

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



*Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de MASTER*

**Domaine:** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière:** Sciences Biologiques

**Option:** Parasitologie et interactions négatives

**THEME**

**Contribution à l'étude de l'effet larvicide de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* sur *Culiseta longiareolata* dans la région de Laghouat**

**Présenté par:**

**Djadj Yamina et Lakehal Kheira**

Soutenu publiquement devant les membres de jury:

**President:** Mr. LEBOUKH Mourad. M.A.A. Université Amar Telidji - Laghouat

**Examineur:** Dr. GOUZI Hichem. M.C.A. Université Amar Telidji - Laghouat

**Encadreur:** Mme ALAYAT Moufida Saousen. M.A.A. Université Amar Telidji – Laghouat

**Co-encadreur :** Melle ABDESSELAM Amira. Enseignante vacataire. Université Amar  
Telidji – Laghouat

**Année Universitaire 2016/2017**



## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail:*

*A mes parents pour leurs sacrifices et leurs encouragements durant toutes mes études et pour m'avoir toujours guidé vers le droit chemin.*

*A mes frères: Atallah , Mohamed Al sadik.*

*A mes sœurs: Fatima, Samira*

*A tous mes professeurs du département de biologie surtout  
Mme Alayat Moufida saousen, Melle. Abdesselam Amira.*

*A toute la famille, A tous mes proches,  
et ceux qui m'ont aidé et encouragés à la réalisation de ce travail.*

*A tous mes amis et collègues d'étude.*

*A toutes les personnes qui ont accepté de  
m'aider dans la de l'élaboration de ce mémoire.*

*DJADJ Yamina*



## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à:*

*Mes chers parents pour leurs encouragements, leur tendresse, soutien et l'aide qui ils m'ont donnée durant toute ma vie.*

*Mes frères: Ibrahim, Abdnour, Abou backer elseddick.*

*Ma sœur: Zineb.*

*A tous mes professeures du département de biologie surtout  
Mme Alayat Moufida saousen, Melle. Abdesselam Amira.*

*A toute ma famille de près et de loin.*

*A tous mes amis et collègues d'étude.*

*A toutes les personnes qui ont participé  
à la réalisation de ce travail.*

*LAKEHAL Kheira*



## *Remerciements*

*Avant tous, nous remercions **Dieu** le tout puissant qui nous a donné la volonté, la santé et la patience pour réaliser ce travail.*

*Nous remercions notre encadreur Mme ALAYAT Moufida et co-encadreur Melle ABDESSELAM Amira d'avoir proposé ce sujet et d'avoir accepté de le diriger.*

*Nous remercions Mr. CHAIBI Rachid, non seulement pour ses conseils durant tout notre cursus universitaire mais aussi pour avoir bien voulu remplacé Mme ALAYAT durant la soutenance.*

*Nos remerciements les plus sincères s'adressent aussi à tous les membres de jury qui ont accepté d'examiner notre projet en ces jours particulièrement difficiles.*

*Nous nous saisissons cette occasion pour remercier tous les enseignants du département.*

*Nous ne pouvons pas omettre de remercier tous les techniciens et ingénieurs des laboratoires qui ont veillé au bon déroulement de nos expériences.*

*Nous tenons à remercier Mr MEDJDOUB TALHA pour toute l'aide qu'il a fourni.*

*Et enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin de l'élaboration de ce travail.*

# Sommaire

Liste des figures .....	I
Liste des tableaux .....	III
Liste des abréviations .....	IV
Introduction.....	1

## Chapitre 01: Synthèse bibliographique

<b>I- Les moustiques</b> .....	3
1.1. Généralités sur les moustiques .....	3
1.2. Position systématique et classification des moustiques.....	4
1.3.Morphologie externe des culicidae .....	5
1.4. Ethologie des culicidae .....	14
1.5. Bioécologie des culicidae .....	16
1.6. Intérêts dans l'écosystème.....	18
1.7.Nuisance et intérêt médical .....	19
1.8. Les maladies à transmission vectorielle .....	19
1.9.Moyens de lutte contre les culicidés .....	27
<b>II- la bactérie <i>Bacillus thuringiensis</i></b> .....	31
2.1. Histoire de <i>Bacillus thuringiensis</i> .....	31
2.2. Généralités sur <i>Bacillus thuringiensis (Bt)</i> .....	32
2.3. Description .....	32
2.4. Position systématique du <i>Bacillus thuringiensis</i> .....	33
2.5. Cycle de vie de <i>Bacillus thuringiensis</i> .....	34
2.6. Les différentes formulations et dosages du <i>Bacillus thuringiensis</i> .....	35
2.7. Mode d'action du <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> .....	36

## Chapitre 02: Présentation de la région d'étude

<b>I-Présentation de la région de Laghouat</b> .....	38
1.1.Situation géographique.....	38
1.2.Le relief .....	38
1.3.Les sols .....	39
1.4.Les ressources hydriques .....	39
1.5.Les facteurs climatiques .....	40
1.6.La synthèse climatique .....	42
1.7. La faune .....	43
1.8.La flore.....	43

## Chapitre 03: Matériel et Méthodes

<b>I. Choix et description des sites d'étude</b> .....	44
<b>II. Matériel biologique utilisé</b> .....	45
2.1.Modèle biologique 1: Les culicidés .....	45
2.1.1. Position systématique des culicidés .....	45
2.2.Modèle biologique 2: La bactérie .....	45
2.2.1. Position systématique de <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> .....	45
<b>III. Méthodes d'étude des culicidés</b> .....	46
3.1. Choix des larves .....	46

3.2. Les critères retenus pour le choix des gîtes .....	46
3.3. Echantillonnage des populations culicidiennes .....	47
3.4. Montage des lames et identification des larves .....	49
3.5. Montage des lames et identification des adultes .....	50
<b>IV. Préparation de la solution de <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i></b> .....	50
<b>V. Méthode d'étude de l'effet larvicide de <i>Bti</i> sur <i>Culiseta longiareolata</i></b> .....	51
<b>VI. Méthodes d'exploitations des résultats</b> .....	51

## Chapitre 04 : Résultats et Discussion

<b>I- Inventaire et identification des espèces rencontrés</b> .....	52
1.1. Identification de l'espèce <i>Culiseta longiareolata</i> .....	53
1.2. Identification de l'espèce <i>Anopheles labranchiae</i> .....	57
<b>II. Résultat du test de <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> sur les larves de <i>Culiseta longiareolata</i></b> .....	60
2.1. Détermination des concentrations létales (CL10, CL50 et CL90) .....	60
2.2. Variation temporelle des taux de mortalité .....	61
<b>Conclusion</b> .....	63
<b>Références bibliographiques</b> .....	64
<b>Annexes</b>	
<b>Résumés</b>	

## Liste des figures

Numéro	Titre	Page
1	Classification des <i>Culicidae</i> ou moustiques.	5
2	Trois genres des moustiques.	6
3	Exemples d'œufs d' <i>Anopheles</i> , d' <i>Aedes</i> et de <i>Culex</i> .	6
4	Larve d' <i>Anopheles</i> .	7
5	Tête de larve d' <i>Anopheles</i> : a) vue dorsale de la tête. b) antenne.	8
6	Thorax d'une larve d'Anophelinae a) vue dorsale et b) vue ventrale.	9
7	Abdomen des larves de 4 <sup>ème</sup> stade chez les culicidae. a) Anophilinae b) Culicinae.	9
8	Nymphe d'anophèle.	10
9	Nymphe de <i>Culiseta longiareolata</i> .	10
10	Morphologie générale schématique d'un moustique adulte.	11
11	Têtes de Culicinae (a, b) et d'Anophelinae (c, d) femelles et mâles.	12
12	Les antennes de moustique: Culicinés et Anophélinés mâle et femelle.	12
13	vue latérale du thorax de moustique.	13
14	vue dorsale de l'abdomen du moustique ( <i>Anopheles</i> ).	14
15	Comparaison des Anophelinae et des Culicinae.	16
16	Cycle de vie d'un moustique.	17
17	Cycle de vie de <i>Culiseta longiareolata</i> .	18
18	Quelques symptômes de paludisme.	20
19	Cycle de développement et de reproduction des <i>Plasmodium spp.</i>	21
20	Enflure des membres lors de la filariose lymphatique.	22
21	Cycle de vie de la filariose lymphatique: <i>Wuchereria bancrofti</i> .	23
22	Quelques symptômes de dengue.	25
23	Les deux cycles de transmission de virus de la dengue.	25
24	Quelques symptômes de chikungunya.	26
25	<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> sous forme d'une poudre.	33
26	Photographies de <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> prises au microscope photonique (A), à balayage (B), et électronique à transmission (C).	34
27	Schématisation du cycle vital de <i>Bacillus thuringiensis</i> .	35

