



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Larbi Tébessi- TEBESSA

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie Appliquée

MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie Appliquée

THEME :

Etude bibliographique de l'effet larvicide de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* à l'égard de *Culex pipiens* : Morphométrie

Présenté par :

M^{elle} DJAALALI Saida

M^{elle} BAYOUD Hadria

Devant le jury :

M ^{me} FERHI Selma	MCB	Université de Tébessa	Présidente
M ^{me} ZEGHIB Assia	MCA	Université de Tébessa	Promotrice
M ^{me} HAMIRI Manel	MAA	Université de Tébessa	Examinatrice

Date de soutenance : 24 juin 2020

Note :.....

Mention :.....



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Larbi Tébessi- TEBESSA

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie Appliquée

MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie Appliquée

THEME :

Etude bibliographique de l'effet larvicide de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* à l'égard de *Culex pipiens* : Morphométrie

Présenté par :

M^{elle} DJAALALI Saida

M^{elle} BAYOUD Hadria

Devant le jury :

M ^{me} FERHI Selma	MCB	Université de Tébessa	Présidente
M ^{me} ZEGHIB Assia	MCA	Université de Tébessa	Promotrice
M ^{me} HAMIRI Manel	MAA	Université de Tébessa	Examinatrice

Date de soutenance : 24 juin 2020

Note :

Mention :

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Etude bibliographique de l'effet larvicide de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* à l'égard de *Culex pipiens* : Morphométrie

Résumé :

Cette présente étude a pour but de déterminer l'activité larvicide (aspect morphométrique) d'huile essentielle d'*Artemisia campestris* à l'égard d'une espèce de moustique, la plus abondante dans la région de Tébessa, *Culex pipiens*.

L'aspect morphométrique de *Culex pipiens*, a pu mettre en évidence une augmentation significative du volume corporel et une diminution du poids corporel des individus au cours des stades de développement.

Les modifications morphométriques probables, incluent l'altération de croissance pondérale en réduisant le poids corporel, et/ou l'altération de croissance linéaire, traduite par une diminution de la largeur du thorax et du volume corporel chez les larves 4 de *Culex pipiens*.

Mots clés : *Culex pipiens*, *Artemisia campestris*, Huile essentielle, Morphométrie, larvicide.

**Bibliographic study of larvicidal activity of essential oil of *Artemisia campestris*
against *Culex pipiens*: Morphometry**

Abstract:

The present study was undertaken in order to determine the larvicidal activity of essential oil of *Artemisia campestris* against the most abundant mosquito species in Tebessa region, *Culex pipiens* (morphometric aspect).

The morphometric aspect of *Culex pipiens*, could highlight a significant increase in body volume and a decrease in body weight of individuals during the stages of development.

Probable morphometric changes, alteration in body weight and body growth, and / or alteration in linear growth, reflected by a decrease in chest width and body volume in *Culex pipiens* 4 larvae.

Keywords: *Culex pipiens*, *Artemisia campestris*, Essential oils, Morphometry, larvicide.

دراسة تأثير الزيت الأساسي لنبتة *Artemisia campestris* على يرقات *Culex pipiens*

(الجانب المرفوقياسي)

الملخص :

تهدف هذه الدراسة الحالية إلى تقييم تأثير الزيت الأساسي المستخلص من نبتة *Artemisia campestris* على نشاط يرقات *Culex pipiens* واحد من أكثر أنواع البعوض السائدة في منطقة تبسة، وهذا فيما يتعلق بالجانب المرفوقياسي. يتمثل الجانب المرفوقياسي (*Culex pipiens*) خلال المراحل المختلفة للنمو في زيادة كبيرة في حجم الجسم وانخفاض في وزن الجسم للأفراد. تغييرات الجانب القياسي المحتملة، فيما يخص النمو هي تناقص وزن الجسم، و/أو انخفاض عرض الصدر وحجم الجسم عند يرقات الطور 4 (*Culex pipiens*).

الكلمات المفتاحية: *Culex pipiens*, *Artemisia campestris*, الزيت الاساسي, الجانب المرفوقياسي, مييد اليرقات.

DÉDICACES

JE TIENS À DÉDIER CE MÉMOIRE :

À mes Chers parents, je n'aurai jamais assez de mots pour les remercier des lourds sacrifices qu'ils ont consentis et du soutien qu'ils m'ont toujours accordé.

À mes chers frères Mehdi, Aymen et Zakaria

À mes chères sœurs Karima, Soumaya et Aziza

Aux chers petits, Rayen et Sadja

A ma chère binôme, Hadria

À toute ma famille

À Tous mes professeurs durant tout le cursus de mes études

Cordialement

Djaalali Saida

DÉDICACES

Je dédie ce travail :

À ceux qui m'ont aimé et protégé toute ma vie, mes Chers parents,

c'est grâce à vous que j'ai atteint ce stade dans ma vie,

*À mes chers frères **Salim, Mohammed, Abd-nacer** pour leurs soutiens*

tout au long de mon cursus,

*À mes chères sœurs **Mounia et Sonia***

*À ma chère binôme **Saida***

À mes amies de tous le temps et mes collègues de promotion

À tous mes chers, impossible à compter, impossible à citer...c'est

grâce à vous que je réussie encore et encore

Bayoud Hadria

REMERCIEMENT

Nos remerciements les plus sincères et les plus chaleureux s'adressent :

À DIEU, le tout puissant qui nous a donné la force et la volonté d'élaborer ce travail,

À nos Chers Parents qui nous ont aidé et encouragé tout au long de notre vie, que Dieu nous les garde,

À M^{me} ZEGHIB Assia (MCA au Département de Biologie Appliquée, Université de Tébessa) : tout au long de ce travail votre rigueur scientifique sont connus par tous; veuillez trouver dans cet ouvrage l'expression de nos remerciements et nos respects,

À M^{me} FERHI Selma (MCB au Département de Biologie Appliquée, Université de Tébessa) : vous nous faites un grand honneur en acceptant de présider ce jury.

À M^{me} HAMIRI Manel, (MAA, au département de Biologie Appliquée, Université de Tébessa) : nous vous exprimons toute notre considération et nos sincères gratitude pour avoir accepté la charge d'être examinatrice de ce mémoire.

Nos sincères remerciements à tous les enseignants du département de Biologie, université de Tébessa.

Grand Merci

Djaalali Saida & Bayoud Hadri

Liste des tableaux

N°	TITRE	PAGE
1	La composition chimique d' <i>Artemisia campestris</i>	16
2	Les composés majoritaires d'huile essentielle d' <i>Artemisia campestris</i>	21
3	Comparaison de rendement d'HE d' <i>Artemisia campestris</i>	22
4	Poids (mg) d'un individu chez les larves L4, pupes et les adultes mâles et femelles chez <i>Cx. pipiens</i>	30
5	Poids moyen (mg) des individus nouvellement exuviés des différents stades de <i>Culex pipiens</i>	30
6	Volume corporel (mm ³) des larves L4, pupes et des adultes mâles et femelles des espèces inventoriées	31

Liste des figures

N°	TITRE	PAGE
01	Cycle de développement de <i>Culex pipiens</i>	05
02	Morphologie des œufs de <i>Culex pipiens</i>	06
03	Larve de <i>Culex pipiens</i>	07
04	Morphologie générale de la Nymphe de <i>Culex pipiens</i>	09
05	Imago de <i>Culex pipiens</i>	10
06	Image de l'espèce <i>Artemisia campestris</i> L	13
07	L'espèce <i>Artemisia campestris</i> L	15
08	Quelques organes sécréteurs d'huiles essentielles	17
09	Les différents constituants d'huiles essentielles	17
10	Monoterpènes présents dans l'huile essentielle d' <i>Artemisia campestris</i>	18
11	Sesquiterpènes présents dans l'huile essentielle d' <i>Artemisia campestris</i>	18
12	Quelques composés aromatiques isolés d' <i>Artemisia campestris</i>	19
13	Montage d'hydrodistillation (Clevenger)	21
14	Huile essentielle d' <i>Artemisia campestris</i>	22
15	Exemples des poissons prédateurs	24
16	Évolution du poids (mg) des larves 4 et des adultes mâles et femelles chez quelques espèces de moustiques	29
17	Évolution du volume corporel (mm ³) des larves 4 et des adultes mâles et femelles chez quelques espèces de moustiques	31

Liste des abréviations

❖ Unité

°C	Degré Celsius
cm	Centimètre
cm/h	millimètre
H, h	Heure
mg	Milligramme
mL	Millilitre
mm ³	millimètre carré
%	Pourcentage

❖ Divers

<i>A. campestris</i>	<i>Artemisia campestris</i>
<i>Cx. pipiens</i>	<i>Culex pipiens</i>
DL50	Dose létale de 50% de la population
Eq	Extrait aqueux
HE(s)	Huile(s) Essentielle(s)
HE-AC	Huile Essentielle d' <i>Artemisia campestris</i>
L4	Larve du quatrième stade
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
R%	Rendement

Table des matières

TITRE	PAGE
Résumé	
Dédicaces	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	01
Chapitre I : Biologie de <i>Culex pipiens</i>	
I. Présentation de la famille des <i>Culicidae</i>	03
II. Présentation de l'espèce <i>Culex Pipiens</i>	03
II.1. Position systématique	03
II.2. Bio-écologie	04
II.3. Cycle de développement et stades morphologiques de <i>Culex pipiens</i>	04
II.3.1. Œuf	05
II.3.2. Larve	06
II.3.2.1. Morphologie larvaire	07
II.3.3. Nympe	09
II.3.4. Adulte.	09
II.4. Facteurs de développement	10
II.5. Etiologie	11
Chapitre II : Biologie d'<i>Artemisia campestris</i>	
I. Présentation de la famille des <i>Astéraceae</i>	13
II.1. Présentation du genre <i>Artemisia campestris</i>	13
II.1. Etude botanique	14
II.1.1. Systématique botanique	14
II.1.2. Noms vernaculaires	14
II.1.3. Description botanique	14
II.1.4. Habitats et répartition géographique	15
II.1.5. Domaines d'application	15
II.2. Etude phytochimique d' <i>Artemisia campestris</i>	16
II.2.1. Composition chimique	16

Table des matières

II.2.2. Les Huiles Essentielles	16
II.2.2.1. Définition des huiles essentielles	16
II.2.2.2. Répartition botanique des huiles essentielles	16
II.2.2.3. Composition chimiques des huiles essentielles	17
II.2.2.4. Mode d'action des huiles essentielles	19
II.2.2.5. Procédés d'extraction des huiles essentielles	19
II.2.2.6. Activité insecticide des huiles essentielles	20
II.2.2.7. Huile essentielle d' <i>Artemisia campestris</i>	20
II.2.2.7.1. Composition chimique d' <i>Artemisia campestris</i>	20
II.2.2.7.2. Rendement d'extraction de l'huile essentielle d' <i>Artemisia campestris</i>	21
	22
Chapitre III : Lutte biologique contre les insectes	
Lutte biologique	23
1. Méthodes de lutte biologique	23
1.1. Poissons prédateurs	23
1.2. Lutte microbiologique	24
1.2.1. Bactéries	24
1.2.2. Virus	25
1.2.3. Nématodes	26
1.3. Lutte par les plantes médicinales	27
1.3.1. Source de potentiel insecticide chez les plantes	27
1.3.2. Action des biocides végétaux à l'égard des moustiques	27
Chapitre IV : Effet larvicide de l'huile essentielle d'<i>Artemisia campestris</i> à l'égard de <i>Culex pipiens</i> : Morphométrie	
I. Caractérisation morphométrique de <i>Culex pipiens</i>	29
II. Altération de la croissance et le développement chez les insectes	32
Conclusion et Perspectives	
	34
Références Bibliographiques	
	35

Introduction

Introduction

Les moustiques ont toujours été considérés comme source de nuisance pour l'Homme, principalement, en raison du fait qu'ils peuvent être des vecteurs de maladies. Les Diptères du genre *Culex* sont des agents nuisant et des vecteurs compétents pour plusieurs agents pathogènes affectant l'Homme et les animaux, tel est le cas du virus du Nil occidental et de la fièvre hémorragique de la Vallée du Rift (flavivirus) en Afrique (**Gargan *et al.*, 1983, Moutailler *et al.*, 2008, Krida *et al.*, 2011, Reusken *et al.*, 2011**).

Culex pipiens est l'un des principaux vecteurs de l'encéphalite de Saint-Louis aux États-Unis (**Savage *et al.*, 1999**). Il a été considéré aussi comme le principal vecteur du virus West- Nile en Roumanie (**Savage *et al.*, 1999**), aux États-Unis (**Palmisano *et al.*, 2005**), en Bulgarie et en République tchèque (**Hubalek et Halouzka, 1999**). Le Maroc a été touché en 1996 et en 2003 (**El Harrack *et al.*, 1997**). En Algérie, le virus West-Nile a provoqué une épidémie importante dans la région de Timimoune en 1994, des cas isolés d'encéphalite chez l'Homme avec des cas mortels (**Guenno *et al.*, 1996, Zientara *et al.*, 2001**).

Les traitements préventifs et curatifs sont rares pour les maladies vectorielles, la lutte repose, donc, essentiellement sur le contrôle du vecteur. La meilleure prévention consiste à utiliser des produits répulsifs ou insecticides. Toutefois, devant les problèmes engendrés par l'utilisation des insecticides de synthèse dans la lutte antivectorielle (pollution environnementale, résistance, impact sur la santé humaine...), la communauté scientifique se voit obligée d'orienter ses recherches vers de nouvelles alternatives à faible coût et avec une efficacité irréprochable.

Dans la recherche de méthodes alternatives de lutte, le règne végétal offre beaucoup de possibilités. De nombreuses études se développent actuellement pour isoler ou identifier des substances secondaires, extraits de plantes, dotées d'activité insecticide contre les moustiques (**Sukumar *et al.*, 1991**). Dans ce contexte, plusieurs travaux précédents attestent le pouvoir insecticide des huiles essentielles des plantes contre *Cx. pipiens* (**El Akhal *et al.*, 2014, 2015, 2016 ; Dris *et al.*, 2017b; Bouguerra *et al.*, 2017, 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**).

Les huiles essentielles exercent des effets physiques (**Isman., 1999**) ou physiologiques, et peuvent agir à plusieurs voies: antiappétants, perturbations de la croissance des insectes, blocage de l'oviposition, diminution de la fécondité et de la fertilité et la toxicité (**In Bouguerra, 2019**).

Des travaux sur les bio-pesticides d'origine végétale ont montré des effets délétères sur la croissance et le développement des insectes (**Talukder, 2006**), ce qui provoque une perturbation des paramètres morphométriques chez les insectes.

