIQUE



Chapitre I :

Artemesia herba-Alba

I. Généralités

La famille des Astéracées (*Asteraceae*) est la famille la plus large des plantes à fleurs qui comprend près de 13000 espèces réparties en 1500 genres formant approximativement 10% de la flore du monde (in **Berkane et Boudiar, 2018**).

L'*Artemisia* est parmi les genres les plus répandus de la famille des Astéracées qui comporte plus de 500 espèces différentes (**Messai, 2011**). Elle est particulièrement diversifiée dans les régions sèches et les régions arides (**Bechiri et al., 2018**).

Spécialement, elle couvre environ six millions d'hectares en Algérie (**Messai, 2011**). Dont 11 espèces spontanées étaient inscrites. La plupart des plantes de cette famille sont aromatiques et vivaces (**Bechiri et al., 2018**).

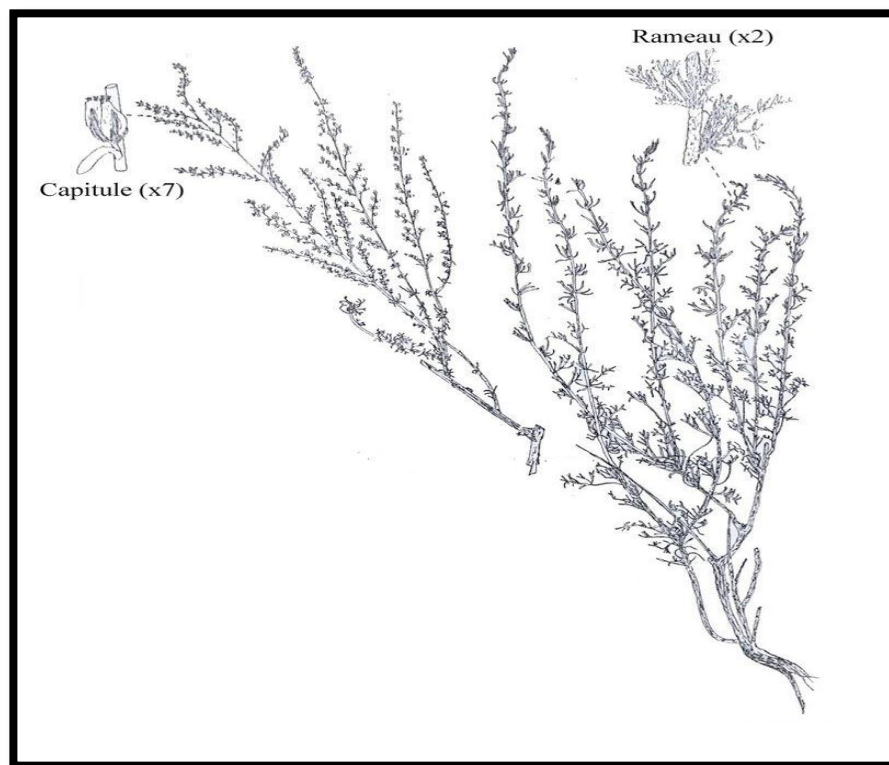


Figure 01 : Aspect morphologique de l'*Artemisia herba-alba* (Wikipédia).

II. Etymologie de la plante

Provient du nom de la déesse grecque de la chasse Artémis, Le nom du genre *Artemisia* signifie des armoises, dont l'espèce *herba-alba* interprété comme herbe blanche. *Artemisia herba-alba* connu en arabe sous le nom de « Chih » (**Bouzidi, 2016**).

III. Description botanique et Taxonomie

La floraison des plantes commence de septembre jusqu' au mois de Décembre. Elles sont oblongues et effilées à la base. L'*Artemisia herba-alba* est une plante herbacée de 20-60 cm de hauteur, à tiges nombreuses et tomenteuses et très feuillues (**Abou El-Hamd et al., 2010**). Pousse généralement en touffes de taille réduite, se caractérisant par sa richesse en huile essentielle de composition différente, qui a conduit à la définition de plusieurs chémotype (**Bouzidi, 2016**). La taxonomie de la plante est comme suit (**in Maifi et Sakher, 2018**).

Tableau 01 : La taxonomie de l'*Artemisia herba-alba*.

Règne	<i>Plantae</i>
Phylum	<i>Angiospermeae</i>
Embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Ordre	<i>Gampanulatae</i>
Famille	<i>Asteraceae</i>
Sous-famille	<i>Asterioideae</i>
Tribu	<i>Anthemideae</i>
Sous-tribu	<i>Artemisiinae</i>
Genre	<i>Artemisia</i>
Espèce	<i>Herba-alba</i>

IV. Habitat et écologie

La plante s'étend d'îles Canaries et le sud-est de l'Espagne jusqu'aux steppes d'Asie centrale (Iran, Turkménistan, Ouzbékistan) et à travers l'Afrique du Nord et le Proche-Orient. En Afrique du nord, cette espèce couvre d'immenses territoires évalués à plus de dix millions d'hectares, mais serait, quasiment, absente des zones littorales nord et rare dans l'extrême sud (**Messai, 2011**).

Elle est rencontrée dans tout le pourtour méditerranéen et se développe fréquemment dans les steppes argileuses, les pâturages rocaillieux et terreux des plateaux des basses montagnes des régions sèches et, généralement, dans les zones à bioclimats aride et semi-aride à variantes chaude, tempérée et fraîche (**Ghanmi et al., 2010**).

L'*Artemisia herba-alba* est abondante dans les sols à texture fine, assez bien drainées (marnes, marno-calcaires en pente). Dans le sud, elle pousse sur des sols bruns steppiques de texture moyenne et en extrême sud sur des sols sableux (Abou El Hamd *et al.*, 2010).

V. L'huile essentielle

Les huiles essentielles sont des mélanges de composés lipophiles et volatiles synthétisés et stockés dans des structures spécialisées des plantes (cellule à l'huile essentielle, poils sécréteurs, canaux sécréteurs). Obtenues à partir d'une matière première végétale soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche soit par un procédé mécanique approprié ou autres (Bouzidi, 2016).

VI. Compositions chimique

La composition d'une huile essentielle est en général très complexe vue la présence de nombre élevé de constituants et aussi la diversité considérable de leurs structures. Plusieurs études phytochimiques sur les plantes de la famille des *Astéracées*, auquel appartient l'*Artemisia herba-alba*, ont fait l'objet par intérêt économique, surtout pour leurs huiles qui sont caractérisées par une forte et aromatique odeur due principalement à la haute concentration de terpènes volatiles (Abou El-Hamd *et al.*, 2010).

Généralement, l'huile essentielle d'*A. herba-alba* a été largement rapporté à contenir des composés de monoterpénoïdes (78-89%), principalement oxygéné (72-80%), telle que le 1,8-cinéole, chrysanthenone, chrysanthenol, α et β -thujones, dominant toutes les huiles, le camphre comme principales composantes et des sesquiterpènes (2-11%) (Belhattab *et al.*, 2014).

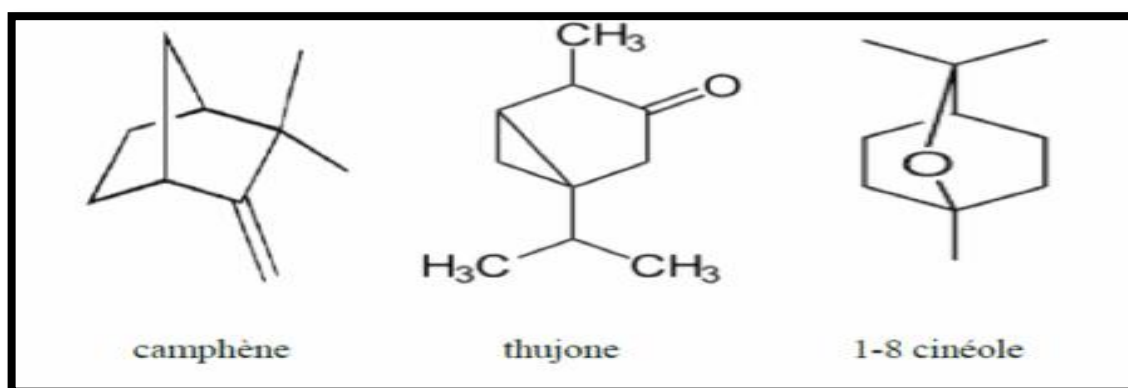


Figure 02: Structures chimiques de quelques composés rencontrés dans l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* (in Berkane et Boudiar 2018).

Des travaux mettent en évidence une grande variabilité chimique. A titre d'exemple, une étude concernant la composition chimique pour des échantillons des huiles essentielles originaire de l'Algérie, les parties aériennes d'*A. herba-alba* ont été recueillis à différents endroits (Boussaâda, Batna, Djelfa et Khenchela) caractérisé par des diverses conditions climatiques et géographiques, renferment une forte quantité de camphre α et β -thujone, davanone, chrysanthénone et le 1,8-cinéole (**Dob et al., 2011**).

Ce profil chimique est différent par rapport au profil chimique d'échantillons tunisiens, qui est riche en α -thujone (43-85%), trans-acétate de sabinyle (17-46%), et la β -thujone (10%), elle renferme également : le 1,8-cinéole (3.3%) et la chrysanthénone (2.32%) en faible quantité (**Kheddoum, 2018**).

VII. Utilisation en médecine traditionnelle

L'*Artemisia herba-alba* a été utilisée dans la médecine traditionnelle par de nombreuses cultures depuis les temps anciens. Le Chih est un remède très populaire auquel on a souvent recours pour faciliter la digestion, calmer les douleurs abdominales et certains maux de foie. Ses racines sont indiquées contre certains troubles nerveux (**Bouzidi, 2016**).

Friedman *et al.*, (1986), ont rapporté que l'infusion de l'armoise est assez employée par les bédouins du Néguev (Palestine) pour soulager les maux gastro-intestinaux. En Irak également, l'armoise préparée avec le thé constitue l'une des formes d'automédication contre le DNID. En Tunisie, une enquête menée dans le milieu urbain a montré que l'armoise est, entre autres, essentiellement utilisée pour les maladies du tractus digestif et comme un traitement antidiabétique. D'après les cas interrogés elle donne un pourcentage d'amélioration élevé (**in Messai, 2011**).

En plus du diabète, son extrait aqueux est utilisé traditionnellement en Jordanie comme un antidote contre les venins de plusieurs types de serpents et de scorpions. En Afrique du nord, elle est reconnue pour soigner la bronchite, l'abcès, les diarrhées et comme vermifuge (**khireddine, 2012**).

VIII. Activités biologiques et pharmacologiques

1. Activité antioxydante

L'évaluation par un procédé chimique de la capacité antioxydante de l'*Artemisia herba-alba* a montré une forte activité antiradicalaire principalement des composés phénoliques (**Mansour, 2015**). Par contre des études sur les huiles essentielles ont montré une

activité antiradicalaire modérée et faible, contrairement aux extraits. Cela pourrait être expliqué par l'absence de monoterpènes phénoliques tels que le thymol, le carvacrol, qui sont connus pour être associés à un fort pouvoir antioxydant (**Bourgou et al., 2015**).

2. Activité hypoglycémiant

L'étude de l'activité hypoglycémique dans des nombreux articles publiés sur l'utilisation de l'huile essentielle d'*A.herba-alba* dans le traitement du diabète sucré chez des rats diabétiques induits par l'alloxane L'administration orale de 0,39 g/kg de poids corporel de la solution aqueuse d'Armoise herbe blanche montre une réduction significative de la teneur en glucose dans le sang. (**Tastekin, 2006**).

