



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

THÈME :

---

# Étude bibliographique de l'effet larvicide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* à l'égard de *Culex pipiens* : Morphométrie

---

Présenté et soutenu par :

**MECHERI Roumaïssa**

**HAMMOUCHÈNE Saoussen**

Devant le jury :

<b>Dr. GHERISSI Bilel</b>	MAA	Université de Tébessa	Président
<b>Dr. ZEGHIB Assia</b>	MCA	Université de Tébessa	Promotrice
<b>Dr. BENLAKEHAL Ammar</b>	MAA	Université de Tébessa	Examineur

Date de soutenance : 27 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

THÈME :

---

# Étude bibliographique de l'effet larvicide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* à l'égard de *Culex pipiens* : Morphométrie

---

Présenté et soutenu par :

**MECHERI Roumaissa**

**HAMMOUCHÈNE Saoussen**

Devant le jury :

<b>Dr. GHERISSI Bilel</b>	MAA	Université de Tébessa	Président
<b>Dr. ZEGHIB Assia</b>	MCA	Université de Tébessa	Promotrice
<b>Dr. BENLAKEHAL Ammar</b>	MAA	Université de Tébessa	Examineur

Date de soutenance : 27 juin 2020

Note :.....

Mention :.....

## ملخص

تعتبر *les Culicidae* بلا شك أكثر الحشرات المعروفة والأكثر خطورة، سواء للإزعاج الذي يشكله وجودهم، أو للأمراض المنقولة التي يمكنهم تلقيحها أثناء وجبة الدم.

من أجل مكافحة انتشار الحشرات والأوبئة الناتجة عنها، تم اختبار العديد من الطرق المقترحة باستخدام مبيدات الحشرات الكيميائية. أدت مقاومة هذه الحشرات للمبيدات الكيميائية وإلى تراكم هذه المركبات السامة في البيئة إلى البحث في المبيدات الحشرية الحيوية الانتقائية والقابلة للتحلل الحيوي وهي مستخلصات النباتات العطرية.

الهدف من هذا العمل هو إجراء بحث حول تأثير الزيت العطري من *Rosmarinus officinalis* على يرقات المرحلة الرابعة من *Culex pipiens*. تم أخذ العديد من المتغيرات المورفومترية في الاعتبار: عرض القفص الصدري ووزن وحجم الجسم لأفراد المرحلة الرابعة من اليرقات من *Culex pipiens*.

الكلمات المفتاحية *Culex pipiens* ، *Rosmarinus officinalis* ، تأثير اليرقات ، الزيت العطري ، مكافحة البيولوجية ، المبيدات الحيوية ، الشكل.

## Abstract

The Culicidae, are undoubtedly the best known and most feared insects both for the inconvenience and nuisance that their presence constitutes, and by the vectorial diseases that they can inoculate during their blood meal.

In order to counter the spread of insects and the epidemics resulting from them, several methods involving the use of chemical insecticides have been tested. The resistance of these insects to chemical pesticides and the bioaccumulation of toxic compounds in the environment have directed research towards selective and biodegradable bio-insecticides and in particular aromatic plant extracts.

The objective of this work is to carry out a bibliographic search on the larvicidal effect of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* on newly exuviated stage 4 larvae of *Culex pipiens* (Morphometry). Several morphometric parameters were considered: the width of the thorax, the weight and the body volume of individuals of larval stage 4 of *Culex pipiens*.

Key words: *Culex pipiens*, *Rosmarinus officinalis*, larvicidal effect, essential oil, biological control, bio insecticide, morphometrics.

## Résumé

Les *Culicidae* sont, sans doute, les insectes les plus connus et les plus redoutés tant pour le désagrément et nuisance que constitue leur présence, que par les maladies vectorielles qu'ils peuvent inoculer pendant leur repas sanguin.

Afin de contrer la propagation des insectes et des épidémies y découlant, plusieurs méthodes impliquant l'utilisation d'insecticides chimiques ont été testées. La résistance de ces insectes aux pesticides chimiques et la bioaccumulation de composés toxiques dans l'environnement, ont dirigé la recherche vers des bio-insecticides sélectifs et biodégradables, en particulier, les extraits de plantes aromatiques.

Le présent travail a pour objectif d'effectuer une recherche bibliographique sur l'effet larvicide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur les larves stade 4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* (Morphométrie). Plusieurs paramètres morphométriques ont été considérés : la largeur du thorax, le poids et le volume corporel des individus du stade larvaire 4 de *Culex pipiens*.

**Mots clés :** *Culex pipiens*, *Rosmarinus officinalis*, effet larvicide, huile essentielle, lutte biologique, bio-insecticide, morphométrie.

# Dédicaces

*Je dédie ce travail, en premier lieu, aux êtres les plus chers au monde : mes parents.*

*Quoi que je fasse je ne pourrai leur rendre ce qu'ils ont fait pour moi ; si je suis arrivée là c'est*

*bien grâce à eux, que Dieu les bénisse, leur accorde longue vie et les protège.*

*A la mémoire de mon frère Zakaria*

*A ma sœur, Mariem*

*A mes frères Ahmed et Abderrakib*

*A mon binôme Hammouchène Saoussen*

*A ma cousine Goumri Amira*

*A mes âmes sœurs Grib Raja et Merabti Anfel*

*A ma belle-sœur Sabondji Yasmine*

*A toute ma famille et toutes mes amies*

*Roumaïssa*

# Dédicaces

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

*À ma chère grand-mère qui sera fière de mon accomplissement*

*À mes chers frères Zakaria et Ishak*

*À mon oncle et à sa femme Abdenacer et Safia*

*À mon binôme Mecheri Roumaïssa*

*À mes amies et collègues*

*À toute ma famille et à toutes les personnes qui m'ont encouragé, aidé et qui ont contribué de près ou de loin à cette réussite.*

*Saoussen*

# Remerciements

*Un grand merci à Dieu pour nous avoir donné tant de patience pour pouvoir continuer malgré les obstacles et les embûches.*

*Nous tenons, tout particulièrement, à présenter nos plus vifs remerciements et notre profonde gratitude à **Mme ZEGHIB Assia**, Docteur à l'université de Tébessa qui, malgré ses multiples occupations, nous a fait l'honneur d'assurer notre encadrement avec une grande rigueur scientifique et qui a su faire preuve de patience, d'indulgence et de compréhension tout au long de ce travail. Un grand merci pour sa disponibilité, ses conseils et la confiance qu'elle nous a accordé.*

*Nous exprimons notre reconnaissance à **Dr. GHERISSI Bilel** qui nous a fait l'honneur de présider ce jury et d'avoir eu l'aimabilité de lire ce travail.*

*Nous exprimons également notre profonde gratitude à **Dr .BENLAKEHAL Ammar**, pour l'intérêt qu'il a porté à notre recherche en acceptant d'examiner et de juger notre travail.*

*Vos suggestions et remarques sont un apport pour la suite de la carrière de chercheur que nous embrassons avec cette présente étude.*

*Nous remercions également tous les membres de la Faculté des Science Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie qui ont contribué à notre formation universitaire.*

*Nous tenons à remercier aimablement toute personne ayant contribué de près ou de loin au bon déroulement de notre mémoire de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.*

# Liste des tableaux

<b>Tableau 01:</b> Position systématique de <i>Culex pipiens</i> .....	6
<b>Tableau 02:</b> Caractéristiques morphologique d'un adulte de <i>Culex pipiens</i> .....	15
<b>Tableau 03:</b> Systématique botanique de <i>Rosmarinus officinalis (L)</i> .....	28
<b>Tableau 04:</b> Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles (HEs).....	30
<b>Tableau 05:</b> Composition de l'huile essentielle du Romarin .....	33

# Liste des figures

<b>Figure 01:</b> Cycle de développement de <i>Culex pipiens</i> . .....	7
<b>Figure 02:</b> Radeau d'œufs de <i>Culex pipiens</i> .....	8
<b>Figure 03:</b> Œufs de <i>Culex pipiens</i> . .....	9
<b>Figure 04:</b> Morphologie générale d'une larve de <i>Cx. pipiens</i> .. .....	10
<b>Figure 05:</b> Larve L4 de <i>Cx. pipiens</i> . .....	10
<b>Figure 06 :</b> Nymphe de <i>Cx. pipiens</i> .....	11
<b>Figure 07:</b> Imago de <i>Culex pipiens</i> .....	12
<b>Figure 08:</b> Morphologie générale d'une nymphe de <i>Culex pipiens</i> .....	14
<b>Figure 09:</b> Morphologie générale d'un moustique adulte.....	14
<b>Figure 10:</b> Mécanisme de pique.....	18
<b>Figure 11:</b> Cycle de virus West Nile. ....	19
<b>Figure 12:</b> Cycle de la filariose. ....	20
<b>Figure 13:</b> Représentation de l'espèce <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	26
<b>Figure 14:</b> Caractéristiques de <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	27
<b>Figure 15:</b> Structure chimique de quelques monoterpènes.....	31
<b>Figure 16:</b> Structure d'un sesquiterpène.....	31
<b>Figure 17:</b> Structure d'un aromatique.....	32
<b>Figure 18:</b> Rôle de l'acétylcholinestérase1 (AChE1) dans la transmission synaptique .....	51
<b>Figure 19:</b> Schéma d'un <i>Bacillus thuringiensis</i> .....	53
<b>Figure 20:</b> Morphométrie géométrique des ailes des moustiques.....	60
<b>Figure 21:</b> Effet de l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> sur la largeur de thorax .....	63
<b>Figure 22:</b> Effet de l'huile essentielle de <i>R.officinalis</i> sur le volume corporel .....	64
<b>Figure 23:</b> Effet de l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> sur le poids.....	65

## Liste des abréviations

<b>ACh</b>	Acétylcholine
<b>AChE</b>	Acétylcholinestérase
<b>AFNOR</b>	Association française de normalisation
<b><i>Bti</i></b>	<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>
<b>CL25</b>	Concentration Létale de 25% de la population
<b>CL50</b>	Concentration Létale de 50% de la population
<b>CL90</b>	Concentration Létale de 90% de la population
<b><i>Cx. pipiens</i></b>	<i>Culex pipiens</i>
<b>DEET</b>	N, N-diéthyl-3- méthylbenzamide
<b>FVR</b>	Fièvre de la Vallée du Rift
<b>He</b>	Huile essentielle
<b>L3</b>	Larve au stade 3
<b>L4</b>	Larve au stade 4
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>PRI</b>	Points de repère identifiables
<b>Ppm</b>	Partie par million
<b><i>R. officinalis</i></b>	<i>Rosmarinus officinalis</i>

# Sommaire

ملخص

Abstract

Résumé

Dédicaces

Remerciements

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction .....	1
Chapitre I : Biologie de <i>Culex Pipiens</i> .....	5
I. Généralités et description de l'espèce .....	5
I.1. Présentation de l'espèce <i>Culex pipiens</i> .....	5
I.2. Caractéristiques .....	5
I.3. Position systématique .....	6
II. Cycle de développement et caractères morphologiques des différents stades .....	7
II.1. Reproduction .....	7
II.2. Œufs .....	8
II.3. Larves .....	9
II.4. Nymphes .....	10
II.5. Adultes .....	12
III. Morphologie des différents stades de <i>Culex pipiens</i> .....	12
III.1. Identification des œufs de <i>Cx. pipiens</i> .....	13

III.2. Identification des larves de <i>Cx. pipiens</i> .....	13
III.3. Identification de la nymphe de <i>Cx. pipiens</i> .....	13
III.4. Identification des adultes de <i>Cx. pipiens</i> .....	14
IV. Ecologie de <i>Culex pipiens</i> .....	16
V. Nuisances causées par <i>Culex pipiens</i> .....	17
V.1. Piqures .....	17
V.2. Transmission des maladies .....	18
V.2.1. Virus de West Nile .....	18
V.2.2. Filariose .....	19
VI. Moyens de lutte contre <i>Culex pipiens</i> .....	20
VI.1. Lutte physique .....	21
VI.2. Lutte chimique .....	21
VI.3. Lutte biologique .....	22
VI.4. Lutte génétique.....	22
VI.5. Lutte microbiologique.....	22
VI.6. Lutte par les plantes médicinales .....	22
Chapitre II : Biologie de <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	25
I. Généralités sur les plantes médicinales.....	25
II. Présentation de l'espèce <i>Rosmarinus officinalis L</i> .....	25
II.1. Définition.....	25
II.2. Dénomination de <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	26
II.3. Description botanique .....	26
II.4. Taxonomie de la plante.....	28
II.5. Ecologie et répartition géographique de <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	28
II.5.1. Ecologie .....	28
II.5.2. Répartition géographique.....	29

II. Généralités sur l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	29
II.1. Définition.....	29
II.2. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles (HEs) .....	30
II.3. Composition chimique des huiles essentielles (HEs) .....	30
II.3.1. Groupe des terpénoïdes.....	30
II.3.2. Groupe des aromatiques .....	32
II.4. Composition de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	32
IV. Propriétés thérapeutiques de la plante.....	33
V. Activités biologiques de <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	34
V.1. Activité antibactérienne.....	34
V.2. Activité antifongique .....	35
V.4. Activité antioxydante .....	35
V.5. Activité anti-inflammatoire .....	36
V.6. Effet anti-acétylcholinestérase.....	36
V.7. Effet anti-hépatotoxique .....	36
V.8. Activité antidiabétique.....	37
V.9. Activité insecticide .....	37
Chapitre III : Lutte biologique.....	49
I. Généralités .....	49
II. Résistance de <i>Culex pipiens</i> .....	50
III. Lutte biologique .....	51
III.1. Utilisation des microorganismes dans la lutte biologique.....	52
III.2. Utilisation des plantes dans la lutte biologique .....	53
III.3. Activité insecticide des huiles essentielles.....	56
Chapitre IV : Effet larvicide de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> à l'égard de <i>Culex pipiens</i> ( <i>Morphométrie</i> ).....	59

I. Morphométrie .....	59
II. Effet larvicide de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> à l'égard de <i>Culex pipiens</i> .....	61
II.1. Étude morphométrique .....	62
II.1.1. Effet Largeur du thorax .....	62
II.1.3 Effet sur le poids corporel.....	64
Conclusion.....	69
Références bibliographiques.....	70

# **Introduction**



## **Introduction**

Depuis 170 millions d'années, les diptères forment un groupe d'insecte le plus écologiquement diversifié. La famille des culicidés est considérée comme la plus importante, elle comprend environ 3528 espèces de la faune du monde (**Poupardin, 2011**). Les espèces constituant le même groupe sont regroupées sous le vocable commun : le complexe d'espèces. Dans le groupe des culicidés, on trouve trois complexes ; le complexe *Anopheles gambiae* Giles, le complexe *Anopheles punctulatus* et le complexe *Culex pipiens* Linnee.

La place importante qu'occupent les moustiques dans la faune terrestre comme dans la faune aquatique, fait de ces Arthropodes un matériel d'étude important pour les biologistes. Au cours des vingt dernières années, la faune Culicidienne d'Algérie a fait l'objet d'un grand nombre de travaux qui s'intéressent plus particulièrement à la systématique, la biochimie et la morphométrie de ces insectes (**Bendali et al., 2001; Boudjelida et al., 2005; Tine-Djebbar et Soltani, 2008; Tine- Djebbar, 2009; Messai et al., 2010; Tine-Djebbar et al., 2011**).

Les Culicidae sont des insectes piqueurs-suceurs de sang appartenant à l'ordre des Diptères et au sous-ordre des Nématocères. Parmi les espèces connues dans la transmission des maladies à l'homme, nous citons celles appartenant aux genres *Culex* particulièrement l'espèce *Culex pipiens* (**Bezzaoui, 2013**), L'espèce *Cx. pipiens* est un moustique ubiquiste capable de s'adapter à différents biotopes (**Tabti, 2017**), et est le seul membre présent en Afrique du Nord. Les diptères du genre *Culex* sont des agents nuisants 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**). Chaque année, environ 500 millions de personnes sont infectées par des arbovirus transmis par des Arthropodes hématophages et entre 1 et 3 millions en meurent dont plus de 80 % en Afrique (**W.H.O., 2005**).

Le virus West Nile appartient à la famille des Flaviviridae du genre flavivirus infestant habituellement les populations d'oiseaux (Ardeidae), mais pouvant provoquer, chez l'homme, des cas sporadiques ou épidémiques avec fièvre, céphalée, éruption et parfois encéphalite ou

hépatite grave (Rageau & Mouchet, 1967 ; Khalil, 1980 ; Bourassa & Boisvert, 2004 ; Faraj et al., 2006 ; Hamer et al., 2009 ; Amraoui, 2012). L'homme a une période d'incubation variable entre 3 et 12 jours. Les formes symptomatiques de la maladie se caractérisent par l'apparition brutale d'une fièvre importante. Cette fièvre est accompagnée de maux de tête et de dos, de douleurs musculaires, d'une toux, d'un gonflement des ganglions du cou, et souvent d'une éruption cutanée, de nausées, de douleurs abdominales. Des complications neurologiques (méningite, encéphalite) surviennent dans moins de 1% des cas (Tabti, 2017).

Le virus responsable de la FVR appartient au genre Phlebovirus, de la famille des Bunyaviridae. La FVR est une zoonose qui touche principalement les animaux, mais peut aussi contaminer l'homme (Aubry & Gaüzère, 2019). Ce virus a provoqué des épizooties d'avortements chez les ovins et les caprins en Egypte (Gad et al., 1995) Il peut être responsable de cas humains sporadiques ou épidémiques, ces cas peuvent être mortels, suite à d'importants symptômes hémorragiques (Tabti, 2017).

Les moustiques sont généralement contrôlés par des insecticides conventionnels (les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates et les pyréthrinoides de synthèse) (Casida & Quistad, 1998), L'utilisation intensive et abusive de ces produits chimiques a entraîné divers inconvénients environnementaux telle que la pollution et des effets secondaires sur des organismes non ciblés (Akami et al., 2016), l'atteinte des organismes non visés et notamment l'apparition de phénomène de résistance.

Les scientifiques tentent actuellement de trouver d'autres produits accessibles, moins toxiques à base de produits naturels connus sous le nom de bio- insecticides pour mener cette lutte (Bezzaoui, 2013). Alors, les substances naturelles comme les molécules bioactives issues des végétaux suscitent actuellement un intérêt tout particulier par leurs multiples activités biologiques (antibactérienne, antioxydant et insecticides) tant appréciées dans le domaine de la santé humaine et de l'industrie alimentaire, pharmaceutique ou cosmétique (Guermi et Rhaim, 2019).

Récemment, Le romarin (*Rosmarinus Officinalis*) a fait l'objet de plusieurs recherches dans les domaines pharmaceutiques, cosmétiques et agro-alimentaires. C'est une herbe aromatique de la famille des Labiées, appréciée pour ses propriétés aromatiques, anti-oxydantes, antimicrobiennes, antispasmodiques, emménagogues et anti-tumorales, largement

utilisée dans les produits pharmaceutiques et médecine traditionnelle (**Atik bekkara et al, 2007**). Les extraits des huiles essentielles de cette plante sont largement utilisés (**Hostettmann, 1997**).