Au regard de tout ce qui précède, notre travail s'inscrit dans cette optique d'évaluer l'impact d'huile essentielle d'*Artemisia campestris* « Tgouft » sur une espèce de moustique, *Culex pipiens*, la plus abondante dans la région de Tébessa (**Tine-Djebbar et al., 2016**), à savoir l'aspect morphométrique.

Notre étude est propagée en quatre chapitres répartis comme suit ;

- ❖ Le 1^{er} chapitre est consacré à l'étude de la biologie de moustique *Cx. pipiens*, dont la taxonomie, la bio-écologie, la morphologie ainsi que l'étiologie.
- ❖ Dans le deuxième chapitre, nous rappelons des connaissances actuelles sur la botanique, systématique, composition chimique et l'huile essentielle de la plante *Artemisia campestris*.
- ❖ Par la suite, dans le troisième chapitre de cette synthèse bibliographique, nous abordons les différents moyens de lutte biologique contre les insectes.
- ❖ Le quatrième et dernier chapitre, traite le potentiel d'efficacité d'HE d'*Artemisia campestris* sur la morphométrie des larves de *Culex pipiens*.
- ❖ Notre manuscrit est ponctué d'une conclusion générale et de perspectives envisageables.

CHAPITRE I

Biologie de *Culex pipiens*

I. Présentation de la famille des *Culicidae*

La famille des *Culicidae* renferme approximativement 3500 espèces et 41 genres décrits à travers le monde. Elle est actuellement divisée en deux sous-familles : les *Anophelinae*, et les *Culicinae*, qui sont réparties dans quatre genres, le genre *Culex* avec 4 espèces : *Culex hortensis*, *Culex theileri*, *Culex mimeticus*, (Berchi et al., 2012) et *Culex pipiens* qui fait l'objet de ce chapitre.

En Algérie, *Culex pipiens* est l'espèce de moustique qui présente le plus d'intérêt en raison de sa large répartition géographique, de son abondance et de sa nuisance réelle, surtout dans les zones urbaines (Bendali et al., 2001). Dans la région de Tébessa, l'espèce de *Culex pipiens* est la plus abondante (Tine-Djebbar et al., 2016).

II. Présentation d'espèce *Culex pipiens*

Le moustique rural *Culex pipiens*, est un antennate appartenant à la classe des Insectes de l'embranchement des arthropodes. Il possède trois paires d'appendices locomoteurs. Il appartient à l'ordre des diptères (holométaboles) caractérisés par une seule paire d'ailes (mésothoracique) bien développées (Aouati, 2016). Les larves de quatrième stade et les adultes fournissent le maximum de caractères systématiques (Rioux, 1958). Ce moustique est situé dans ce qu'on appelle le complexe du pipiens grâce à certain nombre de caractéristiques biologiques tels que : l'absence de pouvoir autogène, une ornithophilie essentielle et l'existence d'une longue diapause ovarienne accompagnée par un développement externe du corps gras (Ronbaud, 1957).

II.1. Position systématique

La position systématique, prise en considération actuellement, est celle émise par Linnée (1758) qui classe *Culex* comme suit :

- Règne : *Animalia*
- Sous-règne : *Metazoa*
- Embranchement : *Arthropoda*
- Sous-embranchement : *Hexapoda*
- Super-classe : *Protostomia*
- Classe : *Insecta*

- **Sous-classe :** *Pterygota*
- **Infra-classe :** *Neoptera*
- **Super-ordre :** *Endopterygota*
- **Ordre :** *Diptera*
- **Sous-ordre :** *Nematocera*
- **Infra-ordre :** *Culicomorpha*
- **Famille :** *Culicidae*
- **Sous famille :** *Culicinae*
- **Genre :** *Culex*
- **Espèces :** *pipiens* (Linné, 1758)

II.2. Bio-écologie

Culex est un moustique largement répandu sur le continent africain (**Lariviere et Abonnenc, 1956**). On peut le trouver également dans le centre, l'est et le nord de l'Europe (**Weitzel et al., 2011**). Ce genre d'insectes favorise la chaleur mais pas assez élevée (**Roman, 1960**).

Le moustique couvre les régions tempérées ; la densité atteint son maximum au mois d'Août là où la production est favorable surtout quand l'été est pluvieux et frais (**Tardif et al., 2003**). Il pond dans des milieux obligatoirement contenant de l'eau qui est nécessaire pour la vie des larves, ces milieux peuvent être naturels comme les marécages (**Self et al., 1973**), les barrages et les fossés ou même artificiels présentés par les pneus, les jardins, les barboteuses et les objets qui servent de récipients, ces milieux sont dites gîtes larvaires (**Ouedraougou et al ;2005**).

II.3. Cycle de développement et stades morphologiques

Le cycle de *Culex pipiens* (**figure 01**) comporte, comme celui de tous les insectes, quatre stades : l'œuf, la larve, la nymphe et l'imago ou adulte. Il se décompose en deux phases : une phase aquatique pour les trois premiers stades, et une phase aérienne pour le dernier stade. Dans les conditions optimales, le cycle dure de 10 à 14 jours (**Resseguier, 2011**).

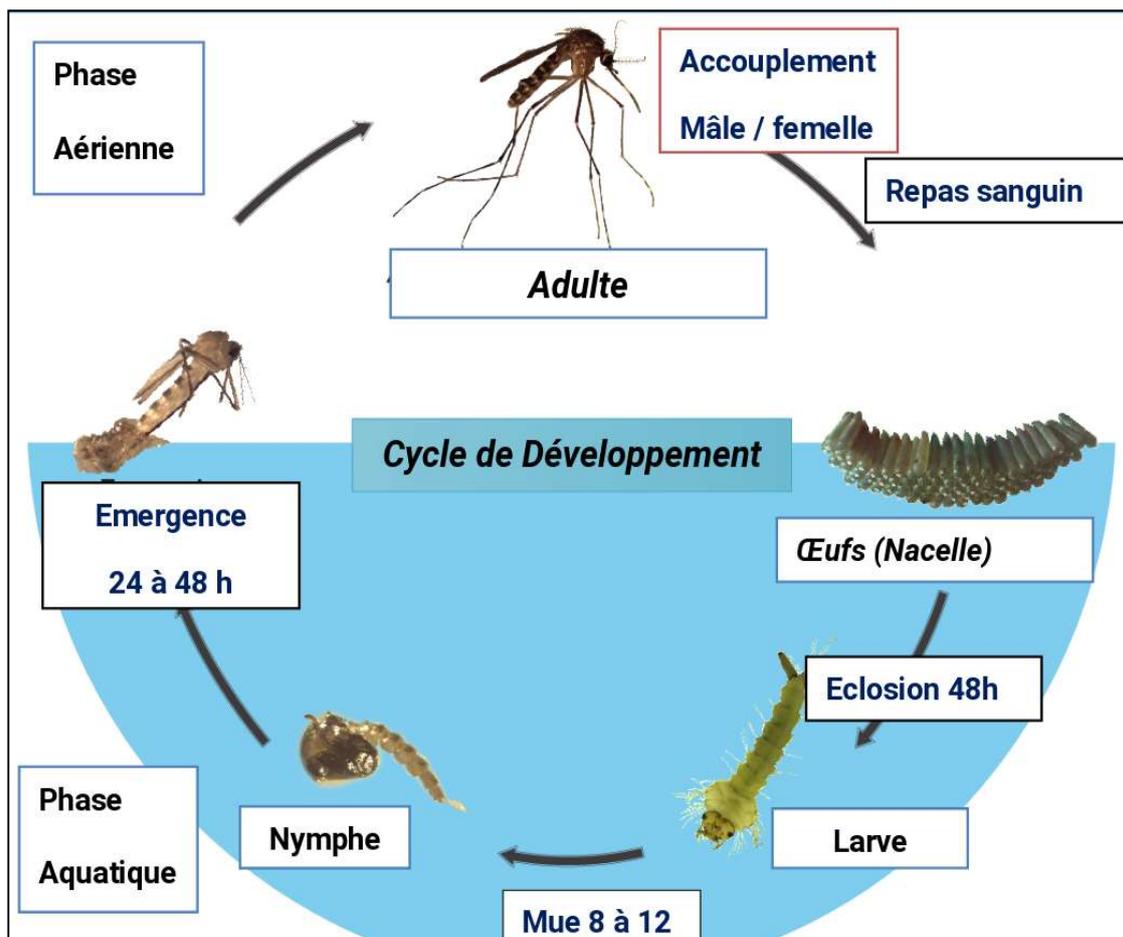
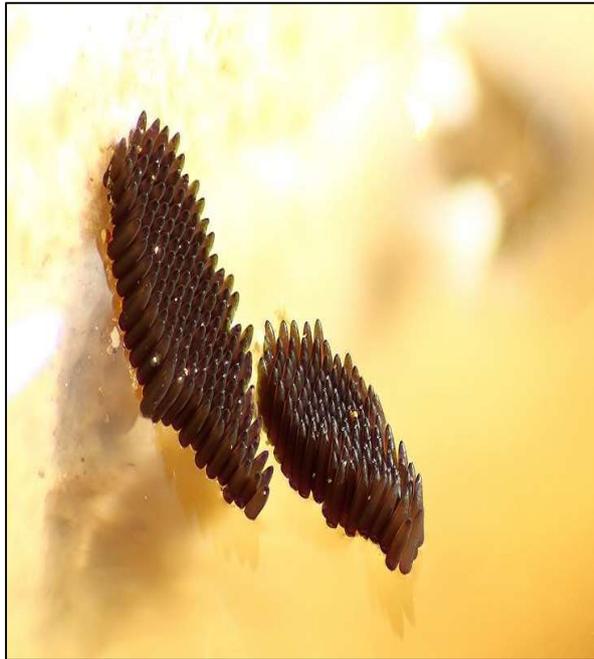


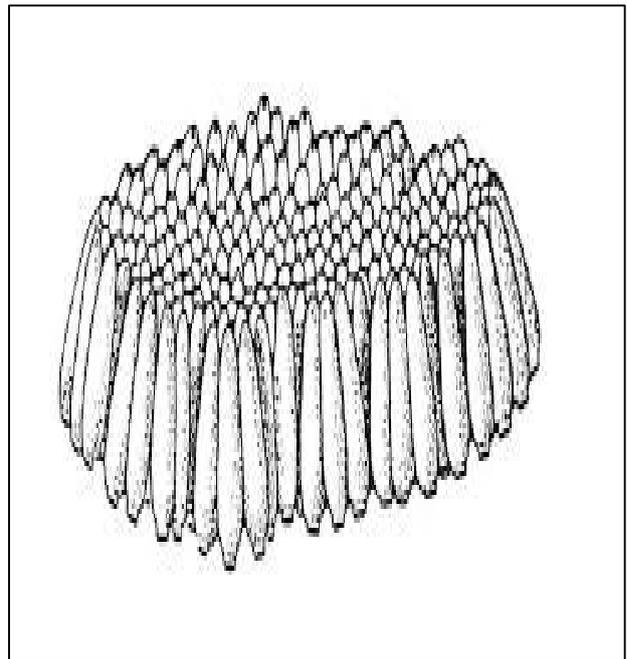
Figure 01 : Cycle de développement de *Culex pipiens* (Resseguier, 2011)

II.3.1. Œufs

Les femelles de *Culex* déposent leurs œufs (**figure 02**) sous forme de radeaux d'œufs à la surface de l'eau (Michaelakis *et al.*, 2005). 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, cette nacelle mesure de 3 à 4 mm de large, l'éclosion se produit environ 24h à 48h après l'oviposition chaque œuf est protégé par une coque étanche à l'eau et résistante à la dessiccation pour sortir de l'œuf, les larves utilisent un bouton d'éclosion, petite dent située en arrière de leur tête (Muriel, 2005). Les œufs pondus on pleine eau éclosent en quelques jours selon la température ambiante de milieu (Benkalfate, 1991).



(A) Œufs de *Cx. pipiens* à l'état réel
(Lenormand., 2018)

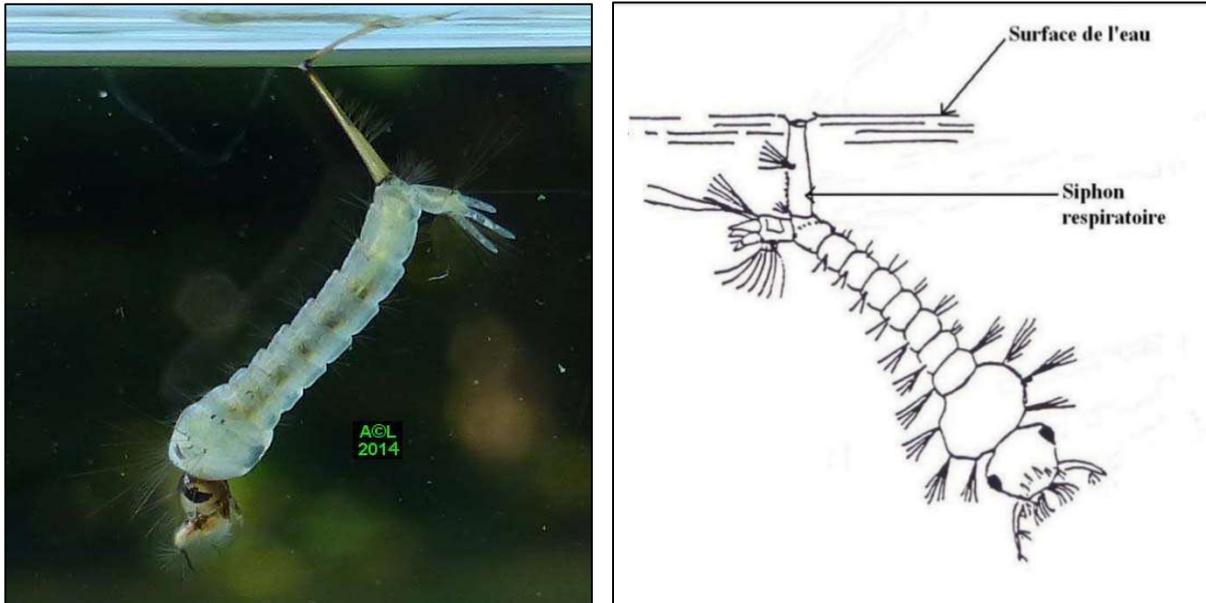


(B) Œufs de *Cx. pipiens* à l'état schématique
(Cachereul A., 1997)

Figure 02 : Morphologie des œufs de *Culex pipiens*

II.3.2. Larve

Les larves de *Culex pipiens* (**figure 03**) se retrouvent dans les gîtes les plus divers des milieux urbain et périurbain, plus particulièrement ceux riches en matières organiques (**Berchi et al., 2012**). Elles subissent 4 mues, et respirent l'air atmosphérique via un siphon caudal (**Balenghien, 2007**). Les larves du premier stade sortent de l'œuf soit par un opercule en général apical, soit en déchirant la paroi. A leur naissance, elles mesurent 1 mm de longueur et sont à peine visibles, à chaque mue la larve augmente de taille, au quatrième stade elle atteint 5 à 6 mm (**Benkalfate, 1991**). La croissance pondérale des individus de *Cx. pipiens* est relativement rapide pendant les deux premiers stades larvaires, et lente par la suite (**Bendali et al., 2001**).