Le même effet a également été observé après l'administration de répaglinide (1mg/kg de poids corporel) et l'insuline ordinaire (0,1 UI / kg de poids corporel. Il est possible que la plante peut inverser les fonctions cataboliques de la carence en insuline, réduire la libération de glucagon ou d'augmenter celle de l'insuline, de stimuler la glycolyse directement dans les tissus périphériques, en effet Des études complémentaires sont nécessaires pour en savoir plus sur les mécanismes d'action hypoglycémiant de la plante (**Tastekin, 2006**) .

3. Activité antifongique

Dans le cadre de la recherche de substances naturelles antifongiques, des études sur l'activité fongitoxique des huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* a été évaluée.

L'huile essentielle utilisée dans une étude vis-à-vis quatre espèces fongiques, (*Botrytis cinerea*, *Fusarium culmorum*, *Helminthosporium*, *Alternaria*), a été caractérisée par un constituant principal le β -thujone (60,82%) suivi du chamazulene (16,65%). Cette huile a montré une bonne activité contre tous les champignons testés. Les cellules fongiques ont été étalées sur des boîtes de Pétri contenant le milieu Sabourougl Dextros Agar (SDA). L'activité antifongique a été évaluée en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition de croissance en millimètres (**Bouchenak et al., 2018**).

Une autre étude sur la germination des spores, l'allongement et la sporulation mycélienne en trois champignons, montre que la croissance du mycélium a été la plus sensible, suivie par la germination des spores et la sporulation des trois champignons étudiés. *Zygorrhynchus* a été jugée plus sensible suivis de *Aspergillus* et alors *Penicillium italicum*. (**Abou El-Hamd et al., 2010**).

4. Activité antibactérienne

Il a été rapporté que l'activité antibactérienne des huiles de l'armoise blanche peut être expliquée par leurs richesses en composés oxygénés (chrysothénone, camphre, α -terpin-7-ol et β -terpinéol) (Ghanmi, 2010).

Bien que l'action principale des huiles essentielles de l'*Artemisia herba-alba* comme antibactérien semble être centrée dans leur activité sur la membrane cellulaire, à la suite de leur caractère lipophile, les monoterpènes cycliques influent sur la perméabilité des membranes cellulaires contre tous les micro-organismes testés et sont un peu plus actifs contre les bactéries à Gram positif que Gram négatif (Heleili *et al.*, 2018 ; Bouzidi, 2016).

Il a été rapporté aussi que les monoterpènes provoquent une inhibition du métabolisme énergétique mitochondriale, notamment les oxydations phosphorylantes. Ce qui entraîne des perturbations dans les processus physiologiques et biochimiques dans la cellule (Bouzidi, 2016).

5. Activité nématocide

L'évaluation *in vitro* de l'activité nématocide, contre deux espèces de nématodes à nœuds-racines avec des extraits méthanoliques (20 μ g/ml) de vingt espèces végétales jordaniennes, a montré que l'extrait de feuille d'*Artemisia herba-alba* était le plus efficace causant 22, 51 et 54 % de mortalité après 24, 48 et 72 heures d'exposition, respectivement (Abou El-Hamd *et al.*, 2010).

6. Activité insecticide

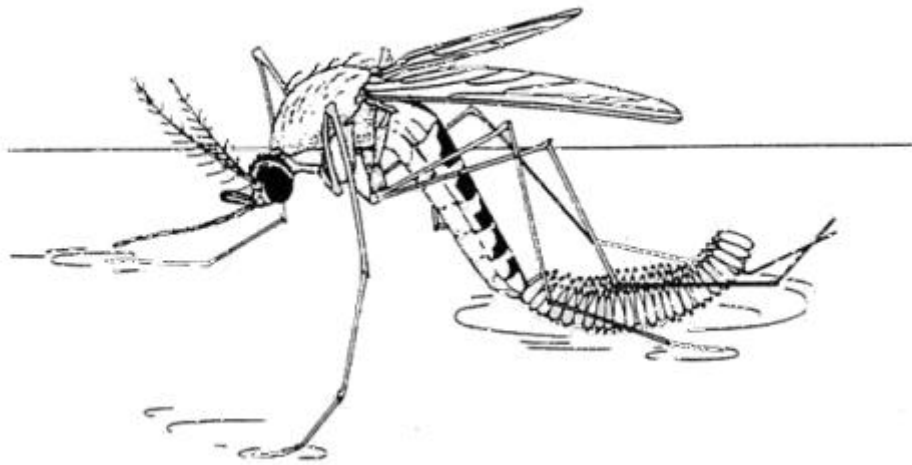
Le contrôle des insectes ravageurs reste très limité en raison de la non disponibilité des insecticides sans effet néfaste sur l'environnement.

La recherche de nouvelles molécules bio-insecticide plus efficaces et moins polluantes s'avère donc nécessaire. Ainsi des essais sur les propriétés insecticides des huiles essentielles d'*A. herba-alba* sont menés dans le cadre de la lutte biologique contre *Tribolium castanum*, un grand ravageur des cultures agricoles. Selon Chaieb, 2018 les résultats obtenus ont montré que cette huile a manifesté une bonne activité insecticide.

Ainsi, d'autres recherches ont suggéré que l'huile essentielle de l'armoise blanche pourrait avoir un effet potentiel comme agent de contrôle contre *Callosobruchus maculatus*, *Phthorimaea operculella* et *Rhyzopertha domonica* (Sharifian *et al.*, 2012).

L'utilisation des huiles essentielles de l'*A. herba-alba* semble d'une grande importance dans la substitution des pesticides chimiques qui sont largement utilisés pour lutter contre ces insectes ravageurs (**Zaim, 2012**).

Chapitre II : Biologie de *Culex pipiens*



I. Généralités

1. Généralités sur les *Culicidae*s

Les *Culicidae*s, c'est la famille des insectes à laquelle appartient l'espèce de *Culex pipiens* (in **Maifi et Sakher, 2018**). Cette famille est divisée en trois sous familles, les *Toxorhynchitinae*, les *Anophelinae* et les *Culicinae*, dont elle comprend plus de 3000 espèces réparties dans le monde entier (in **Berkane et Boudiar, 2018**).

En Algérie, il existe deux sous-familles, *Culicinae* et *Anophelinae* avec six genres, *Anopheles*, *Culex*, *Culiseta*, *Aedes*, *Orthopodemya*, *Ochlerothatus* et *Uranotaenia* (in **Maifi et Sakher, 2018**). Ce sont des insectes à métamorphose complète (Holométaboles), de sorte que les trois stades de développement (larve, nymphe et adulte) ont des morphologies différentes, adaptées à leurs modes de vie : aquatique pour les stades pré-imaginaux (stades non adultes), et aérien pour le stade imaginal (Adulte) (**Berrah et Ahcene, 2016**).

Les *Culicidae*s sont caractérisées par des ailes recouvertes d'écailles. Les adultes sont pourvus d'une trompe, d'une taille égale à celle de la tête et du thorax combinés ; leurs antennes sont longues et fines. Les moustiques occupent une place importante dans la faune terrestre, d'une part, comme dans la faune aquatique, d'autre part (in **Maifi et Sakher, 2018**).

La lutte contre les maladies transmises par leurs piqûres, font de cette famille un matériel d'étude important pour les biologistes (in **Maifi et Sakher, 2018**).

La plupart des moustiques se déplacent peu (quelques centaines de mètres), alors que certains sont très mobiles (jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres). Enfin, certaines espèces ne produisent qu'une génération annuelle, alors que d'autres sont beaucoup plus prolifiques (plus de dix générations par an) (**Muriel, 2005**).

2. Présentation de *Culex pipiens*

Le genre *Culex* est le plus grand et important genre de moustiques, qui comprend 800 espèces (**Resseguier, 2011**). *Culex pipiens* nommé maringouin, moustique domestique aussi bien moustique commun, appartient à la classe des Insectes, de l'embranchement des *Arthropodes*. Il possède trois paires d'appendices locomoteurs. Il appartient à l'ordre des *Diptères*, qui comme leur nom l'indique regroupe des insectes qui ne possèdent qu'une paire d'aile. Leur corps est élancé et ils possèdent de longues antennes à plus de six articles et leurs pattes sont fines et longues (**Aouati, 2016**).

Ces moustiques sont dulçaquicoles, c'est-à-dire que les gîtes pré-imaginaux (œufs, larves et nymphes) sont en eaux douces et saumâtres : ce sont de petits gîtes naturels (fossés,

mares, flaques d'eau) ou artificiels (bassins, réservoirs, récipients, vieux pneus remplis d'eau de pluie, situés en général à proximité des habitations). Les adultes sont dits casaniers, c'est-à-dire qu'ils s'éloignent peu des gîtes larvaires. En moyenne, ils peuvent parcourir de 500 à 1000 mètres, avec une vitesse de vol de 500 à 800 mètres à l'heure. On ne trouve, en règle générale, qu'une seule espèce de *Culex* par biotope, mais il peut arriver que plusieurs espèces cohabitent : *Culex pipiens* est fréquemment rencontré avec *Culiseta annulata* et *Culiseta longiareolata* (**Resseguier, 2011**).

II. Biotope

Culex pipiens est présente dans toutes les régions zoo-géographiques, et est capable de se développer dans toutes les régions du globe, excepté celles où il règne un froid trop important comme l'Antarctique. Il va des tropiques aux régions tempérées fraîches (**Hatem et al., 2018**).

La capacité de *Culex pipiens* à s'adapter à tous les biotopes lui permet d'être vecteur de plusieurs agents pathogènes responsables de maladies infectieuses (**Aouati, 2016**). Leur développement sera favorisé lors de fortes températures, associées à des taux d'humidité élevés ; la période de l'année correspondante est l'été, mais aussi l'automne dans une plus faible mesure (**Resseguier, 2011**).

III. Position systématique

La première position systématique de moustiques *Culex pipiens* a été proposée par Linné (1758) et elle s'est modifiée au cours du temps (**Tableau 02**).

Tableau 02 : Position systématique de *Cx. pipiens* (**Benserradj, 2014**) (modifié).

Classification	Dénomination	Signification
Règne	<i>Animalia</i>	Etre vivant hétérotrophe (se nourrissant de matière organique).
Sous règne	<i>Metazoa</i>	Organisme eucaryote pluricellulaire.
Embranchement	<i>Arthropoda</i>	Corps segmenté (métamère) pourvu d'un squelette externe (cuticule).
Sous-embranch	<i>Hexapoda</i>	Possèdent trois paires de pattes articulées.
Classe	<i>Insecta</i>	Corps composé de trois parties (tête, thorax, abdomen) et d'une paire d'antennes.
Ordre	<i>Diptera</i>	Une seule paire d'aile assure la fonction de vol.
Famille	<i>Culicidae</i>	
Sous famille	<i>Culicinae</i>	
Genre	<i>Culex</i>	
Espèce	<i>Culex pipiens</i>	

IV. Cycle de développement de moustiques

Les moustiques sont des insectes à métamorphose complète, c'est-à-dire que les larves sont très différentes des adultes. Contrairement à la femelle, le mâle ne prend pas de repas sanguin, qui est indispensable pour porter les œufs à maturité. Cela lui est possible grâce à des pièces buccales adaptées (**Muriel, 2005**). 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 (**Bouderhem, 2015**).