Depuis 2006, de nombreuses études ont été réalisées sur l'effet répulsif des huiles essentielles ou sur leur effet larvicide. La plupart de ces études ont mis en évidence un effet larvicide et/ou répulsif sur les moustiques, et notamment les Culicidés (**Bastien, 2008**).

Dans cette perspective, les recherches envisagées dans ce travail visent à évaluer les réponses des populations de *Culex pipiens* (espèce de moustique la plus répandue à Tébessa) à l'impact d'un nouvel insecticide à base d'huile essentielle d'une espèce de romarin "*Rosmarinus officinalis*". Ainsi, notre travail s'articule autour de quatre chapitres : le premier chapitre présente un aperçu bibliographique sur la biologie de *Culex pipiens*. Dans cette partie on a présenté l'espèce *Culex* (position systématique, cycle de développement, écologie, morphologie des différents stades, nuisance et transmission des maladies). Le second chapitre montre la présentation de la plante *Rosmarinus officinalis* (description botanique, taxonomie...) et l'huile essentielle de cette plante. Le troisième chapitre montre les différents types de la lutte biologique contre les insectes. Concernant le quatrième chapitre on a présenté l'effet de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* à l'égard de *Culex pipiens* sur certains paramètres morphométriques.

**Biologie de *Culex***  
*pipiens*

## Chapitre I : Biologie de *Culex Pipiens*

### I. Généralités et description de l'espèce

#### I.1. Présentation de l'espèce *Culex pipiens*

Les moustiques appartiennent à la classe des insectes, à l'ordre des diptères et à la famille des Culicidés. Les moustiques sont cosmopolites et sont groupés en deux sous-familles, Culicinae et Anophelinae (**Trari et al, 2002**).

Les culicidés ou moustiques font partie de l'ordre des Diptères et à la sous ordre des Nématocères. Selon (**Seguy, 1951**), les moustiques se distinguent des autres Nématocères piqueurs par leur trompe longue et la présence d'écailles sur les nervures alaires. Les Culicidés se divisent en trois sous-familles : les Taxorhynchitinae, les Anophelinae, les Culicinae. La famille des Culicidae comprend environ 3000 espèces (**Knight et Stone, 1977**). En Algérie, 50 espèces des Culicidés de 6 genres différents sont regroupés dans les sous-familles des Anophelinae et les Culicinae (**Hassaine, 2002**). Les Taxorhynchitinae ne sont pas représentés.

*Culex pipiens*, c'est un moustique capable de coloniser différents biotopes, (**Savage & Miller, 1995**). Il est capable de se développer dans toutes les régions du globe, excepte celles où il règne de trop froid (**Resseguier, 2011**). Il est actif pendant toute l'année et atteint son maximum de développement pendant les saisons chaudes. Il se développe aussi bien dans les milieux urbains que ruraux dans les eaux polluées que propres (**Savage et Miller, 1995**) vide sanitaire, petit bassin, conteneur abandonné, fossé, marais (**Balenghien, 2007**).

Cx est nommé aussi le maringouin domestique, il existe divers sous-espèces de ce moustique. Sa femelle pique l'homme ou les espèces d'animaux à sang chaud pour faire le repas de sang qui est nécessaire pour la production de ses œufs.

#### I.2. Caractéristiques

Actuellement, les caractères morphologiques utilisés pour les moustiques *Culex* sont principalement la forme et la distance des bras du phallosome dorsal et ventrale chez les

mâles et le profil de la structure du siphon larvaire. *Culex* possède les principales caractéristiques :

- palpes allonges chez le male (plus longs que la trompe) et légèrement recourbes vers le haut
- palpes plus courts que la trompe chez la femelle (environ un quart de sa taille) ;
- au repos, l'abdomen des adultes est quasiment parallèle au support ;
- larves avec antennes allongées ;
- siphon respiratoire des larves long (**Bouderhem, 2015**).

### I.3. Position systématique

Au cours des années nos connaissances sur la systématique des moustiques et les limites des genres et des sous-genres se sont améliorées, notamment grâce à l'emploi de critères morphologiques ; (**Stone et Hamon, 1965**). Après une évolution de la classification des culicidés ; la position systématique prise en considération actuellement est celle émise par **Linnée** qui classe *Culex* comme suit (Tableau 01) :

**Tableau 01:** Position systématique de *Culex pipiens* (**Linné 1857**)

Règne	<i>Animalia</i>
Embranchement	<i>Arthropoda</i>
Classe	<i>Insecta</i>
Sous Classe	<i>Pterygota</i>
Ordre	<i>Diptera</i>
Sous Ordre	<i>Nematocera</i>
Famille	<i>Culicidae</i>
Sous Famille	<i>Culicinae</i>
Genre	<i>Culex</i>
Espèce	<i>Culex Pipiens</i>

## II. Cycle de développement et caractères morphologiques des différents stades

Le cycle de développement des moustiques (Figure 01) dure environ douze à vingt jours et comprend quatre stades : l'œuf, la larve, la nymphe (pupe) et l'adulte. Cette métamorphose se déroule en deux phases à savoir (Alaoui, 2009) :

- la phase aquatique regroupant les trois premiers stades.
- la phase aérienne qui concerne l'adulte ailé ou imago (dernier stade).

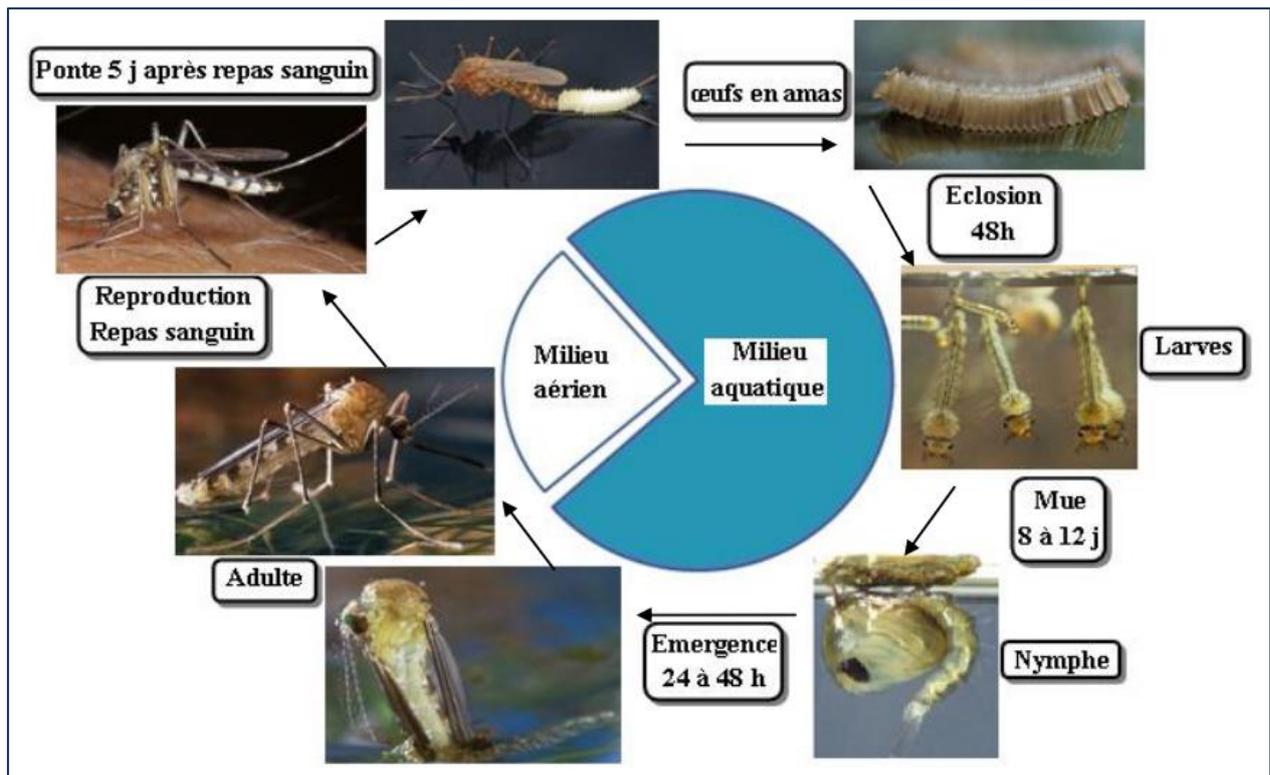


Figure 01: Cycle de développement *Culex pipiens* (Tabti, 2017).

### II.1. Reproduction

La fécondation des œufs a lieu au moment de la ponte mais l'accouplement au début de la vie adulte. Le mâle ayant éclos 24 à 48 heures auparavant, il s'accouple avec « sa femelle » directement après l'émergence de celle-ci. Le sperme est stocké dans les spermathèques de la femelle où il est conservé tout au long de la vie de celle-ci. Le moustique mâle est attiré par les vibrations des ailes de la femelle en vol. Le mâle meurt rapidement

après l'accouplement. La femelle relâche régulièrement les spermatozoïdes pour féconder les œufs lors de la ponte (**Cleenwerck et Frimat, 2004**). Dès que la femelle est gravide, elle se met en quête d'un gîte de ponte adéquat pour le développement de ses larves. La ponte a lieu généralement au crépuscule (**Ayitchedji, 1990**).

## II.2. Œufs

Les femelles de *Culex* déposent leurs œufs sous forme de radeaux d'œufs (Figure 02) 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 3-4 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 œufs pondus en pleine eau éclosent en quelques jours selon la température ambiante et ph de l'eau (**Benkalfate, 1991**).



**Figure 02:** Radeau d'œufs de *Culex pipiens* (**Balenghien, 2007**).

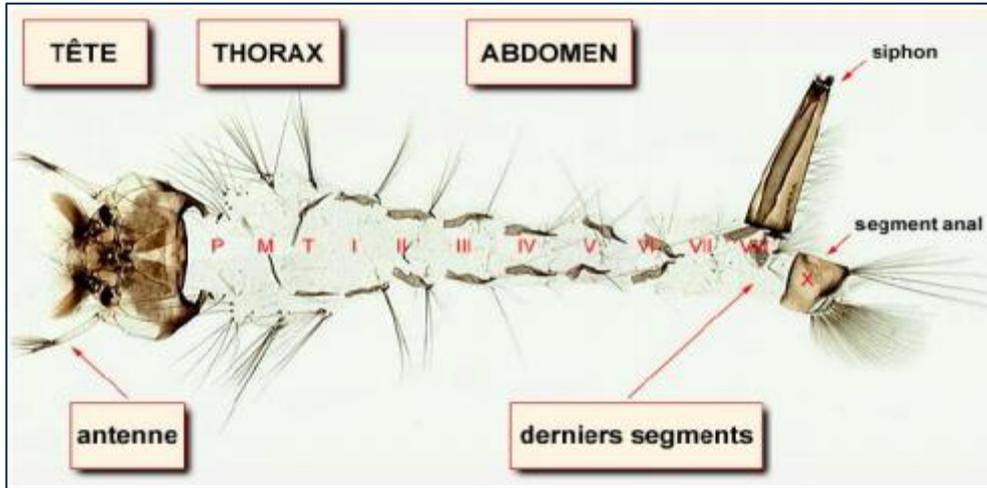


**Figure 03:** Œufs de *Culex pipiens* (photo personnelle).

### **II.3. Larves**

La vie de moustique au stade larvaire est inférieure à 10 jours, l'éclosion de la larve s'accomplit en 4 stades de développement L1, L2, L3, L4, séparés par une mue, lui permettant de passer d'environ 2 à 12 mm, les larves sont le plus souvent détritiphages mais certaines sont prédatrices ou même cannibales. Elles se déplacent par saccades et se nourrissent de matières organiques et de microorganismes généralement par filtration, soit à la surface, soit au fond du gîte larvaire (**Balenghien, 2007**), elles ont une respiration aérienne qui se fait à l'aide de stigmates respiratoires ou d'un siphon (**Toubal, 2018**).

Le corps de la larve est constitué de 3 parties : la tête incluse dans une capsule sclerotinisée, le thorax comprenant 3 segments fusionnés, et l'abdomen pourvu de 9 segments, le dernier segment abdominal est courbé ventralement à son extrémité postérieure où se situe l'anus (**Rodain & Perez, 1985**) (Figure 04) (Figure 05).



**Figure 04:** Morphologie générale d'une larve de *Cx. pipiens* (Schaffner et al.,2001).



**Figure 05:** Larve L4 de *Cx. pipiens* (Photo personnelle).

#### **II.4. Nymphes**

A la fin du développement du quatrième stade, la larve ne se nourrit plus et devient une nymphe. Le stade nymphal est un stade de transition au métabolisme extrêmement actif, au cours duquel l'insecte subit de très profondes transformations morphologiques et physiologiques qui l'amènent du stade larvaire aquatique et saprophyte, à la forme adulte (Merrouche ; Touati et al.2016).

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 06), qui est sous forme d'une queue permettant de distinguer les sexes. Chez les femelle, la queue est plus courte (**Rhodain & Perz, 1985**).

Les organes comme les trompettes respiratoires, les antennes, les pièces buccales, les pattes, les ailes et des rudiments alaires méta thoraciques se forment très tôt chez la larve, on remarque les yeux nymphaux en avant des yeux larvaires ; ces yeux se développent surtout au quatrième stade, quand ils se pigmentent ; Au quatrième stade larvaire, sous la cuticule, on voit la majorité des éléments nymphaux.

A la fin de ce stade le tégument se dessèche, et il se forme une déchirure en T sur sa face dorsale sous l'effet de l'augmentation de la pression interne (**Bussieras & Chermette, 1991 ; Kettle, 1995**), par cette ouverture, le moustique adulte dégagera successivement son thorax, sa tête, ses pattes et son abdomen, abandonnant dans l'eau l'exuvie nymphal. Ce phénomène de l'émersion dure environ 15 minute durant lequel l'insecte se trouve exposé sans défences à de nombreux prédateurs de surface (**Vinogradova, 2003**).



**Figure 06 : Nymphes de *Cx. pipiens* (photo personnelle)**

## II.5. Adultes

L'adulte, une fois métamorphosé, provoque une cassure au niveau de la tête nymphale et émerge à la surface de l'eau (**Clements, 1999**). Les *Culex* au stade adulte comme tous les diptères, possèdent une seule paire d'ailes membraneuses longues et étroites pourvues d'écailles le long de ses nervures, repliées horizontalement au repos. La deuxième paire est réduite à une paire de balanciers. Il possède un corps mince se divise en deux parties : tête, thorax, et abdomen, de taille moyenne environ 9mm, globalement brun clair, et des pattes longues et fines (**Blenghien, 2007**). Ils se reconnaissent facilement par la présence d'écailles sur la majeure partie de leur corps, au niveau de la tête, l'imago se différencie des autres familles de diptère par des antennes longues, fine et articulées (figure 07). Les femelles se distinguent facilement des mâles par la présence des antennes plumeuses ; elles possèdent de longues pièces buccales caractéristiques de type piqueur-suceur.



**Figure 07:** Imago de *Culex pipiens* (photo personnelle).

## III. Morphologie des différents stades de *Culex pipiens*

Les Culicidae, auxquels appartient le complexe *Culex pipiens*, 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, et aériens pour le stade imaginal (**Carnevale et Robert, 2009**).

L'identification de l'espèce *Culex pipiens* a été effectuée sur quatre stades : oeuf, larve, nymphe et adulte (**Guermi A, 2019**).

### **III.1. Identification des œufs de *Cx. pipiens***

Les œufs sont pondus en « radeaux » de couleur noire facilement visibles à l'œil nu, directement sur la surface de l'eau, ils sont détruits très rapidement en cas d'assèchement. L'œuf comprend de l'intérieur vers l'extérieur l'embryon, la membrane vitelline pellucide, l'endo-chorion et l'exo-chorion plus ou moins pigmenté et ornementé. Les *Culex*, forment des nacelles plus ou moins régulières (**Guermi A, 2019**).

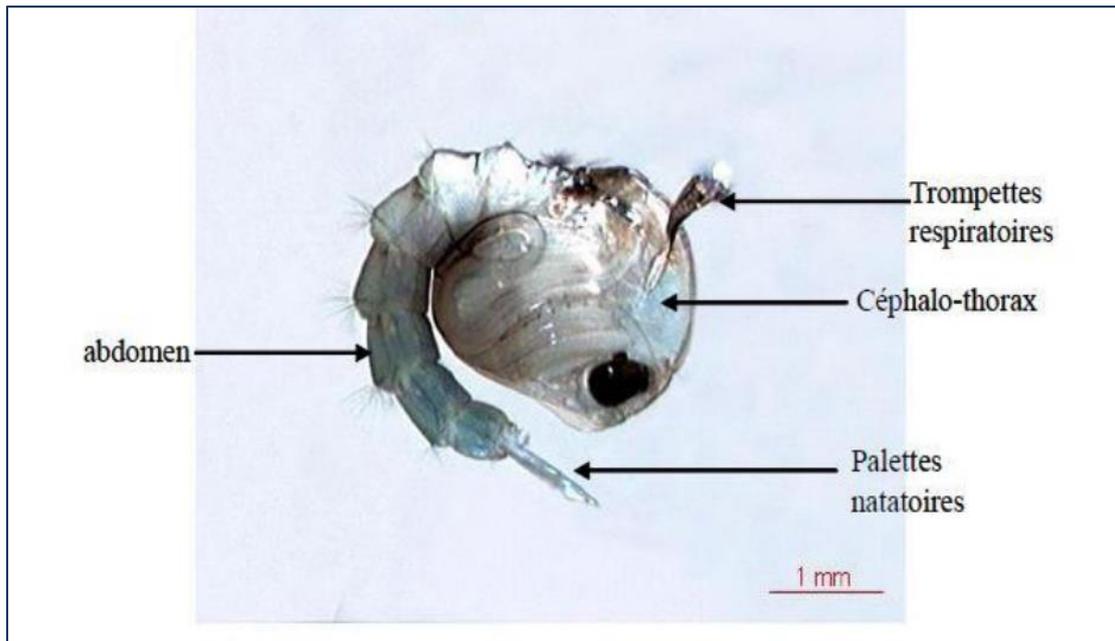
### **III.2. Identification des larves de *Cx. pipiens***

Le corps de la larve des Culicidae est divisé en trois parties principales : la capsule céphalique complètement sclérifiée, le thorax aplati composé de trois segments fusionnés (bien plus large que les deux autres parties) et l'abdomen qui se compose de dix segments. D'après (**Sadallah & Belkhaoui, 2016**), le stade larvaire IV se caractérise par un siphon long et effilé, de même couleur que le corps. Ses mouvements sont rapides et nerveux

La larve passe par quatre stades successif avec, à chaque fois des modifications morphologiques (**Sadallah & Belkhaoui, 2016**).