28	Représentation schématique du mode d'action des cristaux du <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> .	37
29	Situation géographique de Laghouat.	38
30	Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Laghouat (2006-2015).	43
31	Localisation des sites d'étude.	44
32	<i>Culiseta longiareolata</i> .	45
33	Poudre de <i>Bti</i> .	45
34	Gîte de l'université de Laghouat.	46
35	Gîte de Lalmaya.	47
36	La méthode de coup de louche "Dipping".	47
37	Elevage des larves.	48
38	Elevage des nymphes.	49
39	Elevage des nacelles.	49
40	Etapas de préparation de la solution de <i>Bti</i> .	50
41	Test de toxicité de <i>Bti</i> sur les larves de <i>Culiseta longiareolata</i> .	51
42	Nacelle de <i>Culiseta longiareolata</i> .	53
43	Critères d'identification de la larve de <i>Culiseta longiareolata</i> .	55
44	Critères d'identification de l'adulte de <i>Culiseta longiareolata</i> .	57
45	Critères d'identification de la larve d' <i>Anopheles labranchiae</i> observés par microscope optique.	58
46	Critères d'identification de d' <i>Anopheles labranchiae</i> observés par loupe binoculaire ( <b>GX 20</b> ).	59
47	Droite de régression de taux de mortalité (%) en fonction des concentrations (mg/L) pendant 24h.	60
48	Courbe de taux de mortalité (%) en fonctions de temps (heures et jours).	61

## Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
1	Position systématique des culicidae.	4
2	Principales affections vectorielles transmises à l'homme par les <i>Culicidae</i> .	20
3	Exemples de produits commercialisés à base de souches de <i>Bt</i> .	36
4	La répartition des ressources hydriques.	40
5	Température moyenne mensuelle de la région de Laghouat (2006-2015).	40
6	Précipitations moyennes mensuelles de la région de Laghouat (2006-2015).	41
7	Humidité moyenne mensuelle de la région de Laghouat (2006-2015).	41
8	Vitesse de vent moyenne mensuelle de la région de Laghouat (2006-2015).	42
9	Liste des espèces de Culicidés inventoriées au cours de cette étude.	52

## Liste des abréviations

**ANDI** : Agence Nationale de Développement de l'Investissement.

**A.N.I.R.E.F** : Agence Nationale d'intermédiation et de régulation foncière.

**ANSES** : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et de travail.

**ARN** : Acide Ribonucléique.

***Bti*** : *Bacillus thuringiensis israelensis*.

**C.D.F** : Conservation Des Forêts.

**CL10**: Concentration Létale, qui tue 10% de population.

**CL50**: Concentration Létale, qui tue 10% de population.

**CL90**: Concentration Létale, qui tue 10% de population.

**CRSTRA** : Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides.

**Cry**: Crystal Protein.

**Cyt**: Cytolytic Protein.

**D.P.A.T** : Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire.

**D.S.A** : Direction des Services Agronomiques.

**DDT** : Dichlorodiphényltrichloroéthane.

**EID** : Entente Interdépartementale pour la Démoustication.

**H** : Humidité.

**HCH** : Hexachlorocyclohexane.

**IFMT-MS** : Institut de la Francophonie pour la Médecine Tropicale-Ministère de Santé.

**INPES** : Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé.

**O.N.M** : Office National de Météorologie.

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**P** : Précipitations.

**SFP** : Société Française de Parasitologie.

**SMV** : Société de Médecine des Voyages.

**T** : Température.

**V** : Vent.

# *Introduction*

## Introduction

---

Les insectes représentent plus de 60% de l'ensemble des espèces animales décrites et beaucoup d'entre eux restent sans doute encore inconnus, Les insectes a réussi à coloniser la quasi-totalité des milieux naturels et à s'adapter à de nombreux modes de vie (Aissaoui, 2014).

Parmi les Insectes, l'ordre des Diptères est numériquement très important. Il rassemble quelque 120 000 espèces décrites. Celles de ces espèces qui, en raison de leur hématophagie (Rodhain, 2015), suçant le sang de l'homme et des animaux, ils créent, par leurs piqûres, une nuisance considérable. De plus et c'est plus grave, ils véhiculent nombre de maladies (OMS, 1999).

Le groupe le plus important de diptères piqueurs est constitué par les moustiques (OMS, 1999); Ces insectes sont présents sur la terre entière où ils peuvent coloniser des milieux très variés, depuis les forêts humides jusqu'aux zones semi-arides, en passant par les agglomérations urbaines. Durant les périodes défavorables (hiver en région tempérée, saison sèche en région tropicale), les moustiques persistent soit sous forme de femelles fécondées au repos (ne prenant pas de repas de sang ou dont les ovaires n'évoluent pas), soit sous forme d'œufs « durables » dont l'éclosion aura lieu dès les premières pluies (Rodhain, 2015).

Les moustiques jouent un rôle important dans la transmission d'un certain nombre de maladies tropicales comme le paludisme, les filarioses et plusieurs viroses: dengue, encéphalite japonaise et fièvre jaune notamment. Selon les dernières estimations faites en 2014 par l'Organisation Mondiale de la Santé, on a enregistré uniquement pour le paludisme 198 millions de cas qui ont causé 584 000 décès (Soltani, 2015).

Il existe environ 3000 espèces de moustiques, dont des centaines sont vectrices de maladies. Les mesures de lutte ne sont en général dirigées que contre une ou quelques-unes des espèces vectrices les plus importantes et peuvent viser soit les imagos, soit les larves (OMS, 1999).

La lutte contre les moustiques a toujours été une préoccupation majeure pour se protéger contre l'agression de ces insectes hématophages. C'est un outil essentiel de la prévention contre les maladies à vecteurs et de contrôle des insectes nuisibles (El Joubari et al., 2014).

## Introduction

---

Les premiers programmes de lutte anti-vectorielle consistaient à l'élimination des zones humides étangs, marais, marécages et donc l'élimination de l'habitat naturel du moustique, qui a permis de diminuer les populations de moustiques et d'éradiquer certaines maladies (**Pautou et al., 1995**).

La découverte en 1940 des propriétés insecticides du dichlorodiphényldichloréthane DDT, a constitué une avancée majeure dans la lutte contre les maladies à transmission vectorielle. Cependant, dans la plupart des pays, ces succès furent de courte durée et les vecteurs acquéraient souvent une résistance aux insecticides (**OMS, 1999**).

L'augmentation des cas de résistance aux insecticides chimiques et les effets néfastes sur les espèces non cibles ont conduit à la recherche de nouvelles méthodes alternatives principalement la lutte biologique (**Damiens et al., 2010; Soltani, 2015**). Les biopesticides, organismes vivants ou produits issus de ces organismes ayant la particularité de supprimer ou limiter les ennemis, ils sont classés en trois grandes catégories selon leur origine microbienne, végétale et animale et présentent de nombreux avantages, ils sont moins toxiques que leurs homologues chimiques (**Deravel et al., 2014**).

Ce travail vient dans le cadre d'une étude de la lutte biologique, afin de démontrer l'effet toxique d'un bioinsecticide, il vise à évaluer, dans un premier temps, l'effet larvicide de la bactérie *Bacillus thuringiensis israelensis* sur les larves du quatrième stade de *Culiseta longiareolata* responsable de la nuisance et le West-Nile des oiseaux et évaluer de ce fait le niveau de sensibilité des stades larvaires finales à ce larvicide d'origine biologie et déterminer également les concentrations létales : CL10, CL50 et CL 90.

Ce manuscrit s'articule autour de quatre chapitres. Le premier chapitre est consacré à la synthèse bibliographique sur deux modèles biologiques a étudié (les moustiques et *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*)). Le second chapitre présente la région d'étude avec ses caractéristiques abiotiques et biotiques. Le troisième chapitre est consacré au matériel utilisé et aux méthodes employées. Il renferme la description des stations d'étude ainsi que les techniques utilisées sur le terrain et au laboratoire pour l'exploitation des résultats par des analyses statistiques. Le quatrième chapitre regroupe les résultats et les discussions. Le travail se termine par une conclusion générale et la mise en évidence des perspectives de recherche.