(A) larve de *Cx. pipiens* à l'état réel
(www.insectes-net.fr)

(B) Larve de *Cx. pipiens* à l'état schématique
(Resseguier, 2011)

Figure 03 : Larve de *Culex pipiens*

II.3.2.1. Morphologie de la larve

Le corps de la larve est dépourvu d'appareil locomoteur et se divise en trois parties : la tête, le thorax trapu composé de trois segments fusionnés et l'abdomen qui se compose de dix segments (In Sadallah et Belkhaoui, 2016).

A. La tête ; est pourvue d'une paire des mandibules à pointes aigues continuellement en activité et d'organes sensoriels : antennes, soies, palpes (**figure 3a**).

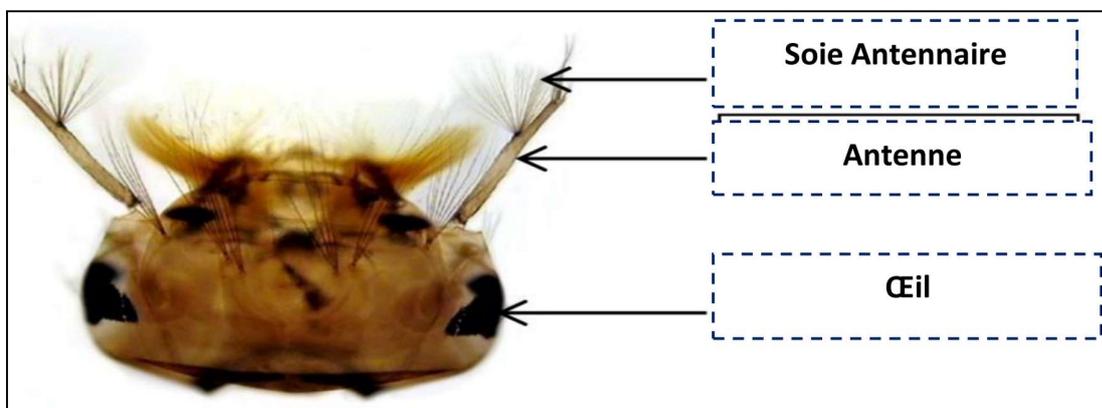


Figure 3a : Aspect morphologique de la tête d'une larve de *Culex pipiens* (Berchi, 2000)

B. Le thorax

De forme trapue, est dépourvu d'appendices, il est formé de 3 segments (**Robert, 1989**) qui sont : le prothorax, le mésothorax et le métathorax.

C. L'abdomen

Plus souple que le thorax, porte sur le 8ème segment un siphon respiratoire, tube renfermant deux trachées et se terminant par une cupule non mouillable (**figure 3b**). Lorsque la larve va respirer, elle remonte vers la surface et, la tête en bas, fait affleurer son siphon. Elle replonge ensuite après avoir fermé l'extrémité du siphon qui possède cinq valves. L'abdomen se termine par des lames aplaties ou se ramifient des vaisseaux sanguins et des trachées ; ces organes jouent le rôle des branchées et permettent une respiration aquatique partielle. Une touffe de longues soies forme un appareil natatoire.

Donc, les larves respirent l'air atmosphérique et utilisent également l'oxygène dissous dans l'eau grâce aux branchies qui terminent l'abdomen. Au cours de leur vie, ces larves passent par trois mues et représentent donc quatre stades larvaires.

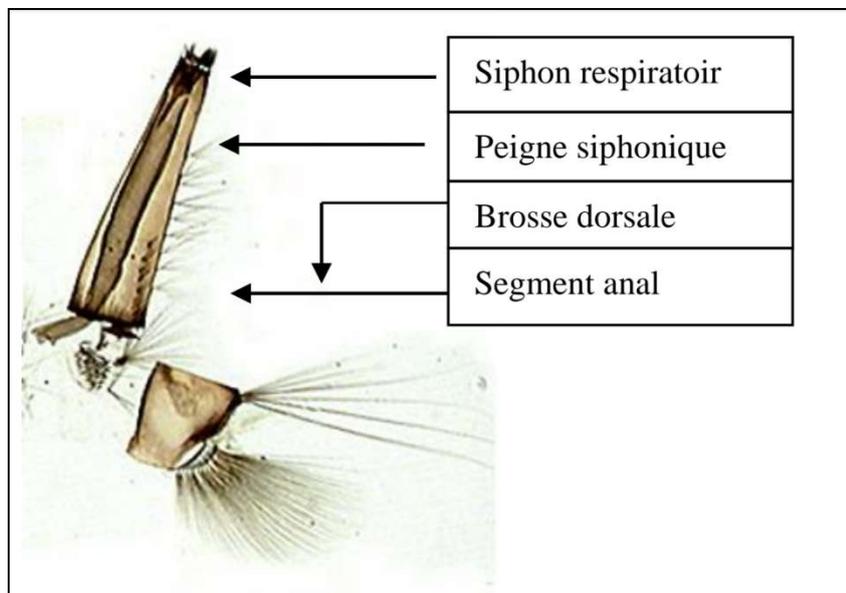


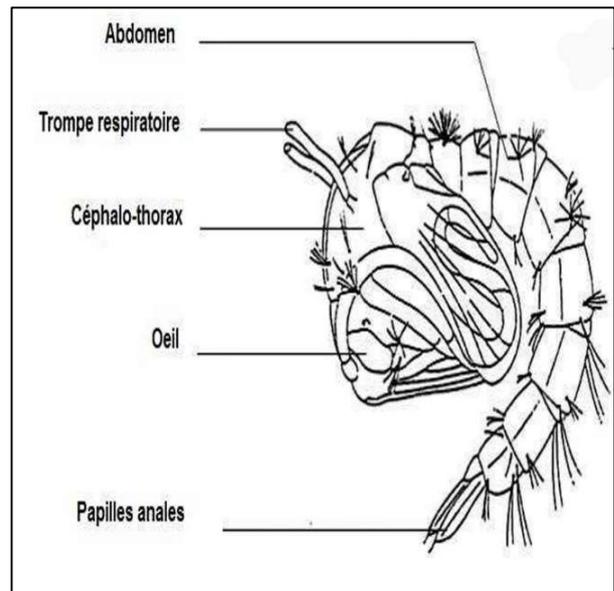
Figure 3b : Aspect morphologique du siphon respiratoire (**Berchi, 2000**)

II.3.3. Nymphe

La nymphe (**figure 04**) ne se nourrit pas, mais puise dans les réserves stockées au stade larvaire. Elle reste généralement à la surface de l'eau mais plonge dès qu'elle est dérangée, 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, ces palettes natatoires, situées sur l'abdomen, lui permettent de se déplacer (**Muriel, 2005**).



(A) Nymphe de *Cx. pipiens* à l'état réel
(www.insectes-net.fr)



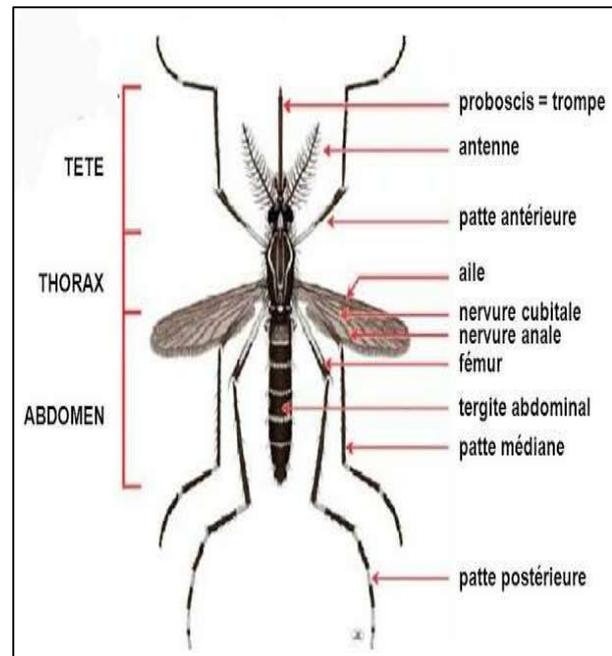
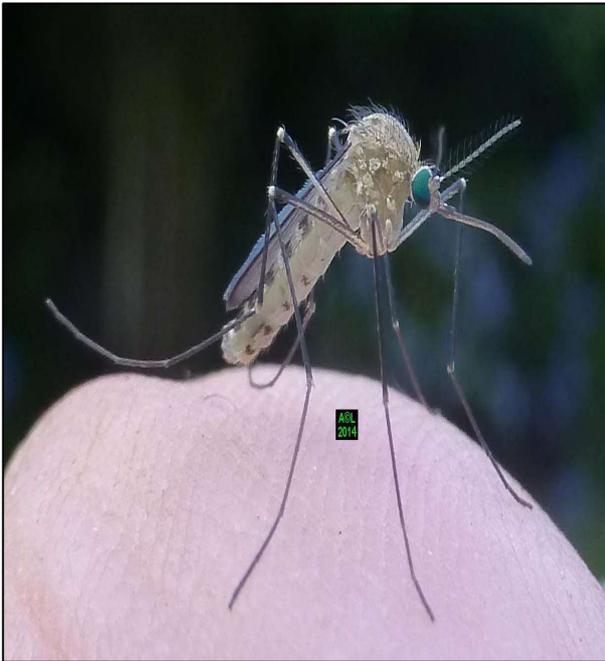
(B) A l'état schématique (**Cachereul A., 1997**)

Figure 04 : Morphologie générale de la Nymphe de *Culex pipiens*

II.3.4. Adulte

L'imago (**figure 05**) est aérien. Leur corps et leurs ailes sont recouverts de poils, le bord postérieur des ailes est frangé d'écailles ; les antennes sont plumeuses chez le mâle, verticillées chez la femelle. Les mâles et les femelles se nourrissent de jus sucré, et seules les femelles sont hématophages (le sang constituant un apport protéique pour la maturation des œufs). L'adulte est de taille moyenne, globalement brun clair, avec des bandes antérieures claires sur les tergites abdominaux (**Balenghien, 2007**). Pour leur déplacement ils ne dépassent pas 3 km de distance, sauf lors de vent violent qui pousse les *Culex* beaucoup plus loin. L'accouplement se produit dans les 48 heures suivant l'émergence des femelles et avant le premier repas sanguin.

Après l'accouplement, la femelle part à la recherche d'un hôte pour se nourrir de sang nécessaire à la maturation des ovules (Resseguier, 2011).



(A) L'adulte de *Cx. pipiens* à l'état réel
(www.insectes-net.fr)

(B) Imago à l'état schématique (Ousmane F, sd)

Figure 05 : Imago de *Culex pipiens*

II.4. Facteurs de développement

Différents facteurs influent sur le degré d'humidité, et jouent ainsi un rôle dans le développement des Culex. On trouve :

II.4.1. Les facteurs naturels : la fréquence des précipitations ainsi que leur quantité, des orages dont les dégâts peuvent causer des crues, la résurgence des nappes phréatique. Ce type de facteurs dépend essentiellement de la région et il est difficile pour l'homme de les contrôler (Ripert, 2007 ; Subra et Hebrard, 1975).

II.4.2. Les facteurs artificiels : les systèmes d'irrigation par gravité tels que les rivières, les zones d'élevage piscicoles et d'aquaculture, les stations d'épuration, les barrages et les lacs artificiels. Ces facteurs sont plus facilement contrôlables car créés par l'homme (Ripert, 2007 ; Subra et Hebrard, 1975).

Pour ce qui est du rôle de la température, de fortes chaleurs, notamment au début de l'été favorisent le développement de *Culex pipiens* (Resseguier, 2011).

II.5. Etiologie

II.5.1. Nuisance

On distingue deux types de nuisances provoquées par *Culex pipiens*. La première est causée par la piqûre de la femelle (**Urquhart, 1996**) qui va entraîner, chez l'homme comme chez l'animal, une lésion ronde érythémateuse et très prurigineuse (**Prelaud, 1991**) de quelques mm à 2cm de diamètre. Il est à noter que la piqûre ne provoque aucune douleur immédiate grâce à un anesthésique local contenu dans la salive (**Andreo, 2003**). Les lésions sont très souvent suivies d'une réaction allergique due aux allergènes présents dans la salive de *Culex pipiens* injecté durant le repas sanguin, dues à l'injection d'antigènes salivaires, mais pouvant aussi être dues au simple contact avec le moustique ou ses excréments (**Candace et al., 2001**). Cela entraîne généralement un fort prurit (**Toral Y Caro, 2005**).

La deuxième nuisance est liée à la transmission de maladies. En effet, les moustiques sont vecteurs de nombreuses maladies (**Chauve, 1990 ; Ducos De Lahitte, 1990 ; Rodhain, 1983**). En règle générale, la transmission des agents pathogènes se fait selon un cycle peu varié : contamination du moustique sur un hôte n°1 porteur de la maladie, maturation et parfois multiplication de l'agent pathogène dans le corps du moustique (pour les parasites), puis inoculation à un hôte n°2 lors d'un second repas sanguin.

II.5.2. Rôle pathogène

On distingue deux types d'agent pathogènes transmis par *Culex pipiens* :

a. Virus

Culex pipiens est connu comme étant vecteur de plusieurs maladies, **SAVAGE et al**, le considèrent comme l'un des principaux vecteurs du virus de l'encéphalite de Saint-Louis (SLE) aux États-Unis qui atteint également l'oiseau et l'homme. Il a été considéré aussi comme le principal responsable de l'épidémie du virus West Nile qui a frappé les États-Unis en 2002 (**PALMISANO CT et al., 2005**), infestant les populations d'oiseaux *Ardeidae*, mais pouvant provoquer, chez l'homme, des cas sporadiques ou épidémiques avec fièvre, encéphalite ou hépatite grave (**Rageau & Mouchet, 1967 ; Khalil, 1980 ; Bourassa & Boisvert, 2004 ; Faraj et al., 2006 ; Hamer et al., 2009 ; Amraoui, 2012**)

- ✓ Encéphalite japonaise humaine a pour réservoirs le porc et les oiseaux sauvages.
- ✓ Virus de la dengue atteint exclusivement l'homme.
- ✓ Fièvre jaune peut se transmettre aux singes et à l'homme (**Andreo, 2003**).

b. Parasites

Dirofilaria immitis; responsable de la dirofilariose cardio-pulmonaire du chien. Ce parasite vit essentiellement dans le cœur droit et l'artère pulmonaire. Il entraîne des troubles cardiaques. D'autres espèces peuvent néanmoins être atteints : le chat, les canidés sauvages et même l'homme (**Toral Y Caro, 2005**).