### **III.3. Identification de la nymphe de *Cx. pipiens***

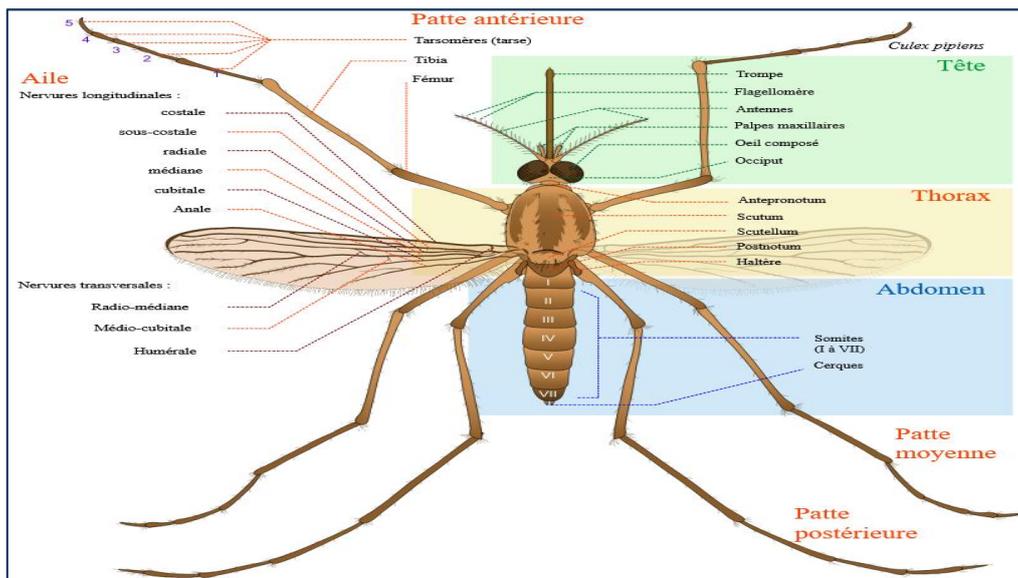
La nymphe a une forme de point d'interrogation et respire par des trompes respiratoires situées sur le céphalothorax (figure 08). Elle n'ingère par contre aucune nourriture. Elle est extrêmement sensible et plonge dans l'eau au moindre mouvement perçu. *Culex pipiens* reste sous cette forme pendant 2 à 4 jours. A la fin de cette période, la nymphe donne un adulte mâle ou femelle. Cette étape a généralement lieu le matin (**Resseguier, 2011**).



**Figure 08:** Morphologie générale d'une nymphe de *Culex pipiens* (Brunhes et al; 2000)

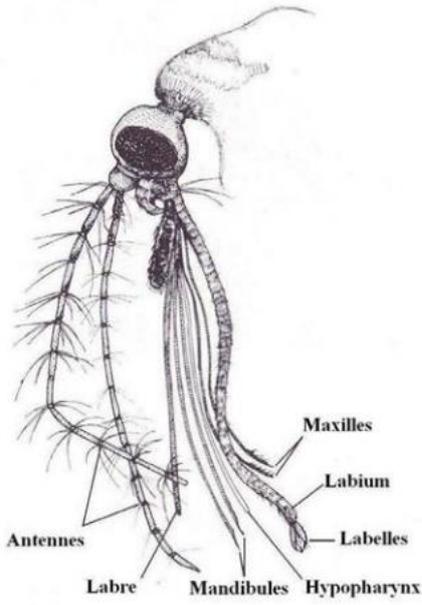
### III.4. Identification des adultes de *Cx. pipiens*

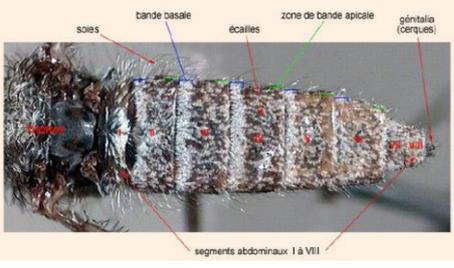
Le corps du moustique adulte est composé de trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen (figure 09). Les femelles se distinguent des mâles par des antennes glabres. Les mâles ont des antennes plumeuses, et une morphologie plus effilée (Zerroug S, 2018).



**Figure 09:** Morphologie générale d'un moustique adulte (Zerroug, 2018).

**Tableau 02:** Caractéristiques morphologique d'un adulte de *culex pipiens*

	Morphologie	Figures	Références
<p>La tête</p>	<p>-La tête est un des éléments permettant de différencier les mâles des femelles, ainsi que les genres et espèces</p> <p>-Les yeux sont en position latérale, au nombre de deux, composés de nombreuses ommatidies.</p> <p>-Entre les yeux s'insèrent deux antennes constituées de 15 articles chez les mâles (antennes plumeuses), 14 chez les femelles (antennes glabres).</p> <p>-Les femelles possèdent des pièces buccales de type piqueur-suceur qui font saillie devant la tête, on y distingue deux mandibules, deux maxilles, l'hypopharynx et le labre qui forme un canal dans lequel remonte le sang.</p>		<p>(Larbi-cherif, 2015)</p> <p>(Zerroug, 2018)</p> <p>(Arbaoui, 2017)</p> <p>(Rodhain et al., 1985)</p>
<p>Le thorax</p>	<p>-Il est globuleux, Composé de trois segments soudés (le prothorax, le mésothorax et le métathorax), il porte les ailes et les pattes.</p> <p>-le prothorax très réduit, et ne porte qu'une paire de pattes.</p> <p>-Le mésothorax, très développé, il porte une paire d'ailes, une paire de pattes, et une paire de stigmates.</p> <p>-Le métathorax est également très réduit, et porte une paire de pattes, une paire d'haltères et une paire de stigmates.</p>		<p>(Toral Y Caro, 2005)</p> <p>(Zerroug, 2018)</p>

<p>L'abdomen</p>	<p>- Il est mince et allongé, composé de dix segments dont les neuvième et dixième formant les génitalia (ou hypopygium) assurant les fonctions sexuelles. Les tergites et les sternites abdominaux sont ornés d'écaillies constituant des caractères spécifiques, surtout chez la femelle.</p>		<p>(Aouati, 2016)</p>
------------------	---	--	-----------------------

#### IV. Ecologie de *Culex pipiens*

*Culex* est un moustique largement répandu sur le continent africain (Lariviere et Abonnenc, 1953). On peut le trouver également dans le centre, l'est et le nord de l'Europe (Thomas et al ; 2011). Ce genre d'insectes favorise la chaleur mais pas assez élevée, on a distingué que les œufs ne donnent pas de larves au glacier (Gashen, 1932) cité dans (Roman et al., 1960), mais aussi n'éclosent pas lorsque la température monte à plus 30° (Roman et al., 1960). Le moustique couvre les régions tempérées ; la densité atteint son maximum au mois d'aout là où la production est favorable surtout quand l'été est pluvieux et frais (Tardif et al., 2003); il ponde 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 gites larvaires (Tardif et al .2003.,Ouedraougou et al .2004); ces derniers colonisés par les larves de *culex pipiens* sont urbains ou périurbain, exactement là où il y'a de l'eau stagnantes riches en matière organique selon ces deux biotopes, cette espèce est subdivisée en deux biotypes, le premier urbain autogène (*Culex pipiens autogenicus*) (Roubaud, 1933; Singer et al.,1976) l'autre hiberne à l'état adulte et occupe les biotopes périurbains ou ruraux (Singer et al.,1976).

#### IV. Facteurs de développement

Différents facteurs vont influencer sur le degré d'humidité, et ainsi jouer un rôle dans le développement des *Culex*. On trouve :

- Les facteurs naturels : la fréquence des précipitations ainsi que leur quantité, les orages dont les dégâts peuvent causer des crues, la résurgence des nappes phréatiques. Ce type de facteurs dépend essentiellement de la région et il est difficile pour l'homme de les contrôler.
- Les facteurs artificiels : les systèmes d'irrigation par gravité tels que les rizières, les zones d'élevage piscicoles et d'aquaculture, les stations d'épuration, les barrages, les lacs artificiels. Ces facteurs sont plus facilement contrôlables car créés par l'homme. Pour ce qui est du rôle de la température, de fortes chaleurs, notamment en début d'été, favoriseront le développement de *Culex pipiens* (**Resseguier, 2011**).

## **V. Nuisances causées par *Culex pipiens***

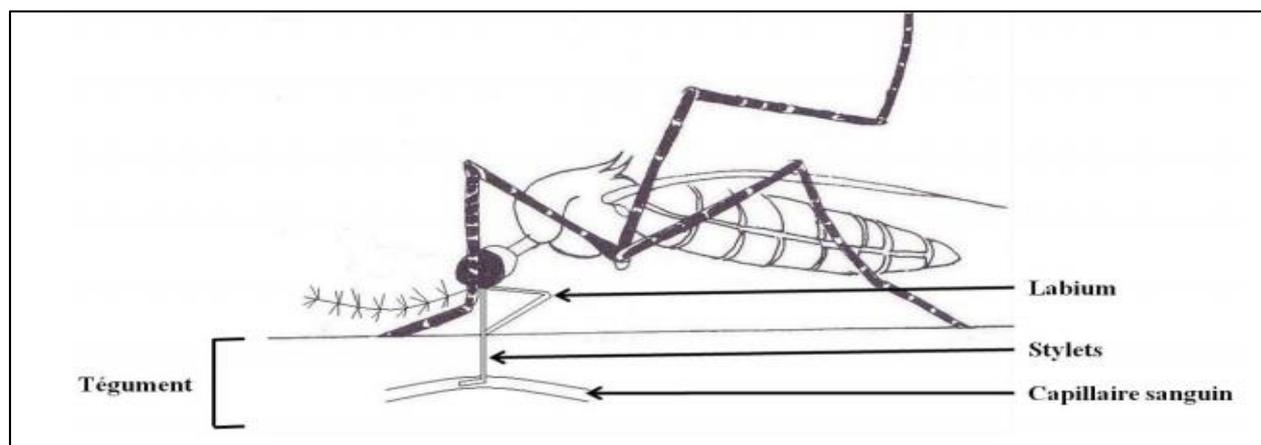
Les Culicidés sont responsables de la transmission d'agents pathogènes qu'ils peuvent inoculer pendant leur repas sanguin. Ils représentent, de ce fait, un véritable problème de santé publique. Parmi ces moustiques, certains sont source de nuisance difficilement supportable (**Berchi, Aouati et al., 2012**).

Ils existent deux types de nuisances causées par *Culex pipiens* :

### **V.1. Piqures**

Les femelles, en période de reproduction ont besoin du sang pour la maturation des œufs. Lorsque la femelle veut se nourrir, elle vient se placer sur l'hôte choisi, en général sur des zones à peau fine. Elle se sert de ses palpes maxillaires et surtout de ses labelles pour le repérage thermique d'un capillaire sanguin. Le labium se replie à la surface de la peau et les stylets pénètrent dans le tégument afin de cathétériser le vaisseau. La salive est ensuite injectée à plusieurs reprises, cette piqure provoque une lésion ronde érythémateuse de quelques mm à 2 cm de diamètre (figure 10). Si le *Culex* était infecté par un agent pathogène,

il se peut qu'il le transmette au cours du repas sanguin (**Resseguier, 2011**).



**Figure 10:** Mécanisme de pique (**Resseguier, 2011**).

## V.2. Transmission des maladies

A ce jour, le complexe *Culex pipiens* est principalement reconnu pour être vecteur de plusieurs maladies (**Alayat, 2012**), la transmission des agents pathogènes se fait selon un cycle peu varié : Contamination du moustique sur un hôte porteur de la maladie, maturation et parfois multiplication de l'agent pathogène dans le corps du moustique (pour les parasites), puis inoculation d'un autre hôte lors d'un second repas sanguin (**Bezzaoui, 2013**).

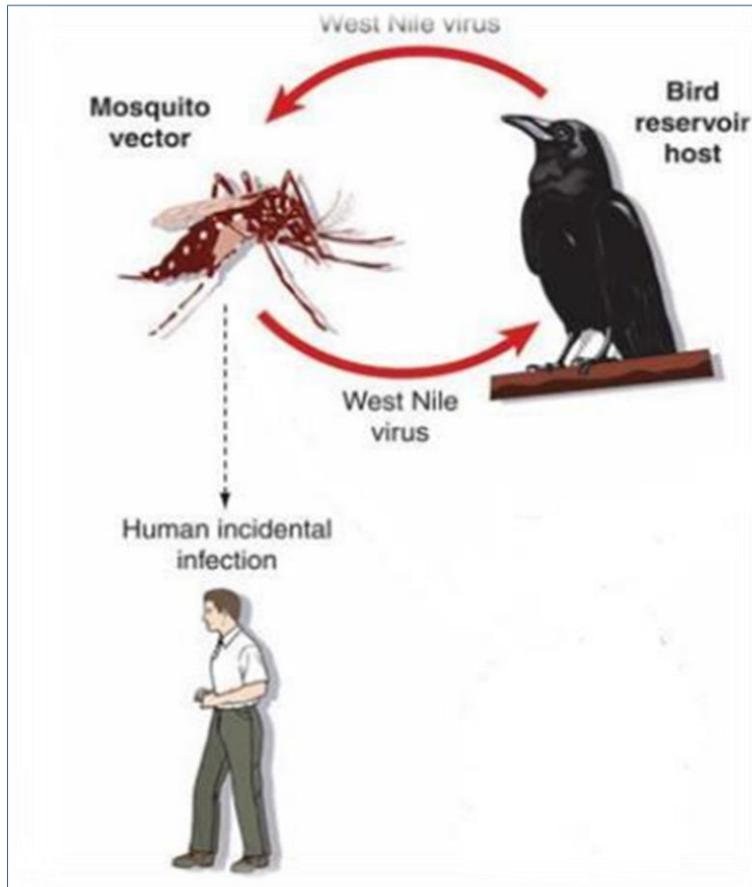
Comme est mentionné précédemment ce moustique responsable de la transmission des agents pathogènes qui peuvent être :

- Des virus : West Nile, fièvre jaune, dengue....,
- Des parasites, notamment des filaires.

### V.2.1. Virus de West Nile

L'infection humaine résulte le plus souvent des piqûres de moustiques infectés (figure11).

Ces insectes se contaminent en se nourrissant sur des oiseaux infectés, chez lesquels le virus reste pendant quelques jours dans la circulation sanguine. Le virus finit par migrer dans les glandes salivaires du moustique. Lors de repas ultérieurs, le virus peut être injecté à des êtres humains ou à des animaux. Il se multiplie alors et peut provoquer la maladie (**Bezzaoui, 2013**).



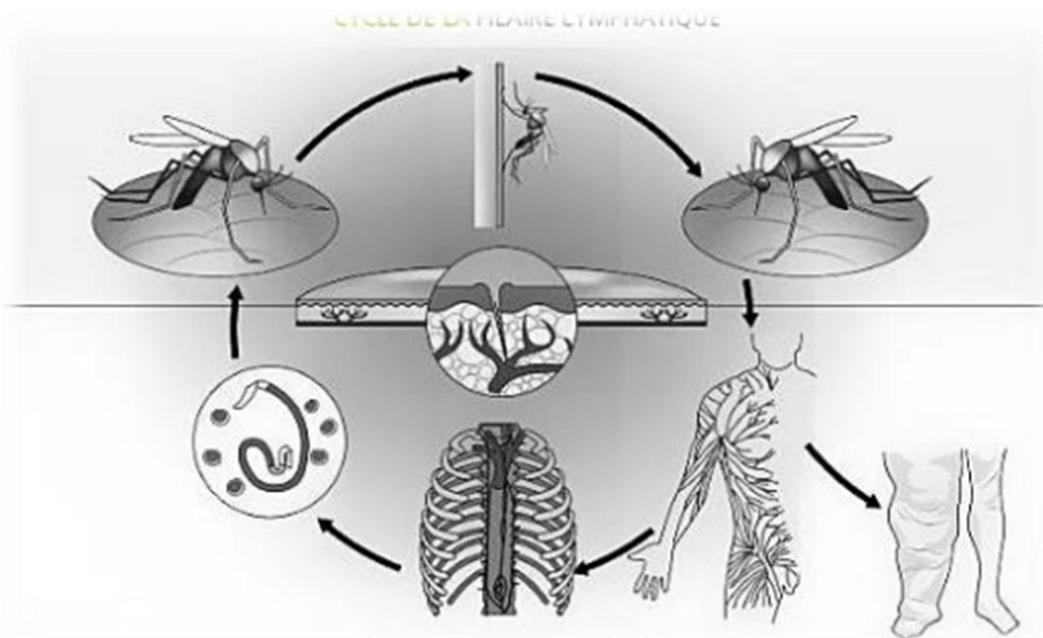
**Figure 11:** Cycle de virus West Nile (Sfakianos, 2009).

### V.2.2. Filariose

Les vers parasites filiformes *Wuchereria bancrofti* et *Brugia malayi* responsables de la filariose lymphatique vivent presque exclusivement chez l'être humain. Ces vers s'installent dans le système lymphatique, le réseau de ganglions et de vaisseaux qui maintiennent le délicat équilibre hydrique entre les tissus et le sang et sont un élément essentiel du système de défense immunitaire de l'organisme. Ils ont une durée de vie de 4 à 6 ans et produisent des millions de microfilaries immatures (larves minuscules) qui circulent dans le sang. La maladie est transmise par des moustiques qui, en piquant des personnes infestées, ingèrent les microfilaries qui se développent dans leur organisme et atteignent le stade infectant, d'ordinaire en 7 à 21 jours. Les larves migrent alors vers les pièces buccales du moustique, prêtes à pénétrer dans la peau par effraction à la suite de la piqûre du moustique, complétant ainsi le cercle.

L'évolution de la maladie chez l'être humain reste une énigme pour les scientifiques. Bien que l'infestation soit généralement acquise dans la petite enfance, la maladie peut ne se manifester qu'au bout de plusieurs années.

Les symptômes les plus graves de la maladie chronique apparaissent en général chez les adultes, et davantage chez les hommes que chez les femmes. Dans les communautés où la maladie est endémique, 10 à 50 % des hommes présentent des lésions génitales, notamment l'hydrocèle (œdème des bourses), et sont atteints d'éléphantiasis du pénis et du scrotum. L'éléphantiasis de toute la jambe, de tout le bras, de la vulve ou des seins - dont la taille peut atteindre plusieurs fois la normale - peut affecter jusqu'à 10 % des femmes et des hommes de ces communautés.



**Figure 12:** Le cycle de la filariose (Liozon, 2010).

## VI. Moyens de lutte contre *Culex pipiens*

Depuis des siècles, l'homme a cherché de lutter contre les moustiques pour se protéger soi-même des maladies naissantes des Culicidés et leur nuisance (Charles & al., 2000).

Les moyens de lutte contre les larves permettent d'empêcher la prolifération des espèces culicidiennes. Les insecticides font partie des produits les plus utilisés par l'homme contre les insectes. Ils exercent aussi bien un effet excito-répulsif, qu'un effet létal sur les insectes. Les insecticides utilisés en santé publique sont aussi bien d'origine naturelle que

synthétique. Un insecticide doit être aussi toxique que possible pour l'insecte cible et aussi peu toxique que possible pour les autres organismes non ciblés notamment l'homme (**Tabti, 2005**).

### **VI.1. Lutte physique**

Elle consiste à modifier le biotope de l'insecte en supprimant tous les facteurs favorables à son développement, en empêchant soit la ponte, soit l'éclosion, soit l'émergence (**Cousserans et al.1973**). Cette technique est la plus anciennement connue, qui vise soit à faire disparaître ou réduire par des travaux d'aménagement les nappes d'eau de surface dans lesquelles les moustiques se développent pour provoquer des modifications physiques du milieu qui rendent l'eau impropre à la reproduction des moustiques.