*Chapitre 01:*  
*Synthèse*  
*bibliographique*

### I- Les moustiques

#### 1.1. Généralités sur les moustiques

Les moustiques sont des insectes de l'ordre des Diptères et de la famille des Culicidés (Margot, 2010). Cette famille comprend 3523 espèces (Valdelfener et Foussadier, 2016) regroupées en 37 genres (Carnevale et al., 2009). Disséminées sur toute la surface du globe. Les espèces sont cependant plus nombreuses dans les zones tropicales et équatoriales que dans les régions tempérées car ces insectes supportent mal les écarts thermiques (Darriet, 1998).

Ils constituent la plus importante famille de vecteurs d'agents pathogènes (Pages et al., 2007).

Les mâles comme les femelles se nourrissent de jus sucré, nectars et autres sécrétions végétales, mais seules les femelles ont en plus un régime hématophage. Ce sont donc les femelles qui jouent un rôle actif dans la dissémination des maladies (Darriet, 1998).

Cette famille de Diptères revêt une importance médicovétérinaire considérable. Les moustiques comptent en effet parmi les vecteurs les plus dangereux pour l'espèce humaine et sont impliqués dans la transmission de nombreux agents pathogènes pour les animaux (Rodhain, 2015).

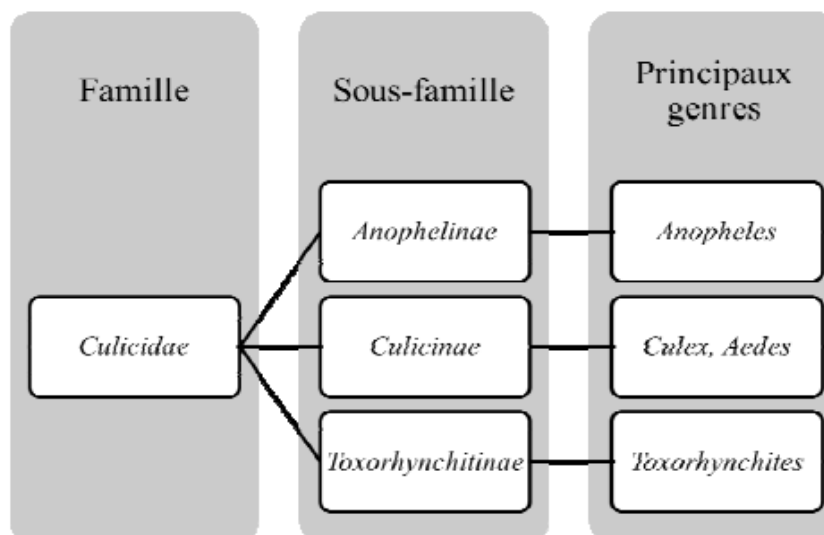
### 1.2. Position systématique et classification des moustiques

**Tableau 01:** Position systématique des Culicidae selon Meigen (1818)

Classification	Dénomination	Signification
Règne	Animalia	Être vivant hétérotrophe (se nourrissant de matière organique).
Sous-règne	Metazoa	Organisme eucaryote pluricellulaire.
Embranchement	Arthropoda	Corps segmenté (métamère) pourvu d'un squelette externe (cuticule).
Sous-embranchement	Hexapoda	Possèdent trois paires de pattes articulées.
Classe	Insecta	Corps composé de trois parties (tête, thorax, abdomen) et d'une paire d'antennes et trois paires de pattes.
Sous-classe	Pterygota	Adulte possédant deux paires d'ailes.
Infra-classe	Neoptera	Ailes pourvues d'un champ jugal et repliées en arrière au repos.
Super-ordre	Holometabola	Larves et adultes diffèrent radicalement, développement complet. La larve est aptère et grandit sans changer de forme.
Ordre	Diptera	Une seule paire d'aile assure la fonction de vol, la deuxième assure la stabilité de l'insecte lors du vol (balanciers).
Sous-ordre	Nematocera	Antennes filiformes.
Famille	Culicidae	Nom vernaculaire: Moustiques. Corps fusiforme recouvert d'écailles.

(Tetreau, 2012)

La famille des Culicidae se divise en trois sous-familles, les Toxorhynchitinae, les Anophelinae et les Culicinae (Figure 01) (Matille, 1993; Duchauffour, 1976). En Algérie seules les deux sous-familles Culicinae et Anophelinae sont représentées (Voir annexe 01) (Berchi, 2000).



**Figure 01:** Classification des Culicidae ou moustiques (Goislard, 2012)

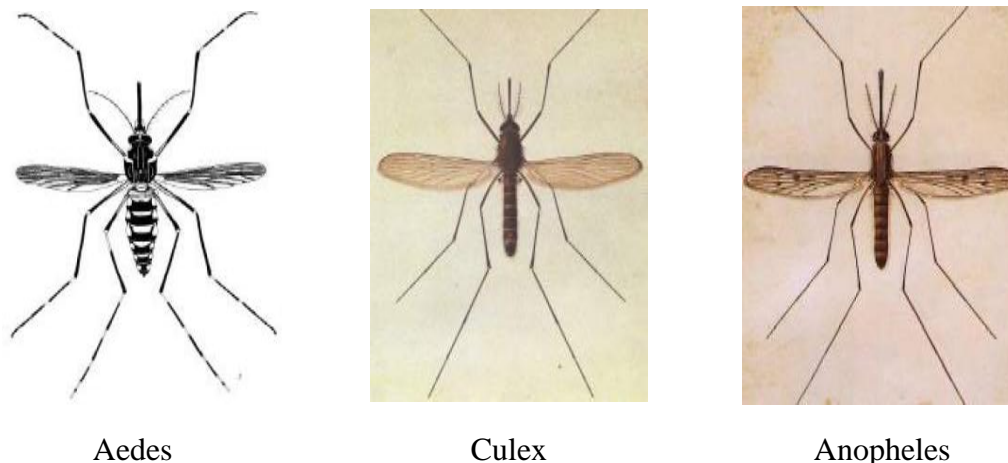
### 1.3. Morphologie externe des Culicidae

Les moustiques sont des insectes à métamorphose complète (insectes holométaboles) de sorte que l'adulte, la larve et la nymphe ont des morphologies très différentes, adaptées à leurs modes de vie, aquatique pour les stades préimaginaux et aérien pour le stade adulte ou imaginal (Carnevale et al., 2009).

Morphologiquement les Culicidés sont caractérisés par des antennes longues et fines à multiples articles (6 à 40 articles), des ailes pourvues d'écailles, les femelles possèdent de longues pièces buccales en forme de trompe rigide vulnérantes de type piqueur-suceur.

La morphologie externe de chaque stade, permet la différenciation entre la plus part des espèces et sa est important en systématique Culicidienne (Alayat, 2012).

Les moustiques se distinguent des autres insectes piqueurs par leur long corps grêle, leurs longues pattes et leurs pièces buccales en forme d'aiguilles. On peut quelquefois discerner une apparence d'écailles au niveau des ailes. Les imagos (insectes adultes) ont entre 2 et 12,5 mm de longueur (Figure 02) (OMS, 1999).



**Figure 02:** Trois genres des moustiques (Bérenger, 2013)

### 1.3.1. Œuf

L'œuf comprend de l'intérieur vers l'extérieur; l'embryon, la membrane vitelline pellucide, un endo-chorion épais et un exo-chorion plus ou moins pigmenté et ornementé, il est de 0.5 mm de taille. (Rodhain et Perez, 1985).

Au moment de la ponte il est blanchâtre et prend rapidement, par oxydation de certains composants chimiques de la thèque; une couleur marron ou noire.

Les œufs d'Anopheles sont pondus isolément à la surface de l'eau. Leur forme est plus ou moins ovoïde et pourvue latéralement de flotteurs leur permettant de conserver une position horizontale. Les œufs d'Aedes sont allongés, rétrécis et montrent un réseau de fines dépressions. Ils flottent horizontalement à la surface de l'eau. Les œufs de Culex et Culiseta groupés en nacelle sont cylindro-coniques et se tiennent verticalement (Figure 03) (Lounaci, 2003).