Culex pipiens est considéré comme hôte intermédiaire (**Sicart, 1952**).

Dirofilaria repens ; agent de la filariose sous-cutané chez le chien, mais aussi chez le chat et l'homme (**Toral Y Caro, 2005**).

Wuchereria bancrofti ; responsables de la filariose lymphatique de l'homme (**Andreo, 2003 ; Toral Y Caro, 2005**).

CHAPITRE II

Biologie *d'Artemisia campestris*

I. Présentation de la famille des *Asteraceae*

La famille des Astéracées (anciennement nommées « Composées ») est une importante famille de plantes Dicotylédones (principalement herbacées). Il s'agit de la plus vaste famille des Phanérogames, avec 1600 genres et plus de 23500 espèces (BADOC, 2017).

Le genre *Artemisia* appartient à la famille des Astéracées : c'est l'un des genres le plus répandu et le plus étudié de cette famille ; il contient un nombre variable d'espèces allant jusqu'à 400 espèces (Mucciard et Maffei., 2002), parmi ces espèces, nous avons l'armoise rouge connue en Algérie par "Tgouff".

II. Présentation de l'espèce *Artemisia campestris*

Artemisia campestris L (figure 6), est une plante pérenne appartenant à la famille des Composées(Astéracées). Cette espèce se développe dans les montagnes du Sahara central, sur les hauts plateaux. Elle est présente du Maroc à la Lybie (zone littorale de tripolitaine) (Quezel&Santa, 1963 ; Lucienne, 2007).

En Algérie, *Artemisia campestris* poussent dans la steppe et le désert (Bakchiche *et al.* , 2013).



Figure 06 : Image de l'espèce *Artemisia campestris* L

II.1. Etude Botanique

II.1.1. Systématique botanique

L'armoise rouge appartient au genre *Artemisia* et famille des Astéracées selon la classification suivante :

- **Règne** : *Plantae*.
- **Sous règne** : *Tracheobionta*.
- **Embranchement** : *Spermatophyta*.
- **Sous embranchement** : *Magnoliophyta*.
- **Classe** : *Magnoliopsida*.
- **Sous classe** : *Asteridae*.
- **Ordre** : *Asterales*.
- **Famille** : *Asteraceae*.
- **Sous famille** : *Asteroideae*.
- **Tribu** : *Anthemideae*.
- **Sous Tribu** : *Artemisiinae*.
- **Genre** : *Artemisia*.
- **Espèce** : *Campestris*. (**Caratini, 1971**)

II.1.2. Noms vernaculaires

Plusieurs appellations sont à l'armoise rouge dont les plus communs sont :

- **Nom scientifique** : *Artemisia campestris*.
- **Nom français** : l'armoise rouge, l'armoise des champs, l'armoise champêtre et l'aurone (**TRABUT, 1933**).
- **Nom en arabe** : التقفت
- **Nom en Algérie** : Tagouft, Dgouft, Tieredyli et Alala.

II.1.3. Description botanique de la plante

Est une plante vivace (figure 07) :

- **Les tiges** : robustes, d'une hauteur de 30 à 80 cm.
- **Les feuilles** : grabelés d'un vert foncé, les rameaux rougeâtre,
- **Les capitules** : très petits, étroits (1 à 1.5 cm) ovoïdes ou coniques, à involucre.

- **Les fleurs** : ne contiennent que 3 à 8 de couleur jaunâtre bordées de rouge, et à pédoncule muni de poils blanchâtre à brunâtre.
- **les fruits** : sont akènes à saveur amère et agréable odeur ; présente dans les zones semi arides du bassin méditerranéen.
- **L'odeur** : très aromatique
- **Saveur** : amère.
- **La famille** : Astéracées.
- **La récolte** : printemps ; été.
- **Floraison** : Août-septembre. (Mamy, 2008)



(A) *Artemisia campestris* (Bakali A, 2018) (B) Dessin représente l'espèce (ar.m.wikipedia.org)

Figure 07 : L'espèce *Artemisia campestris* L

II.1.4. Habitats et répartition géographique

Le genre *Artemisia* se trouve dans les régions tempérées du Nord, (ABAD et al., 2012). D'après QUZEL et al (1963), l'armoïse rouge est très fréquente en zones arides et semi-arides.

II.1.5. Domaines d'application

Le pouvoir antiseptique, antimicrobien, antifongique et antiparasitaire de l'armoïse rouge et de ses extraits, leur a accordé des applications dans de nombreux domaines (EREL et

al., 2012). Traditionnellement utilisée pour traiter les troubles digestifs, détruire les parasitoses intestinales et récemment des études ont été faites sur les extraits de cette plante afin de tester leur efficacité vis-à-vis les cellules cancérigènes du colon (AKROUT *et al.*, 2011). Selon ESCUDER (2007), les parties utilisées de la plantes sont : les tiges, les feuilles et inflorescences.

II.2. Etude phytochimique d'*Artemisia campestris*

II.2.1. Composition chimique

De nombreuses études chimiques ont révélé que la partie aérienne d'*Artemisia campestris* est riche en métabolites secondaires (Tableau 1) tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins, les huiles essentielles (Joet *al.*,1998 ; Juteau *et al.*, 2002).

Tableau 1 : La composition chimique d'*Artemisia campestris*

Métabolites secondaires	Molécules identifiées	Références
Polyphénols	Flavonoïdes (Flavones, flavanone) Polyphénols Tanins	Ghissi <i>et al.</i> , 2016
Huiles essentielles	Monoterpènes, sesquiterpènes	
Coumarines	Hydroxycoumarines, esculetin	Masotti <i>et al.</i> , 2012

III.2.2. Les Huiles Essentielles

III.2.2.1. Définition des huiles essentielles

Le terme « Huiles essentielles » désigne les composants liquides et hautement volatiles des plantes, marqués par une forte et caractéristique odeur. En effet, les huiles essentielles sont des complexes naturels de molécules volatiles et odorantes, synthétisées par les cellules sécrétrices des plantes aromatiques (Duquénois and Anton, 1968).

III.2.2.2. Répartition botanique des huiles essentielles

Les HE sont répartir dans le règne végétal : Conifères, Myrtacées, Ombellifères, Labiées, Composées. Elles peuvent se rencontrer dans les organes végétaux : sommités fleuries, écorce, racines, rhizomes, bois,...etc. la composition des HE peut alors varier d'un organe à l'autre (Khadija, 2002).

Au niveau des feuilles d'*Artemisia campestris*, la vue microscopique montre la présence des canaux sécréteurs (**figure 8**) plus ou moins sphérique qui son responsable de la sécrétion des huiles essentielles (**Heffaf., 2013**).

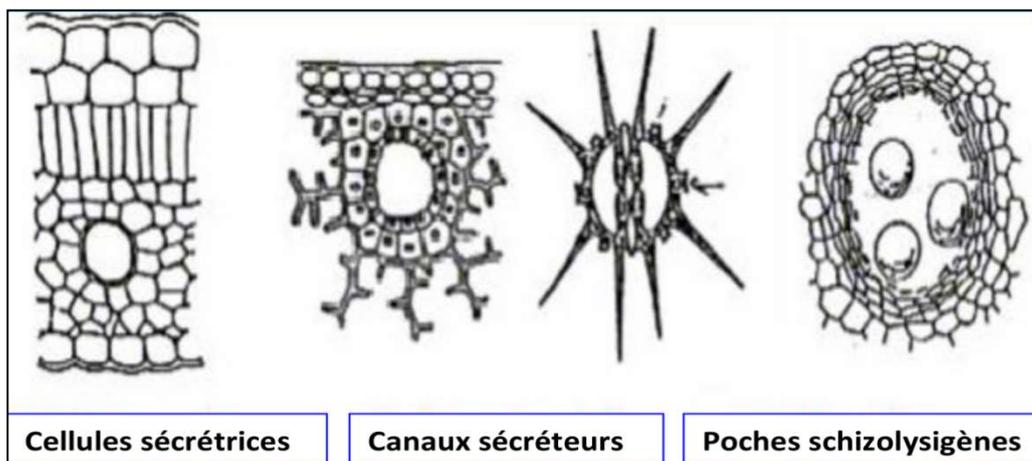


Figure 08 : Quelques organes sécréteurs d'huiles essentielles (**Tayoub, 2006**)

III.2.2.3. Composition chimique des huiles essentielles

Plus de 300 composés différents peuvent être identifiés dans les huiles essentielles. Trois groupes de composés ont été décrits (**Picherskyet al., 2006**).

Les huiles essentielles sont constituées principalement de deux groupes de composés odorants distincts selon la voie métabolique empruntée ou utilisée. Il s'agit des terpènes (mono et sesquiterpènes), prépondérants dans la plupart des essences, et des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (**Kurkin, 2003**).

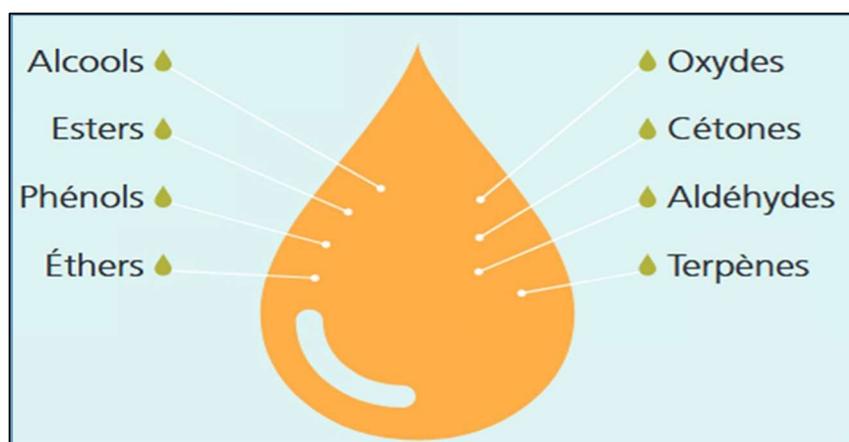


Figure 09 : Les différents constituants d'huiles essentielles

(In Zeghdoud, 2018)

III.2.2.3.1. Les monoterpènes

Les monoterpènes (**figure 10**) sont les plus simples constituants des terpènes dont la majorité est rencontrée dans les huiles essentielles (90%). Ils comportent deux unités isoprène (C₅H₈), selon le mode de couplage « tête-queue ». Ils peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques. A ces terpènes se rattachent un certain nombre de produits naturels à fonctions chimiques spéciales (**PADUA *et al.*, 1999**).

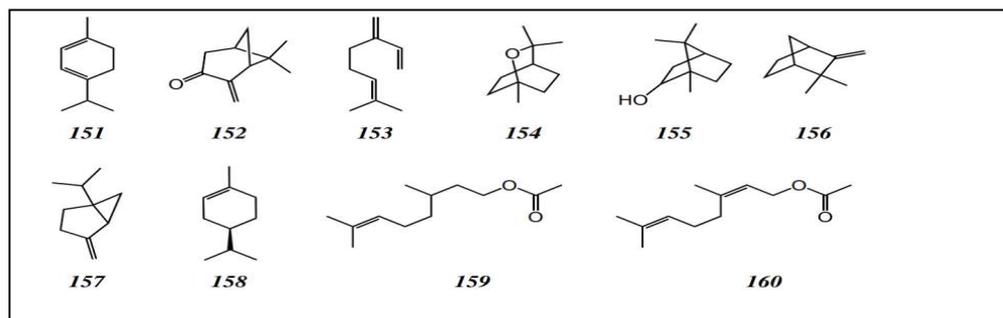


Figure 10 : Monoterpènes présents dans l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* (**In Dali, 2017**)

α-terpinène 151, Pinocarvone 152, Myrcène 153, 1,8-cinéole 154, Bornéol 155, Camphène 156, Sabinène 157, (+)-carvomenthène 158, Acétate de citronellyle 159, Acétate de géranyle 160

III.2.2.3.2. Les sesquiterpènes

Les sesquiterpènes (**figure 11**) sont des dérivés d'hydrocarbures en C₁₅H₂₂ (assemblage de trois unités isoprènes). Il s'agit de la classe la plus diversifiée des terpènes qui se divisent en plusieurs catégories structurales, acycliques, monocycliques, bicycliques, tricycliques, polycycliques. Ils se trouvent sous forme d'hydrocarbures ou sous forme d'hydrocarbures oxygénés comme les alcools, les cétones, les aldéhydes, les acides et les lactones dans la nature (**PADUA *et al.*, 1999**).

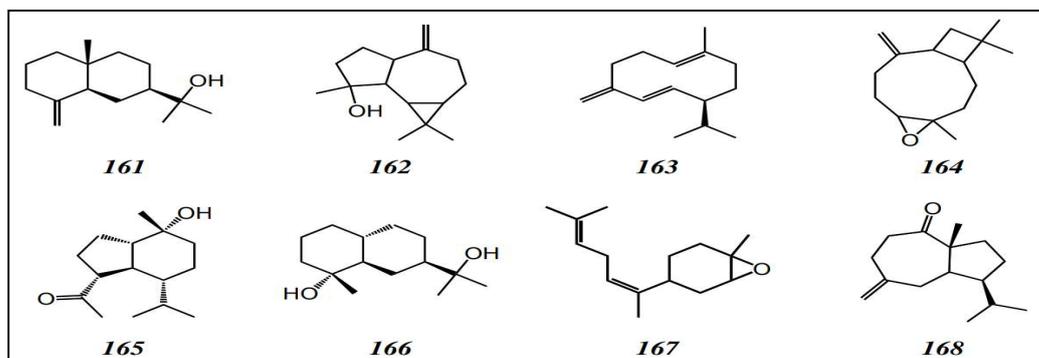


Figure 11 : Sesquiterpènes présents dans l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* (**In Dali, 2017**)

β-eudesmol 161, Spathuléol 162, Germacrène D 163, Caryophyllène oxide

164, Oplopanone 165, Cryptomériol 166, Trans-Z-alpha-bisabolène époxide

III.2.2.3.3. Les composés aromatiques

Une autre classe de composés volatils fréquemment rencontrés est celle des composés aromatiques (**figure 12**) dérivés du phénylpropane (**KURKIN, 2003**). Cette classe est moins abondant que les terpènes, elle comporte des composés odorants bien connus comme l'apiole, la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole et bien d'autres.