Les œufs sont pondus dans l'eau, claire en général, mais on en trouve également dans les eaux polluées avec des matières organiques, qui permettront aux larves de se nourrir. Ils sont déposés en paquets formant une nacelle, qui flotte sur l'eau. L'éclosion se produit au

bout de 48h après la ponte, en donnant des larves. Ces dernières ont un mode de vie exclusivement aquatique et elles subiront 3 mues. Au cours de ces mues, la tête de la larve va grossir de façon spectaculaire (+ 50% à chaque mue) (Muriel, 2005), Au bout de 8 à 12 jours, selon la température de l'eau et la disponibilité en nourriture, la quatrième mue donne naissance à une nymphe: c'est la nymphose. A la fin de ce stade, la nymphe s'étire, se tégument, se fend dorsalement et très lentement, le moustique adulte (imago) s'extirpe de l'exuvie : c'est l'émergence, qui dure environ quinze (15) minutes, au cours desquelles l'insecte se trouve exposé sans défense face à de nombreux prédateurs (Muriel, 2005).

Les premiers stades du développement représentés par les œufs, les larves et les nymphes sont aquatiques, cependant le stade adulte a une vie aérienne (Figure 03). Ils effectuent cette métamorphose complète entre 5 jours et 90 jours en fonction des conditions environnementales (Aouati, 2016).

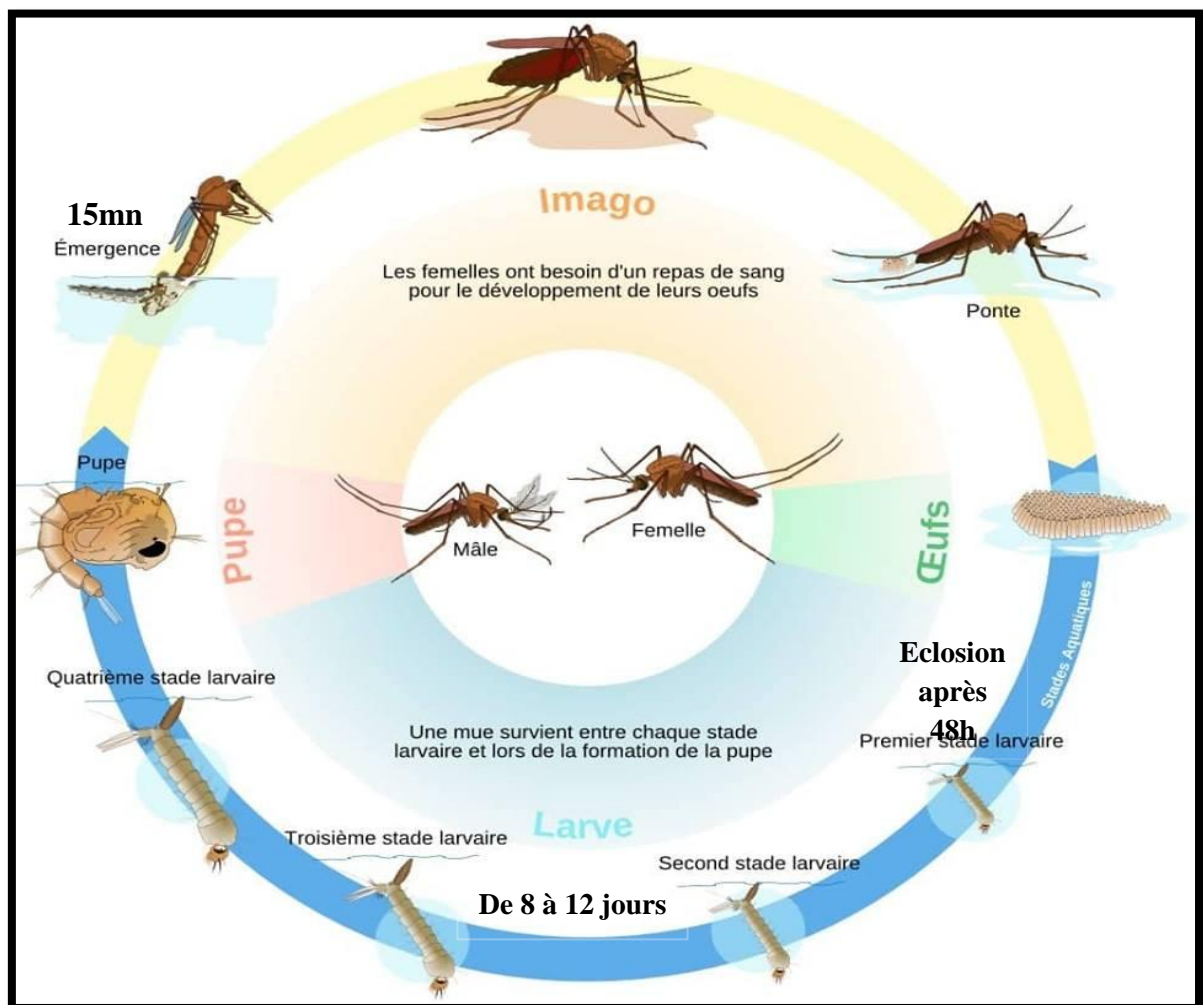


Figure 03 : Cycle de vie *Culex pipiens* (Jolivet, 1980) Modifié par (Boutaba, Hadj Said et Gherieb).

1. Œuf

Les œufs sont pondus habituellement à la surface de l'eau (**Figure 04**), regroupés dans des masses ayant la forme de nacelle (**Figure 05**) (**Aouati, 2016**). Cette nacelle mesure 3-4 mm de long et 2-3 mm de large (**Muriel, 2005**). C'est avec les pattes postérieures croisées, que la femelle du moustique guide ses œufs pour obtenir cette formation (**Berrah et Ahcene, 2016**). Les œufs sont blanchâtres au moment de la ponte, ils s'assombrissent dans les heures qui suivent, et sont facilement visibles à l'œil nu (**Muriel, 2005**).

Une femelle peut pondre généralement de 100 à 400 œufs qui éclosent en 24 à 48 heures lorsque la température de l'eau est suffisante (**Resseguier, 2011**).

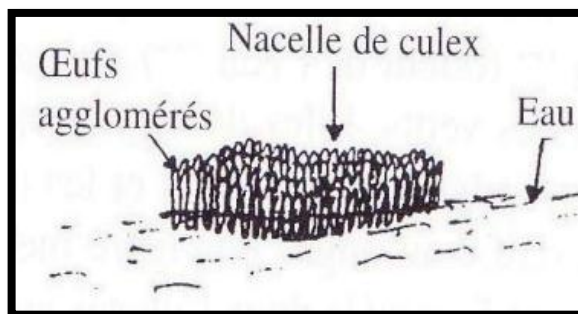


Figure 04: Œufs de *Culex pipiens* (**Resseguier, 2011**).



Figure 05: Aspect des nacelles de *Culex pipiens* (**in Benkhedim et Brik, 2018**).

2. larve

Le développement larvaire des *Culicidae*s comporte quatre stades de morphologie comparable (**Aouati, 2016**). Avec un aspect vermiforme, le corps des larves se divise en trois segments: tête, thorax trapu et dépourvu d'appendices locomoteurs et un abdomen souple. Leur taille varie de 2 à 12 mm en moyenne en fonction des stades (**Bouderhem, 2015**).

La tête porte des brosses buccales et ces pièces buccales sont de type broyeur. Latéralement, on distingue deux tâches oculaires ainsi que les deux antennes. Représenté par une masse indivise de forme légèrement globuleuse, large aplatie dorso-ventralement, le thorax est formé de trois segments soudés (Prothorax, mésothorax et métathorax) (**Figure 06**) (**Aouati, 2016**).

L'abdomen de la larve de moustique possède 10 segments : huit segments bien apparents, le neuvième pas évident, soudé au huitième et un dixième segment qui forme le segment anal (**Figure 06**) (**Aouati, 2016**).

L'extrémité caudale de la larve 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 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. La rapidité du développement des larves dépend de la quantité de nourriture contenue dans l'eau du gîte (**Figure 07**) (**Bouderhem, 2015**).

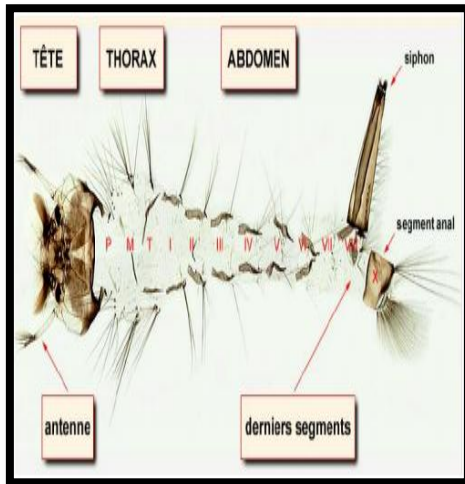


Figure 06 : Morphologie générale d'une larve du stade IV de *Culex pipiens* (**Aouati, 2016**).

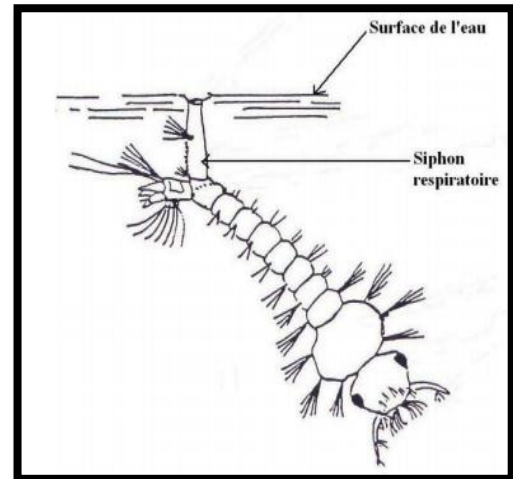


Figure 07 : Larve de *Culex pipiens* au cours de respiration (**Resseguier, 2011**).

3. Nymphe

A la fin du développement du quatrième stade, la larve devient une nymphe. La tête et le thorax chez la nymphe du moustique forment un volumineux céphalothorax, qui fait suite à un abdomen étroit recourbé de forme générale en virgule ou en point d'interrogation (**Figure 08**) (**Muriel, 2005**). C'est à ce stade que les moustiques subissent leurs dernières transformations (**Sadallah et Belkhaoui, 2016**).

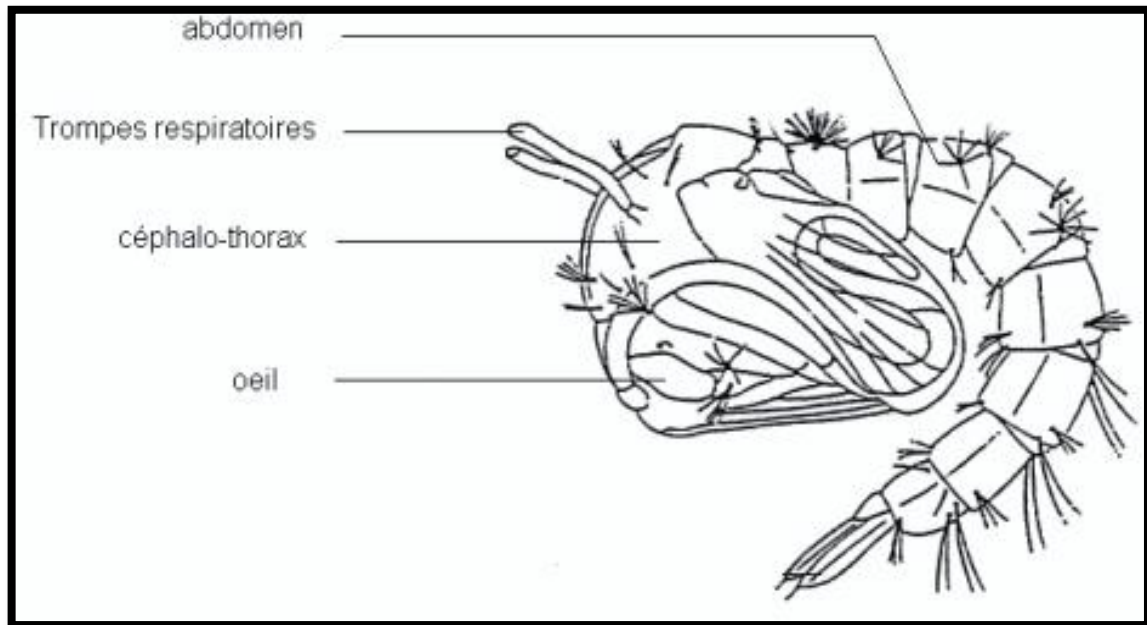


Figure 08 : La Nymphe de *Culex pipiens* (Muriel, 2005).