### **VI.2. Lutte chimique**

La lutte chimique consiste à l'utilisation de produits chimiques de synthèse pour lutter contre les larves et les imagos de moustiques (**Bezzaoui, 2013**). Ces produits chimiques jouent dans la lutte contre les vecteurs un rôle secondaire par rapport aux mesures d'aménagement de l'environnement (**Sadallah & Belkhaoui, 2016**).

Les matières actives des insecticides chimiques utilisés appartiennent aux plusieurs familles se classent dans des générations :

- La première génération : Les compositions utilisées au début contre les organismes nuisibles, étaient des pesticides relativement simples, à base d'arsenic, de soufre, de chaux de dérivés pétrole, de substance à base de fluor ou extraite de plantes comme la nicotine (**Hamiche et Bencenouci et Messas, 2017**).
- La deuxième génération : Ce sont les composés synthétiques comme les organochlorés, parmi les plus anciens et les plus persistants, dont le fameux DDT, les organophosphorés (lindane), pyréthrinoïdes (perméthrine), carbamates (carbaryl).

Les insecticides organophosphorés et les carbamates inhibent l'acétylcholinestérase, enzyme responsable de l'hydrolyse de l'acétylcholine le neurotransmetteur excitateur le plus répondu chez l'insecte. Si cette hydrolyse n'a pas lieu, l'augmentation de la concentration en acétylcholine induit une hyperactivité aboutissant à la mort de l'insecte (**Aly, 1988**).

Les pyréthriinoïdes sont les seuls insecticides recommandés par l’OMS pour les imprégnations, compte tenu de leur rapidité d’action, de leur fort pouvoir répulsif et irritant vis-à-vis des moustiques et de leur faible toxicité pour l’homme (**Sadallah & Belkhaoui, 2016**).

### **VI.3. Lutte biologique**

La lutte biologique contre les larves consiste à introduire dans leurs biotopes des espèces qui sont leurs ennemis naturels, par exemple, des parasites, des micro-organismes pathogènes ou des prédateurs. Il peut s’agir d’insectes, de virus, de bactéries, de protozoaires, de champignons, de végétaux divers, de nématodes ou de poissons (**OMS, 1999**).

### **VI.4. Lutte génétique**

Un contrôle génétique (c’est-à-dire par une altération ou un remplacement du matériel héréditaire) des moustiques (**Bawin, Seye, et al ; 2014**), rendant le moustique inapte à transmettre une maladie : capacité vectorielle réduite est en cours de développement. Cette méthode est, cependant, très coûteuse et souvent mal vécue par la population locale, ces lâches en masse étant source d’importantes nuisances (**Hamiche et al., 2017**).

### **VI.5. Lutte microbiologique**

Les micro-organismes sont plus particulièrement indiqués pour être appliqués sous forme de biopesticides (inondation) pour un contrôle rapide des populations d’insectes, la plupart de ces micro-organismes possèdent un spectre d’hôtes étroit de leur mode d’action spécifique. Ainsi que le choix d’un agent de contrôle microbien dépend de l’espèce d’insecte ciblée (**Bawin, Seye, et al ; 2014**).

### **VI.6. Lutte par les plantes médicinales**

Suite à les conséquences néfastes de la lutte chimique, la recherche a élaboré d’autres méthodes alternatives aux insecticides chimiques, ce qui a conduit au développement et utilisation de nouvelles molécules prenant en considération les paramètres biologiques, physiologiques et biochimiques des organismes vivants (**Aouati, 2016**). Ces molécules sont sélectives, sans risques écotoxicologiques, biodégradables et non toxiques pour les organismes non visés. Ces molécules sont décrites comme étant la troisième génération

d'insecticide, c'est l'utilisation de plantes 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.

**Biologie de *Rosmarinus***  
***officinalis***

## Chapitre II : Biologie de *Rosmarinus officinalis*

### I. Généralités sur les plantes médicinales

L'histoire des plantes aromatiques et médicinales est associée à l'évolution des civilisations. Dans toutes les régions du monde, l'histoire des peuples montre que ces plantes ont toujours occupé une place importante en médecine, dans la composition des parfums et dans les préparations culinaires (**Alaoui, 2009**). On qualifie de plante médicinale toute plante possédant des propriétés agissant sur l'organisme humain ou animal de façon bénéfique. Généralement, seule une partie de la plante est utilisée, que ce soit le bulbe, les racines, les feuilles, les graines, les fruits ou les fleurs. Parmi les principes actifs les plus courants des plantes médicinales, on peut nommer les polyphénols, les terpènes, les stéroïdes et les alcaloïdes (**Gineste, 2010**).

### II. Présentation de l'espèce *Rosmarinus officinalis* L

#### II.1. Définition

Le nom de la plante provient du latin (*Rosmaris*) qui signifie rosée de la mer, cette appellation pourrait s'appliquer au parfum de la plante, à la couleur de sa fleur on même à sa prédilection pour le littoral ; *Officinalis* rappelle les propriétés médicinales de la plante (**Rolet, 1930**).

La flore Algérienne contient un nombre illimité de plantes présentant des vertus thérapeutiques. Le *Rosmarinus Officinalis* (romarin) est une plante utilisée dans divers domaines tels que la médecine traditionnelle et la phytothérapie (**Ayadi et al, 2011**).



**Figure 13:** Représentation de l'espèce *Rosmarinus officinalis* (Photo personnelle).

## II.2. Dénomination de *Rosmarinus officinalis*

- **Nom targui ou berbère :** Lazir, Iklil Aljabal, ouzbir, touzala
- **Nom vernaculaire :** Klil, Hatssa louban, hassalban
- **Arabe :** إكليل الجبل
- **Nom anglais :** Rosemary
- **Nom français :** Romarin Officinal, Rose Marine, encensier, herbe aux couronnes
- **Nom Latin :** *Rosmarinus officinalis*

## II.3. Description botanique

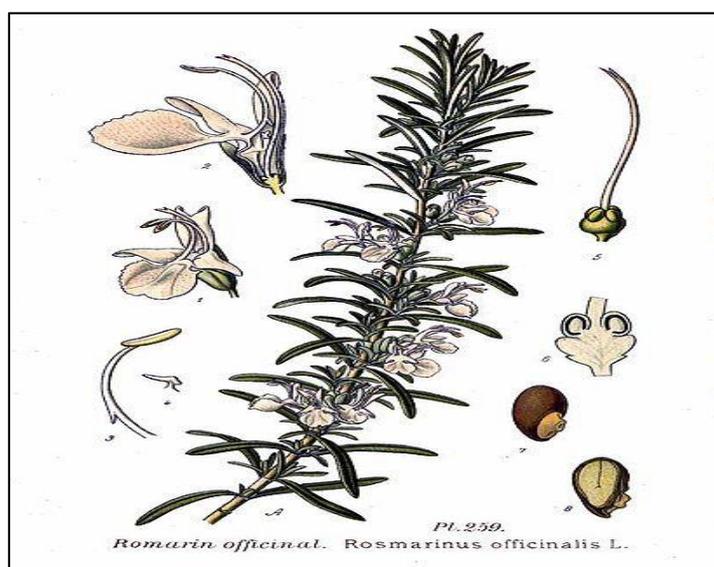
*Rosmarinus officinalis* (romarin), est un arbuste aromatique qui appartient à la famille des lamiacées (labiées) qui est connus depuis l'oligocène. C'est l'une des familles les plus répandues dans le bassin méditerranéen et spécialement en Algérie. Elle comprend plus de 3300 espèces et environ 200 genres (**Bruneton, 1999**).

C'est un arbrisseau, toujours vert de 1m à 2m de hauteur, touffu, très rameux couvert d'une écorce écailleuse portant des tiges ligneuses feuillées généralement érigées. Les feuilles sont opposées, persistantes, aromatiques, sessiles, étroites et linéaires. Elles sont réfléchies sur

les bords, luisants et verdâtres sur la face supérieure. Les fleurs, insérées en grappes axillaires à corolle de type labiée sont de couleur bleu pâle à bleu violet clair, calice à lèvre supérieure ovale et dont les lobes de la lèvre inférieure sont lancéolés (figure 13). Le romarin tire son nom du latin *Rosmarinus*, qui signifie " rosée de mer ", reconnu pour sa saveur piquante et parfumée assez prononcée (Soufit et Bennaceur, 2014).

Les caractéristiques de cette plante peuvent être résumées comme suit (Chibah et Labandji, 2016).

- Couleur fleur : Bleu foncé
- Couleur feuillage : vert
- Hauteur : 60 cm
- Feuillaison : Janvier – Décembre
- Floraison(s) : Mars - Mai
- Type de feuillage : persistant
- Exposition : soleil
- Type de sol : calcaire



**Figure 14:** Caractéristiques de *Rosmarinus officinalis* (<https://pressionarterielle.fr/romarin/>)

## II.4. Taxonomie de la plante

La famille des Lamiacées, présentent des variations en fonction des différents genres. Ces genres sont classés en 9 groupes suivant des détails anatomiques communs, alors que la systématique du genre *Rosmarinus* n'a pas toujours été homogène, ce qui se traduit par de nombreux noms d'espèces cités par les auteurs qui ne sont pas tous en usage actuellement.

Selon Begum et ses collaborateurs (2013), la systématique botanique de la plante est comme suit :

**Tableau 03:** Systématique botanique de *Rosmarinus officinalis* (L)

Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicots
Sous-classe	Gamopétales
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	Rosmarinus
Espèce	<i>Rosmarinus officinalis</i> (L.)

## II.5. Ecologie et répartition géographique de *Rosmarinus officinalis*

### II.5.1. Ecologie

Le romarin est retrouvé à l'état sauvage. Il peut être cultivé. C'est la plante la plus populaire dans le bassin méditerranéen (Emberger, 1960); il se trouve dans les jardins, les parcs des sociétés, des écoles et les zones cultivées à l'entrée. Il se trouve toujours en bordure sous forme d'une bande odorante et dans les régions exposées au soleil et de préférence dans les lieux secs et arides car elle tolère modérément la sécheresse. Les fleurs bleues

s'épanouissent tout au long de l'année ce qui attire de nombreux insectes. Le romarin affectionne particulièrement les terrains calcaires, c'est pourquoi on le trouve essentiellement dans les garrigues maquis non loin de la mer.

### **II.5.2. Répartition géographique**

Le romarin spontané se reparti tout au long de la mer méditerranéenne d'où son nom « rose de la mer » (**Guinochet, 1973**) et le reste de l'Europe : l'Espagne, le sud de la France, l'Italie, la Grèce, la Turquie, on le retrouve au Maghreb (du Maroc à la Tunisie), ainsi que les régions du Caucase (**Eberhard et al, 2005**) et largement distribué en sud-ouest d'Asie. En moyen orient, il devient rare et ne se manifeste que dans quelques stations isolées en Egypte, en Palestine, au Liban, à Chypre.

En Algérie, le romarin est l'une des sept espèces végétales excédant 50,000 hectares sur le territoire national (**Soufit et Bennaceur, 2014**).

## **II. Généralités sur l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis***

### **II.1. Définition**

Ce sont des substances volatiles et odorantes obtenues des végétaux. Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme produits du métabolisme secondaire. Les huiles essentielles sont des mélanges liquides très complexes. Elles ont des propriétés et des modes d'utilisation particuliers et ont donné naissance de la nouvelle branche de la phytothérapie : l'aromathérapie (**El Haib, 2011**).

Les huiles essentielles ont à toutes époques, occupé une place importante dans la vie quotidienne de l'homme qui les utilisait autant pour se parfumer, aromatiser la nourriture ou même se soigner (**El Haib, 2011**).

En 1998, l'AFNOR par sa norme AFNOR NF T 75-006 définit une huile essentielle comme étant un « Produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus, soit par distillation sèche. L'huile essentielle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques pour les deux premiers modes d'obtention ; elle peut subir des traitements physiques n'entraînant pas de changement significatif de sa composition comme par exemple, redistillation, aération... » (**Benazouz, 2011**).

## II.2. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles (HEs)

Selon **Bruneton (1993)**, les propriétés des huiles essentielles sont :

**Tableau 04:** Propriétés physico-chimiques des HEs (**Bruneton, 1993**)

Propriétés physiques	Propriétés chimiques
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liquides à température ordinaire</li> <li>• Densité inférieure à celle de l'eau</li> <li>• Volatiles et rarement colorées</li> <li>• Une forte teneur en monoterpènes</li> <li>• Pouvoir rotatoire important</li> <li>• Liposolubles et solubles dans les solvants organiques</li> <li>• L'indice de réfraction élevé</li> <li>• Sensibles à l'oxydation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre d'atomes de carbone entre 5 et 22.</li> <li>• Les HE sont souvent composés d'essences et d'une résine dissoute dans l'essence</li> <li>• Présence de deux familles, les composés terpéniques et les composés aromatiques.</li> <li>• Présence de squelette hydrocarboné qui constitue la structure des composés des HE</li> <li>• Présence de trois groupes des HE : les HE hydrocarbonées, les HE oxygénées et les HE sulfurées.</li> </ul>

## II.3. Composition chimique des huiles essentielles (HEs)

La structure des composés des HEs est constituée d'un squelette hydrocarboné, constituant une chaîne plus ou moins longue. Sur ce squelette de base est souvent présent un ou plusieurs sites fonctionnels semblables ou différents. La majorité des sites fonctionnels sont des sites oxygénés avec un ou plusieurs atomes d'oxygène, pour quelques groupes fonctionnels azotés ou soufrés. Les majeures parties des composés des huiles essentielles sont le groupe des terpénoïdes d'une part, et le groupe des composés aromatiques dérivés du phényle propane d'autre part (**Benzie et al., 1996**).

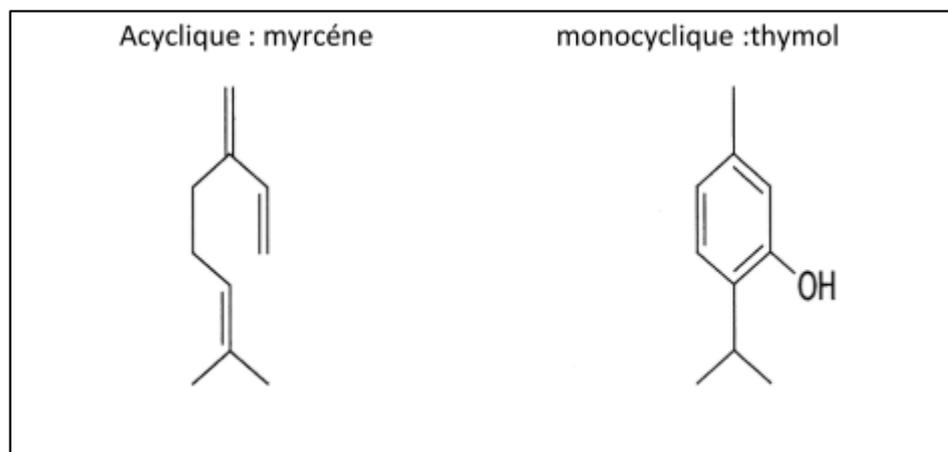
### II.3.1. Groupe des terpénoïdes

C'est le groupe le plus important. Il comprend des monoterpènes avec 10 atomes de carbone, des sesquiterpènes soit 20 atomes de carbone, et des diterpènes (30 atomes de

carbone). Les terpènes sont des molécules organiques constituées par un multiple de 5 atomes de carbone de formule générale  $[C_5H_8]_n$  (Pinchuk et al., 2012).

• **Monoterpènes**

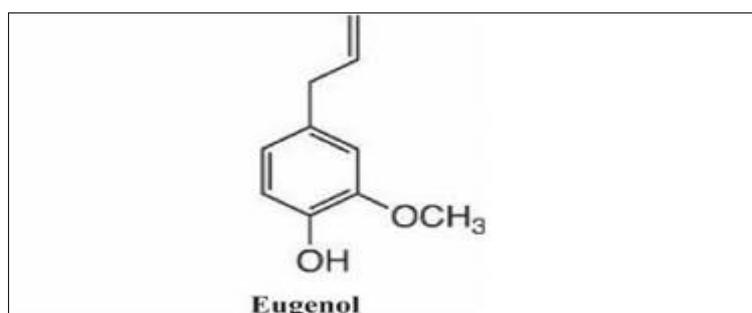
Ce sont des hydrocarbures aliphatique, saturés ou insaturés. Ils peuvent être acycliques comme le myrcène (figure 15), ou cycliques comme le pinène, thymol, et même aromatiques comme le p-cymène. Aussi, ils peuvent contenir des atomes d'oxygènes.



**Figure 15:** Structure chimique de quelques monoterpènes (Wichtl et Anton, 1999)

• **Sesquiterpènes**

De formule molaire  $C_{15}H_{24}$  qui ont un rôle d'agent de défense dans les plantes et des propriétés anti-inflammatoire (Wichtl et Anton, 1999). Les variations structurales dans cette série sont de même nature que dans le cas précédent carbures, alcools, cétones étant les plus fréquents. Cette classe comporte des composés odorants bien connus comme la vanilline, l'eugénol (figure 16), l'anéthole, l'estragole et bien d'autres constituants.



**Figure 16:** Structure d'un sesquiterpène (Wichtl et Anton, 1999)

### II.3.2. Groupe des aromatiques

Dérivés du phénylpropane (C6-C3), ils sont beaucoup moins fréquents que les précédentes, un noyau aromatique (figure 17) est couplé à une chaîne de trois carbones (Wichtl et Anton, 1999).

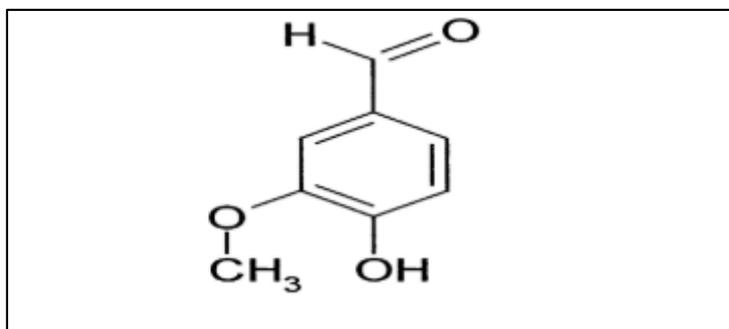


Figure 17: Structure d'un aromatique (Wichtl et Anton, 1999).

### II.4. Composition de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*

Différents documents de recherche disent qu'en fonction de l'emplacement géographique où faire pousser des plantes dans des conditions de type sol, climat et altitude au-dessus du niveau de la mer génèrent différents changements dans la quantité et les types de molécules bioactives présentes, par exemple des variétés de romarin provenant de Portugal sont caractérisés par des quantités élevées de myrcène, alors que dans la France c'est le camphre, qu'on le trouve avec des concentrations plus élevées (Ávila-Sosa et al., 2011).

En règle générale, l'huile essentielle du romarin (1 à 2% dans la plante) contient : de l' $\alpha$  pinène (7 à 80%), de la verbénone (1 à 37%), du camphre (1 à 35%), de l'eucalyptol (1 à 35%), du bornéol (4 à 19%), de l'acétate de bornyle (jusqu'à 10%) et du camphène. En plus de l'huile essentielle on trouve dans le Romarin: 2 à 4 % de dérivés triterpéniques tels que : l'acide ursolique, l'acide oléanolique, l'acétate de germanicol ; des lactones diterpéniques : picrosalvine, dérivés de l'acide canosolique, romanol, romadial, des acides phénolique, des acides gras hydroxylés surtout des dérivés de l'acide décanoïque, des acides gras organiques: l'acide citrique, glycolique, et glycérique, des stérols, de la choline, du mucilage (Bellakhdar, 1997) et de la résine (Beloued, 1998).