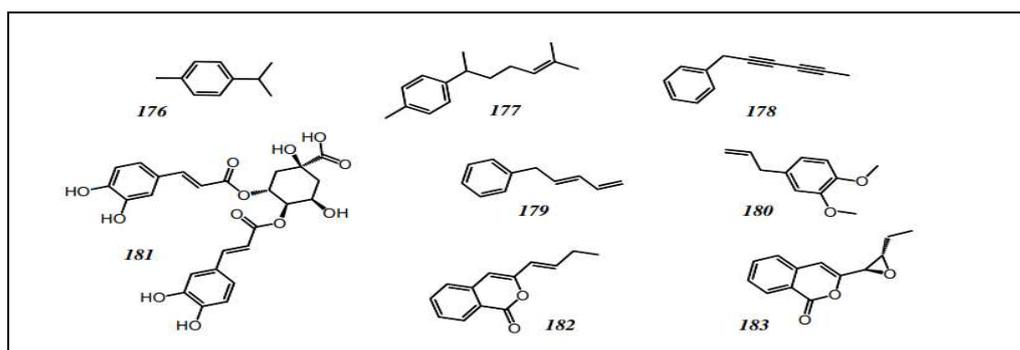


Figure 12 : Quelques composés aromatiques isolés d'*Artemisia campestris* (**In Dali, 2017**)

p-Cymène 176, Ar-curumène 177, Capillène 178, 1-phényl-2,4-pentadiyne 179, Méthyleugénol 180, Acide di-O-caffeoylquinique 181, Artémidine 182, Epoxy-artémidine 183

III.2.2.4. Mode d'action des huiles essentielles

En effet, certains chercheurs ont montré que la puissance de l'action des HEs varie selon leurs constituants majoritaires, et que le mode d'action est principalement lié au profil chimique des constituants de chaque HE, qui est largement diversifié (**Khadija. R, 2002**).

Kurita et al., attribuaient l'activité inhibitrice des huiles essentielles à leur affinité avec les groupements SH impliqués dans la division cellulaire.

Boochird et Flegel ont suggéré que les HE auraient des cibles qui dépendent de la concentration en HE qui est la paroi cellulaire, la membrane cytoplasmique et le cytoplasme.

III.2.2.5. Procédés d'extraction des huiles essentielles

III.2.2.5.1. Hydrodistillation : L'extraction des huiles essentielles se fait par l'hydrodistillation à la vapeur d'eau (**Kothe, 2007**). L'hydrodistillation consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter dans un alambic rempli d'eau qui est

ensuite portée à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide de l'huile essentielle se sépare par différence de densité.

III.2.2.5.2. Extraction par micro-onde sous vide : L'extraction réalisée sous micro-ondes permet le gain du temps avec une cinétique trois fois plus rapide et de plus de rendement. Dans le cas de la plante fraîche, l'extraction est faite en absence de solvant ceci présente un grand intérêt sur le plan économique (**Ramdani et al., 2010**).

III.2.2.5.3. Hydrodiffusion : le principe de ce nouveau procédé consiste à pulser de la vapeur d'eau à très faible pression à travers la masse végétale, cette technique permet un gain de temps et d'énergie (**Bruneton, 2009**).

III.2.2.5.4. Extraction à l'eau surchauffée : ce mode d'extraction utilise l'eau surchauffée à une température entre 125 à 175°C sous pression. Ce procédé utilisé avec du romarin donne un rendement plus élevée que l'entraînement à la vapeur (**In Heffaf, 2013**).

III.2.2.6. Activité insecticide des huiles essentielles

Certaines huiles essentielles ont une action neurotoxique (**HUIGNARD et al., 2008**). Compte tenu de la grande diversité des monoterpènes contenus dans les huiles essentielles, plusieurs études confirment que leur activité insecticide est à plusieurs mécanismes synergiques qui affectent des cibles multiples et perturbent ainsi plus efficacement l'activité cellulaire (**HUIGNARD et al., 2008**).

L'action des monoterpènes oxygénés comme l'eugénol, aurait un effet toxique sur les récepteurs de l'octopamine qui est un neuro-hormone chez les invertébrés (**ENAN, 2005**) et ils développent à degrés divers, une toxicité aiguë sur l'adulte et ainsi que, des activités ovicides et larvicides précoces ou tardives (**REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1995**). Les travaux de **MILLS (2004)**, montrent que le terpène-4-ol et le 1, 8-cineole (extraient de feuille du thé), provoquent une inhibition de l'acétylcholinestérase.

III.2.2.7. Huile essentielle d'*Artemisia campestris*

III.2.2.7.1. Composition chimique d'huile essentielle d'*Artemisia campestris*

La composition chimique de l'huile essentielle varie selon le chimiotype considéré (**Bruneton, 1999**), elle varie également selon les conditions géographiques (**Tableau 2**) et

climatiques (température, altitude, précipitation, hauteur, direction du vent, heures de soleil, etc.), et selon la phase de développement de la plante (**Jerkovic *et al.*, 2003**).

Tableau 2 : Les composés majoritaires d'huile essentielle d'*Artemisia campestris* (**Akrout *et al.*, 2007**).

Composés	Teneur en %	Composés	Teneur en %
β -pinène	24 - 49.8	α -Terpinéol	0.6 - 5.5
α -pinène	5.9 – 12.5	Terpinène-4-ol	0.7 – 1.9
p-cymène	3.4 – 9.4	γ -Murolene	0.3 - 5.4
Limonene	4.9 – 9.3	γ -cardinene	0.2 – 2.4
β -ocimene	0.2 – 5.5	Spathuléol	1.2 – 8.9
γ -terpinène	2 – 6.5	β -Eudesmol	1– 6.4

III.2.2.7.2. Rendement d'extraction d'huile essentielle d'*Artemisia campestris*

Selon **AFNOR., 1986**, le rendement de l'huile essentielle **R(HE)** est déterminé comme étant le rapport entre le poids d'huile recueillie **P(HE)** et le poids de la matière végétale sèche ou fraîche utilisée **P(m)**

$$R \% (HE) = [P (HE)/P (m)]$$

L'huile essentielle d'*Artemisia campestris*, à un aspect liquide mobile limpide (**Benattia & Bettayeb, 2015**), et un couleur jaune (**Figure 14**) et très forte odeur rappelant l'odeur des feuilles (**Benattia & Bettayeb, 2015 ; Azizi & Helimi, 2019**).

Le rendement en huile essentielle de cette espèce issu de différentes régions varie entre 1% et 0,2% (**Tableau 3**). Cette différence peut être attribuée au stade de la plante au moment de la récolte ou sur la technique d'extraction (**Heffaf., 2013**).

Tableau 3 : Comparaison de rendement d'HE d'*Artemisia campestris*.

Espèce	Lieu de récolte	Rendement en huiles essentielles (%)	Référence
<i>Artemisia campestris</i>	Tébessa	0,28	(Azizi et Helimi, 2019)
	Djelfa	1	Heffaf, 2013
	Djelfa	0,29	Saihi, 2011
	Boussaâda (M'sila)	0,66	Belhattab et al., 2011
	Ouargla	0,29	Benattia & Bettayeb, 2015
	Anatolia	0,7	Erel et al., 2012
	Serbia	0,2	Chalchat et al., 2003

D'autre côté, la comparaison des rendements en HE de l'*Artemisia campestris* de la région Tébessa avec une autre espèce de la même famille qui est *Artemisia herba alba*, ainsi la même méthode d'extraction. Cela révèle que, le rendement d'HE de L'*Artemisia herba alba* est plus élevé (0,99%) (Berkane & Boudiar, 2018 ; Boutaba et al., 2019), que l'*Artemisia campestris* L (0,29%) (Azizi & Helimi, 2019), avec une grande différence.

CHAPITRE III

Lutte Biologique contre les insectes

La lutte biologique contre les moustiques et autres espèces nuisibles consiste à introduire dans leurs biotopes des espèces (organismes vivants) qui sont leurs ennemis naturels, par exemple, des parasites, des micro-organismes pathogènes ou des prédateurs, pour prévenir ou réduire les dégâts causés par ces ravageurs. Il peut s'agir d'insectes, de virus, de bactéries, de protozoaires, de champignons, de végétaux divers, de nématodes ou de poissons (OMS, 1999).

En effet, les moyens de lutte biologique tuent uniquement le vecteur et ne produisent pas de dangereux déséquilibres faunistiques (BENDALI, 1989).

- **La lutte biologique inondative** ; si l'organisme antagoniste doit être lâché ou inoculé (en grand nombre) à chaque fois que l'effectif du ravageur croît dangereusement.
- **La lutte biologique autocide** ; (encore dénommée lutte par mâles stériles) a pour principe l'introduction en grand nombre, dans une population naturelle, d'individus mâles de la même espèce rendus stériles mais au comportement sexuel intact (In Dahchar, 2017).

1. Méthodes de lutte biologique

La lutte biologique s'illustre de différentes manières ;

a- La lutte par entomophage ; qu'il soit parasitoïde ou ravageur, s'effectue par l'introduction d'un animal ravageur de l'organisme cible.

b- La lutte microbiologique ; est l'utilisation de microorganismes (champignons, bactéries, virus, nématodes...) qui infectent la cible souvent par ingestion (In Dahchar, 2017).

1.1. Les poissons prédateurs

La lutte biologique utilisée était fondée sur l'utilisation des prédateurs des larves de moustiques représentés par les poissons culiciphages, (Fécherolle, 2008), larvivores comme *Gambusia affinis* de la famille des *Poeciliidae*, ainsi *Pseudophoxinus callensis* et *Pseudophoxinus guichenoti* de la famille *Cyprinidae*, dont l'action est limitée aux eaux permanentes.

La Gambusie (*Gambusia holbrooki*) est un prédateur généraliste à utiliser avec grande précaution pour éviter les dommages sur les autres organismes aquatiques.

Les poissons herbivores (Carpe) sont utilisés en Chine pour dévorer les herbes qui servent d'abris aux larves de moustiques (Diakite, 2008). Les travaux de Soltani (2001), a montré l'efficacité de *Gambusia affinis* (figure 15) à l'égard de divers stades de *Culex pipiens*.



(A) *Gambusia affinis* (Thomas *et al.*, 2007)



(B) *Pseudophoxinus callensis* (Guichenot, 1850)

Figure 15 : Exemples des poissons prédateurs

1.2. Lutte microbiologique

Sous ce terme on sous-entend, les virus, les nématodes et les bactéries pathogènes des Culicides (Benkalfate, 1991).

1.2.1. Bactéries

1.2.1.1. Bacillus

L'utilisation d'organismes microbiens tels que le *Bacillus sphaericus* (Bs) et le *Bacillus thuringiensis var. israelensis* (Bti) (Bendali, 1989; 2006).

Le *Bti* a montré une efficacité contre les moustiques vecteurs, et utilisé en grande échelle grâce à sa spécificité pour les Culicidae.

Le *Bacillus sphaericus* peut provoquer une mortalité chez les larves de moustique des genres *Culex* et *Anopheles*, à degré moindre sur les *Aedes* (Diakite, 2008).

Ces bacilles sont d'ailleurs considérés comme des agents de contrôle biologique efficace (Becker, 1993). Ils agissent sur les larves des moustiques, des Simulides et des Diptères et sont aujourd'hui utilisés dans un large panel de gîtes larvaires.

L'avantage de cette bactérie réside dans son innocuité envers la faune non cible et les mammifères ; c'est surtout le sérotype H14 du *Bti* variété *israelensis* qui a une situation privilégiée parmi les autres sérotypes (Aouati, 2016).

a. L'effet larvicide de *Bti* l'égard de *Culex pipiens*

Plusieurs travaux ont été réalisés ;

Aissaoui & Boudjelida, (2014) ont démontré le potentiel larvicide de *Bti* sur diverses espèces nuisibles, comme les larves de *Culex pipiens* et *Culesita longiareolata*.

Les travaux de Afi, (2008) sur les larves du quatrième stade des *Cx. pipiens* montre l'efficacité de la bactérie *Bti* qui provoque une mortalité très hautement significative.

Dans d'autres études, Östman et al., (2008) ont observé une réduction de l'abondance des larves de moustiques suite au traitement au *Bti*.

III.1.2.1.2. Spinosad

Le Spinosad est d'origine microbienne, il est issu de la fermentation industrielle d'une bactérie Actinomycète, naturellement présente dans le sol, appelé *Saccharopolysporaspinoso*. Après la fermentation, le spinosad est extrait et formulé pour former une suspension aqueuse blanche cristalline, concentrée (480 g/litre). (Catherine

M, 2008). Le spinosad engendre une surexcitation prolongée et, ultimement, une perturbation irréversible du système nerveux de l'insecte. Il agit à la fois par contact et par ingestion, l'efficacité étant plus élevée lorsque le produit est ingéré (OMRI, 2002).

Enfin, son mode d'action est caractérisé par des contractions musculaires involontaires ainsi qu'une prostration de la larve et des tremblements. Une fois infecté, l'insecte cesse de manger et subit, dans un délai d'environ 24 heures, une paralysie puis la mort. (Thompson & Hutchins, 1999 ; Cleveland et al., 2001 ; Cisneros et al., 2002).

L'utilisation répétée des bactéries peut toutefois, comme les pesticides chimiques, entraîner une résistance chez certaines espèces (Dunphy et Tibelius, 1992).

III.1.2.2. Virus

Les *Baculoviridae*, les *Reoviridae* et les virus Entomopox (*Poxviridae*) qui sont les plus utilisés en lutte biologique, car ils sont bénins pour les vertébrés, les corps d'inclusion ne pouvant se développer que chez les insectes (In Mathias, 2001).

Les virus sont des parasites obligatoires et ne peuvent se reproduire que dans les cellules animales ou végétales. Au cours du processus d'infection dans le noyau des cellules, ces virus forment des corps d'inclusion appelés polyèdres qui sont constitués de nombreuses particules virales dans une matrice protéinique composée principalement d'un simple polypeptide, la polyèdrine. Les polyèdres ingérés vont être dégradés par les protéases du tube digestif de l'insecte et les virions libérés traversent les cellules intestinales pour se multiplier dans les hémocytes et dans les tissus adipeux (**In Mathias, 2001**). Il est rapporté par **Meynadier et al., (1993)** que dans certains cas, les virus liquéfient les corps gras entraînant une turgescence de l'insecte suivi de sa mort.

Les caractéristiques principales des bioinsecticides viraux sont la spécificité, la haute virulence, la rapidité d'action et le niveau raisonnable de persistance dans l'environnement (**In Mathias, 2001**).