4. 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 (**Figure 09**) (Bouderhem, 2015). Trois parties bien distinctes composent l'adulte : la tête, le thorax et l'abdomen :

Tête : sombre, couverte d'écailles fourchues dressées et sombres entre lesquelles sont situées des écailles blanches et des poils bruns. Sur les joues se trouvent des écailles plus courtes formant une tache blanche. Les antennes sont de calibre uniforme, très spumeuses et à 15 articles chez le mâle, peu spumeuses et à 14 articles chez la femelle ; les mâles ont à la base de l'antenne un deuxième article dilaté comprenant des organes sensoriels disposés radicalement (**Figure 10**) (Muriel, 2005).

Thorax : Composé des trois segments soudés aussi comme chez la larve (le prothorax, le mésothorax et le métathorax), il porte les ailes et les pattes. Le thorax est brun recouvert d'écailles fauves foncées avec quelques écailles claires sur les côtés. Comme le corps et les pattes, les ailes sont recouvertes d'écailles fixées sur les nervures et sur le bord postérieur. Au repos, elles sont repliées sur l'abdomen. En arrière des ailes se trouvent les balanciers, qui sont de petits organes sensoriels servant au contrôle du vol (Muriel, 2005).

Abdomen : Grêle et allongé, il est composé de 9 segments, appendices courts protégeant l'anus et l'orifice génital. Il est recouvert d'écailles claires, brunes et blanches avec

de longs poils sur la face dorsale. Chez les mâles, l'abdomen se termine en une armature génitale servant à maintenir la femelle durant l'accouplement. Chez les femelles, on trouve un oviscapte qui intervient lors de la ponte (Muriel, 2005).

Chez *Culex pipiens*, les adultes ne vivent pas plus de deux à trois semaines pour les mâles, et jusqu'à trois mois pour les femelles selon la température et la qualité du gîte. Les femelles nées à l'automne peuvent survivre durant l'hiver (in Maifi et Sakher, 2018).

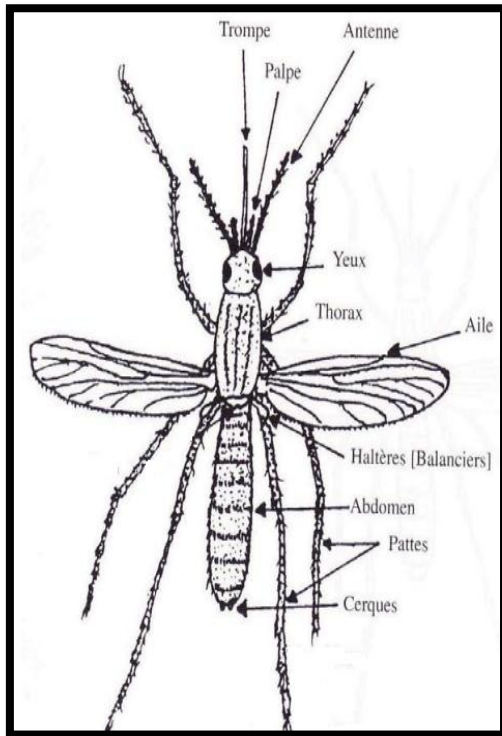


Figure 09 : Morphologie de l'adulte de *Culex pipiens* (Resseguier, 2011).

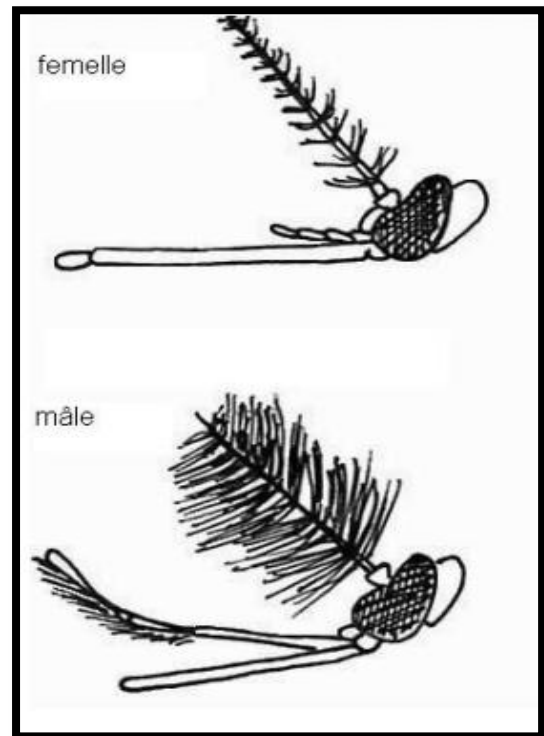


Figure 10 : Têtes de *Culex pipiens* (Muriel, 2005).

V. Reproduction/Ponte

Deux à quatre jours après leur sortie de l'eau, les moustiques partent en quête d'un partenaire sexuel. Le moustique mâle est attiré par les vibrations des ailes de la femelle en vol (200 à 400 battements par seconde), ainsi que par des phéromones sexuelles. La perception des phéromones par le mâle est rendue possible par des soies sensibles situées sur les antennes. Les battements d'ailes, quant à eux, sont perçus grâce à l'organe de Johnston, lui aussi formé de soies spéciales et situé sur les antennes. La reproduction est saisonnière, après l'accouplement, les mâles ne tardent pas à mourir. Il n'y a généralement qu'un seul accouplement au début de la vie de l'adulte, le sperme étant stocké dans les spermathèques de

la femelle où il est conservé tout au long de la vie de celle-ci. La fécondation des œufs a lieu au fur et à mesure de la ponte. Les femelles nées à l'automne ne se reproduisent pas ; elles se nourrissent de substances sucrées ce qui leur permet ensuite de survivre tout l'hiver sans s'alimenter (in **Maifi et Sakher, 2018**).

Une fois gorgée de sang, la femelle se réfugie dans un abri jusqu'au développement complet des œufs, puis elle cherche un endroit pour pondre. Le nombre d'œufs varie en fonction de la quantité de sang absorbé, les pontes autogènes étant toujours composés d'un nombre relativement réduit d'œufs. Les œufs sont déposés en nacelle à la surface de l'eau, perpendiculairement à celle-ci, et arrangés de façon à ce que la larve ait la tête en bas et émerge par le dessous de l'œuf. Une femelle peut pondre 800 à 2500 œufs répartis en pontes de 100 à 400. Les pontes ont généralement lieu au crépuscule (**Figure 11**) (in **Berkane et Boudiar, 2018**).

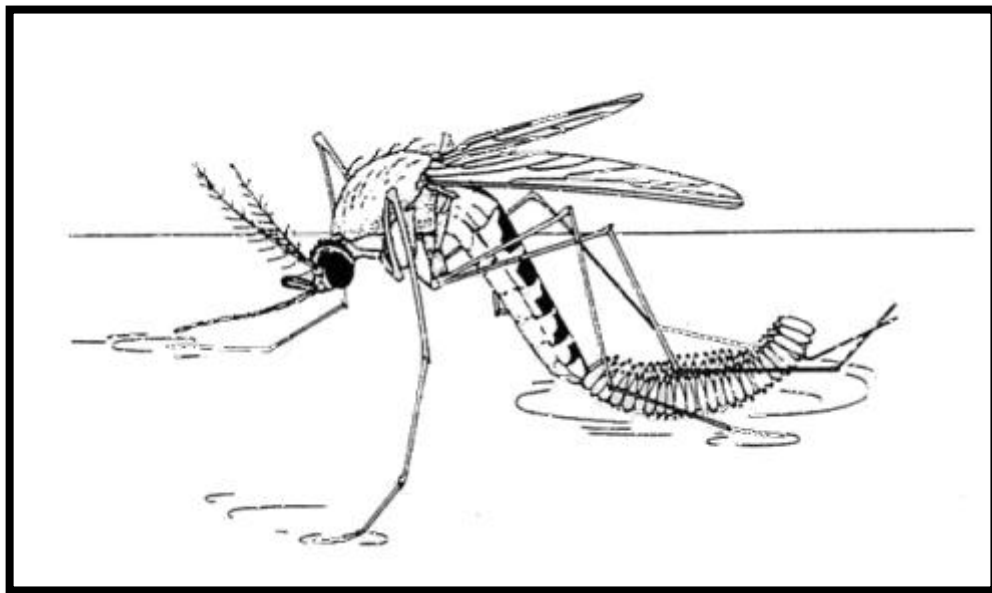


Figure 11: Femelle de *Culex pipiens* au cours de la ponte (Muriel, 2005).

VI. Recherche des hôtes

Le choix de l'hôte se fait grâce aux fonctions sensorielles du *Culex pipiens*. L'olfaction : les antennes leur permettent de percevoir des émissions odoriférantes, telles que l'acide lactique, acétone ou composés phénoliques, et ce jusqu'à plusieurs kilomètres. Le gaz carbonique expirés joue également un rôle. La lumière attire les moustiques vers les

habitations humaines. Lorsque l'hôte est proche, les couleurs foncées (bleu sombre, noir) exercent un pouvoir attractif (in **Maifi et Sakher, 2018**).

VII. Nuisance

Les femelles sont hémaphages : elles se nourrissent du sang de vertébrés pour assurer l'apport protéique nécessaire à la maturation de leurs œufs. Certains pathogènes, ayant évolué conjointement au système moustique/vertébré piqué, peuvent être transmis, que l'on qualifie alors de vectorielle. Les moustiques constituent le groupe de vecteurs le plus important en santé publique transmettant, entre autres, le paludisme, les filaires lymphatiques, la dengue et la fièvre jaune. Au début des années 2000, une maladie vectorielle a occupé le devant de la scène scientifique et médiatique : c'est la Fièvre du Nil occidental (**Thomas, 2007**).

En Algérie, les *Culicidae* constituent les insectes piqueurs les plus nuisibles aux populations, certaines espèces peuvent transmettre des maladies infectieuses (paludisme en particulier) (**Benhissen, 2017**).

1. Piqûres

Chez l'homme et l'animal, la piqûre du moustique femelle provoque une lésion ronde de quelques mm à 2 cm de diamètre souvent prurigineuse. Des réactions allergiques à ces piqûres peuvent apparaître, dues à l'injection d'antigènes salivaires, mais pouvant aussi être dues au simple contact avec le moustique (**Muriel, 2005**).