**Tableau 05:** Composition de l'huile essentielle du Romarin

<b>Monoterpènes</b>	<b>Acycliques</b>	Myrcène Linalol
	<b>Monocycliques</b>	Terpinéol-4 $\alpha$ -terpinéol Cinéole Limonène
	<b>Aromatiques</b>	P-cymène
	<b>Bicycliques</b>	$\alpha$ -pinène Camphène Verbénone Camphre Bornéole Acétate de bomyle
<b>Sesquiterpènes</b>		Caryophyllène Humulène

#### IV. Propriétés thérapeutiques de la plante

La phytothérapie est une médecine qui utilise les HES pour traiter un certain nombre de maladies. En effet, les HES sont largement utilisés pour traiter certaines maladies internes et externes.

On peut citer l'usage des huiles essentielles de romarin comme suit :

- **Voie externe**

Pour les traitements externes (entorses, foulures, contusions, torticolis), on emploie les sommités infusées dans de l'alcool. L'extrait alcoolique lui-même agit sur les ulcères, les plaies, les dermatoses parasitaires. La décoction aqueuse s'utilise en gargarismes (angines) et bains de bouche (aphtes), ou elle est ajoutée à des bains stimulants. L'huile essentielle de romarin soulage les troubles rhumatismaux et de la circulation sanguine, soigne les blessures, soulage les maux de tête, améliore la mémoire et la concentration, fortifie les convalescents, combat les effets du stress et de la fatigue, traite l'inflammation des voies respiratoires et de la sphère ORL (Dias et al., 2000).

- **Voie interne**

Le romarin est un stimulant, antispasmodique, cholagogue. On l'indique pour ses qualités stimulantes dans les dyspepsies atoniques, les fermentations intestinales, les asthénies, le surmenage, les états adynamiques des fièvres typhoïdes ou muqueuses, de la grippe. En sa qualité d'antispasmodique, il est bénéfique dans la catarrhe chronique des bronches, la coqueluche, les vomissements nerveux ; c'est un bon cholagogue utilisé dans les cholécystites chroniques, certaines ascites et cirrhoses, les ictères ; c'est aussi un emménagogue (aménorrhée ou dysménorrhée) et un diurétique (hydropisies) (Chang et al., 1977) (Aqel, 1991), un anti-VIH (Paris et al., 1993) et anti-carcinogénique (Offord et al., 1995).

## V. Activités biologiques de *Rosmarinus officinalis*

Le romarin est une herbe médicinale bien connue et considérablement évaluée, largement répandue dans les produits pharmaceutiques et la médecine traditionnelle. Elle est très appréciée pour ses propriétés aromatiques, anti-oxydantes, antimicrobiennes et anti-tumorales...etc

### V.1. Activité antibactérienne

Plusieurs auteurs ont rapporté que certains composés présents dans les extraits du romarin possèdent des propriétés antibactériennes (Georgantelis et al., 2007).

Les effets des extraits aqueux et méthanoïques du romarin, sur la croissance du *Streptococcus sobrinus* et sur l'activité extracellulaire de l'enzyme glucosyl-transférase, ont été étudiés. Les résultats ont suggéré que les extraits du romarin peuvent empêcher la lésion de la carie, en inhibant la croissance du *Streptococcus sobrinus* et peuvent aussi éliminer les plaques dentaires, par suppression de l'activité de la glucosyl-transférase. En effet, grâce à sa composition qui est très diversifiée, l'huile du romarin peut agir à plusieurs niveaux sur la cellule bactérienne.

D'une manière générale, son action se déroule en trois phases :

- Attaque de la paroi bactérienne par l'huile essentielle, provoquant une augmentation de la perméabilité, puis la perte des constituants cellulaires.
- Acidification de l'intérieur de la cellule, bloquant la production de l'énergie cellulaire et la synthèse des composants de structure.

- Destruction du matériel génétique, conduisant à la mort de la bactérie (**Makhloufi, S.d.**).

## **V.2. Activité antifongique**

Le mécanisme d'action des huiles essentielles sur la flore fongique n'est pas clair, mais la majorité des rapports indiquent que leur activité se fait par :

- Des modifications morphologiques des hyphes.
- Perturbation directe de la membrane cellulaire fongique (**Makhloufi, S.d.**).

La biosynthèse de l'aflatoxine a été inhibée totalement par l'huile essentielle du Romarin à une concentration de 450 ppm. Selon les résultats indiqués, le potentiel de cette huile essentielle en tant que préservatif naturel contre *l'Aspergillus parasiticus* (**Rasooli et al, 2008**).

En utilisant la technique standard de diffusion sur gélose, ont évalué l'activité biologique de 11 huiles essentielles y compris celle du Romarin, les résultats ont montré que de ces huiles ont une activité inhibitrice modérée sur les cinq levures (*Candida albicans*, *Rhodotorulaglutinis*, *Schizosaccharomycespombe*, *Saccharomycescerevisiae*, *Yarrowialypolitica*) examinées (**Sacchetti, 2005**).

## **V.3. Activité antivirale**

L'évaluation de l'activité antivirale de l'extrait commercial du romarin, a indiqué qu'il y a une inhibition de l'infection par le virus de l'immunodéficience humaine (HIV) aux concentrations très basses, qui ont été également cytotoxiques. Cependant, le carnosol a montré une activité anti-HIV à une concentration de 8µM qui n'était pas cytotoxique (**Aruoma et al., 1996**).

## **V.4. Activité antioxydante**

Depuis une quinzaine d'années, la recherche d'antioxydants naturels ou d'extraits à pouvoir antioxydant a suscité beaucoup d'intérêt. Par conséquent, les HEs de Romarin sont considérées comme des ressources potentielles de molécules bioactives naturelles, qui ont été étudiées pour leurs propriétés antioxydantes.

Les composés phénoliques, comme le thymol, le carvacrol et l'eugénol font partie des molécules des HE présentant les plus fortes activités antioxydantes ainsi que d'autres

composés qui contribuent à cette activité tels que les monoterpènes alcools, cétones, aldéhydes, hydrocarbures et éthers (**Gabriel et al.2013**).

### **V.5. Activité anti-inflammatoire**

**Selon Rafie et al (2017)**, *Rosmarinus officinalis* a montré une activité anti-inflammatoire.

L'huile essentielle et les extraits que contenaient plusieurs composés biologiquement actifs de romarin inhibe significativement la migration des leucocytes in vivo, cela réduit le nombre de leucocytes sur le site d'inflammation, ce qu'entraîne une réponse anti-inflammatoire.

**Altinier et al (2007)**, ont étudié l'activité anti-inflammatoire des feuilles de *R. officinalis* par différents solvants : n-hexane, chloroforme, et méthanol. Les extraits de n-hexane et de chloroforme ont montré une activité anti-inflammatoire, notamment le chloroforme avec une activité similaire à celle d'un médicament anti-inflammatoire non stéroïdien : l'indométacine.

### **V.6. Effet anti-acétylcholinestérase**

Des extraits aqueux et méthanoïques de 11 plantes utilisés dans la médecine traditionnelle Danoise pour l'amélioration de la mémoire, ont été examinés pour évaluer leur activité inhibitrice d'acétylcholinestérase en utilisant la méthode colorimétrique d'Ellman. L'extrait méthanoïque du romarin a montré une inhibition modérée (17 %) de l'enzyme à une concentration de 0.1 mg/ml (**Adsersen et al., 2006**).

L'activité anti-radicalaire, antioxydante et anti-acétylcholinestérase des huiles essentielles, des extraits d'éthanol et de l'eau bouillante de cinq plantes aromatiques sont évaluées. Toutes les plantes ont montré une activité anti-acétylcholinestérase modérée et la meilleure activité inhibitrice a été montrée par l'huile essentielle du romarin (**Mata et al., 2007**).

### **V.7. Effet anti-hépatotoxique**

De nombreuses études ont été réalisées pour étudier l'effet anti hépatotoxique du Romarin, le travail a été concentré pour l'évaluation de l'efficacité de l'extrait méthanoïque du Romarin pour normaliser certains paramètres histologiques et biochimiques du foie, après

l'ingestion d'un hépatotoxine le tétrachlorure de carbone (CCL<sub>4</sub>). Les résultats ont indiqué que cet extrait a empêché la peroxydation lipidique, (l'information, la nécrose, normalisé les taux de la bilirubine, la glycogène et l'activité du l'alanine aminotransférase) et enfin il augmenté l'activité du glutathion-S-transférase (GST) (Marie et al, 2004).

### **V.8. Activité antidiabétique**

Le romarin est largement utilisé dans la médecine traditionnelle pour le traitement de l'hyperglycémie. Des effets hypoglycémiantes ont été obtenus, par l'extrait éthanolique du romarin qui a un effet optimal chez les lapins normo-glycémiques et chez les lapins hyperglycémiques avec une dose de 200 mg/kg de l'extrait et cette activité est indépendante des effets de l'insuline (Fadi, 2011).

Al-Jamal et Alqadi (2011), ont déterminé l'activité hypoglycémiant de l'extrait aqueux de *R. officinalis* sur le glucose plasmatique des rats diabétiques. L'administration de romarin montre une diminution de 20% du taux de sucre.

### **V.9. Activité insecticide**

Les huiles essentielles de *R. officinalis* se sont révélées ovicides et répulsives respectivement vis-à-vis des trois espèces de moustiques : *Anopheles Stephensi*, *Aedes aegypti* et *Culex quinquefasciatus*.

Les composants de romarin sont considérés comme réactifs dans certain nombre d'insecticides commerciaux. Les huiles de romarin commercial possèdent une activité insecticide contre les larves de *Pseudaletia unipuncta* et *Trichoplusia ni*, parmi les composants individuels le comphre était le plus toxique pour les larves de *P. unipuncta* et l' $\alpha$ -terpinéol était le composé le plus toxique pour les larves de *T. ni* (Murray et al.,2008).

Nia et al (2015), ont trouvé que l'extrait éthérique de feuilles de *Rosmarinus Officinalis* étaient efficaces contre *Myzus persicae*.

**Lutte**  
**biologique**

## Chapitre III : Lutte biologique

### I. Généralités

Les *Culicidae*s, communément connus sous le nom de moustiques, comptent aujourd'hui plus de 3200 espèces et une quarantaine de genres répartis presque partout dans le monde (Zerroug et al., 2017). Cette famille contient les genres *Culex*, *Aedes* et *Anopheles* (Larhballi et al., 2010).

Ces 30 dernières années ont vu l'apparition dramatique de maladies infectieuses, surtout à transmission vectorielle (Gubler, 2004); comme la fièvre de vallée de Rift, le West Nile, le paludisme, la fièvre jaune ou la dengue placent ainsi chaque jour de nouvelles populations humaines dans des zones à risque d'infection ; car les vecteurs qui en sont responsables sont largement répandues dans le monde (Amraoui et al., 2012). *Culex pipens* est le principal vecteur du virus West-Nile (Savage et al., 1999), Cette espèce intervient dans l'amplification du cycle de transmission du virus aux oiseaux (Tardif et al., 2003). Il a également un rôle de vecteur pour d'autres agents pathogènes.

Les produits chimiques jouent dans la lutte contre les vecteurs un rôle essentiel, compte tenu de leur rapidité d'action, de leur fort pouvoir répulsif et irritant vis-à-vis des moustiques. L'utilisation de ces produits est la première stratégie mondiale. bien qu'elles se soient révélées très efficaces sur les moustiques culicidés, présentent plusieurs inconvénients (Guilbot,1990). En effet, en plus de leur coût élevé, elles peuvent être à l'origine de divers problèmes environnementaux ; l'accumulation significative de matières actives dans les écosystèmes traités, aquatiques et terrestres est un problème de pollution. Par ailleurs, les substances actives des produits utilisés présentent un large spectre d'action et n'épargnent pas les organismes non cibles (Lefort, 2010). A tous ces inconvénients s'ajoute aussi un grand problème de développement de résistance aux insecticides chimiques, chez les insectes traités (Guilbot, 1990; Robert & Chandre, 2009; Koua et al, 1998).

Les effets négatifs des insecticides chimiques pour les animaux et l'homme, vont inciter les chercheurs de s'orienter vers des outils de remplacement (Lefort, 2010).

La prise de conscience du coût environnemental de ces pratiques et les craintes des consommateurs du danger que peuvent constituer les résidus de pesticides pour la santé humaine font naître un intérêt grandissant pour des alternatives de lutte pour la protection des cultures. Parmi les solutions envisagées, les huiles essentielles (HEs) et leurs dérivés tiennent une place importante dans la recherche de biopesticides.

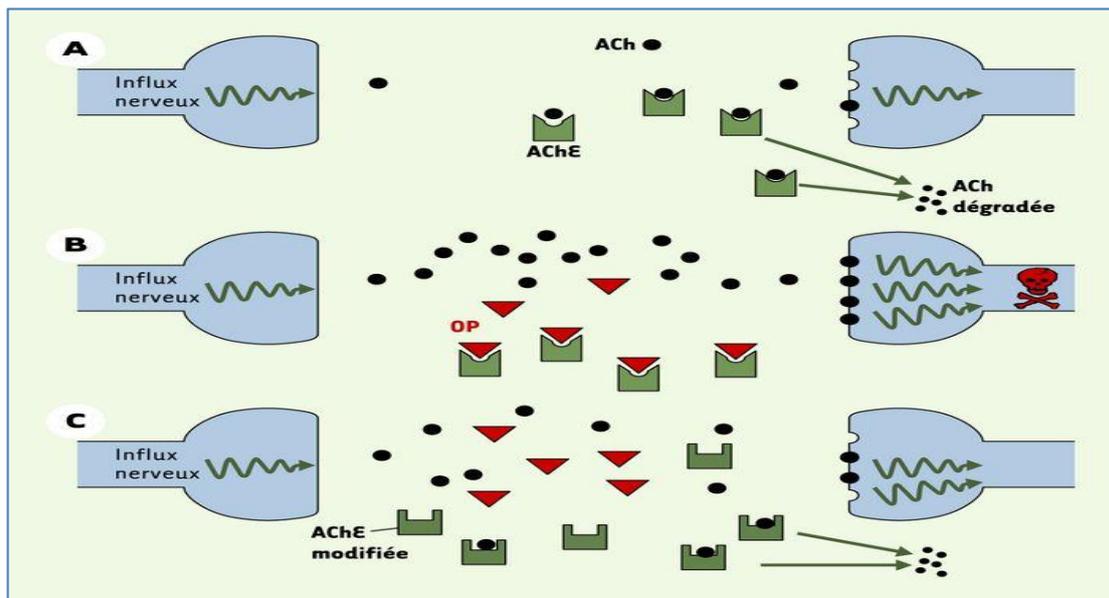
L'utilisation des substances naturelles et leurs dérivés est une alternative qui doit pouvoir servir de base pour la mise au point de nouvelle méthode pour contrôler les insectes nuisibles, une méthode moins chère et plus efficace, c'est la lutte biologiques (**Philogene, 1991 ; Koua et al, 1998**).

## II. Résistance de *Culex pipiens*

La résistance est définie comme étant le développement de la capacité à tolérer des doses élevées de toxines qui peuvent être létales pour la plupart des individus dans une population (**Wafa M, 2011**).

Le moustique *Cx. pipiens* est présent en zones tropicales et tempérées. Sa nuisance due aux piqûres et aux maladies qu'il véhicule (filariose, fièvre du Nil...) a poussé l'homme à le combattre activement dans de nombreux pays à l'aide d'insecticides. Au cours des dernières décennies, Toutefois, *Cx. pipiens* a naturellement une très forte aptitude à développer des résistances à une ou plusieurs familles d'insecticides (**Tabti, 2005**).

La résistance aux insecticides organophosphorés (OP) représente un excellent modèle d'étude de l'adaptation à un nouvel environnement. Ces insecticides inhibent l'acétylcholinestérase, enzyme responsable de l'hydrolyse de l'acétylcholine dans les synapses cholinergiques (figure 18). Cette inhibition prolonge la durée de l'influx nerveux, ce qui conduit rapidement à la mort du moustique. Développer une résistance à ces toxiques implique donc de supprimer ou de diminuer l'inhibition de l'acétylcholinestérase des synapses. L'étude des différents phénotypes de résistance et des changements génétiques qui leur sont associés permet d'appréhender finement comment se fait cette adaptation et comment elle se modifie au cours du temps (**Mylène et al, 2003**).



**Figure 18:** Rôle de l'acétylcholinestérase1 (AChE1) dans la transmission synaptique (Mylène et al, 2003)

A. Situation d'un moustique sensible sans insecticides. L'AChE1 dégrade l'excès d'acétylcholine dans la synapse.

B. Situation d'un moustique sensible en présence d'insecticides (OP). Les insecticides inhibent l'AChE1 qui ne dégrade plus suffisamment l'acétylcholine, ce qui conduit à un prolongement toxique de l'influx nerveux.

C. Situation d'un moustique résistant en présence d'insecticides. Les OP n'inhibent plus l'AChE1 modifiée. En revanche, l'acétylcholine est moins bien dégradée par l'enzyme mutée que par l'enzyme sauvage, ce qui conduit à une transmission du signal non optimale.

### III. Lutte biologique

La lutte biologique contre les moustiques et autres espèces nuisibles consiste à introduire, dans le biotope des moustiques, des espèces qui sont leurs ennemis, tels que microorganismes ou prédateurs naturels. Il peut s'agir d'insectes, de virus, de bactéries, de protozoaires, de champignons, de végétaux divers, de nématodes ou de poissons (OMS, 1999) ; les moyens les plus répandus sont les larvicides biologiques et les poissons larvivores.

La définition adoptée par l'Organisation internationale de la lutte biologique (OILB) est : « utilisation par l'homme d'ennemis naturels tels que des prédateurs, des parasitoïdes ou

des agents pathogènes pour contrôler les populations d'espèces nuisibles et les maintenir en dessous d'un seuil de nuisibilité ».

La lutte biologique est souvent considérée comme la solution idéale aux problèmes posés par les insectes. Son émergence, ces dernières années, est non seulement dictée par des considérations écologiques, mais aussi par des nécessités économiques et épidémiologiques. Les populations de vecteurs sont déjà considérablement régulées dans la nature par des agents biologiques (OMS, 1995).