Anopheles

Aedes

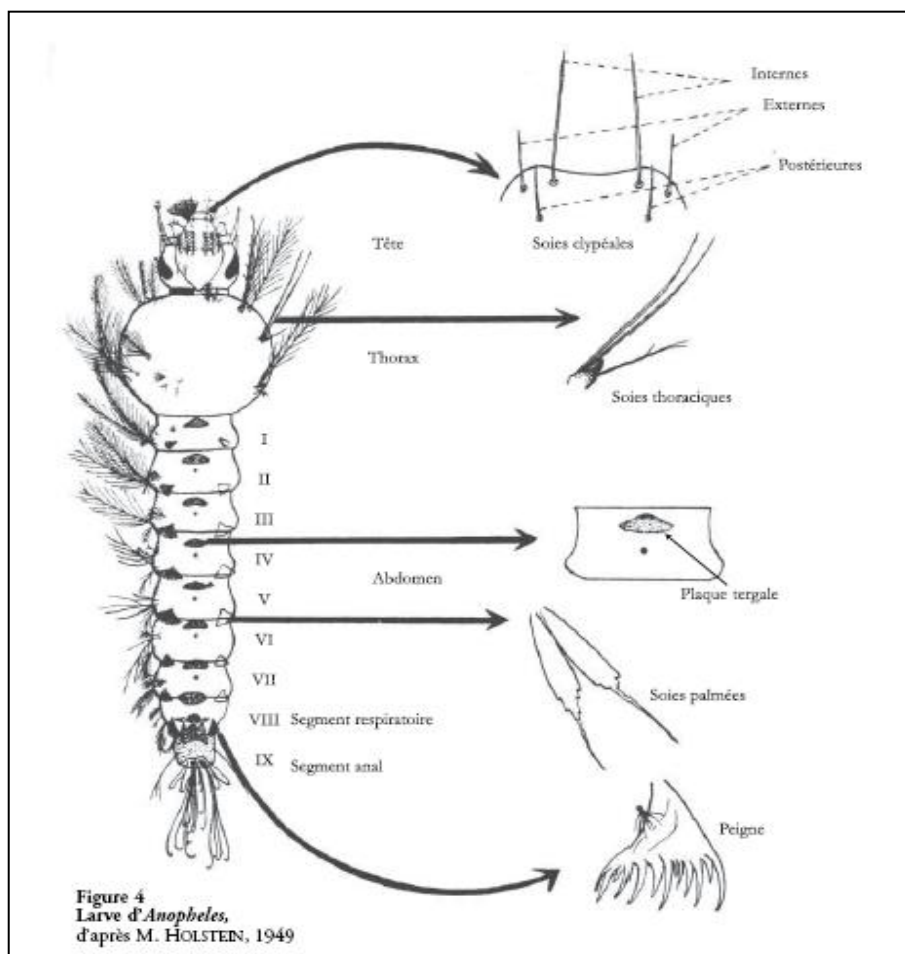
Culex

**Figure 03:** Exemples d'œufs d'Anopheles, d'Aedes et de Culex (Berchi, 2000)

### 1.3.2. Larve

Les larves sont aquatiques et leur évolution comporte quatre stades de taille variant du mm au cm (développement par mue). Elles sont composées d'une tête très dure (car très chitinisée), d'un thorax et d'un abdomen moins chitinisé, plus mou (**Boulkenafet, 2006**).

Seul le dernier stade L4 est pris en compte dans l'identification des espèces (Figure 04) (**Rioux, 1958**).



**Figure 04:** Larve d'*Anopheles* (**Carnevale et al., 2009**)

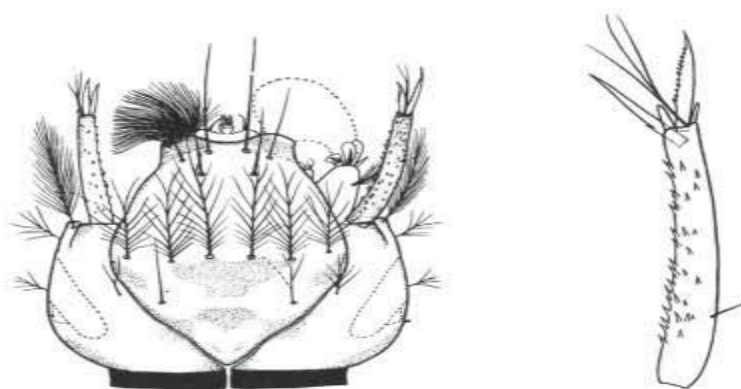
La larve de culiciné (*Culex* et *Aedes*) présente un tube respiratoire (siphon) qu'elle utilise aussi pour rester suspendue à quelque distance de la surface de l'eau. Tandis que la larve d'anophéliné n'a pas de siphon et se trouve parallèle et immédiatement sous la surface (**OMS, 2003**). Elles respirent au travers de petits orifices appelés spiracles (**Williams et Pinto, 2012**).

### 1.3.2.1. La tête

La tête est bien dégagée du thorax. Elle est formée de 3 plaques chitineuses unies par des sutures:

- Plaque dorso-médiane unique: le fronto-clypeus.
- Deux plaques latérales symétriques: les épicroâniennes elle porte dorsalement une paire d'antennes, deux paires d'yeux (yeux larvaires et yeux du futur imago) et ventralement deux palpes maxillaires et les pièces buccales. Les plaques sont ornées de soies de morphologies variables.

Par ailleurs la tête est capable d'effectuer une rotation de 180° autour de son axe qui lui permet de se nourrir à la surface de l'eau (Figure 05) (Tahraoui, 2012).

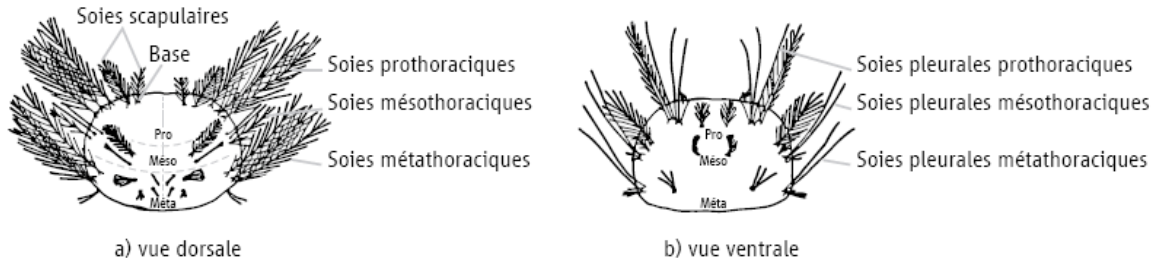


**Figure 05:** Tête de larve d'Anopheles: a) vue dorsale de la tête. b) antenne  
(Carnevale et al., 2009)

### 1.3.2.2. Le thorax

Il fait suite au cou et sa forme est grossièrement quadrangulaire. Il est formé de 3 segments soudés: le prothorax, le mésothorax, le métathorax.

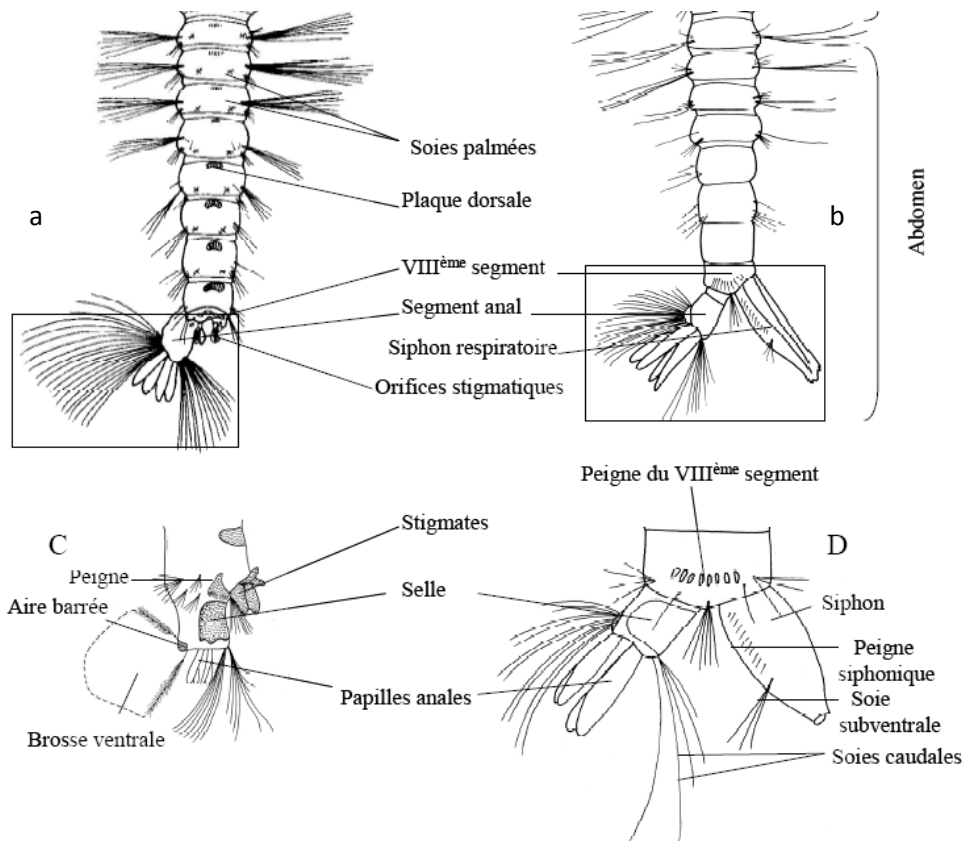
Les faces ventrales et dorsales sont ornées de soies dont les plus utilisées pour la diagnose sont la soie 1 métathoracique dorsale et les soies 9-12 méso et métathoraciques ventrales (soies pleurales) (Figure 06) (Tahraoui, 2012).