2. Transmission des maladies

En plus de la gêne occasionnée par leurs piqures, les moustiques représentent le groupe d'*Arthropodes* ayant l'impact sanitaire et vétérinaire le plus important (**Soltani et al., 2010**). Lorsque la femelle pique l'homme ou l'animal pour son repas de sang, des microorganismes ou virus causant des maladies peuvent être transmis à l'hôte. Le paludisme (ou malaria en anglais) est une maladie provoquée par certains protozoaires comme *Plasmodium falciparum*. Ce parasite, au cycle de vie très complexe, passe une partie de sa vie dans l'homme (hôte intermédiaire) avant de terminer son cycle chez son hôte définitif, le moustique *Anopheles*. En 2008, le paludisme a causé l'infection de près de 45 millions de personnes et la mort de plus de 800 000 d'entre elles, constituant une des premières causes de mortalité mondiale (**Rodolphe, 2011**).

Les moustiques du genre *Culex* peuvent aussi transmettre des maladies telles que la filariose, certaines encéphalites et la fièvre du Nil occidental (FNO). Plus de 120 millions de personnes infectées en 2010 par la filariose et 40 millions d'entre elles sont gravement handicapées. La filariose menace également plus de 1,3 milliard de personnes dans le monde (Rodolphe, 2011).

Aujourd'hui, peu de vaccins sont disponibles pour lutter contre ces maladies, mise à part le vaccin 17-D contre la fièvre jaune. Des médicaments prophylactiques existent pour limiter l'infection par le paludisme, mais plusieurs molécules commencent à montrer leurs limites à cause du développement de mécanismes de résistance chez les parasites. Seule la lutte contre les vecteurs permet d'endiguer efficacement la transmission de ces maladies et cette lutte constitue donc un enjeu majeur de santé publique (Rodolphe, 2011). Ces nuisances, non négligeables, sont le principal moteur de la lutte anti-moustiques.

VIII. Lutte

1. Lutte physique

La base de toute lutte anti-vectorielle repose sur une gestion environnementale des populations de moustiques, qui passe tant par une modification des habitats destinée à prévenir, limiter ou supprimer les gîtes larvaires potentiels (drainage de milieux humides, traitement des eaux usées, remblai) que par une adaptation du comportement humain en vue de réduire au mieux le contact hôte-vecteur (gestion des déchets, suppression ou bâchage de récipients d'eau potentiels) (Bawin *et al.*, 2014).

2. Lutte génétique

Un contrôle génétique c'est-à-dire par une altération ou un remplacement du matériel héréditaire des moustiques, dont les accouplements ne permettront pas de descendance dans la population ciblée (Bawin *et al.*, 2014). C'est une lutte ciblée sans insecticide. Un grand nombre de mâles stériles est lâché quotidiennement à plusieurs endroits. Ces mâles stériles vont féconder les femelles sauvages. Les femelles sauvages vont pondre des œufs non viables. La population de moustiques sauvages va alors diminuer. Et le fait de maintenir des lâchers de mâles stériles fréquents va augmenter la proportion mâles stériles / mâles sauvages en faveur des mâles stériles, augmentant ainsi la probabilité de rencontres entre femelles sauvages et mâles stériles. La population de moustiques sauvages va diminuer d'autant plus. Ainsi, cette lutte n'impacte dans l'environnement seulement sur l'espèce cible et peut permettre, à terme,

son éradication si un grand nombre d'individus stérilisés est lâché sur un grand territoire sur une longue période (**Ouedraogo, 2011**).

La technique repose sur la capacité d'élever un grand nombre d'individus de l'espèce ciblée, les exposer à des radiations gamma qui induira une stérilité maximale et, ensuite, les relâcher dans le milieu (**Boyer, 2012**). Cette technique a donné de bons résultats sur les insectes à faible densité de population et en milieu isolé (**Ouedraogo, 2011**).

3. Lutte chimique

Les opérations de démoustication visent essentiellement l'imago, les produits utilisés le plus couramment sont les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates, etc... (**in Benkhedim et Brik, 2018**).

IX. La résistance aux insecticides

Les populations d'insectes résistant à des insecticides étaient combattues soit en augmentant les quantités de produit utilisées, soit en appliquant de nouvelles matières actives. L'utilisation de quantités croissantes d'insecticides représente un danger pour l'environnement (**Haubruge et Amichot, 1998**).

Plusieurs mécanismes de résistance sont observés et qui se traduisent par des modifications comportementales et biochimiques, la résistance comportementale qui permet à l'insecte d'éviter le contact avec l'insecticide. (**Ouedraogo, 2011**), et la résistance biochimique basée sur la modification du métabolisme représentée d'une part par l'augmentation de la dégradation de l'insecticide c'est-à-dire l'augmentation de l'activité des enzymes qui sont chargées de dégrader les substances toxiques (insecticides), et d'autre part d'une diminution de l'affinité vis-à-vis les sites d'action (cibles) des insecticides (**Haubruge et Amichot, 1998**).

**ÉTUDE
EXPERIMENTALE**

Matériels et méthodes



Le présent travail a pour objectif d'évaluer le potentiel larvicide de l'huile essentielle de la plante aromatique *Artemisia Herba-Alba*, à l'égard de *Culex pipiens*.

I. Matériel d'origine végétale : huile essentielle d'*Artemisia herba-alba*

L'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* nous a été fournie, prête à l'emploi, par notre promotrice Mme ZEGHIB Assia. Elle a été obtenue par hydrodistillation, à l'aide d'un appareil type Clevenger, des parties aériennes d'*A. herba-alba* récoltées de Tébessa.

II. Matériels destinés à la réalisation du test de toxicité

1. Appareillages, verrerie et autres

Le tableau **03** ci-après présente tout ce qui est nécessaire pour les essais toxicologiques.

Tableau 03 : Appareillages, verrerie et autres nécessaires pour le test de toxicité.

-Plaque chauffante	-Récipients
-Balance de précision	-Flacons en verre
-Micropipette avec embouts correspondants	-Gobelets en plastique
-Pipette plastique de 3mL	-Cage pour l'adulte
-Cristalliseur	-Ethanol absolu

2. Matériel d'origine animale : larves de *Culex pipiens*

Les larves et les nacelles de *Culex pipiens* ont été recherchées dans plusieurs régions de la wilaya de Tébessa : ville de Tébessa, Hammamet et Boukhadhra (**Figures 12, 13, 14**). Notre choix s'est porté pour un gîte larvaire au niveau de Hammamet (**Figures 13, 15**) vue sa richesse en élevage.

La collecte est faite dans des récipients. Les larves sont ensuite transvasées dans des bidons de 5 litres et transportées au laboratoire. Les larves sont déplacées dans des cristalliseurs, pour être triées selon leurs stades de développement.



Figure 12 : Gite larvaire artificiel ville de Tébessa (Photo personnelle).



Figure 13 : Gite larvaire Hammamet (Photo personnelle).



Figure 14: Gite larvaire Boukhadhra (Photo personnelle).

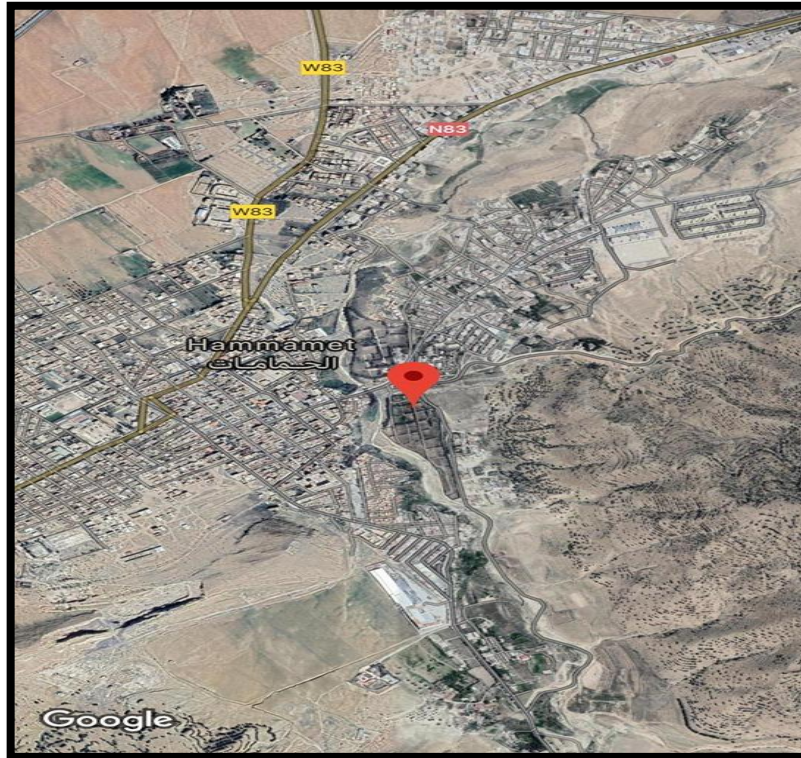


Figure 15 : Carte géographique de la région de Hammamet montrant la région du gîte larvaire (**Google earth**).

Les larves sont élevées au laboratoire dans des gobelets en plastique, contenant chacun 150 mL d'eau déchlorurée et nourries avec du mélange biscuit 75%-levure 25% (**Rehimi et Soltani, 1999**). L'eau est renouvelée chaque deux jour.

Selon leurs stades de développement, les larves sont triées en 4 catégories (stade 1, 2, 3 et 4). Elles sont différenciées de l'espèce *Culiseta longiareolata* majoritairement trouvée dans la région de Tébéssa par leurs tailles, couleurs et la forme du siphon qui est plus fin et long chez les *Cx. pipiens*. Les nacelles ainsi que les larves du stade 1, 2 et 3 sont placées autour de la plaque chauffante (**Figure 16**). Quant aux larves « stades 3 avancé et 4 nouvellement exuviées » sont éloignés de la plaque chauffante et sont prêtes pour subir le test de toxicité.

Lorsque les larves atteignent le stade nymphal, elles sont placées dans des récipients et déposées dans des cages (**Figure 17**) où elles s'y transformeront en adulte qui se nourrit de datte. L'adulte femelle a besoin de repas sanguin nécessaire pour la ponte.



Figure 16 : Nacelles et larves de *Cx. pipiens* autour de la plaque chauffante (Photo personnelle).



Figure 17 : Nymphes et adultes déposés dans la cage (Photo personnelle).

III. Méthodes d'extraction de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* par hydrodistillation

1. Protocole d'extraction

Le protocole d'extraction (**Figure 18**) de l'huile essentielle (HE) d'*A. herba-alba* par hydrodistillation, consiste à mettre 100g (ou 50g) de la matière végétale (découpée en petits morceaux) en contact de 1500 mL (ou 750 mL) d'eau distillé et porter à ébullition, à l'aide d'un hydrodistillateur type Clevenger (**Figure 19**). Après 3h d'ébullition, l'huile essentielle est récupérée dans un petit flacon fermé hermétiquement, puis placé au congélateur pour bien séparer l'huile essentielle de l'eau. Après congélation de cette dernière, l'huile essentielle est récupérée à l'aide d'une micropipette (détermination du volume) et placée dans un petit flacon hermétique pour être pesée (**in Berkane et Boudiar, 2018**).

Une fois le volume et le poids sont déterminés, le flacon contenant l'huile essentielle est couvert du papier aluminium et conservé au congélateur (**in Berkane et Boudiar, 2018**).