III.1.2.3. Nématodes

Deux familles des nématodes sont exploitables en lutte biologique, les *Steinernematidae* et les *Heterorhabditidae*. Ces derniers possèdent une bactérie symbiotique, et ont un potentiel d'utilisation remarquable. Ils infestent une très large gamme d'insectes et quelques arthropodes mais ont l'avantage de ne pas s'attaquer ni aux mammifères ni aux végétaux. La mort de l'hôte survient rapidement, un à deux jours après l'infestation (**Masclat, 2016**). Ces nématodes peuvent être facilement élevés et sont formulables sous forme de bio insecticide. Le nématode envahit l'insecte par ses ouvertures naturelles. Les cellules bactériennes symbiotiques sont larguées. Ces bactéries se multiplient rapidement aux dépens de l'hôte. La toxine émise par la bactérie joue un rôle essentiel dans le mécanisme parasitaire. La mort de l'insecte est provoquée par septicémie en 24h à 48h. Les composés antibiotiques produits par les bactéries empêchent la putréfaction du cadavre et inhibent le développement ou la contamination par d'autres agents microbiens à l'intérieur du corps de l'insecte (**Masclat J, 2016**).

D'autres formes de contrôles microbiologiques ont été tentées avec d'autres espèces de champignons, de bactéries, de nématodes, des parasites protozoaires...mais peu d'entre elles ont été concluantes et donc adoptées et les Hydrachnidia qui se sont avéré efficace à l'égard des stades les plus jeunes de *Culex pipiens*; *Culiseta longiareolata* et *Anopheles maculipennis* (**Bendali, 1989 ; 2006**).

II.1.3. Lutte biologique par les plantes médicinales

A côté de la lutte microbiologique, l'utilisation des pesticides d'origine végétale constitue à la fois une alternative de la lutte chimique (Pavela, 2015) et elle a montré une efficacité contre les insectes y compris les moustiques (In BOUGUERRA, 2019).

L'utilisation de plantes est décrit comme étant la troisième génération d'insecticide dans la lutte anti vectorielle, en effet ces extraits de plantes aqueux ou sous forme d'huiles essentielles contiennent des substances toxiques pouvant agir efficacement sur les moustiques.

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. L'histoire des plantes aromatiques et médicinales est associée à l'évolution des civilisations (Aouati, 2016).

L'utilisation des extraits de plantes comme le pyrèthre, la nicotine et la roténone était connue depuis longtemps déjà comme agents de lutte contre les insectes (Aouati, 2016).

II.1.3.1. Source de potentiel bioinsecticide chez les plantes

Les extraits de plantes, que ce soit la poudre obtenue par le broyage des feuilles séchées ou les huiles essentielles. Certaines plantes contiennent des substances insecticides hormonomimétiques qui peuvent agir de manière efficace pour lutter contre les moustiques.

Environ 2000 espèces de plantes ont été répertoriées pour produire des métabolites secondaires utilisés dans les programmes de lutte biologique, dont 344 espèces végétales ont montré une activité insecticide contre les moustiques (Sukumar *et al.*, 1991). C'est ainsi des recherches récentes ont porté sur les extraits aqueux et les huiles essentielles des plantes, comme sources de composés ovicides, larvicides, adulticides et répulsifs contre les arthropodes (In Bouguerra, 2019).

II.1.3.2. Action des biocides végétaux à l'égard des moustiques

D'après Rageau et Delaveau (1980) les plantes peuvent agir de deux manières :

- a. **Une action, larvicide** ; cause une mortalité appréciable des larves en 1 à 12 jours.
- b. **Une action juvénile mimétique** ; de l'hormone juvénile, avec allongement de la durée de la vie larvaire qui cause une inhibition de la nymphose (Aouati, 2016); en outre, l'apparition des nymphes anormales et une mortalité au moment de la nymphose et l'imaginose.

Plusieurs chercheurs ont signalé des perturbations de divers constituants biochimiques des insectes lors de l'exposition à divers biocides d'origine végétale, en particulier les métabolites secondaires des plantes tels que *l'Azadirachta indica* et *Artemisia annua* (Tine-Djebbar *et al.*, 2011).

Une expérience faite par Koua *et al* (1998), sur des larves d'*Anopheles gambiae* soumises à un traitement d'extraits aqueux de *Persea Americana* présentent d'importantes lésions au niveau de leur intestin moyen. Les feuilles de cette plante, originaire de l'Amérique tropicale, agissent sur les cellules gastriques.

Une étude préliminaire réalisée par AL Khazraji *et Mustafa* (2008), a montré l'effet insecticide de trois plantes particulièrement sur les stades larvaires. Il s'agit du Margousier (*Azadirachta excelsa*) (Jack), du Cléome épineux (*Cleome glaucescens*) et du Chêne à galles (*Quercus infectoria*), ces espèces causent 100% de mortalité des larves avec une concentration de 200µg/ml après 3jours de traitement.

En l'Algérie, des exemples des tests ont été réalisé sur des larves et des nymphes de *Culex pipiens* avec des extraits de Neem (*Azadirachta indica*) Juss, ces tests ont également provoqué une diminution remarquable de la fécondité des adultes et par conséquent une augmentation de la stérilité. Les effets de cette plantes sur *Culex pipiens* ouvre des perspectives intéressantes comme bioinsecticide (Alouani *et al.*, 2009).

Un autre exemple est donné par la toxicité de deux plantes *Lantana camara* et *Catharantus roseus*, les résultats révèlent des changements de comportement des larves (Remia *et Logaswamy*, 2010). Le premier changement observé après 30mn d'exposition, est l'incapacité des larves à monter à la surface et un déséquilibre conduisant à la mort. Ces effets sont probablement dues à la présence des substances neurotoxiques dans les composants des deux plantes.

CHAPITRE IV

**Effet larvicide de l'huile essentielle
d'*Artemisia campestris* à l'égard de
Culex pipiens : Morphométrie**

I. Caractérisation morphométrique de *Culex pipiens*

Plusieurs travaux ont été consacrés à l'étude de l'aspect morphométrique de l'espèce de *Culex pipiens*.

I.1. La croissance pondérale

I.1.1. Evaluation du poids corporel de *Culex pipiens* au cours de différents stades

Une étude réalisée par **Tine-Djebar *et al* (2011)**, vise à déterminer l'aspect morphométrique de certaines espèces de moustiques inventoriées dans la région de Tébessa, parmi elles l'espèce de *Culex pipiens*.

Les résultats obtenus, révèlent que la croissance pondérale chez *Cx pipiens*, ainsi que les autres espèces, marque une diminution significative du stade L4 au stade adulte (**Figure 16**).

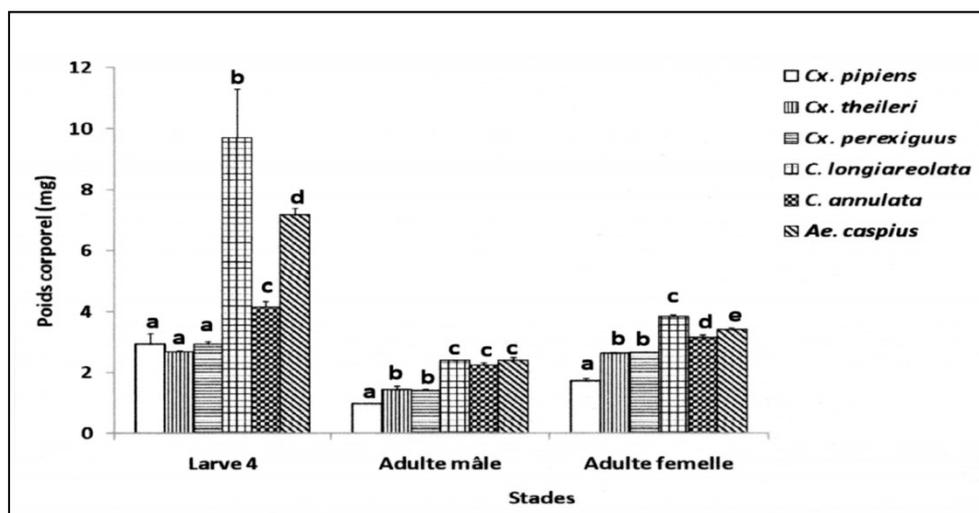


Figure 16 : Évolution du poids (mg) des larves 4 et des adultes mâles et femelles chez quelques espèces de moustiques (**Tine-Djebar *et al*, 2011**).

Ces résultats sont en accord avec ceux de **Bouabida (2014)**, concernant l'évolution du poids du corps des individus au cours du développement, chez différentes espèces inventoriées (**Tableau 4**). La croissance pondérale des individus marque une diminution significative au stade adulte. Les fortes valeurs sont observées chez les femelles par rapport aux mâles.

Tableau 4 : Poids (mg) d'un individu chez les larves L4, pupes et les adultes mâles et femelles chez *Cx. pipiens* (Bouabida, 2014).

	Larve L4	Pupe	Adulte mâle	Adulte femelle
<i>Culex pipiens</i>	2,74 ± 0,05	3,40 ± 0,03	1,23 ± 0,03	1,72 ± 0,03

De son côté, **Bendali *et al* (2001)** prouvent que la croissance pondérale des individus de *Cx. pipiens* est relativement rapide pendant les deux premiers stades larvaires et lente par la suite. Les résultats obtenus (**Tableau 5**), montrent que le poids des individus de divers stades de *Cx. pipiens* augmente au cours de développement. De plus, cette évolution du poids est parallèle avec celle du contenu en protéines, lipides et glucides corporels.

Tableau 5 : Poids moyen (mg) des individus nouvellement exuviés des différents stades de *Culex pipiens* (Bendali *et al*, 2001).

Stades	Poids (mg)
Stade larvaire 1	0,15 ± 0,01
Stade larvaire 2	0,76 ± 0,04
Stade larvaire 3	1,80 ± 0,10
Stade larvaire 4	3,51 ± 0,18
Pupe	4,26 ± 0,12

I.2. La croissance linéaire

I.2.1. Evaluation du volume corporel de *Culex pipiens* au cours des différents stades

L'évaluation de volume corporel est obtenu à partir de la valeur cubique de la largeur du thorax des larves, la largeur céphalothoracique des pupes et la longueur des ailes des adultes. Les résultats liés à la croissance linéaire chez *Culex pipiens*, à savoir le volume corporel, montre une augmentation significative (**Figure 17**) au cours des stades post-embryonnaires (TINE-DJEBAR *et al.*, 2011).

La comparaison avec les autres espèces examinées, révèle que les valeurs les plus faibles sont marquées chez *Culex pipiens*.

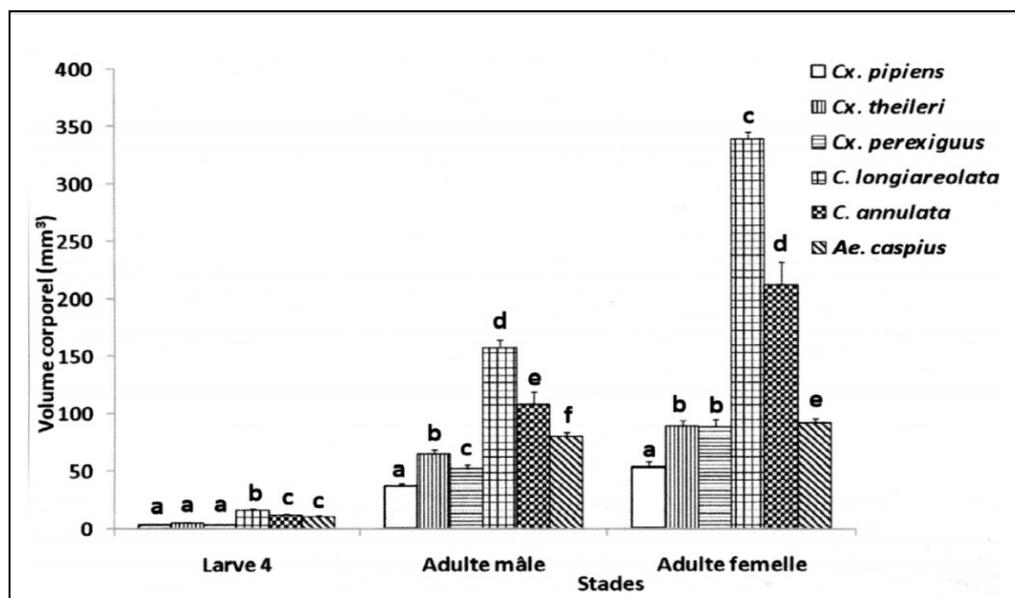


Figure 17 : Évolution du volume corporel (mm^3) des larves 4 et des adultes mâles et femelles chez quelques espèces de moustiques (Tine-Djebar *et al*, 2011).

Les mêmes résultats sont signalés dans les travaux de Bouabida (2014), dont le volume corporel marque une augmentation significative durant le développement post-embryonnaire chez *Cx pipiens* (Tableau 6).

Tableau 6 : Volume corporel (mm^3) des larves L4, pupes et des adultes mâles et femelles de *Culex pipiens* (Bouabida, 2014).

	Larve L4	Pupe	Adulte mâle	Adulte femelle
<i>Culex pipiens</i>	$3,76 \pm 0,51$	$5,11 \pm 0,74$	$36,96 \pm 2,38$	$68,64 \pm 8,18$

Les résultats d'aspect morphométrique de l'espèce *Cx pipiens*, pourront servir ultérieurement comme référence dans l'évaluation de l'efficacité des méthodes de contrôle des populations (Tine-Djebar *et al*, 2011).

II. L'altération de la croissance et le développement chez les insectes

Les paramètres morphométriques du corps des moustiques peuvent influencer quelques paramètres tels que le volume du sang consommé, le degré de son utilisation dans les voies métaboliques, le nombre d'œufs qui arrive à la maturation et le potentiel de transmission des maladies (**In Bouguerra, 2019**).

Le poids corporel des insectes dépend généralement de la présence d'aliments dans leurs habitats, des conditions environnementales et, en particulier, des caractères héréditaires de chaque espèce (**Braquenier, 2009**).

Les concentrations sublétales des insecticides conduisent à des modifications comportementales, biochimiques et physiologiques chez les cibles, tels que l'échec de la mue, problème de la croissance (**Bouabida, 2014**).

II.1. Les modifications morphométriques potentielles d'huile essentielle d'*Artemisia campestris* à l'égard de *Culex pipiens*

L'analyse des changements morphométriques, sont basés ici sur l'hypothèse de l'efficacité d'huile essentielle d'*A. campestris* sur l'aspect morphométrie des larves de *Cx pipiens*, dont la validation d'hypothèse nécessite une réalisation expérimentale. Les modifications probables, mettent en jeu les paramètres biométriques suivant ;

II.1.1. Croissance pondérale

L'altération de la croissance pondérale, traduit par la diminution significative de poids corporel chez les larves de moustique, *Culex pipiens*. Cette réduction de poids peut être accompagné par la mort rapide des larves misent en contact avec l'huile essentielle.

Les résultats de **Bouguerra (2019)**, démontrent que les HEs extraites de deux plantes *Thymus vulgaris* et *Origanum Vulgare*, affectent légèrement la croissance pondérale des individus, en réduisant le poids corporel des larves du quatrième stade de *Cx.pipiens*.