**Figure 06:** Thorax d'une larve d'Anophelinae a) vue dorsale et b) vue ventrale (OMS, 2014)

**1.3.2.3. L'abdomen**

Allongé sub-cylindrique, (Sienger, 1974). Il est composé de neuf segments apparents. Les sept premiers sont à peu près semblables et peuvent porter des soies ou des sclérites ayant souvent une importance taxonomique. Le huitième segment porter des organes respiratoires; orifices stigmatiques sessiles chez les Anophelinae et formant le siphon dorsal chez les Culicinae (Figure 07) (Callot, 1946).



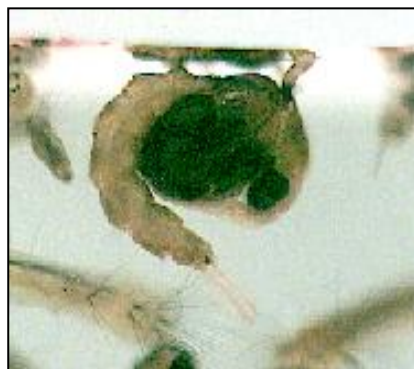
**Figure 07:** Abdomen des larves de 4ème stade chez les Culicidae. a) Anophelinae b) Culicinae (Himmi, 2007)

### 1.3.3. Nymphe

A la fin du développement du quatrième stade, la larve ne se nourrit plus et devient une nymphe. La tête et le thorax chez la nymphe du moustique forment un volumineux céphalothorax, qui fait suite un abdomen étroit recourbé de forme générale en virgule ou en point d'interrogation: La nymphe est formée dans l'exuvie larvaire. Les organes comme les trompettes respiratoires, les antennes, les pièces, buccales, les pattes, les ailes et des rudiments alaires métathoraciques se forment très tôt chez la larve. Dès le premier stade larvaire, 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 (**Snodgrass, 1959**). Les distinctions taxonomiques des nymphes sont fondées sur les caractères des trompettes respiratoires, la chétotaxie et les caractères des nageoires (Figure 08 et 09) (**Ben malek, 2010**).



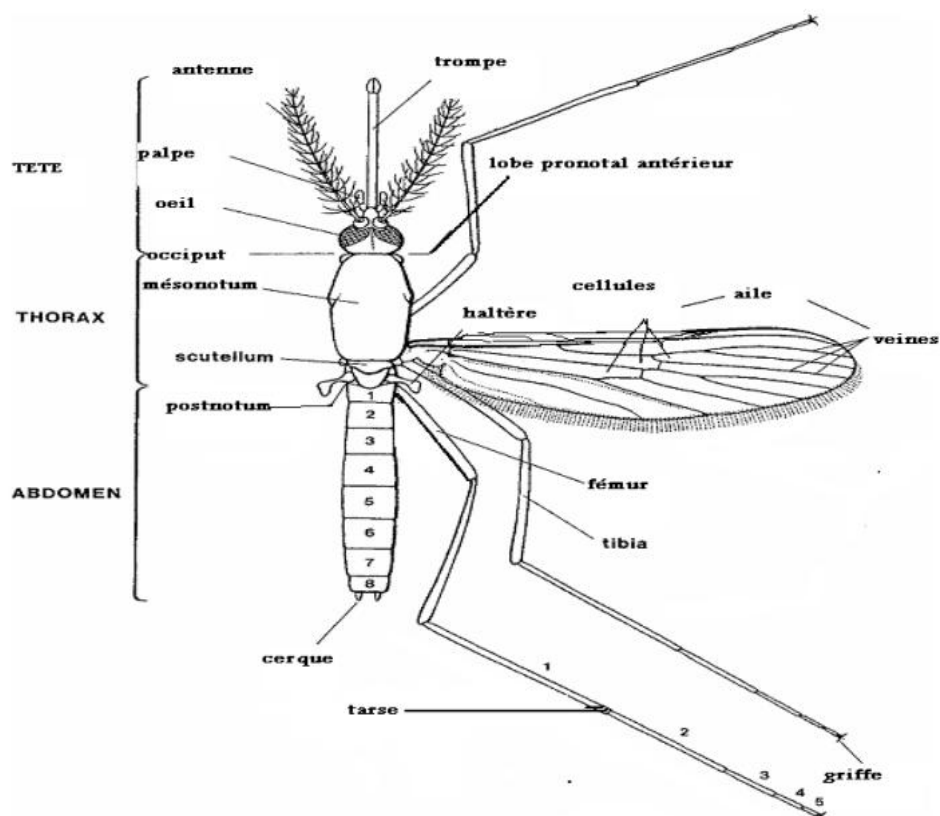
**Figure 08:** Nymphe d'Anophelinae  
(Williams et Pinto, 2012)



**Figure 09:** Nymphe de  
Culicinae (Serradj, 2010)

### 1.3.4. Adulte

Présente une taille de 5 à 20 mm, un corps composé de trois parties distinctes: tête, thorax, et abdomen (Figure 10) (**Rhodain et Perez, 1985**).