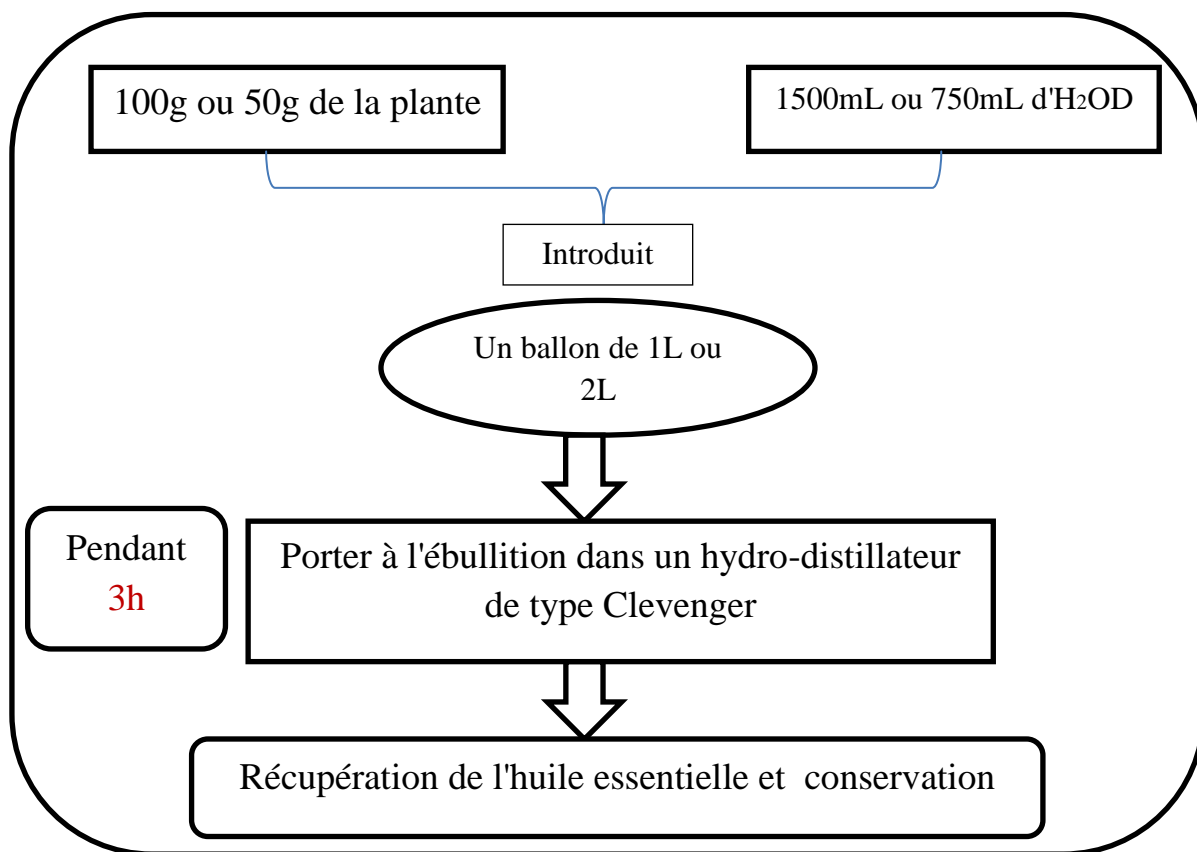


Figure 18 : Etapes d'extraction de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba*.

2. Calcul du rendement

Le pourcentage de rendement de l'huile essentielle a été calculé par la formule suivante:

$$R(\%) = M / M_0 \times 100$$

(%) : Rendement exprimé en %.

M : Poids en gramme de l'huile essentielle résultant.

M₀: Poids en gramme du matériel végétal à traiter.



Figure 19 : Montage d'hydrodistillateur type Clevenger (photo personnelle).

IV. Test de toxicité

L'effet larvicide de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* (HE-AH), a été testé à l'égard des larves du stade 4 (L4) de *Cx. Pipiens* nouvellement exuviées (**Figures 20, 21**). Sept concentrations ont été réalisées pour cette huile essentielle (HE-AH). Les concentrations préparées, sont utilisées dans les essais toxicologiques et ceci en plaçant 150 mL d'eau déchlorurée dans un gobelet en plastique auquel sont rajoutés 20 larves L4 et un millilitre de la concentration-test préparée. L'expérience a été menée avec 11 à 12 répétitions pour chaque concentration, ainsi que deux groupes témoins :

-Témoin positif : L4 en contact avec 1mL d'éthanol absolu.

-Témoin négatif : L4 seules.

Le rinçage des larves a été réalisé après 24h puis ces dernières sont déplacées dans des nouveaux gobelets contenant 150 mL d'eau déchlorurée et sont nourries toute la période de traitement. Le nombre de larves mortes a été compté après 24, 48 et 72 heures d'exposition.

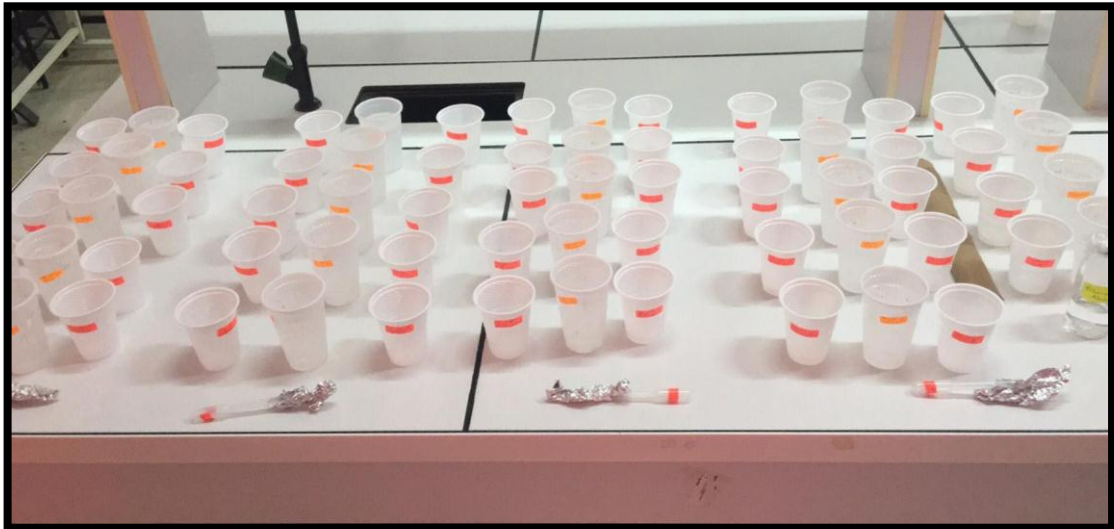


Figure 20 : Réalisation du test de toxicité des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* avec l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* (Photo personnelle).



Figure 21 : Contact des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* avec l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* (photo personnelle).

Résultats et discussion



Dans le but de connaître l'effet larvicide de l'huile essentielle de la plante *A. herba-alba*, des essais toxicologiques préliminaires sur les larves du 4ème stade de *Cx. pipiens* nouvellement exuviées ont été réalisés. Les résultats sont présentés dans l'ensemble des figures et tableaux.

I. Aspect et rendement de l'huile essentielle

L'extraction par hydrodistillation des parties aériennes d'*A. herba-alba*, a permis d'obtenir l'huile essentielle de couleur jaune et d'odeur très forte (**Figure 22**). Le rendement de l'huile essentielle obtenu par rapport au poids total de la plante sèche est de 0,99%.



Figure 22 : Huile essentielle d'*A. herba-alba*
(Photo personnelle).

L'extraction et l'obtention des huiles essentielles restent une étape très importante qui peut en agir directement sur la qualité et la quantité. L'extraction a été réalisée par hydrodistillation des parties aériennes d'*A. herba-alba* et le rendement a été calculé par rapport au poids total de la plante sèche.

Une étude faite par **Bouzi**, (2016) sur les activités biologiques de l'huile essentielle de l'armoise blanche montre que dans différentes régions en Algérie le rendement de l'HE-AH atteint un maximum de 0,95% et un minimum de 0,2%. Ainsi l'huile essentielle d'*A. herba-alba* obtenue de la région de Tébessa atteint le maximum de ces valeurs.

Une autre étude de "l'effet de la date de récolte sur le rendement et la composition chimique de l'HE-AH" montre qu'il y'a une différence du rendement des plantes récoltées en Avril, Juin et Septembre, de la même région et il est de l'ordre de 0,86 ; 1,23 et 0,56 % respectivement (**Ghanmi et al.**, 2010).

Le rendement de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* est variable suivant la date de récolte de la plante et la région géographique.

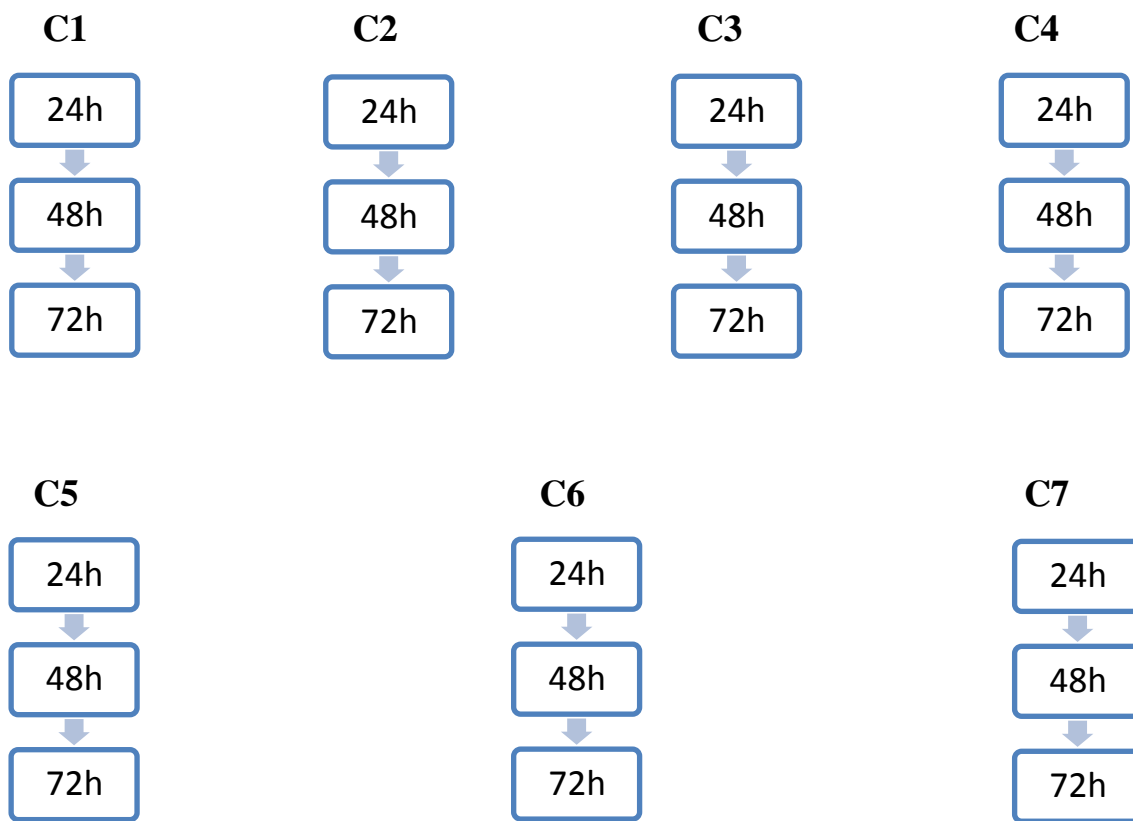
II. Test de toxicité

Les essais toxicologiques ont permis de déterminer l'efficacité de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* évaluée à partir de la mortalité de la population, à différentes périodes 24, 48 et 72 heures après traitement. La toxicité est appliquée sur les larves de *Culex pipiens* du quatrième stade nouvellement exuviées, avec différentes concentrations de l'huile essentielle d'*A. herba-alba*.