L'application des HEs extraites d'*Eucalyptus globulus* (**Kheled & Dib, 2015**), ainsi *Lavandula dentata* (**Sahbi & Aouni, 2015**) a provoqué une diminution de poids et le volume corporel chez les larves L4 de *Culex pipiens*.

Dris et al. (2017 b), prouvent chez la même espèce de *Culex pipiens* la diminution significative du poids des larves, suite à un traitement avec l'huile essentielle d'*Ocimum Basilicum*.

Le poids corporel de *Culex pipiens* a été également affecté par d'autres insecticides, tels que *Spiromesifen* (**Bouabida, 2014**).

II.1.2. Croissance linéaire

Des relations métaboliques entre le volume corporel, les réserves nutritives et la fécondité ont été rapportées chez les moustiques (**Briegel, 1990**). C'est pourquoi, l'activité de l'insecticide a été examinée au niveau morphométrique (longueur des ailes, largeur du thorax, volume corporel),

II.1.2.1. Largueur de thorax

Les modifications biométriques induits peuvent incluent ainsi, la réduction du largueur de thorax chez les larves de moustique *Culex pipiens*.

Bouderhem (2015), a réalisé des mensurations sur des larves de *Culex pipiens* traitées avec l'huile essentielle du *Laurus nobilis*. Les résultats montrent que le traitement avec (DL50) à l'égard des stades larvaires de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*, cause une réduction de divers paramètres biométriques comme ; la largeur du thorax des larves L4 par rapport aux témoins. Les résultats d'étude, confirment ainsi l'impact plus fort les huiles essentielles par rapport les extraits aqueux utilisés.

II.1.2.2. Volume corporel

Également, le volume corporel des larves L4, peut atteint une diminution considérable. **Seghier et al (2020)**, affirme dans ces travaux que l'HE de *Petroselinum crispum* affecte le poids et le volume corporel au cours du période testée (24h, 48h et 72h), chez les larves L3 et L4 des moustiques *Culex pipiens* ainsi *Culiseta longiareolata*.

Conclusion et Perspectives

Dans les programmes actuels de lutte contre les moustiques et en raison de l'augmentation rapide de la résistance et l'impact nocif sur la santé et l'environnement, l'utilisation des insecticides chimiques pour le contrôle de moustique n'est plus encouragée. Plutôt l'utilisation des substances naturelles, à savoir les huiles essentielles de plantes, comme une bonne alternative ainsi efficace tout en respectant l'environnement, est favorisée.

Au terme de cette étude, nous avons réalisé une recherche bibliographique sur l'aspect morphométrique des larves de moustique *Culex pipiens* mises en contact d'huile essentielle de plante *Artemisia campestris*.

Les huiles essentielles présentent des propriétés intéressantes, dont ils peuvent influencer la croissance pondérale des larves de *Culex pipiens*, en réduisant les paramètres biométriques à savoir la largeur de thorax, le volume et le poids corporel durant les stades larvaires.

Cela nécessite une réalisation expérimentale afin de confirmer ou annuler l'hypothèse. En outre, il sera intéressant de compléter cette recherche en évaluant l'impact de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* sur :

- ✓ Le mécanisme de résistance, à savoir les biomarqueurs de neurotoxicité ainsi que les biomarqueurs de détoxification chez *Culex pipiens*,
- ✓ Le potentiel reproducteur de *Cx pipiens*.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

A

Bad M J., Bedoya L M., Apaza L et Bermejo P., 2012. The Artemisia L Genus: A Review of Bioactive Essential Oils. *Molecules.*, 17: 2542-2566.

Aïssaoui L. et Boudjelida H., 2014. Larvicidal activity and influence of *Bacillus thuringiensis* (Vectobac G), on longevity and fecundity of mosquito species. *Euro. J. Exp. Bio.*, 4 (1), 104-109.

Akrout A., Neffati M., Chemli R., Aouni M., Jerraya R., Dammak M., Dar A., 2007. Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* L. *Revue de As régions arides.* pp 231-240.

Akrout A., Gonzalez L., A., Eljani H et Madrid P. C., 2011. Antioxidant and antitumor activities of *Artemisia campestris* and *Thymalea* from hirsute from southern Tunisia. *Food. Chem. Toxi.*, 49: 342-347.

Alouani A., Rehim N et Soltani N., 2009. Larvicidal activity of a Neem tree extract (*Azadirachtin*) against mosquito larvae in the republic of Algeria. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 2(1) : 15- 22.

Amraoui, F., 2012. Le moustique *Culex pipiens*, vecteur potentiel des virus West Nile et fièvre de la vallée de Rift dans la région du Maghreb. Thèse Doctorat. Univ. Mohammed V Agdal. Fac. Sci. Rabat. 105p.

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

Aouinty, B., Oufara, S., Mellouki, F et Mahari, S., 2006. Evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés: *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 10(2) : 67 – 71.

Aouati A., 2016. Etude de la toxicité de certaines plantes sur les larves de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae). These en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences spécialité : entomologie. Université Des Freres Mentouri faculté des sciences de la nature et de la vie, département de Biologie Animale, 129p.

Références bibliographiques

Azizi R Et Heelimi M., 2019. Evaluation de potentiel larvicide d'Artemisia campestris à l'égard de Culex pipiens (Mémoire de master, univ-Larbi Tebessi, Tébessa).

B

Badoc A., 2017. Astéracées. Biologie végétale-Université de Bordeaux, France.

Bakchiche B., Gherib A., Aazza S., Gago C., Graca Miguel., 2013. Antioxidant activities of eight Algerian plant extract and two essential oils, Industrial Crops and Products, vol46, p-p 85-96.

Balenghien T., 2007. Les moustiques vecteurs de la Fièvre du Nil occidental en Camargu. .In.Insectes. 146(3) : 13-17.

Bandeira, G.N., Augusto Gomes da Camara, C., Martins de Moraes, M., Barros, R., Muhammad, S et Akhtar, Y., 2013. Insecticidal activity of Muntingiacalabura extracts against larvae and pupae of diamondback, Plutellaxylostella (Lepidoptera, Plutellidae). Journal of King Saud University Science. 25 : 83– 89.

Bendali, F., 1989. Etude de Culex pipiens pipiens anautogène. Systématique et lutte bactériologique Baccillus thuringiensis israelensis sérotype H14. B. sphaericus 1953 et deux espèces d'hydracariens. Thèse de magister en Arthropodologie Univ. D'Annaba. 170p.

Bendali F., Djebbar, F et Soltani, N., 2001. Efficacité comparée de quelques espèces de poissons à l'égard de divers stades de Culex pipiens L. dans des conditions de laboratoire. Parasitica .57: 255-265.

Bendali F., 2006. Etude bioécologique, systématique et biochimique des Culicidae (Diptera : Nematocera) de la région d'Annaba. Lutte biologique anticulicidienne. Thèse de doctorat en biologie animale. Université d'Annaba, 176p.

Benelli, G., Pavela, R., Canale, A. et Mehlhorn, H., 2016b. Tick repellents and acaricides of botanical origin: a green road map to control tick-borne diseases?.Parasitology Research.115 (7):2545 – 256

Benkalfate, El.H.C., 1991. Cartographie écologique de culex pipiens (Diptère, Culicidae) En milieu urbain (Ville de Tlemcen Algérie), recherche de causalités de la dynamique démographique des stades pré imaginaux. Thèse de Magister, université de Tlemcen.144p.

Références bibliographiques

Berchi S., 2000. Bio écologie de *Culex pipiens* L. (Diptera, Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de lutte. Thèse Doc. Es. Scien. Univ. Constantine, 133p.

Berchi S., Aouati A., Louadi K., 2012. Typologie des gîtes propices au développement larvaire de *Culex pipiens* L. 1758 (Diptera-Culicidae), source de nuisance à Constantine (Algérie). *Ecologia Mediterranea*. 38 (2):5-16.

Boochird, C., Flegel, M.W., Can, J. Microbiol, 1982, 28, 1235-1241.

Bouguerra, N., Tine-djebbar, F. et Soltani, N., 2017. Algerian *Thymus vulgaris* essential oil: chemical composition and larvicidal activity against the mosquito *Culex pipiens*. *International Journal of Mosquito Research*. 4(1): 37–42.

Bouguerra, N., Tine-Djebbar, F. & Soltani, N., 2018. Effect of *Thymus vulgaris* L. (Lamiales: Lamiaceae) essential oil on energy reserves and biomarkers in *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) from Tebessa (Algeria). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 21 (4): 1082– 1095.

Bouguerra Nadia, 2019. Efficacité comparée des extraits de deux plantes, *Thymus vulgaris* et *Origanum vulgare* à l'égard d'une espèce de moustique, *Culex pipiens*: Composition chimique, Toxicité, Biochimie et Biomarqueurs. thèse. Doctorat, Université Larbi Tébessi –Tébessa.

Bourassa, J. P. et Boisvert, J., 2004. Le virus de Nil occidental : le connaître, réagir et se protéger. Editions Multi Mondes. Québec. 148p.

Bruneton, J. 1999. Pharmacognosie, Phytochimie – Plantes médicinales – 3ème Ed Techniques et documentations. Paris. pp: 227-310-312-313-314.494.

C

Candace, A., Sous, A., Richard, E.W. & H, L. 2001. The ACVD task force on canine atopic dermatitis (XI) : the relationship between arthropod hypersensitivity and atopic dermatitis in the dog, *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 81 : 233-250.

Caratini R., 1971. Bordas encyclopédie. EdBodas. Belgique. 23: 137-195.

Catherine M., 2008. Le spinosad: un nouveau produit insecticide utilisable en AB ? MBI n°55. Edition GRAB.

Références bibliographiques

Chauve, C.M. 1990. *Dirofilaria repens*, *Dipetalonemareconditum*, *Dipetalonemadracunculoides* et *Dipetalonemagrassii*, quatre filaires méconnues du chien, *Pratique Médicale et Chirurgicale de l'Animale de Compagnie, spécial dirofilariose*, 25, 3 : 293-304.

Cisneros, J., Goulson, D., Derwent, L.C., Penagos, D. I., Herná' Ndez, O. et Williams, T., 2002. Toxic effects of Spinosad on predatory insects. *Biological Control* 23, 156/163

Cleveland J., Montville T.J., Nies I.F., et Chikindas M.I., 2001. Bacteriocins: Safe natural antimicrobials or food preservation. *Int. J. Food Microbiol.* 71: 1-20

D

Dahchar Z., 2017. Inventaire des Culicidae de la région Ouest de la ville d'Annaba. Etude bioécologique, systématique des espèces les plus abondantes. Lutte biologique anti larvaire par les extraits aqueux de quelques plantes (Médicinales et toxiques) et le *Bacillus thuringiensis israelensis* H14. Thèse de Doctorat, Annaba, Université Badji Mokhtar.

Dali Y.M.K., 2017. Etude phytochimique bioguidée de plantes aromatiques sahariennes. Thèse de Doctorat, Tlemcen, Université Abou Bekr Belkaid.

Dinesh, D., Murugan, K., Madhiyazhagan, P., Panneerselvam, C., Nicoletti, M., et Jiang, W., 2015. Mosquitocidal and antibacterial activity of green-synthesized silver nanoparticles from Aloe vera extracts : towards an effective tool against the malaria vector *Anopheles stephensi*?. *Journal of Parasitology Research.* 114: 1519 – 1529.

Djghader N.E.H., Boudjelida H., Bouaziz A. et Soltani N., 2013. Biological effects of a benzoylphenylurea derivative (Novaluron) on larvae of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Adv. in Appl. Scien. Res.*, 4 (4): 449-456.

Djghader N. E. H., Aissaoui L., Amira K. et Boudjlida H., 2014. Impact of a chitin synthesis inhibitor, Novaluron, on the development and the reproductive performance Mosquito of *Culex pipiens*. *World applied science Journal*, 29 (7) : 954-960.

Dris, D., Tine-Djebbar, F. et Soltani, N., 2017a. *Lavandula dentata* essential oils: chemical composition and larvicidal activity against *Culiseta longiareolata* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *African Entomology.* 25(2): 387 – 394.

Dris, D., Tine-Djebbar, F., Bouabida, H. et Soltani, N., 2017b. Chemical composition and activity of an *Ocimum basilicum* essential oil on *Culex pipiens* larvae: Toxicological, biometrical and biochemical aspects. *South African Journal of Botany.* 113: 362– 369.

Références bibliographiques

Duquénois, P., Anton, R., 1968. [Search for derivatives of anthracene in 2 African Cassia: *Cassia nigricans* Vahl et *Cassia podocarpa* Guill. et Perr]. *Ann. Pharm. Fr.* 26, 607– 614.

E

El Akhal, F., El Oualilalami, A., Ezoubi, Y., Greche, H. et Guemmouh, R. 2014. Chemical composition and larvicidal activity of essential oil of *Origanum majorana* (Lamiaceae) cultivated in Morocco against *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedecine*.4: 746–750.

El Akhal, F., Greche, H., Ouazzoui, C.F., Guemmouh, R. et El Oualilalami, A., 2015. Chemical composition and larvicidal activity of *Culex pipiens* essential oil of *Thymus vulgaris* grown in Morocco. *Journal of Materials and Environmental Science*. 1: 214–219.

El Akhal, F., Guemmouh, R., Maniar, S., Taghzouti, K. et El Oualilalami, A., 2016. Larvicidal activity of essential oils of *Thymus vulgaris* and *Origanum majorana* (Lamiaceae) against of the malaria vector *Anopheles labranchiae* (Diptera: Culicidae). *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science*. 8(3): 372– 376.

El Harrack, M., Le Guenno, B., Gounon, P., 1997. Isolement du virus West Nile au Maroc. *Virologie*, 1(3), 248-9.

ENAN E., 2005. Molecular response of *Drosophila Melanogaster* tyramine receptor cascade to plant essential oils. *Insect Biochem Mol Biol*, 35(4): 309-321.

Erel B., Reznicek G., Enol S. G Karabay Yava Oulu N. U., Konyalio Lu S et Zeybek A. U., 2012. Antimicrobial and antioxidant properties of *Artemisia L.* species from western Anatolia. *Turk J Biol* 36: 75-84.

Escouder O., 2007. Plantes médicinales : mode d'emploi, les reconnaître dans la nature, les utiliser, les cultiver au jardin. Ed. ULMER., 256p.

F

Faraj, C., Elkohli, M. et Lyagoubi, M., 2006. Cycle genotrophique de *Culex pipiens* (Diptera : Culicidae), vecteur potentiel du virus West Nile, au maroc : estimation de la durée en laboratoire, *Bull. Soc. Patho. Exot.*, 99, 2 : 119-121.

Références bibliographiques

G

Gargan, T.P., Bailey, C.L., Higbee, G.A., Gad, A., El Said, S. 1983. The effect of laboratory colonization on the vector pathogen interactions of Egyptian *Culex pipiens* and Rift Valley fever virus. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 32: 1154-1163.