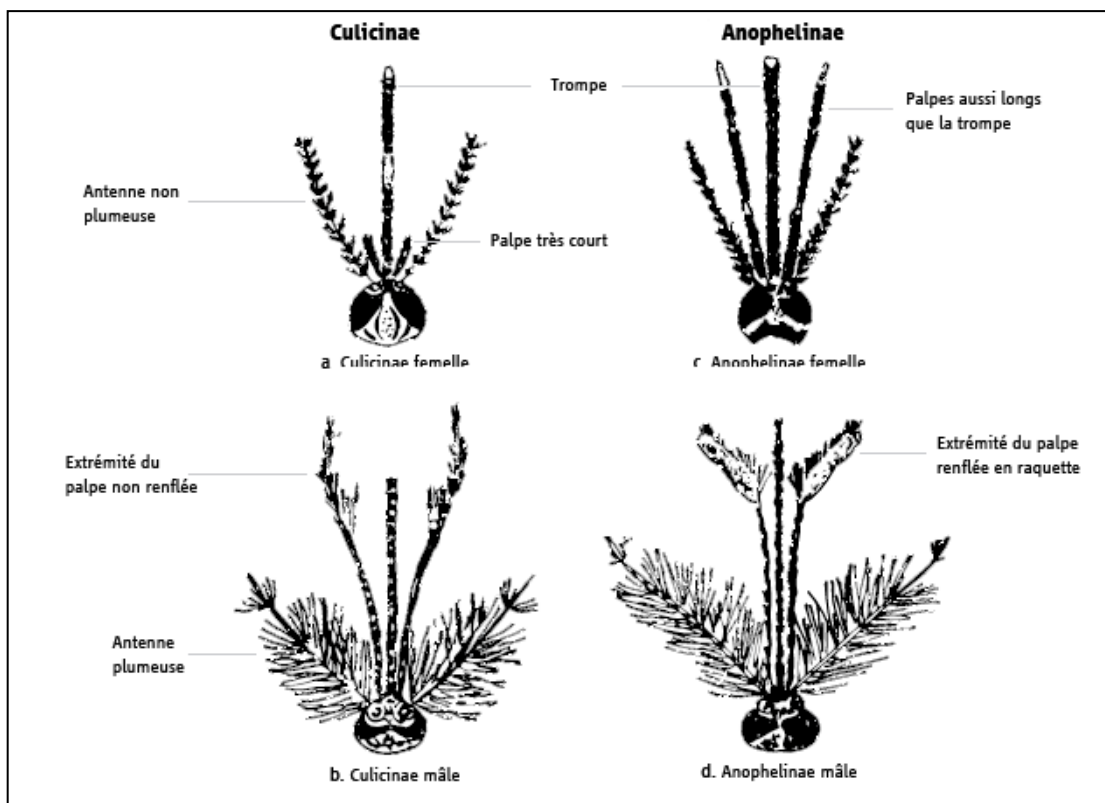


**Figure 10:** Morphologie générale schématique d'un moustique adulte (OMS, 1973)

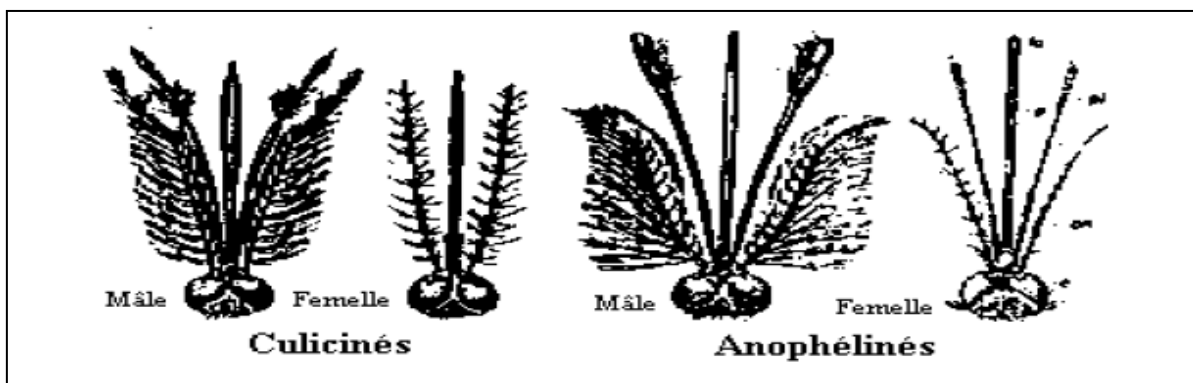
### 1.3.4.1. La tête

La tête porte deux grands yeux composés et une paire d'antennes formant un V dirigé vers l'avant. Les antennes des femelles sont discrètes et ornées d'un petit nombre de soies courtes. Celles des mâles sont plumeuses, touffues et munies de soies longues.

La tête porte aussi une longue « trompe », ou proboscis, caractéristique. Celle de la femelle est allongée et presque droite. Elle comporte six pièces buccales très effilées, dont quatre sont des stylets fins et pointus capables de percer l'épiderme des vertébrés dont l'insecte aspire le sang. Les pièces buccales du mâle, qui ne pique pas, sont moins rigides et ne peuvent percer la peau (Figure 11 et 12) (Bourassa, 2000; Coldrey et Bernard. 1990).



**Figure 11:** Têtes de Culicinae (a, b) et d'Anophelinae (c, d) femelles et mâles (OMS, 2014)



**Figure 12:** Les antennes de moustique: culicinés et anophélinés mâle et femelle (Terrien, 2008)

#### 1.3.4.2. Le thorax

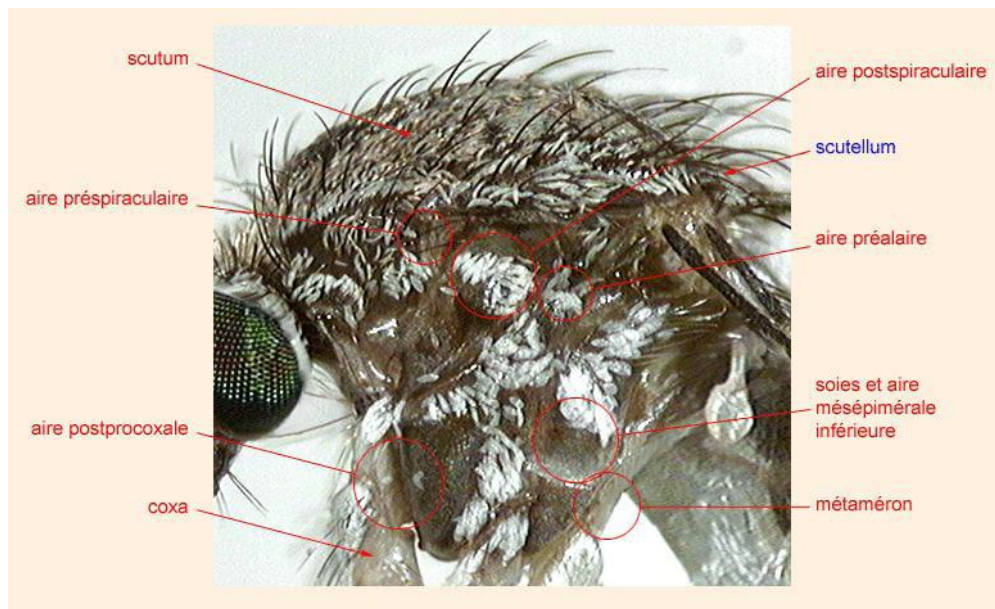
Il est formé, de 3 segments fusionnés: le prothorax, le mésothorax et le métathorax, chaque segment porte une paire de pattes. Le mésothorax est très volumineux et porte les ailes (Himmi, 2007)

Le thorax est renflé en bosse à sa partie dorsale, beaucoup plus chez les Culicinae que chez les Anophelinae.

## Chapitre 01: Synthèse bibliographique

On peut y distinguer d'avant en arrière trois parties: le prothorax qui porte la première paire de pattes, le mésothorax qui porte la deuxième paire de pattes et les ailes, le métathorax qui porte les balanciers et la troisième paire de pattes.

Le thorax présente des poils, des soies et des écailles qui donnent souvent lieu à des dessins très variés (Figure 13) (Galli-Valerio et Rochaz-de Jongh, 1906).



**Figure 13:** vue latérale du thorax de moustique (Guève, 2013)

### 1.3.4.3. L'abdomen

Composé de dix segments dont huit seulement sont visibles extérieurement.

Les sept premiers sont identiques. Les pleurites sont souples et à leurs niveaux s'ouvrent les stigmates respiratoires. L'abdomen est généralement dépourvu d'écailles. Les segments terminaux sont hautement modifiés du fait de la présence des orifices génitaux et des appendices qui y sont annexés.

- Chez la femelle, le dernier segment porte les cerques. L'orifice anal est dorsal par rapport à l'orifice vaginal.

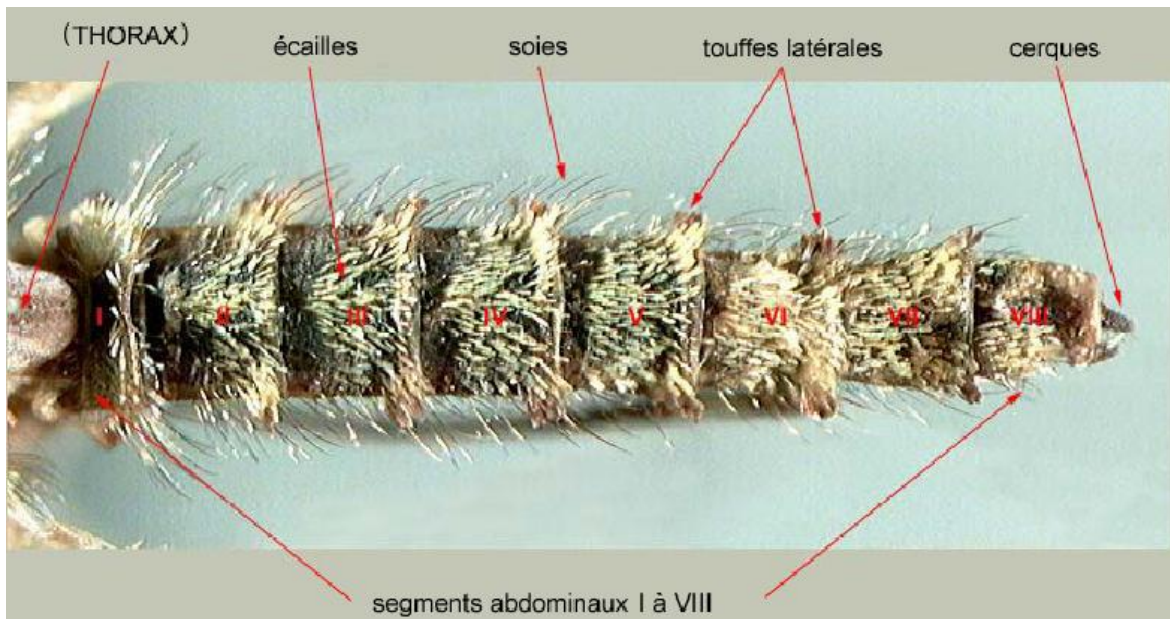
- Chez le mâle, il existe une rotation de 180° des segments VIII, IX et X. Ce phénomène décrit par Christopher en 1915 (Rioux, 1958), apparaît entre la 12ème et la 24ème heure, après l'éclosion. Ainsi l'orifice anal devient ventral, tandis que l'orifice génital devient dorsal.