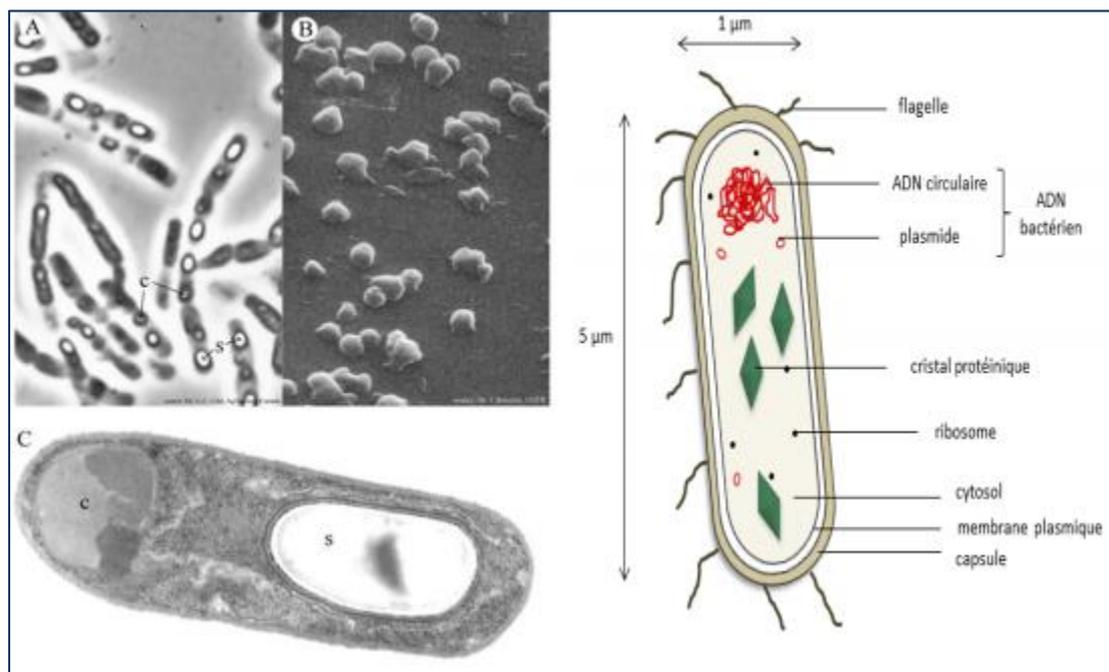
### III.1. Utilisation des microorganismes dans la lutte biologique

La lutte microbiologique est l'utilisation de microorganismes (champignons, bactéries) qui infectent la cible souvent par ingestion.

Parmi les méthodes de lutte microbiologique est l'utilisation d'organismes microbiens tels que le *Bacillus sphaericus* (Bs) et le *Bacillus thuringiensis var. israelensis* (Bti). Ces bacilles sont d'ailleurs considérés comme des agents de contrôle biologique efficace (Becker, 1998). Ils agissent sur les larves des moustiques, et des diptères en général et sont aujourd'hui utilisés dans un large panel de gîtes larvaires, du fait de leur efficacité et leur spécificité qui respectent largement la faune compagne (Benserradj O, 2014).

D'ailleurs, le Bt (*Bacillus thuringiensis*) est un bacille à Gram positif, aérobic et sporulé qui est étroitement apparenté à la bactérie *Bacillus cereus* qui est connue par sa capacité de produire une protéine cristallisée durant la sporulation ; c'est le micro-organisme le plus utilisé comme bio-insecticide et représentent plus de 90% du marché des bio-insecticides (Benserradj O, 2014).

Les cristaux synthétisés par les bactéries sont constitués de pro toxines, qui une fois ingérées par l'insecte, sont digérés à pH alcalin par les protéases digestives et transformés en toxines polypeptidiques actives. Les  $\delta$ -endotoxines activées par les protéases de l'insecte se fixent sur des récepteurs spécifiques situés sur les cellules de l'épithélium intestinal. L'intoxication se manifeste très rapidement par d'importantes lésions au niveau de l'intestin et par une paralysie du tube digestif, entraînant un arrêt immédiat, de l'activité d'alimentation. La mort de l'insecte intervient en 24 à 48 heures après l'ingestion des cristaux et peut être ou non accompagnée d'une septicémie. Les aspects moléculaires du mécanisme qui aboutissent à la mort des insectes ne sont pas encore clairement définis (Benserradj O, 2014).



**Figure 19:** Schéma d'un *Bacillus thuringiensis* (Benserradj O, 2014)

Les champignons entomopathogènes sont des plus prometteurs. Ils jouent un rôle considérable dans la régulation des populations d'insectes (Benserradj O, 2014). L'un des plus intéressants appartient à la classe des Ascomycètes : il s'agit d'un pathogène d'insectes connu sous le nom de *Metarhizium anisopliae* (Benserradj O, 2014).

Bien que le développement d'une résistance chez les moustiques n'ait pas encore été décelé avec ce composé, il est important de poursuivre les études en vue d'élaborer de nouveaux insecticides biologiques afin d'être prêt à répondre à toutes éventualités (Benserradj O, 2014).

### III.2. Utilisation des plantes dans la lutte biologique

A côté de la lutte microbiologique, nous avons 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.

Certaines plantes sont connues pour leur capacité à synthétiser des métabolites secondaires à propriétés insecticides. Ces métabolites pourront être exploités dans le domaine de la lutte contre les insectes ravageurs ou vecteurs d'agents infectieux. L'utilisation des

extraits de plantes comme insecticides est connue depuis longtemps. En effet, le pyrèthre, la nicotine et la roténone sont déjà connus comme agents de lutte contre les insectes (Crosby et al., 1966). Plus de 2000 espèces végétales possédant une activité insecticide sont déjà identifiées. Récemment, la litière de l'aulne, plante riche en polyphénols s'est révélée être douée de propriétés toxiques importantes vis-à-vis des larves des moustiques *Culex pipiens* (David et al., 2000).



**Figure 17** : Plantes anti-moustiques (<https://www.pinterest.com/pin/538250592956872663/>)

Les plantes (les extraits aqueux, les poudres et les huiles essentielles) contiennent des molécules ayant des propriétés insecticides. **Fournier a dit en 2003** que l'un des insecticides connus depuis des siècles est le pyrèthre, poudre obtenue à partir de *Chrysanthemum roseum* et *Chrysanthemum cinerariae -folium*. De nombreux travaux ont été menés à partir d'extraits végétaux. C'est notamment le cas de **Koua en 1994**, qui a montré l'activité larvicide de l'extrait aqueux de feuilles de *Persea americana* sur les larves d'*Anopheles gambiae*. *Persea americana* est une plante originaire d'Amérique tropicale dont les feuilles sont utilisées

comme béchique, cholagogue et diurétique. Une étude similaire a été réalisée par **Erlor et ses collaborateurs (2006)**, où l'huile essentielle extraite à partir du feuillage frais du Laurier *Laurus nobilis* a été examinée pour son activité répulsive contre les femelles adultes d'une espèce de moustique (*Culex pipiens*), ainsi que le bois de cyprès *Tetraclinis articulata* et des feuilles du ricin commun *Ricinus communis* constituent des larvicides prometteurs pour la lutte contre les moustiques nuisibles (*Culex pipiens*) (**Aouinty et al,2010**).

Des études récentes prouvent que le *Thymus vulgaris* est connue par son activité insecticide contre d'autres groupes zoologiques comme les moustiques culicidés ce qui explique la toxicité de cette plante en raison de leur richesse en molécules de terpènes. (**Tchoumboungang et al., 2009**).

Les résultats trouvés par **Sayah en 2014** confirment l'activité larvicide des huiles essentielles de *Citrus aurantium*, *Citrus sinensis*, *Pistacia lentiscus* aux doses létales DL50 et DL80, qui ont été testés sur les larves *Culex pipiens*. Ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes pour l'application des huiles essentielles et extraits aqueux des poudres végétales dans la production des biocides. A la même espèce, une expérience réalisée au Maroc par El-Akhal en 2014 sur deux huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* a montré que l'huile essentielle de *Citrus aurantium* possède une activité larvicide intéressante contre *Cx. pipiens* par rapport à l'huile essentielle de *Citrus sinensis* avec des CL50 et des CL90 respectivement égales à (139,48 ; 212,04ppm) et (280,82 ; 516ppm).et aussi **Boukhris signale en 2009** que les extraits aqueux des poudres végétales de sauge (*Salvia officinalis*), Marjolaine (*Origanum majorana*) et Romarin (*Rosmarinus officinalis*), qui sont testés sur *Cx. pipiens*, ont un effet larvicide significatif.

En plus des travaux mentionnés au-dessus, des recherches récentes étaient faites sur des extraits de *Thymus vulgaris* L et *Mentha pulegium*; des tests sont réalisés sur des larves de 3ème et 4ème stade larvaire par **Zoughailech en 2011** avec de différentes concentrations ont donné des résultats par les quels on peut définir la sensibilité des moustiques *Culex pipiens* à ces deux plantes, dont l'extraits de *Thymus vulgaris* été jugé plus toxique que celui de *Mentha pulgium* avec une DL50 de 56,45g/l et 117,84g/l respectivement.

En Algérie, des essais ont été faits par **Kerris et ses collaborateurs en 2009** sur le *Laurier rose* (*Nerium oleander*) ont montré que le jus, la décoction de feuille et l'infusion de

tige ont un effet insecticide sur les chenilles de *Lymantria dispar*. Cependant, les autres extraits (la sève, la macération à l'éthanol, les flavonoïdes) peuvent avoir un effet insecticide plus au moins faible. Le Neem (*Azadirachta indica*) est un arbre de la famille des méliacées, ses grains, une fois broyées, produisent une huile, utilisée depuis des siècles par les indiens. L'huile du neem est un insecticide naturel et semble aussi efficace contre les chenilles, les araignées rouges, les pucerons et les cochenilles. L'huile de neem semble également avoir des propriétés antifongiques (**Bélangier et Musabyimana, 2005 ; Benhamou et Martinez.,2006 ; SEYE et al.,2006**).

La lavande (*Lavandula stoechas*), l'origan (*Origanum glandulosum*) et Cymbopogon (*Cymbopogon giganteus*) manifestent des effets toxiques et répulsifs vis-à-vis d'Aphis pomi. Et activités Ovicide et Larvicide sur *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) (**Amirat et al,2011 ; Nyamador,2010**). Des travaux ont été faits par Bertrand sur quelques huiles essentielles, qui ont une d'activité sur la bruche d'haricot : toxicité par inhalation (thymus vulgaris, salvia officinalis, ocimun basilicum) ; inhibition de la reproduction (*Eucalyptus globulus*, *Salvia officinalis*, *Apium graveolens*) ; répulsif (citronnelle).et par Ould El Hadj et al. (2003), sur la toxicité des extraits de *Melia azedarach*. (Meliaceae), d'*Azadirachta indica*. (Meliaceae) et d'*Eucalyptus globulus*. (Myrtaceae) vis-à-vis des larves du 5e stade et des adultes de *S. gregaria* qui révèle une mortalité de 100 %. Les individus traités à l'*Eucalyptus* meurent quelques jours plus tard. Les larves du 5e stade s'avèrent être plus sensibles que les imagos à ces extraits.

### III.3. Activité insecticide des huiles essentielles

Les mécanismes d'action des huiles essentielles se disposent de grands potentiels, qui les rend une piste de recherche très prometteuse, et particulièrement leur effet insecticide (**Glitho A.I., 2002**). La grande majorité de ces études portaient sur les moustiques, que ce soit sur l'effet répulsif des huiles essentielles (**MA Oshaghi et al., 2003**) ou sur leur effet ovicide (**Martin Ket al., 2006**) ou larvicide (**Markouk et al., 2000**). Le mode d'action des huiles essentielles est relativement peu connu chez les insectes (**Isman, 2000**).

- Effets physiologiques : Les huiles essentielles ont des effets anti-appétant, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens.

- Effets sur le system nerveux : L'octopamine est un neuromodulateur spécifique des invertébrés : Cette molécule a un effet régulateur sur les battements de cœur, la motricité, la ventilation, le vol et le métabolisme des invertébrés.

**Enan et Isman en, 2000** font le lien entre l'application de l'eugénol, de l'alpha-terpinéol et de l'alcool cinnamique, et le blocage des sites accepteurs de l'octopamine. **Enan en, 2000** a également démontré un effet sur la Tyramine, autre neurotransmetteur des insectes. En général, les huiles essentielles sont connues comme des neurotoxiques à effets aigus interférant avec les transmetteurs octopaminergiques des Arthropodes.

Toutefois, la grande majorité de ces études portaient sur les moustiques, que ce soit sur l'effet répulsif des huiles essentielles ou sur leur effet larvicide. A côté des huiles essentielles nous proposons d'étudier l'action d'un autre genre d'extrait naturelle ; « les extraits aqueux », l'idée est d'utiliser l'eau pour extraire depuis la plante différents composés, en but de tester leur effet larvicide.

**Effet larvicide de l'huile  
essentielle de *Rosmarinus  
officinalis* à l'égard de *Culex  
pipiens* (Morphométrie)**

## Chapitre IV : Effet larvicide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* à l'égard de *Culex pipiens* (Morphométrie)

Chez les moustiques, seules les femelles sont hématophages. Après la fécondation, elles partent à la recherche d'un hôte pour la prise du sang, afin d'assurer la maturation de leurs œufs. Ce comportement hématophage durant la reproduction, permet la transmission de nombreuses maladies au cours de l'alimentation. De ce fait, la recherche d'un moyen de lutte pour limiter les effets liés à ce phénomène est très importante. La diminution de la taille des larves peut aussi affecter l'ovogénèse des femelles, d'une part, et le nombre d'œufs pondus d'autre part (**Berrah, 2016**).

Les plantes aromatiques contiennent des molécules bioactives, ces derniers considérés comme des matières naturelles utilisées pour protéger l'être humain et l'environnement et pour lutter contre les insectes indésirables et de l'interdire de se reproduire (**Mansouri & Messabhia, 2018**).

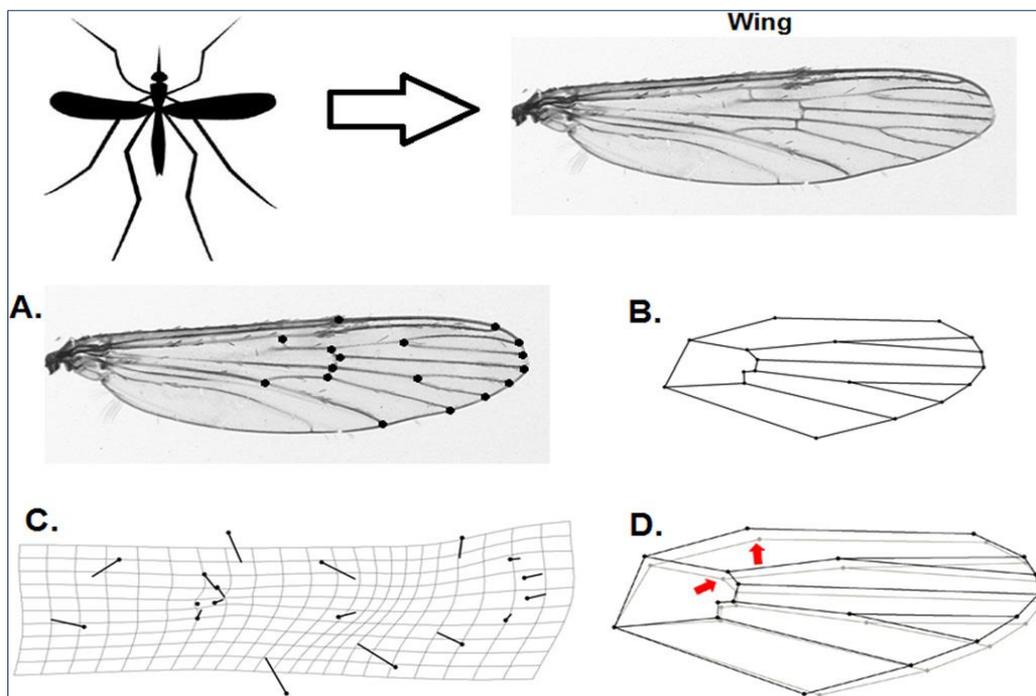
Les résultats de **Alaoui B en 2009**, montrent que les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris* L, *Eucalyptus camaldulensis* L, *Salvia officinalis*, *Origanum majorana* et *Artemisia absinthium* L. Possèdent un effet larvicide sur *Cx pipiens*. Tous les échantillons ont montré une activité sur des larves au stade 3 et 4, et particulièrement les huiles essentielles de *Salvia officinalis*, *Origanum majorana* et *Rosmarinus officinalis*.

### I. Morphométrie

Développée comme une technique de fusion de la géométrie et de la biologie (**Bookstein, 1982**), la morphométrie concerne l'étude de la forme des structures biologiques dans deux ou trois dimensions spatiales, elle permet plusieurs évaluations statistiques et elle permet la représentation graphique de la forme et de la taille. Cette technique préserve l'intégrité physique de la forme et évite de l'effondrer en mesures linéaires qui ne représentent pas la structure dans son ensemble (**Richtsmeier et al, 2002**). La morphométrie est basée sur les coordonnées de points de repère identifiables (PRI) qui sont, habituellement mais pas nécessairement, des correspondants évolutifs (homologues). Un autre type d'étiquetage utilisé pour les analyses morphométriques (non représenté par des PRI) sont les emplacements des

points placés sur les courbes, qui sont appelés des demi-marques (**Camila Lorenz et al., 2017**). Lorsque l'emplacement d'un point sur une courbe ou une surface lisse ne peut pas être clairement identifié, il peut être traité comme un PRI qui est autorisé à glisser subjectivement le long de sa courbure (**Mitteroecker et Gunz, 2009**).

Dans les études sur les moustiques (Culicidae), l'aile est largement utilisée pour les comparaisons morphométriques en raison de sa forme bidimensionnelle et parce qu'elle contient des veines qui englobent des points de repère anatomiques naturels qui sont idéaux pour marquer les PRI (Figure 20). En outre, la plupart des veines présentent des points de repère visibles et sont homologues, de sorte qu'on les retrouve chez tous les représentants de la famille des Culicidae. En utilisant la morphométrie, il est possible d'observer exactement où se trouve la plus grande source de variation ; en outre, cette variation peut être quantifiée pour des comparaisons phylogénétiques ou biogéographiques (**Rohlf, 1993**).



**Figure 20:** Morphométrie géométrique des ailes des moustiques (**Lorenz et al., 2017**).

- (A) Marquage des PRI dans les croisements des veines des ailes, qui sont des points de repère anatomiques naturels. Le nombre de PRI utilisées dans chaque analyse varie selon l'étude.
- (B) Schéma géométrique représentant la partie de l'aile considérée pour la morphométrie. Les lignes ne font pas partie des données ; elles servent juste à aider à voir les relations entre les PRI.
- (C) Un exemple de graphique qui montre les déplacements des positions de points de repère avec des lignes droites (les traits sont proportionnels aux points de plus grande variation). Grille de déformation représentant la variation de forme d'une aile.
- (D) Autre façon de représenter les variations de forme : le chevauchement des consens. Les flèches indiquent les PRI les plus variables dans cette comparaison.

En plus de ces avantages, la technique de la morphométrie est rapide, relativement peu coûteuse et simple : la numérisation des coordonnées des PRI nécessite en effet une connaissance de l'organisme, mais elle ne requiert pas une grande expérience technique. Un autre avantage de cette technique est que, grâce à l'analyse de régression, l'effet allométrique (résidu) peut être facilement supprimé des analyses de forme, ce qui permet de comparer les formes avec un minimum d'interférences de différentes tailles (**Adams et al., 2004**).

Les formes des organismes peuvent présenter des similitudes ou des différences, selon le sexe, la situation géographique, la relation phylogénétique, les relations écologiques et les types de traitements subis (**Camila Lorenz et al, 2017**). Dans notre étude, les moustiques ont subi un traitement à l'huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis* au stade larvaire.