Les résultats obtenus pour les témoins positifs (L4+Ethanol absolu), ainsi, que les témoins négatifs (L4 seules), montrent un taux de mortalité inférieur à 5%.

1. Etude de l'effet de temps d'exposition (24, 48 et 72h) pour chaque concentration-test de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* (Etude horizontale)

L'étude horizontale consiste à faire la comparaison des moyennes à différents temps d'exposition (24, 48 et 72h) pour une même concentration (C) d'huile essentielle (mg/mL).



La figure ci-après, présente la variation de la moyenne du pourcentage de mortalité des larves L4 de *Culex pipiens* nouvellement exuviées, pour chaque concentration-test de l'huile essentielle durant les 3 périodes d'expositions (24, 48 et 72h).

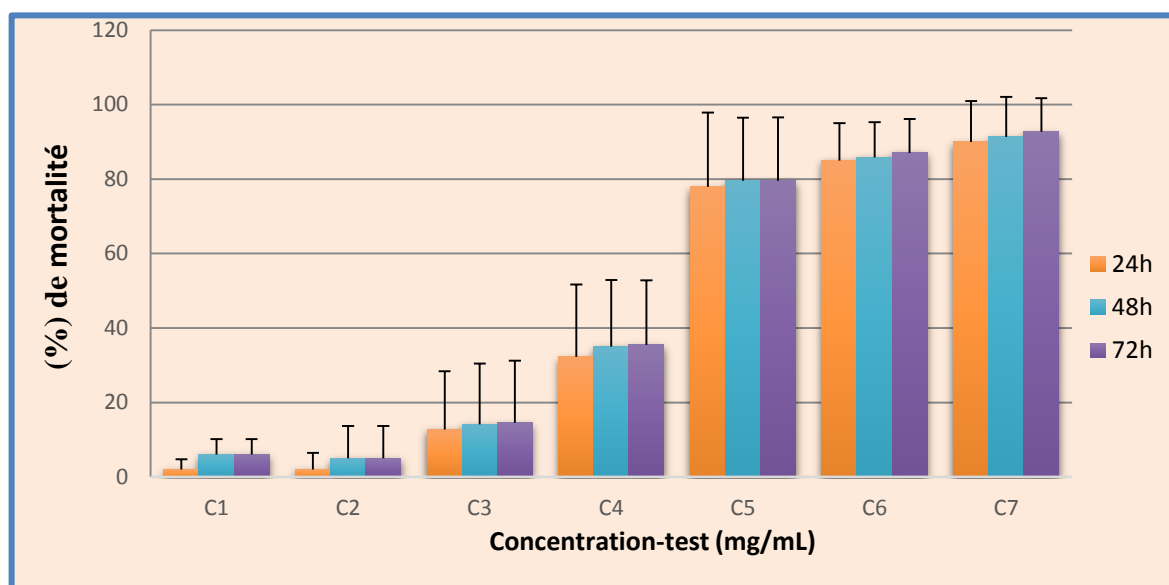


Figure 23 : Diagramme en barre présentant les pourcentages de mortalité des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens*, traitées par différentes concentrations de l'huile essentielle d'*A. herba-alba*. Comparaison des moyennes à différents temps (24,48 et 72h) pour une même concentration-test.

HE-AH C1 mg/mL

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage de mortalité des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* traitées par C1 mg/mL de l'HE-AH, est de $2 \pm 2,73$; $6 \pm 4,18$ et $6 \pm 4,18\%$ (moyenne \pm écart type) après un temps de contact de 24h, 48h et 72h respectivement.

HE-AH C2 mg/mL

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage de mortalité des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* traitées par C2 mg/mL de l'HE-AH, est de $2 \pm 4,47$; $5 \pm 8,66$ et $5 \pm 8,66\%$ après un temps de contact de 24h, 48h et 72h respectivement.

HE-AH C3 mg/mL

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage de mortalité des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* traitées par C3 mg/mL de l'HE-AH, est de

12,72±15,71 ; 14,09±16,40 et 14,54±16,65% après un temps de contact de 24h, 48h et 72h respectivement.

HE-AH C4 mg/mL

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage de mortalité des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* traitées par C4 mg/mL de l'HE-AH, est de 32,27±19,41; 35±17,88 et 35,45±17,38% après un temps de contact de 24h, 48h et 72h respectivement.

HE-AH C5 mg/mL

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage de mortalité des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* traitées par C5 mg/mL de l'HE-AH, est de 77,91±19,95; 79,58±16,93 et 79,58±16,93% après un temps de contact de 24h, 48h et 72h respectivement.

HE-AH C6 mg/mL

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage de mortalité des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* traitées par C6 mg/mL de l'HE-AH, est de 85±10; 85,83±9,5 et 87,08±9,1% après un temps de contact de 24h, 48h et 72h respectivement.

HE-AH C7 mg/mL

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage de mortalité des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* traitées par C7 mg/mL de l'HE-AH, est de 90±10,95 ; 91,36±10,74 et 92,72±9,04% après un temps de contact de 24h, 48h et 72h respectivement.

Notre étude montre que " la durée d'exposition à une concentration-test de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* ", n'a aucun effet sur le taux de mortalité des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens*. Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par l'étude de l'activité larvicide de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* sur le même type de larves montrant, également, l'absence de tel effet pour les trois concentrations-test étudiées (Berkane et Boudiar, 2018).

2. Etude de l'effet des différentes concentrations-test de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* au cours de chaque temps d'exposition (Etude verticale)

L'étude verticale consiste à faire une comparaison des moyennes pour une même période de temps entre les différentes concentrations-test d'huile essentielle (mg/mL) (Figure24).

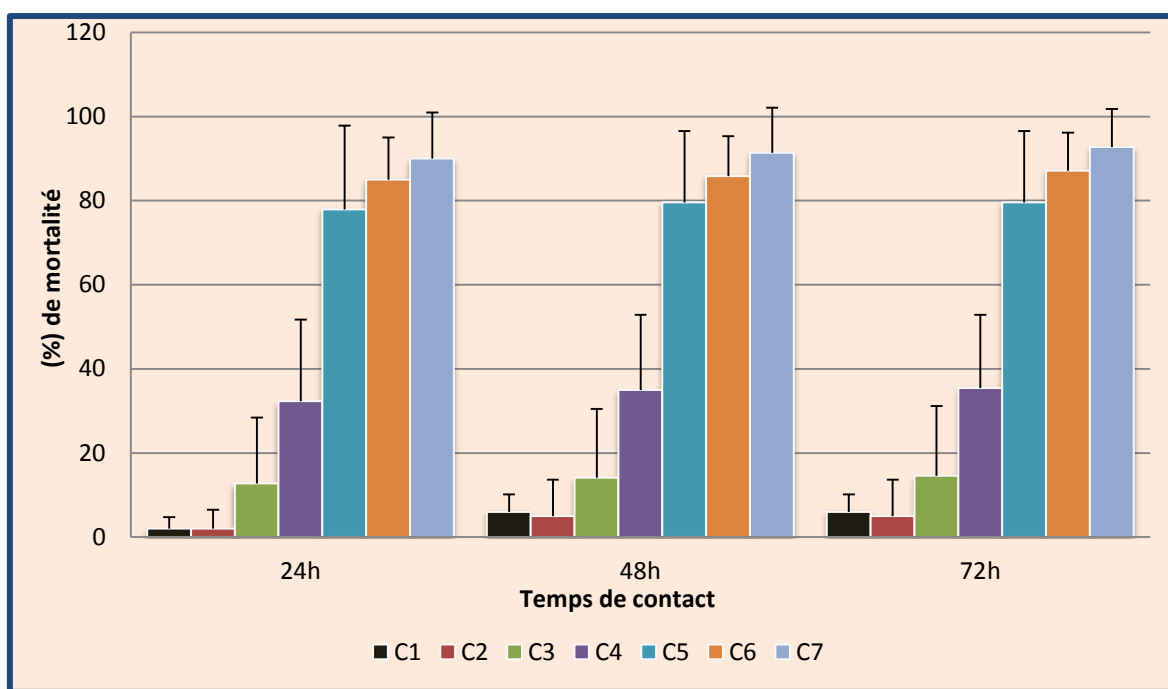
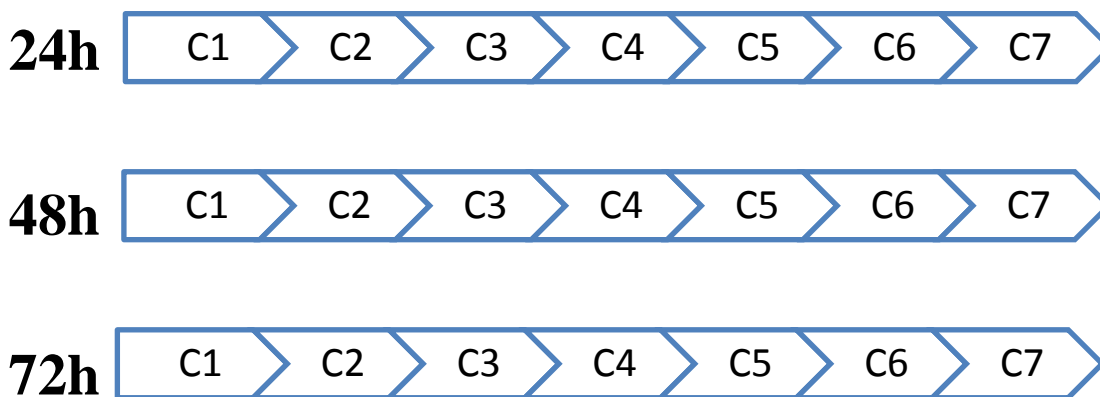


Figure 24 : Diagramme en barre présentant les effets des différentes concentrations de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* à l'égard des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* à différentes périodes (24,48 et72h). Comparaison des moyennes pour un même temps entre les différentes concentrations-test de l'huile essentielle.

Période de 24h

Après traitement des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* par l'HE-AH avec les différentes concentrations-test, les résultats obtenus montrent que le pourcentage de mortalité le plus élevé est présenté par la concentration la plus élevée, C7 mg/mL, est de l'ordre de $90 \pm 10.95\%$ (moyenne \pm écart type) et les plus faibles taux de mortalité sont présentés par les concentrations les plus faibles C1 et C2 mg/mL et qui sont de l'ordre de $2 \pm 2.73\%$ et $2 \pm 4.47\%$ respectivement.

Période de 48h

Après traitement des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* par l'HE-AH avec les différentes concentrations-test, les résultats obtenus montrent que le pourcentage de mortalité le plus élevé est présenté par la concentration la plus élevée, C7 mg/mL, qui est de l'ordre de $91.36 \pm 10.74\%$ (moyenne \pm écart type) et les plus faibles taux de mortalité sont présentés par les concentrations les plus faibles C1 et C2 mg/mL et qui sont de l'ordre de $6 \pm 4.18\%$ et $5 \pm 8.66\%$ respectivement.

Période de 72h

Après traitement des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* par l'HE-AH avec les différentes concentrations-test, les résultats obtenus montrent que le pourcentage de mortalité le plus élevé est présenté par la concentration la plus élevée, C7 mg/mL, est de l'ordre de $92.72 \pm 9.04\%$ (moyenne \pm écart type) et les plus faibles taux de mortalité sont présentés par les concentrations les plus faibles C1 et C2 mg/mL et qui sont de l'ordre de $6 \pm 4.18\%$ et $5 \pm 8.66\%$ respectivement.