Le IXème segment est un simple anneau chitineux, sa partie ventrale présente une échancrure médiane entre deux lobes pourvus d'épines plus ou moins nombreuses. A la portion dorsale se trouve une paire de volumineux crochets articulés. Chaque crochet est composé de plusieurs parties:

- à la base, le coxite.

- la partie distale, le style

Le X<sup>ème</sup> segment est transparent (Figure 14) (Tahraoui, 2012).



**Figure 14:** vue dorsale de l'abdomen du moustique (Anopheles) (Guèye, 2013)

### 1.4. Ethologie des Culicidae

#### 1.4.1. L'adulte

Les lieux humides constituent un habitat de prédilection pour les moustiques. Les deux sexes sont munis d'un long rostre pour aspirer le nectar des fleurs ou d'autres sources de sucre (Turcott, 2008). Cependant, suite à l'accouplement, les femelles, pour permettre la maturation finale des œufs, ont besoin de protéines supplémentaires (EID, 2014).

Elles sont capables selon les espèces de voler assez loin (jusqu'à 3 km) pour trouver leur hôte (proie) à piquer. Elles sont guidées par le CO<sub>2</sub> et l'odeur corporelle émise par l'hôte (facteur d'attractivité individuel propre à l'hôte) (IFMT-MS, 2007).

Certaines espèces piquent dans la matinée, la soirée ou la nuit, d'autres se nourrissent de préférence pendant la journée. Certaines espèces sont agressives à l'extérieur et d'autres à l'intérieur des habitations (OMS, 1999).

Les moustiques sont présents tout le printemps et tout l'été. Certaines espèces de plus grande taille ont une longue espérance de vie et persistent de la fin mai jusqu'en août ou même jusqu'au début septembre. Toutefois, dans la majorité des cas, les adultes ne vivent pas plus qu'un mois. Les moustiques les plus précoces (naissant parfois avant la fin

de la fonte de la neige) sont les Anopheles et les Culiseta femelles qui viennent de finir leur période d'hibernation (**Wood, 2012**).

La majorité des moustiques se reproduisent dans l'eau propre en milieu sauvage, mais bon nombre d'espèces qui se reproduisent près des endroits peuplés tolèrent l'eau polluée (**Santé Canada, 2003**).

### 1.4.2. La nymphe

Les nymphes sont aquatiques (**Blanchard, 1905**), très mobiles (**Haupt, 1998**), ne se nourrissent pas et utilisent les réserves accumulées pendant la période larvaire (**Gilbert Jauffret, 2009**). Elles passent la majeure partie de leur temps à la surface de l'eau. Elles plongent rapidement vers le fond si elles sont dérangées. Lorsque la nymphe arrive à maturité, son tégument se fend à une extrémité, livrant passage à un moustique adulte complètement développé (**OMS, 1999**).

### 1.4.3. La larve

Elle a un mode de vie exclusivement aquatique (**Pages et al., 2007**), très mobile (**Schaffner, 2004**), on les trouve dans pratiquement dans tous les plans d'eau, des creux des arbres pleins d'eau de pluie aux lacs (**Mc Gavin, 2000**).

La larve de culicinés présente un tube respiratoire (siphon) qu'elle utilise aussi pour rester suspendue à quelque distance de la surface de l'eau, tandis que la larve d'anophélinés n'a pas de siphon et elle flotte parallèlement juste sous la surface de l'eau car elle a besoin de respirer de l'air. Elle se nourrit de particules présentes dans l'eau. Si on la dérange, elle plonge rapidement vers le fond mais elle reviendra sans tarder à la surface pour respirer (**OMS, 2003**).

Les larves des moustiques mangent continuellement, même la nuit. Leur croissance est rapide (Figure 15) (**Séguy, 1931**).

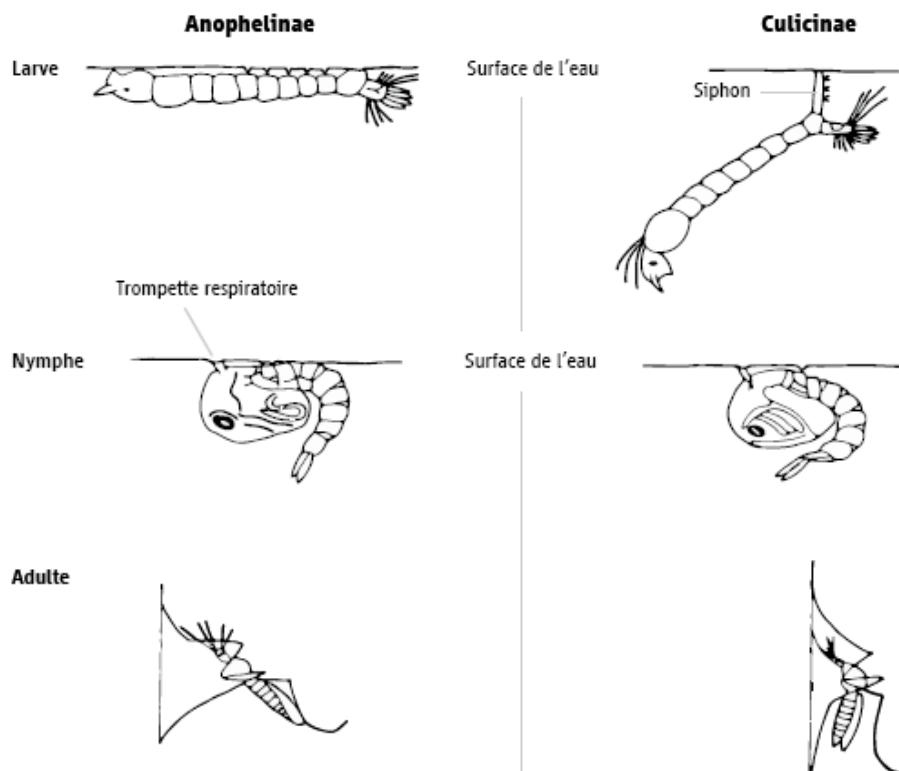


Figure 15: Comparaison des Anophelinae et des Culicinae (OMS, 2003)

### 1.5. Bioécologie des Culicidae

Le développement des moustiques (famille des Culicidae) se caractérise par deux phases distinctes:

- Un cycle préimaginal qui se déroule en milieu aquatique et regroupe l'œuf, les quatre stades larvaires et la nymphe.
- La phase aérienne qui concerne l'adulte ailé ou imago (Darriet, 1998).

#### 1.5.1. La phase aérienne

L'accouplement des moustiques a lieu en vol ou dans la végétation (Bourassa, 2000; Coldrey et Bernard, 1990). Les moustiques femelles ne s'accouplent généralement qu'une seule fois et conservent le sperme dans des spermathèques tout au long de leur vie pour féconder tous les lots d'œufs successifs (Pages et al., 2007). Les mâles ne vivent généralement que quelques jours, puisant dans le nectar des fleurs les sucres qui leur fournissent de l'énergie.

Après avoir absorbé du sang, la femelle se pose dans un endroit abrité pour digérer son repas (Bourassa, 2000; Coldrey et Bernard, 1990).