## II. Effet larvicide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* à l'égard de *Culex pipiens*

Les substances d'origine naturelle et plus particulièrement, les huiles essentielles représentent actuellement une solution alternative de lutte pour la protection contre les moustiques (**Houam et Achouri, 2019**).

## II.1. Étude morphométrique

Pour déterminer l'instar et la taille d'une larve, **Timmermann et al.** ont mesuré la largeur de la capsule crânienne et la largeur du thorax sous un stéréomicroscope équipé d'un micromètre oculaire à un grossissement de 25x (LIII, LIV) ou 100x (LI, LII). Les larves ont été rapidement immobilisées sur des lames de verre refroidies à la glace et l'eau adhérente a été éliminée au minimum à l'aide de bandes de papier buvard avant les mesures.

Chez la même espèce, **Hamaidia, (2006)**, montre que le traitement au méthoxyfénozide provoque une diminution des paramètres morphométriques.

De plus, **Tine-Djebbar (2009)** révèle que la halofénozide appliqué sur les larves du quatrième stade de *Cs longiareolata* et *Cx pipiens*, perturbe les paramètres biométriques des individus.

La valeur cubique des ailes a été étudiée par **Briegel (1990)**, et a montré une forte corrélation avec les réserves en protéines, en lipides et en glucides totaux à l'éclosion.

D'autres travaux réalisés par **Djehadar (2014)** sur le régulateur de croissance des insectes, novaluron, menés à l'égard des larves L3 et L4 de *Cx pipiens*, montrent que son application directe à différentes concentrations, présente un effet toxique exprimé par une mortalité relativement importante, comparativement aux témoins.

Dans le cadre d'une étude menée à l'université de Tébessa en 2016 par **Berrah et Ahcene** concernant l'effet larvicide d'une plante du genre *Rosmarinus* à l'égard de *Cx. pipiens*, l'aspect morphométrique a été considéré.

Dans cette étude, trois paramètres morphométriques qui sont : la largeur du thorax, le poids et le volume corporel des individus du 4ème stade larvaire de *Cx. pipiens* ont été abordés. Des séries traitées sont comparées à des séries témoins.

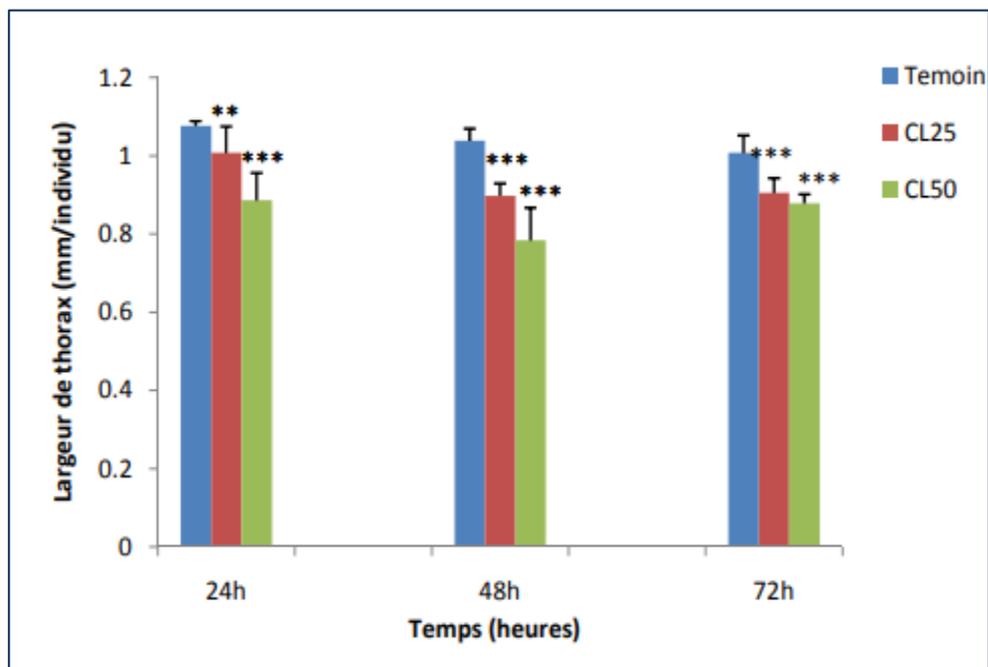
### II.1.1. Effet Largeur du thorax

La largeur du thorax (mm) des larves du quatrième stade de *Cx. pipiens* a été observée à différentes périodes 24, 48 et 72 heures chez les séries témoins et traitées.

Chez les séries témoins les résultats obtenus ont montré une différence significative de la largeur du thorax au cours des périodes testées.

Concernant les séries traitées, les résultats obtenus montrent des diminutions hautement significatives de la largeur du thorax à 24h, 48h et 72h.

La comparaison des valeurs moyennes entre les séries témoins et traitées, indique une diminution remarquable de la largeur du thorax.



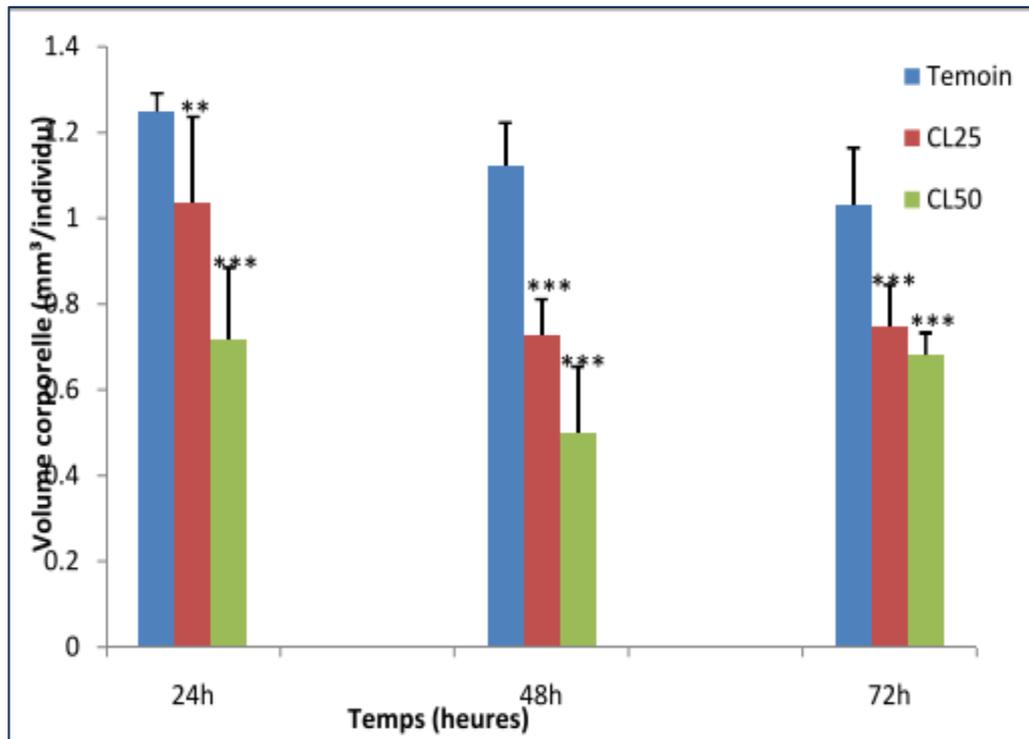
**Figure 21:** Effet de l'huile essentielle de *R. officinalis* (CL25 et CL50), sur la largeur de thorax (mm/ individu) chez les larves du quatrième stade (L4) à différentes périodes (24, 48 et 72 h) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=3$ ). Comparaison des moyennes\*\*Différence hautement significative ( $p < 0,01$ ), ( $p < 0,001$ ) entre les séries témoins et traitées (**Berrah & Ahcene, 2016**)

### II.1.2. Effet sur le volume corporel

Comme le paramètre précédent, le volume corporel ( $\text{mm}^3$ ) des larves du quatrième stade de *Cx. pipiens* a été observé à différentes périodes (24, 48 et 72 heures) chez les séries témoins et traitées.

Les résultats obtenus pour les séries témoins et traitées montrent une diminution très significative du volume corporel au cours des périodes testées.

La comparaison des valeurs moyennes entre les séries témoins et traitées indique une diminution significative du volume corporel.



**Figure 22:** Effet de l'huile essentielle de *R.officinalis* (CL25 et CL50), sur le volume corporelle (mm<sup>3</sup>/ individu) chez les larves du quatrième stade (L4), à différentes périodes (24, 48 et 72 heures) ( $m \pm sem$ ,  $n=3$ ). Comparaison des moyennes : \*\* Différence hautement significative ( $p<0,01$ ) entre les séries témoins et traitées, \*\*\*Différence très hautement significative ( $p<0,001$ ) entre les séries témoins et traitées. (Berrah & Ahcene, 2016)

### II.1.3 Effet sur le poids corporel

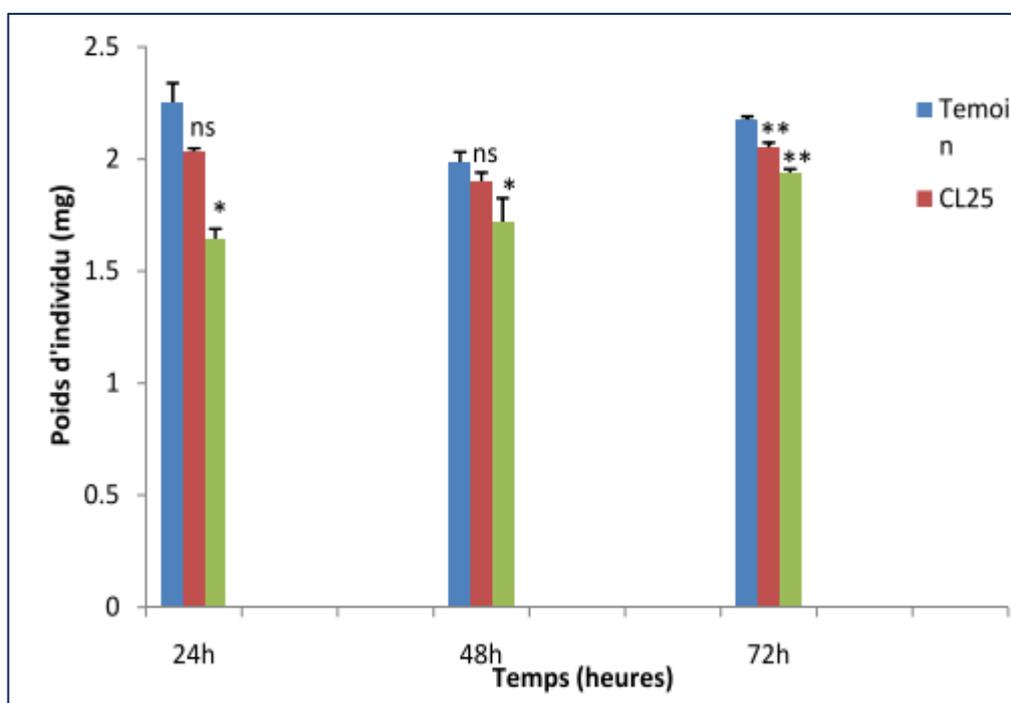
Le poids corporel (mg) des larves du quatrième stade de *Cx. pipiens* a été estimé chez les séries témoins et traitées à différentes périodes 24, 48 et 72 heures après traitement par l'huile essentielle de *R. officinalis*, comme pour les deux paramètres précédents.

Chez les séries témoins les résultats obtenus montrent une différence significative du poids corporel au cours des périodes testées.

Concernant les différences des valeurs moyennes entre les séries témoins et traitées, indique une diminution significative chez les séries traitées à 24h et 48h, et une diminution très significative à 72h.

Le volume corporel des moustiques peut influencer quelques fonctions essentielles, telles que la consommation sanguine, son utilisation dans les voies métaboliques et la maturation des oeufs (Hosoi, 1954; Van Den Heuvel, 1963). Le poids corporel chez les insectes dépend généralement de la présence de la nourriture dans leurs habitats, des conditions environnementales et surtout des caractères héréditaires de chaque espèce (Braquenier, 2009).

Landry et al. (1988) ont montré une variation saisonnière significative du volume corporel chez *Aedes Triseriatus* et une corrélation positive entre le volume corporel et les réserves nutritives telles que le glycogène et les lipides.



**Figure 23:** Effet de l'huile essentielle de *R. officinalis* (CL25 et CL50), sur le poids (mg/individu) chez les larves du quatrième stade (L4) à différentes périodes (24, 48 et 72 heures) ( $m \pm \text{sem}$ ,  $n=3$ ). Comparaison des moyennes : ns Différence non significative entre les séries témoins et traitées. \* Différence significative ( $p < 0.05$ ) entre les séries témoins et

traitées, \*\*Différence hautement significative ( $p < 0,01$ ) entre les séries témoins et traitées.

**(Berrah & Ahcene, 2016)**

Les résultats de l'étude montrent que le traitement par *R. officinalis*, des larves du quatrième stade de *Cx. pipiens*, cause une réduction de plusieurs paramètres biométriques tels que, la largeur du thorax, le poids et le volume corporel.



# Conclusion

## Conclusion

L'utilisation des insecticides de synthèse, de plus en plus réglementée pour la protection de l'environnement, est à l'origine de nombreux cas de résistance chez les insectes. Dans ce contexte, le recours à des molécules naturelles (d'intérêt écologique et économique) d'origine végétale tel que les huiles essentielles aux propriétés insecticides, se révèle être une démarche alternative à l'emploi des insecticides de synthèse.

En perspectives, il serait intéressant de compléter cette recherche en évaluant l'effet de l'HE sur le même ou d'autres espèces de moustiques ainsi que l'étude d'autres mécanismes morphométriques et biochimiques.

# Références bibliographiques

### A

- Adams, D.C., Rohlf, F.J., Slice, D.E., 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Ital. J. Zool.* 71 (1), 5–16.
- Adersen, A., Gauguin, B., Gudiksen, L., Jager, A K. (2006) Screening of plants used in Danish folk medicine to treat memory dysfunction for acetylcholinesterase inhibitory activity. *JEthnopharmacol.* 104: 418-422.
- Akami M., Niu C., Chakira H., Chen Z., Vandi T and Nukenine E.N., 2016. Persistence and comparative pesticidal potentials of some constituents of *Lippia adoensis* (Lamiales: Verbenaceae) essential oil against three life stages of *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *British Biotechnology Journal.* 13(4): 1-16.
- Al-Jamal A.R and Alqadi T. (2011). Effects of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) on lipid profile of diabetic rats. *Jordan Journal of Biological Sciences.* 4(4): 199-204.
- Alaoui Boukhris M., 2009. Activités larvicides des extraits de plantes sur les larves de moustiques vecteurs de maladies parasitaires, Thèse de Master Sciences et Techniques : CMBA Chimie des Molécules Bio Actives, Université Hassan II Mohammedia, Algérie. 55 -75p.
- Alayat M, (2012), Bio-écologie, position taxonomique et compétence vectorielle du complexe *Culex pipiens* (Diptera ; Culicidae) responsable de la transmission du virus West Nile et du virus de la Fièvre de la Vallée du Rift en Algérie, Travail de fin d'étude. Université Badji Mokhtar -Annaba-.
- Altinier G., Sosa S., Aquino RP., Mencherini T., Della Loggia R., Tubaro A. (2007). Characterization of topical anti-inflammatory compounds in *Rosmarinus officinalis* L. *Agricultural and Food Chemistry.* 55(5): pp 1718-1723.
- Aly, C., Mulla, M.S., Xu, B.Z. & Schnetter, W. 1988- Rate of ingestion by mosquito larvae (Diptera : Culicidae) as a factor of the effectiveness of a bacterial stomach toxin. *Journal of Medical Entomology.* 25 : 191-196.
- ANONYME. 2007. Info insectes- Moustique (Toile des insectes du Québec – Insectarium). Adresse URL : <http://www.toile-des-insectes.qc.ca/info-insectes/fiches/fic-fiche-18-moustique>.
- Anonyme, 2018- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Moustique>.

- 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. Algerie. 129p
- Aouinty B., Oufara S., Mellouki F., Saadia M., 2006 - Évaluation 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). *Biotechnologie. Agron. Soc. Environ.* 10 (2), 67-71.
- AQEL, M.B., 1991 : Relaxant effect of the volatile oil of *Rosmarinus officinalis* on tracheal smooth muscle. *J. Ethnopharm.* Vol. 33, pp : 57 – 62.
- ARBAOUI L. 2017. Biodiversité et typologie des gîtes larvaires des Diptère Culicidés de la région de Bensekrane (Tlemcen), extrême ouest algérien. mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen. mast-eco-99.
- Aruoma OI, Spencer JPE, Rossi R, Aeschbach R, Khan A, Mahmood N, Munoz A, Murcia B, Butler J, Halliwell B: An evaluation of the antioxidant and antiviral action of extracts of rosemary and provencal herbs. *Food Chem Toxicol* 34:449–456(1996).
- Atik bekkara, F., Bousmaha, L., Taleb bendiab, S.A., Boti, J.B., Casanova J. (2007) Composition chimique de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L poussant à l'état spontané et cultivé de la région de Tlemcen. *Biologie & Santé.* 7: 6-11p.
- Avila S., Addi R, Cruz., Obdula V, López., et al. Romero (*Rosmarinus officinalis* L.): una revisión de sus usos no culinarios. *Ciencia y Mar* 2011, Edificio 105E Ciudad Univers, Vol 72420, p24-25.
- Ayadi, S., Jeribbi, C., et Abderrabba, M. Extraction et étude des huiles essentielles de *Rosmarinus Officinalis* cueillie dans trois régions différentes de la Tunisie. *Journal de la Société Algérienne de Chimie*, 2011, vol. 21, no 1, p. 25-33.
- Ayitchedji a.M. (1990). Bioécologie de *Anopheles melas* et de *Anopheles gambiae* s.s. Comportement des adultes vis-à-vis de la transmission du paludisme en zone côtière lagunaire, République du Bénin. Mémoire de fin de formation en TLM-DETS-CPU-UNB, Cotonou. 76p.