Le traitement des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* par l'HE-AH avec les différentes concentrations-test, montre une relation proportionnelle entre la concentration et la mortalité pour chaque temps d'expositions.

Les résultats rapportés par l'étude de **Berkane et Boudiar (2018)**, menée sur la toxicité de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* contre *Culex pipiens*, révèlent que les pourcentages de mortalité pour les concentrations 4,7 ; 14,2 et 18,8 mg/mL sont de l'ordre de 0,5 ; 82,5 et 97% respectivement, pour une période d'exposition de 24h. Selon **Chaieb et al., (2018)**, les résultats obtenus en testant la toxicité de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* contre

Tribolium castanum, à des concentrations de 142,8 et 304,6 $\mu\text{L/L}$, sont de l'ordre de 50 et 95% respectivement, pour une période d'exposition de 24h.

Ainsi, nos résultats concordent avec les travaux antérieurs sur l'huile essentielle d'*A. herba-alba*, qui montrent que son efficacité est proportionnelle à la concentration.

Conclusion
et
Perspectives

Conclusion

Depuis toujours, l'être humain cherche à lutter contre les moustiques qui sont vecteurs de diverses maladies. Plusieurs moyens de lutte sont exploités, entre autres, l'utilisation des insecticides chimiques. Néanmoins, ces derniers ont un impact nocif sur la santé et l'environnement. Ainsi, le recours à des alternatives naturelles jouant le même rôle que les insecticides synthétiques et présentant des avantages écologiques et économiques, au vu de nombreux chercheurs, s'avère nécessaire.

L'armoise blanche « *Artemisia herba alba* » est une plante médicinale et aromatique, utilisée depuis longtemps. Elle n'est pas exploitée à l'échelle qui se doit, malgré ses effets biologiques potentiels. Notre étude est axée sur l'évaluation du potentiel larvicide de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba*, sur les larves de stade L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens*. Les résultats obtenus, montrent que l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* présente un effet larvicide "Concentration-dépendant" intéressant, sur les larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens*.

La présente étude montre l'importance d'utilisation de plantes aromatiques en général et, spécialement, *Artemisia herba-alba* dans la lutte contre les moustiques *Culex pipiens*, à cause de ses propriétés larvicides. Elle pourrait, donc, constituer une alternative moins coûteuse pour son application dans la production des bio-insecticides.

Il serait intéressant et nécessaire de poursuivre cette recherche, d'une part, en évaluant d'autres concentrations de l'huile essentielle de la plante *Artemisia herba-alba*, afin de déterminer les concentrations létales et, d'autre part, en déterminant sa composition chimique afin de cibler le(s) composé(s) responsable(s) de l'effet larvicide.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

-A-

Abou El-Hamd, H.M., Magdi, A.E., Hegazy, M.E., Soleiman, E.H., Abeer, M.E., et Naglaa, S.M. (2010): Chemical Constituents and Biological Activities of *Artemisia herba-alba*. Rec. Nat. Prod. 4:1,1-25.

Aouati A. (2016). Etude de la toxicité de certaines plantes sur les larves de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae). Thèse de doctorat, Université des frères Mentouri, Constantine.

Afnor, (1986). Huiles essentielles. Recueil de normes françaises. Edition Tec & Doc Lavoisier. 2^{ème} édition.

-B-

Bawin, T., Seye, F., Boukraa, S; Zimmer, F., et Delvigne, F. (2014): La lutte contre les moustiques (Diptera : Culicidae): diversité des approches et application du contrôle biologique. 147: 476–500.

Bechiri S et Tahar Mezedek S. (2018). Etude de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* de la région d'El Kantara (wilaya de Biskra) et de *Mentha pulegium* du foret de Mesra (wilaya de Mostaganem). Mémoire de Master, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem.

Benhissen, S., Habbachi, W., et Ouakid, M. (2017): Biodiversité et répartition des Moustiques (Diptera : Culicidae) dans les oasis de la région de Biskra (Sud-est Algerian). *Algerian journal of arid environment*. Vol. 7, 96-101.

Benkhedim B et Brik Z. (2018). Evaluation de l'effet larvicide des extraits apolaires de *Rosmarinus officinalis* à l'égard de *Culex pipiens*. Mémoire de Master, Université Larbi Tébessi, Tébessa.

Benserradj O. (2014). Evaluation de *Metarhizium anisopliae* à titre d'agent de lutte biologique contre les larves de moustiques. Thés de Doctorat, Université Constantine 1.

Berkane Z et Boudiar N. (2018). Evaluation de l'effet larvicide des extraits apolaires et de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* à l'égard de *Culex pipiens*. Mémoire de Master, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem.

Berrah F et Ahcene H. (2016). Etude préliminaire de l'effet larvicide d'une plante du genre *Rosmarinus* à l'égard de *Culex pipiens*. Mémoire de Master, Université Larbi Tébessi, Tébessa.

Belhattab, R., Amor, L., Barroso, J.G., Pedro, L.G., et Figueiredo, A.C. (2014): Essential oil from *Artemisia herba-alba* Asso grown wild in Algeria: Variability assessment and comparison with an updated literature survey. *Arabian Journal of Chemistry*, 7, 243-251.

Bouhekrit M. (2018). Etude de la composition chimique et de l'activité biologique des huiles essentielles de deux apiaceae *Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol. Et *Margotia gummifera* (Desf.) Lange. Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas, Sétif 1.

Bouchenak, F., Degaichia, H., Lamgharbi, A., et Benrebiha, F. (2018): Evaluation In Vitro du Potentiel Antifongique de l'huile essentielle et des extraits méthanoliques d'une *Asteraceae*, *Artemisia Absinthium* L. *Revue Agrobiologia* 8(1): 886-895.

Bouderhem A. (2015). Effet des huiles essentielles de la plante *Laurus nobilis* sur l'aspect Toxicologique et morphométrique des larves des moustiques (*Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*). Mémoire de Master, Université Echahid Hamma Lakhdar, El-Oued.

Bourgou, S., Tammar, S., Salem, N., Mkadmini, Kh., et Msaada, M. (2015): Phenolic Composition, Essential Oil and Antioxidant Activity in the Aerial Part of *Artemisia herba-alba* From Several Provenances: A Comparative Study, *International Journal of Food Properties*, DOI: 10.1080/10942912.2015.1040495.

Bouzi N. (2016). Etude des activités biologiques de l'huile essentielle de l'armoise blanche « *Artemisia herba alba* Asso ». Thèse de Doctorat, Université Mustapha Stamboulide, Mascara.

Boyer S. (2012). La technique de l'insecte stérile : une lutte ciblée sans insecticide. *Med Trop* 2012 ; 72 : 60-62.

-C-

Chaieb, I., Ben Hamouda, A., Tayeb, W., Zarrad, K., Thameur Bouslema, T., et Laarif, A. (2018): The Tunisian *Artemisia* Essential Oil for Reducing Contamination of Stored Cereals by *Tribolium castaneum*. doi: 10.17113/ftb.56.02.18.5414

-D-

Dob, T. et Benabdelkader, T. (2011): Chemical Composition of the Essential Oil of *Artemisia herba-alba* Asso Grown in Algeria, Journal of Essential Oil Research, 18:6, 685-690.

-G-

Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Isamili, M.R., Houti, H., El Monfalouti, H., Benchakroun, K.H., Aberchane, M., Harki, L., Boukir, A., Chaouch, A., et Charrouf, Z. (2010): Effet de la date de récolte sur le rendement, la composition chimique et la bioactivité des huiles essentielles de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) de la région de Guerçif (Maroc oriental). Phytothérapie 8: 295–301.

-H-

Hatem, A.M.I., S.G. Sawires., et A.F. Hamza. (2018): Morphological characterization and distribution of antennal sensilla of irradiated female mosquito, *Culex pipiens* (Diptera : Culicidae) with gamma radiation. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2018.03.005>.

Haubruge E et Amichot M, (1998). Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2 (3), 161–174.

Heleili, N., Merradi, M., Oucheriah, Y., Belkadi, S., Ayachi, A., et Adjroud, I. (2018): Antimicrobial activity of essential oil of *Artemisia herba alba* Asso from Eastern Algeria. Vol. 12, No. 5, p. 361-366.

-J-

Jolivet (1980). Les insectes et l'homme. PUF, collect. Que sais-je, 128 PP.

-K-

khireddine, H. (2012). Comprimés de poudre de dattes comme support universel des principes actifs de quelques plantes médicinales d'Algérie. Mémoire de Magister, Université M'Hamed Bougara, Boumerdes.

-M-

Maifi A et Sakher S. (2018). Evaluation de l'effet larvicide de l'extrait hydro-alcoolique et de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* à l'égard de *Culex pipiens*. Mémoire de Master, Université de Larbi Tébessi, Tébessa.

Mansour S. (2015). Evaluation de l'effet anti inflammatoire de trois plantes médicinales : *Artemisia absinthium L*, *Artemisia herba alba* Asso et *Hypericum scarboides*- Etude in vivo. Thèse de Doctorat, Université Mohamed Boudiaf, Oran.

Messai L. (2011). Etude phytochimique d'une plante médicinale de l'est Algérien (*Artemisia herba alba*). Thèse de doctorat, Université Mentouri, Constantine.

Muriel, G. (2005). Évaluation in vitro de l'efficacité du fipronil sur *Culex pipiens pipiens*. Thèse de doctorat, Ecole national de vétérinaire, Toulouse.

-O-

Ouedraogo D.A. (2011). Lutte bio-écologique contre *Culex Pipiens quinquefasciatus* en milieu urbain au Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso.

-R-

Resseguier P. (2011). Contribution à l'étude du repas sanguins du *Culex pipiens*. Thèse de doctorat, Université Paul-Sabatier, Toulouse.

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.

Rodolphe P. (2011). Interactions gènes-environnement chez les moustiques et leur impact sur la résistance aux insecticides. Thèse de doctorat, Université de Grenoble, France.

-S-

Sadallah N et Belkhaoui A. (2016). Étude Biométrique sur des larves de *Culex pipiens* Exposées aux Extraits Des plantes. Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri, Constantine.

Sharifian, I., Hashemi, S.M., Aghaei, M., et Alizadeh, M. (2012): Insecticidal activity of essential oil of *Artemisia herba-alba* Asso against three stored product beetles. *Biharean biologiste* 6 (2): pp.90-93.

Soltani, N.S., Larhhem A.B., et Boudjelida, H. (2010): Lutte chimique contre le moustique: évaluation d'un insecticide sélectif à l'égard des larves de *Culex pipiens*. Article. O. Himmi (Ed.). Actes de la CIFE VI, Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat, 47, 177-182.

-T-

Taştekin, D., Atasever, M., Adigüzel, G., Keleş, M., et Taştekin, A. (2006) : Hypoglycaemic Effect Of *Artemisia Herba-Alba* In Experimental Hyperglycaemic Rats. *Bull Vet Inst Pulawy* 50, 235-238.

Thomas B. (2007). Les moustiques vecteurs de la Fièvre du Nil occidental en Camargue. *Insecte* 146, 13-17.

Toral y Caro M.G. (2005). Evaluation in vitro de l'efficacité de Fipronil sur *Culex pipiens*. Thèse de doctorat, Université Paul-Sabatier, Toulouse.

-Z-

Zaim, A., El Ghadraoui, L., et Farah, A. (2012): Effets des huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* sur la survie des criquets adultes d'*Euchorthippus albolineatus* (Lucas, 1849). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 34 (2), p. 127-133.

Webographies

https://fr.wikipedia.org/wiki/Armoise_herbe_blanche.

<https://www.google.com/intl/fr/earth/>.