Guenez, R., Tine-Djebbar, F., Tine, S. et Soltani, N., 2018. Larvicidal efficacy of *Mentha Pulegium* essential oil against *Culex pipiens*L. and *Aedes Caspius* P. larvae. *World Journal of Environmental Biosciences.* 7 (1): 1– 7.

Guenno, B., Bougermouh, A., Azzam, T., Bouakaz, R., 1996. West Nile: a deadly virus? *The Lancet*, 348 (9037), 1315p.

H

Hamer, G.L., Kitron, U.D., Goldberg, T.L., Brawn., J.D., Loss, S.R., et Ruiz M.O. 2009. *Culex pipiens* mosquitoes and West Nile virus amplification. *Am. J. trop. Med. Host. Selection by Hyg.* 80 : 268-278.

Heffaf -derradji F., 2013. Composition chimique et activité insecticide de trios extrait végétaux à l'égard de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera : Curculionidae). Mémoire pour l'obtention du diplôme de magister, Ecole supérieure agronomique, El-Harrach.

Hubalek Z. et Halouzka J., 1999. West Nile fever a reemerging mosquito borne viral disease in Europe. *Emerg Infect Dis.*, 5: 643-650.

Huignard J., Dugravot S., Magnin-Robert M et Ketoh G, K., 2008. Modes d'action neurotoxique des dérivés soufrés et de certaines huiles essentielles et risque liée à leur utilisation in *Biopesticide d'origine Végétale*. Ed. Lavoisier, TEC & DOC, Paris, pp : 219-230.

I

Isman, M., 1999. Pesticides based on plant essential oils. *Pesticide Outlook.* 68– 72.

J

Jerkovic J., Mastelic M. Milos., Juteau F., Masotti V et VianoJ., 2003. Chemical variability of *Artemisia vulgaris* L. essential oils originated from the Mediterranean area of France and Croatia *Flavour. Fragr. J.* (18): 436–440

Références bibliographiques

Joa O.M., Vasconcelos., Artur M.S.S et Jose A.S.C., 1998. Chromones and flavones from *Artemisia campestris* Subsp *Maritima*. *Phytochemistry*. 49 (5):1421-1424

Juteau F., Masotti V., Bessière J-M., Viano J., 2002. Compositional characteristics of the essential oil of *Artemisia campestris* var. *glutinosa*. *Bioch. Syst. Ecol.* (30): 1065-1070.

K

Khadija. R., 2002. Etude du mécanisme de l'action bactericide de l'HE sur *Mycobacterium Phlei* et *Mycobacterium fortuitum*. Thèse de Doctorat d'état. En biologie cellulaire et moléculaire appliquée à l'environnement et la santé. Fès.

Khalil, G., 1980. A preliminary survey of mosquitoes in upper Egypt. *J. Egypt. Publ. Heal. Assoc.*, 55 (5/6) : 355-362.

Koua H. K., Han S. H., et Almeida M. A., 1998. Histopathologie d'*Anopheles gambiae* s. (Giles, 1902) (Diptera, Culicidae) soumis à l'activité larvicide de l'extrait aqueux de *Persea americana* (Miller, 1768) (Lauraceae). *Entomologie médicale. Bull. Soc. Path. Ex.* 91(3), 252– 256.

Krida, G., Diancourt, L., Bouattour, A., Rhim, A., Chermiti, B. et Failloux, A.B. 2011. Assessment of the risk of introduction to Tunisia of the Rift Valley fever virus by the mosquito *Culex pipiens*. *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, 104 (4): 250-259.

KURKIN V. A., 2003. *Chem. Nat. Compd.*, 39,123.

Kurita, N., Koike, S., 1982. *Agric. Bil. Chem*, 46, 159-165.

L

Lacoursiere J. O. et Boisvert J., 2004. Le *Bacillus thuringiensis israelensis* et le contrôle des insectes piqueurs au Québec. 1-101.

Larivière.M., et Abonnenc., E., 1956. Notes biologiques et morphologie de l'œuf de la larve et de l'adulte de *Culex antennatus* Becker 1903. *Bulletin de l'Institut Française d'Afrique Noire* 18,1191-1199.

Linné, C., 1758. *Sytemanaturae per regna frianaturae*. Edition 10. Holmia, (1). 82p.

Lucienne, D., 2007. *Les Plantes Médicinales de l'Algérie*, Berti.

Références bibliographiques

M

Mamy., 2008. Plants médicinales, Tout sur l'armoise.

Masclet Jean-Pierre., 2016. Les nématodes utiles. RTS jardin. Consulté le 4 juin 2020.
URL : <https://www.rts.ch/monsieurjardinier>

Mathias de Kouassi., 2001. Les possibilités de la lutte microbiologique, Vertig O - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 2 Numéro 2 | octobre 2001, mis en ligne le 01 octobre 2001, consulté le 03 juin 2020. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/4091> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.4091>

Meynadier, G., Margier, A. A., Girardie, J. et Vago, C., 1993. Une entomopoxvirose chez l'orthoptère *Anacridium aegyptium*. *Entomophag.* 37: 453-464.

Michaelakis A., Mihou A.P., Couladouros E.A., Zounos A.S.K et Koliopoulos G. 2005. Oviposition responses of *Culex pipiens* to a synthetic racemic *Culex quinquefasciatus* oviposition aggregation pheromone. *Journal of Agricultural and Food chemistry.* 4 :5p.

Mills C., Cleary J. B., Gilmer J. F et Walsh J., 2004. Inhibition of acetylcholinesterase by Tea Tree Oil. *Journal of Pharmacy and Pharmacology.* 56: 375-379.

Moutailler, S., Krida, G., Schaffner, F., Vazeille, M. et Failloux, A.B. 2008. Potential vectors of Rift Valley virus in the Mediterranean Region. *Vector Borne Zoonot Dis.*, 8 : 749-753.

Mucciarelli, M et Maffei M., 2002. Artemisia: Introduction to the Genus. Vol. 18 Ed Colin W.W. in Taylor & Francis. Ed. London and New York. pp: 10-16.

Muriel , G et Toral Y.C., 2005. Evaluation in vitro de l'efficacité du fipronil sur *Culex pipiens pipiens*. Thèse pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire , Diplôme d'état , Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse , France. 55p.

O

OMS., 1999. La lutte antivectorielle - Méthodes à usage individuel et communautaire - Sous la direction de Jan A. Rozendaal, 540p.

Oumane F, sd. Les moustiques, morphologie, biologie et rôle vecteur. Laboratoire écologiques vectorielle et parasitaire. Facultés des sciences et techniques. Univ. C.A.D., Dakar.

Références bibliographiques

Ouedraogo, T.D., Baldet, T., Skovmand O., Kabre, G., et Guiguemde T.R., 2005. Susceptibility of *Culex quinquefasciatus* to insecticides in Bobo Dioulasso, Burkina Faso. Bull SocPatholExot. 2005 Dec; 98(5) : 406-10. French.

P

Padua L.S., Bunyapraphatsara N., R.H.M.J. Lemmens. 1999. Plant Resources of South-East Asia.12.

Palmisano Ct, Taylor V, Caillouet K, Byrd B et Wesson D., 2005. Impact of West Nile virus outbreak upon St.Tammany Parish Mosquito Abatement District. J Am Mosq Control Assoc, 21, 33-38.

Palmisano, F., Vitone, A., et Vitone, C., 2005. Load path method in the interpretation of the masonry vault behaviour. Ninth International Conference on Structural Studies. Repairs and Maintenance of Heritage Architecture, vol. I: 155-167.

Pates H., et Curtis C., 2005. Mosquito behavior and vector control. Annual Review Of Entomology 50: 53-70.

Pavela, R. 2015a. Essential oils for the development of ecofriendly mosquito larvicides: a review. Industrial Crops and Products. 76: 174 – 187.

Pichersky, E., Noel, J.P., et Dudareva, N., 2006. Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity. Science 311, 808–811. doi:10.1126/science.1118510.

Prelaud, P. 1991. Urticaire provoquée par une hypersensibilité aux piqûres de moustiques chez un boxer, L'Action Vétérinaire : 1189, 11-13.

Q

Quezel P Et Santa S., 1963. Nouvelle flore de l'Algerie et des régions désertiques méridionales. TOME II, éd centre national de la recherche scientifique. Paris, pp : 571-1170.

R

Rageau, J. et Mouchet, J. 1967. Les arthropodes hématophages de Camargue. Cah. ORSTOM, ser. Ent. Med., 5 (4) : 263-281.

Rageau J. et Delaveau P., 1980. Effets toxiques d'extraits de végétaux sur les larves de moustiques. Bulletin de la société de pathologie exotique. (72), 168-171.

Références bibliographiques

Regnault-Roger C et Hamraoui A., 1995. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelidesobtectus*(Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of stored Products Research* 31: 291-299.

Reusken, C., De Vries, A., Ceelen, E., Beeuwkes, J. & Scholte, E.J. 2011. A study of the circulation of West Nile virus, Sindbis virus, Batai virus and Usutu virus in mosquitoes in a potential high-risk area for arbovirus circulation in the Netherlands De Oostvaardersplassen. *Eur. Mosquito Bull.*, 29: 66-81.

Resseguier P., 2011. Contribution à l'étude du repas sanguin de *Culex pipiens pipiens*. Thèse d'exercice, école nationale de Toulouse-ENTV ,80p.

Rioux J. A., 1958. Les Culicides du Midi méditerranéen. Etude systématique et écologique. *Encyclopédie entomologique*, XXXV. Editions P. Lechevalier, Paris, 303 p.

Ripert C., 2007. *Epidémiologie des maladies parasitaires, affections provoquées ou transmises par les arthropodes.* 581p.

Robert V., 1989. *Biologie des Anophèles vecteurs de paludisme en Afrique Centrale.* Bull. liais. doc., 70-74.

Rodhain, F., 1983. Maladies transmises par les culicidés et urbanisation, *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 76 : 250-255.

Roman Émile., 1960. Elevage en série du Moustique citadin *Culex pipiens autogenicus* [Dipt. Culicidae]. In:*Bulletin de la Société entomologique de France*, volume 65 (9-10), pp. 281-287.

Ronbaud E., 1957. Biologie des moustiques sur l'existence de deux entités biologiques distinctes dans la définition du moustique commun rural, *Culex pipiens pipiens*. *Comptes rendus des séances de l'académie des sciences.* (244), 3115-3116.

Références bibliographiques

S

Sadallah N et Belkhaoui A., 2016. Étude Biométrique sur des larves de culex pipiens Exposées aux Extraits Des plantes. Mémoire de master, Université de Tébessa. 15p.

Savage HM et Miller B., 1995. House Mosquitoes of the U.S.A., *Culex pipiens* Complex. Wing Beats, 6, 8-9.

Savage H.M., Ceianu C, Nicolescu G, Karabatsos N.I.R., 1999. Entomologic and avian investigations of an epidemic of West Nile fever in Romania in 1996, with serologic and molecular characterization of a virus isolate from mosquitoes. Am. J. Trop. Med. Hyg. 61: 600-611.

Seghier H, Tine-Djebbar F, Loucif W, et Soltani N., 2020. Larvicidal and Pupicidal Activites of Petroselinum Crispum Seed Essential oil on Culex pipiens and Culiseta Longiareolata Mostiquoes. 27(47): 14669-14675.

Soltani N., 2001. Efficacité compare de quelques espèces de poisons à l'égard de Culex pipiens L. Dans les conditions de laboratoire. Parasitica. 57 : 255-265.

Soltani N., Larham B. & Boudejlida H. 2010. Lutte chimique contre les moustiques: Evaluation d'un insecticide sélectif a l'égard des larves de Culex pipiens. Actes de la CIFE VI, Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat. 47: 177-182.

Self LS, Shin HK, Kim KH, Lee KW, Chow CY, et Hong HK., 1973. Ecological studies on Culex tritaeniorhynchus as a vector of Japanese encephalitis. Bull World Health Organ. 49: 41-47.

Sicart, M., 1952 a. Sur la présence d'Aedes zammitii et Aedes echinus en Tunisie. Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie, 5 : 109-110.

Subra R. et Hébrard G., 1975. Ecologie larvaire de *Culex pipiens fatigans* (Wiedemann, 1828) (Diptera, Culicidae) dans une zone de haute endémie filarienne (Mayotte, archipel des Comores). Tropenmedizin und Parasitologie, 26 (1), 48-59.

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

T

Références bibliographiques

- Talukder, F.A., 2006.** Plant products as potential stored product insect management agents A mini review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 18(1):17 – 32.
- Tardif SD., Smucny DA., Abbott DH., Mansfield K., Schultz-Darken N., et Yamamoto ME., 2003.** Reproduction in captive common marmosets (*Callithrix jacchus*) .*Comp Med*. 2003;53:364–368.
- Thompson, G., et Hutchins, S., 1999.** Spinosad. *Pesticide Outlook* 10, 78–81.
- Tine-Djebbar F. et Soltani N., 2008.** Activité biologique d'un agoniste non stéroïdien de l'hormone de mue sur *Culiseta longiareolata*: analyses morphométrique, biochimique et énergétique. *Synthèse*, 18: 23-34.
- Tine-Djebbar F., Larhem A. B. et Soltani N., 2011.** Enzyme immunoassay measurements of the molting hormone in different post-embryonic stages of two mosquito species, *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. *African Journal of Biotechnology* 10(67), 15195-15199.
- Tine-Djebbar, F., Bouabida, H. et Soltani, N., 2016.** Répartition spatio-temporelle des Culicidés dans la région de Tébessa. Editions universitaires européennes. ISSN/ISBN : 978-3-63950856-7.
- Toral, Y., et Caro, M.G., 2005.** Evaluation in vitro de l'efficacité du fipronil sur *Culex pipiens pipiens*. Thèse Doctorat. Ecole Nationale Vétérinaire. Toulouse. 55p.
- TRABUT., 1933.** Flore de nord de l'afrique:repertoire des noms indigènes des plantes spontanés, cultivées et utilisées dans le nord de l'afrique. 335p.
- U**
- Urquhart, G.M., Armour, J. et Duncan, J.L., 1996.** *Veterinary Parasitology*, 2^e Edition, Oxford ; Blackwell science. 307 p.
- W**
- Weitz el, T., Collado, A., et Becker, N., 2011.** Distribution and frequency of *Culex pipiens* and *Culex torrentium* (Culicidae) in Europe and diagnostic allozyme markers. *JEur. Mosq. Control Assoc.*, 29, 23-37.
- Z**
- Zientara S., Dufour B., Moutou F., et Guitteny B., 2001.** Le point sur l'épizootie française de West Nile en 2000. *Bulletin épidémiologique de l'Afssa*, no 1: 1-2