### B

- Balenghien T. (2007). Les moustiques vecteurs de la Fièvre du Nil occidental en Camargu. In: Insectes. 146(3) :13-17.
- 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.
- Begum A., Sandhya S., Ali S.S., Vinod K.R., Reddy S., Banji D.(2013). An in-depth review on the medicinal flora *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae). Acta Sci. Pol., Technol. Aliment .12(1) : 61-73.
- Belakhdar, J (1997) : La pharmacopée marocaine traditionnelle. Idis PRESS(Ed). Paris, p. 764. Beloued, A (1998) : Plantes médicinales d'Algérie. 2<sup>ème</sup> Edition .Office des publications.
- Beloued, A: Plantes médicinales d'Algérie. 2<sup>ème</sup> Edition .Office des publications(1998).
- Benazouz M.A,(2011), les huiles essentielles, importance et potentialités : mise à jour bibliographique des dernières recherches sur leurs emplois et toxicité et analyse de la composition des huiles essentielles de quinze plants des plus consommées au Maroc , UNIVERSITE MOHAMMED V-SOUISSI p :6.
- Benkalfate-el Hassar chafika 1991; Cartographie Ecologique De *Culex pipiens* (Diptère, Culicidae) En Milieu Urbain (Ville De Tlemcen, Algérie) Recherche De Causes De La Dynamique Démographique Des Stades Pré Imaginaux. P18
- Benserradj O, 2014. Evaluation de *Metarhizium anisopliae* à titre d'agent de lutte biologique contre les larves de moustiques. Thèse de doctorat. En Biotechnologies, Biologie et Environnement. Université de Constantine 1. Constantine.
- Benzie I.F. et Strain J.J., 1996 - The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, (239): 70-76.
- 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
- Bastien, F. (2008). Effet larvicide des Huiles essentielles sur *Stomoxys calcitrans* à la Réunion. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat. Université Paul-Sabatier de Toulouse, 78 p
- Bezzaoui, O. (2013). Comparaison de l'efficacité des extraits aqueux et des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* (le Romarin) et de *Salvia officinalis* (la Saugue) avec un insecticide chimique la Cyperméthrine sur les larves de *Culex pipiens* en conditions contrôlées. (Mémoire de master Université Saad Dahleb Blida). P 51.
- Bookstein, F.L., 1982. Foundations of morphometrics. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 13 (1), 451–470.
- Boudershem 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*). Thèse de Master Académique Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued. 84p.
- Bruneton J ; (1993) ; pharmacognosie phytochimie ; plantes médicinales ; édit : Lavoisier TEC et DOC Paris 1<sup>ème</sup> édition.
- BRUNHES J, RHAÏM A, GEOFFROY B, ANGEL G & HERVY J. P; 1999. LES Culicidae d'Afrique méditerranéennes. Logiciel de l'institut de recherche et de développement de Montpellier (France).

### C

- Casida, J.E. and G.B. Quistad. 1998. Golden age of insecticide research: past, present or future? *Annu. Rev. Entomol.* 43: 1-16.
- Carnevale P. et Robert V., 2009. Les anophèles. Biologie, transmission du Plasmodium et lutte anti-vectorielle, Ed. I. R. D, Marseille. 389 p.
- Chang S.S., Ostric-M B., Hsieh O.L. et Huang C.L., 1977 : Natural antioxidants from Rosemary and sage. *J. Food Sci.* Vol. 42, pp : 1102 – 1106.
- Charles, J-F. et Nielsen-LeRoux, C. 2000. Mosquitocidal bacterial toxins: diversity, mode of action and resistance phenomena. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 95:201–206.

- Chibah R, Labandji A. (2017). (Mémoire de Master. Université Akli Mohand Olhadj Bouira). P46.
- Cleenewerck K.B., Frimat P. (2004). Progrès en dermato-allergologie. John Libbey, Lille, 405pp.
- Clements A.N. (1999) The biology of mosquitoes. Volume 2. Sensory reception and behaviour. London, Chapman & Hall. 740 p.
- Cousserans, J., Gabinaud, A., Guille, G. & Sinègre, G. 1973- A propos d'une méthode de lutte antilarvaire contre le genre *Coquillettidia*. Cah. ORSTOM, ser. Ent. Méd. Parasito., 11 (4) : 233236.

### *D*

- Dias P.C., Foglio M.A., Possenti A. et DE Carvalho J.E., 2000 : Antiulcerogenic activity of crude hydroalcoholic extract of *Rosmarinus officinalis* L., J. Ethnopharmacol. Vol. 69, pp : 57 – 62.

### *E*

- Eberhard T., Robert A. et Annelise L., 2005. Plantes aromatiques : Épices, aromates condiments et huiles essentielles, 3ème édition, TECS Doc, Rue Lavoisier F 75008 Paris, France. 417p
- El-Bokim M.M.(2016). Toxicity and bioefficacy of selected plant extracts against the mosquito vector *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). Journal of Entomology and Zoology Studies. 4(2): 483-488.
- El Haib A(2011), valorisation de terpenes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques, Université Toulouse, p :4-12
- Emberger L., 1960- Traité botanique fascicule II. Masson. p335.

### *F*

- Fadi Z.(2011).Le romarin *Rosmarinus officinalis* Le bon procédé d'extraction Pour un effet thérapeutique optimal.Thèse de doctorat,université Mohammed .34 : 153p.

G

- Gabriel I., Alleman F., Dufourcq V., Perrin F., Gabarrou J-F- 2013, INRA Productions Animales, 26 (1), 13-24.
- Gashen, H. 1932. Influence de la température et de la diminution larvaire sur ledéveloppement de Culex pipiens (race autogène). Bull. Soc. Path. Exot., 25 : pp. 577-581.
- Georgantelis, D., Ambrosiadis, I., Katikou, P., Blekas, G., Georgakis, S A. (2007) Effect of rosemary extract, chitosan and  $\alpha$ -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4 °C. Meat Science. 76: 172-181.
- Gineste C., 2010. Le grand livre des plantes aromatiques et médicinales, 1 er édition, Flora Dumolin, archipel studio16. 52 p.
- Guenter E (1975). The essential oils Vol II, III, IV, V, VI, and D. Van No strand Ed. New York USA.
- Guermit, A., Rhaim, F. zohra, 2019. Contribution à l'étude de la toxicité de deux plantes médicinales (Rosmarinus officinalis et Artemisia herba alba) sur les larves de culicidées dans la région de Oued souf. Université Echahid Hamma Lakhdar El - OUED 143p.
- Guillaumot, L. 2009- Les moustiques et la dengue. Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie : 1-15.
- Guinochet M., 1973 - Phytosociologie. Paris. Masson éd. p227
- Guyatt H.L., Dnow R.W., Evans D.B., 1999 - Mlaria epidemiologie and economics effects of delayed immune acquisition on the cost effectiveness of insecticide treated bed nets. Tans. R. Soc. Lon. B. 345 : 827-835.

H

- Hamaidia H, Berchi S. 2018. Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Souk-Ahras (Algérie). Entomologie Faunistique, vol. 71, P8

- Hamiche S., Bencenouci Y et Messas N, (2017), Contribution à l'étude de l'activité larvicide avec l'utilisation des polyphénols de Pistacialentiscus sur les moustiques, En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie, université de Boumerdes.
- Hassain K., 2002 - Biogéographie et biotypologie des Culicidae (Diptère : Nématocera) de l'Afrique méditerranéenne. Bioécologie des espèces les plus vulnérantes (ae- caspui, ae detritus, ae mariae et cx pipiens) de la région occidentale Algérienne Thèse doc D'état. Univ Tlemcen.203 p.
- Hemingway, J. Ranson, H. 2000- Insecticide resistance in insect vectors of human disease. Annual Review Of Entomology 45 : 371-391.
- Hostettmann, K. (1997). Tout Savoir sur le Pouvoir des Plantes, Sources de Médicaments. Editions Favre SA, Lausanne.
- Houam A et Achouri K, 2019. Evaluation du potentiel larvicide d'huile essentielle de Rosmarinus officinalis à l'égard de Culex pipiens. Mémoire de Master. Biochimie appliquée. Université de Tebssa. Tebssa

### *K*

- Kemassi A., Boukhari K., Cherif R., Ghada K., Bendaken N., Bouziane N., Boual Z., Bouras N., Ould Elhadj-Khelil A. et Ould Elhadj M.D.(2015).Evaluation de l'effet larvicide de l'extrait aqueux d'Euphorbia guyoniana (Boiss. & Reut.) (Euphorbiaceae). El wahat pour les recherches et les etudes .8 (1) : 44 à 61.
- Knight K L, et STONE A, 1977. A catalog of the mosquitoes of the world, The Thomas Say Foundation, vol IV, 2e Ed. Entomological Society of America. PP611.
- Kosone K., Mayumi I., Kimio K. & Akihiro K., 2008 - distribution of Culex pipiens (Diptera: Culicidae) complex in Yokohama Japan. Proceeding of the sixth international conference on urban pests. 497pp
- Krida Gh., Bouattour A., Rodhain F. & Failloux A. B., 1998. -Variability among Tunisian population of Culex pipiens : Genetic structure and susceptibility to a Filaria parasite, Brugia pahangi. Parasitology Research , 84 : 139-142.
- Kouider S., Attia L, (2016),Etude de l'effet des huiles essentielles d'une plante larvicide, Laurus nobilis sur une espèce de moustique, Culex pipiens: Toxicité, morphométrie, biochimie et biomarqueurs. Université de Tébéssa

### *L*

- Larbi C.Y., 2015. Diversité et Caractérisation des habitats des Diptères (Diptera, Culicidae) de la région de Chetouane (Tlemcen), Thèse de Master en Pathologies des Ecosystèmes, Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Université Abou Bekr Belkaïd –Tlemcen, Algérie. 4p.
- Larivière.M.&Abonnenc.E.(1953)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.
- Linnée C. (1758). *Systema naturae per regna tria naturae*. Edition 10. Vol.1.Holmiae: 824 p.
- Liozon S. (2010). *Pathologies. Porphyre*, Cedex, 62pp.
- Lorenz, C., Almeida, F., Almeida-Lopes, F., Louise, C., Pereira, S.N., Petersen, V., Vidal, P.O., Virginio, F., Suesdek, L., 2017. Geometric morphometrics in mosquitoes: What has been measured? *Infection, Genetics and Evolution* 205–215.

### *M*

- Makhloufi A, s.d. Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de Béchar (*Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru. Thèse de doctorat en microbiologie et sécurité sanitaire des aliments. Faculté des sciences. Université Abou baker Blkaid, Tlemcen. PP166.
- Marie et al. *Flavour And Fragrance Journal* Flavour Fragr. J.; 19: 134– 138(2004)
- Mata, A.T., Proenc, C., Ferreira, A.R., Serralheiro, M.L.M., Nogueira, J.M.F., Araujo, M.E.M. (2007) Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as Portuguese food spices. *Food Chem.* 103: 778-786.
- Mansouri Fatima Zohra et Messabhia Hadjer. 2018.. tebessa Etude de l'effet larvicide de l'extrait hydroalcoolique de *Rosmarinus officinalis* à l'égard de *Culex pipiens* Mémoire de Master université larbi tebessa
- Merrouche A., Touati H., Zemmar K, (2016),Etude préliminaire de l'activité insecticide des extraits des plantes (*Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* et

Neriumoleander) à l'égard d'une espèce de moustique Culex pipiens. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master. Université des Frères Mentouri Constantine.

- Michaelakis A., Mihou A.P., Couladouros E.A., Zounos A.S.K and 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.
- Murray B., Isman, Joanne A., Wilson and Rod B. (2008). Insecticidal activities of commercial rosemary oils (Rosmarinus officinalis) against larvae of Pseudaletia unipuncta and Trichoplusia ni in relation to their chemical compositions. Pharmaceutical Biology 46: 82-87.
- Mylène W, (2013), La résistance du moustique Culex pipiens aux insecticides, Un article de la revue M/S : médecine sciences.

### *N*

- Nia B., Frah N and Azoui I. (2015). Insecticidal activity of three plants extracts against Myzus persicae (Sulzer, 1776) and their phytochemical screening.

### *O*

- OFFORD E.A., MACE K., RUFFIEUX C., MALNOE A. et PFEIFER A.M.A., 1995 : Rosmary components inhibit benzo[a]pyrene-induced genotoxicity in human bronchial cells. Carcinogenesis Vol. 16, pp : 2057 – 2062.
- OMS. (1999). La lutte antivectorielle - Méthodes à usage individuel et communautaire Sous la direction de Jan A. Rozendaal, 540p.
- Ouedraogo (T.D.), Baldet (T.), Skovmand (O.), Kabre (G.), Guiguemde (T.R.), 2004. Susceptibility of Culex quinquefasciatus to insecticides in Bobo Dioulasso, Burkina Faso. Bull Soc Pathol Exot. 2004 Dec; 98(5) : 406-10. French.

### *P*

- Paris A., Strukelj B., Renko M., Turk V., Puki M., Umek A. et Korant B.D., 1993 : Inhibitory effect of carnosolic acid on HIV-1 protease in cell-free assays. *J. Nat. Prod.* Vol. 56, pp : 1426 – 1430.
- Pinchuk I., Shoal H., Dotan Y. et Lichtenberg D., 2012 - Evaluation of antioxidants: Scope, limitations and relevance of assays. *Chemistry and Physics of Lipids*, (165): 638– 647.

### R

- Rafie H., Soheila H., and Grant E. (2017). *Rosmarinus officinalis* (Rosemary): a no antidepressant, neuroprotective, anti- Inflammatory vel therapeutic agent for antioxidant, antimicrobial, anticancer, antidiabetic, and anti-obesity treatment. *Biomed J Sci & Tech Res.*1 (4).1-6.
- Rasooli et al (2008) ;Antimycotoxigenic characteristics of *Rosmarinus officinalis* and *Trachyspermum copticum* L. essential oils. *International Journal of Food Microbiology*, Grugliasco, v.122, p.135-139, 2008.
- Resseguier P, (2011) .Contribution à L'étude du repas sanguin de culex pipiens. Thèse d'exercice. Médecine vétérinaire. Ecole Nationale vétérinaire. Toulouse.
- Richtsmeier, J.T., Burke Deleon, V., Lele, S.R., 2002. The promise of geometric morphometrics. *Am. J. Phys. Anthropol.* 119 (S35), 63–91.
- Rodhain F., Perez C., 1985 - Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Paris: Maloine 458 p.
- Rolet A., 1930 - Les plantes à parfum et les plantes aromatiques. Ed .j.b.Baillère et fils. Paris
- Rohlf, F.J., 1993. Relative warp analysis and an example of its application to mosquito wings. In: Marcus, L.F., Bello, E., Garcia-Valdecasas, A. (Eds.), *Contributions to Morphometrics*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, pp. 131–159.
- Roman, E., Battesti, M.R. and Charret, J., 1960. Parasitisme chez un nourrisson de larves hexapodes de l'acarien *Argas reflexus*. *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, 53: 420-423.
- Roubaud (E.), 1933. - Essai synthétique sur la vie du moustique commun (*Culex pipiens*), L'évolution humaine et les adaptations biologiques du moustique. *ANN. SC. nat. Bot. ZOOL.*, 16, 5-168.

### S

- Sacchetti, et ses Collaborateurs : Growing in Argentina. Bioresource Technology. (In press) (2005).
- Sadallah N et Belkhaoui A, (2016). Étude Biométrique sur des larves de culex pipiens Exposées aux Extraits Des plantes. Master. Université des Frères Mentouri. Constantine.
- Savage H.M. & Miller B., 1995 - House Mosquitoes of the U.S.A, Culex pipiens Complex. Wing Beats, 6, 8-9.
- Schaffner E., Angel Guy., Geoffroy Bernard, Hervy Jean-Paul, Rhaïem A., Brunhes Jacques., 2001 - Les moustiques d'Europe : logiciel d'identification et d'enseignement Paris (FRA) ; Montpellier : IRD ; EID, 2001, 1 CD ROM (Didactiques). ISBN 2-7099-1485-9.
- Seguy E., 1951. Nouvel Atlas d'entomologie des Diptères de France, Belgique et Suisse, Tomes 1 et 2 Boubée, 19 - 38 - 67- 84 -109 p.
- Self L.S., Shin H.K., Lee K.W., Chow C.Y., Hong H.K., 1973 - ecological studies on Culex tritaeniorhynchus as a vector of Japanese encephalitis. Bull. Org. mond. Santé. (49) : 41-47.
- Sfakianos N.J. (2009). West Nile Virus. OMS, Genève.
- Sinegre G., Jullien J.L. & Crespo O., 1976 - résistance de certaines populations de Culex pipiens (L.) au Chlorpyrifos (Dursban) en LanguedocRoussillon (France). Cah. S.R.S.T.O.M., sér. ent. méd. et parasitol. (1) : 49-59.
- Snodgrass R.E., 1959 - The anatomical life of the Mosquito. Smiths.misc.Coll., 139 (8),1-87.
- Soufit D, Bennaceur K. (2014). Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique et l'activité Antimicrobienne des huiles essentielles de Rosmarinus officinalis. (Mémoire de master, Université Abderrahmane Mira de Bejaïa). P20.
- Stone A, Hamon J, 1965. Etomol Med Cahiers (3/4) : 3-9 Ref, Culicidae history, insect taxonomy, Medical entomology

### T

- Tabti N, (2005). Cartographie des aires culicidogènes dans le groupement grand Tlemcen. Perspective de lutte biologique contre Culex pipiens (Diptera - Culicidae). (Mémoire de magister, Université Abou-Bakr BELKAID Tlemcen) 98p.
- Tabti N, (2017). Etude comparée de l'effet de *Bacillus thuringiensis* sur les Populations purifiées et des populations des gîtes artificiels de *Culex pipiens* (Diptera – Culicidae) dans la ville de Tlemcen. , (Université Abou-Bakr BELKAID Tlemcen). 271p.
- Tardif I., Bolbuc D.G., St-Laurent L., Samuel O., Pinsonneault L., Chevalier P., 2003 - pertinence et faisabilité, en 2003 d'un programme préventif de réduction du risque de transmission du Virus du Nil Occidental avec des larvicides. Direction risques biologiques environnementaux et occupationnels. P : 1-55.
- Temitope F., Chatchawal. W., Anchalee Ch and Wolfgang P. "Singing in the Tube" audiovisual assay of plant oil repellent activity against mosquitoes (*Culex pipiens*).
- Thomas, M.B. et Read, A.F. 2011. Can fungal biopesticides control malaria? *Nature Microbiology Reviews*, 5: 377–383.
- Timmermann, S.E. & Briegel, H. Molting and metamorphosis in mosquito larvae: a morphometric analysis. *Mitteilngender Schweizewchen Entomologischen Gesellschaft.*, Vol. 71, 1998, p. 373-387.
- Timmermann, S.E. & Briegel, H. 1993. Water depth and larval density affect development and accumulation of reserves in laboratory populations of mosquitoes. *Bull. Soc. Vec. Ecol.* 18: 174-187.
- Toral Y Caro M. G., 2005- Evaluation in vitro de l'efficacité du fipronil sur *Culex pipiens pipiens*. Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire. École nationale de vétérinaire, Toulouse.
- Toubal S, (2018), Caractérisation de la relation chémotypes de l'Ortie- bactéries vectorisées associées et évaluation de leurs activité sur *Culex sp.* Thèse de Doctorat, université Mhamed bougara- boumerdes.
- Trari B., Dakki M., Himmi O., El Agbani M.A. (2002). Les moustiques (Diptera: Culicidae) du Maroc. In *Le moustique Culex pipiens, vecteur potentiel des virus West Nile et fièvre de la vallée du Rift dans la région du Maghreb* (coordonné par Amraoui F.), thèse du doctorat, L'UNIVERSITE MOHAMMED V-AGDAL, RABAT, 85pp.

### W

- Wafa M, (2011), Détection de la résistance aux pesticides organophosphorés chez les populations sauvages de la mouche méditerranéenne de fruits *Ceratitis capitata*, université Tunis el Manar.
- Wichtl M, Anton R(1999), Plantes thérapeutiques-, Technique et Documentation, Paris

### Z

- Zerroug, S. 2018. Etude biométrique et histologique sur des larves de *Culex pipiens* Linnée, 1758 (Diptera, Culicidae) Exposées aux extraits aqueux de plantes. Thèse de doctorat, Université des Frères Mentouri , Constantine.