Dès que la femelle est gravide, elle se met en quête d'un gîte de ponte adéquat pour le développement de ses larves. La ponte a lieu généralement au crépuscule. Le gîte larvaire est une eau stagnante ou à faible courant, douce ou salée (Alaoui Boukhris, 2009).

### 1.5.2. La phase aquatique

Quelques jours plus tard, selon l'espèce, elle pond dans différents milieux aquatiques ou sur le sol humide (Bourassa, 2000; Coldrey et Bernard. 1990).

Les œufs, à maturité, éclosent des larves de stade 1 qui jusqu'au stade 4 se nourrissent de matières organiques et des microorganismes. Malgré leur évolution aquatique, les larves de moustiques ont une respiration aérienne qui se fait à l'aide d'un siphon ou de stigmates respiratoires. La larve de stade 4 se transforme ensuite en une nymphe qui ne s'alimente plus, pour donner dans un laps de temps variable selon les espèces et l'environnement climatique un adulte ailé qui prend rapidement son envol (Figure 16) (Darriet, 1998).

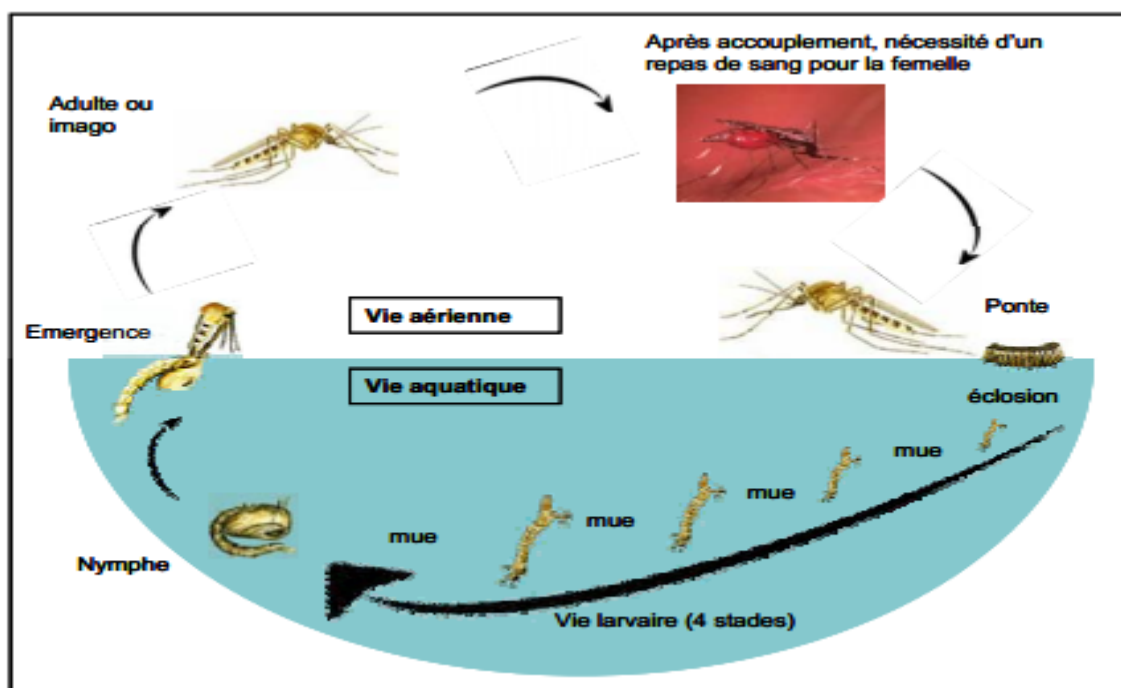
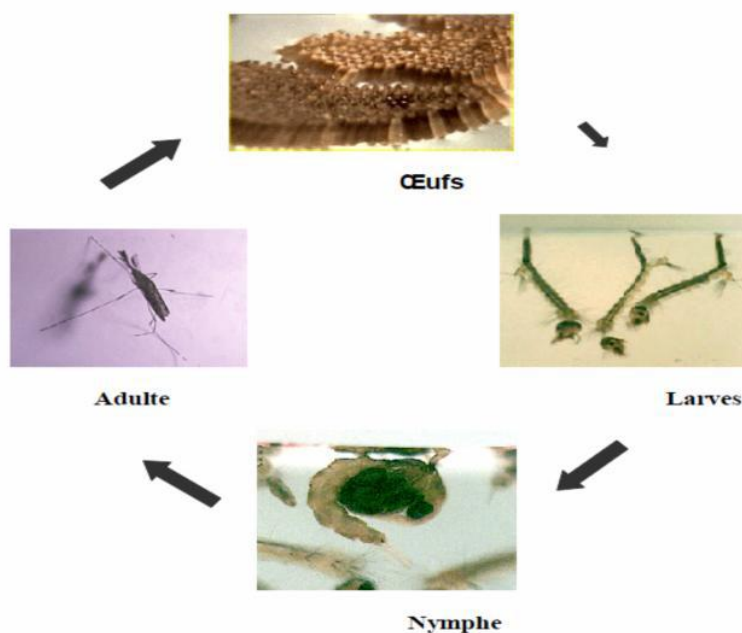


Figure 16: Cycle de vie d'un moustique (Margot, 2010)

### -Cycle de vie de *Culiseta longiareolata*



**Figure 17:** Cycle de vie de *Culiseta longiareolata* (Berrak, 2009)

### 1.6. Intérêts dans l'écosystème

Les moustiques représentent un maillon essentiel dans le fonctionnement d'un écosystème aquatique. Par sa présence en grand nombre, ils représentent une biomasse importante (Boyer, 2006).

Les larves de moustiques sont omnivores. Elles ingèrent des particules organiques provenant de la décomposition de matières végétales et animales, des algues, microchampignons et, dans certains cas, des microinvertébrés (Lacoursière et Boisvert, 2004). Ils accélèrent la décomposition des matières organiques dans les écosystèmes aquatiques (Boyer, 2006).

Les larves de moustiques constituent des proies pour certains prédateurs aquatiques et terrestres. Oiseaux (ex. canards), batraciens (ex. grenouilles), poissons (ex. saumons), et microinvertébrés (ex. sangsues, crustacés) peuvent se nourrir de moustiques (larves et adultes) (Lacoursière et Boisvert, 2004).

### 1.7. Nuisance et intérêt médical

La faune culicidienne est responsable de la nuisance: piqûres douloureuses et gênantes et de la transmission des pathogènes majeurs pour l'homme et les animaux. Ces caractéristiques donnent à cette faune une importance et un intérêt sanitaire de premier plan (**Benhissen et al., 2014; Marc et al., 2016**).

Les Culicidae constituent le tout premier groupe d'insectes d'intérêt médical (**Belayadi, 2012**). Plusieurs espèces de moustiques, appartenant notamment aux genres *Aedes*, *Culex* et *Anopheles*, sont des vecteurs d'organismes pathogènes responsables de zoonoses considérables. Les femelles, par le biais d'un repas de sang sur un hôte vertébré, sont capables de contracter et véhiculer trois types d'agents infectieux selon les espèces de moustiques: des virus responsables de nombreuses arboviroses: dengue, chikungunya, fièvre du Nil occidental, fièvre de la vallée du Rift, ou encore fièvre jaune, des protozoaires du genre *Plasmodium* responsables du paludisme, et des nématodes responsables de filarioses en particulier la filariose lymphatique et la dirofilariose (**Bawin et al., 2014**).

### 1.8. Les maladies à transmission vectorielle

Les maladies à transmission vectorielle sont des maladies pour lesquelles un agent pathogène (virus, bactérie, parasite) est transmis d'un individu infecté à un autre (animal, homme), via la piqûre d'un vecteur arthropode hématophage (moustique, phlébotome, tique, punaise...). Les vecteurs se contaminent en faisant un repas de sang sur un hôte infecté. L'agent infectieux, après avoir accompli un cycle d'amplification ou de développement, peut alors être transmis, à l'occasion d'une piqûre. Pour qu'une transmission vectorielle se réalise, l'hôte, l'agent pathogène et le vecteur doivent être compatibles entre eux et en contact. Les caractéristiques de l'environnement jouent un rôle important dans la mise en place de cette transmission (Tableau 02) (**Cochet et Moussion, 2013**).

**Tableau 02:** Principales affections vectorielles transmises à l'homme par les Culicidae (SMV et SFP, 2010)

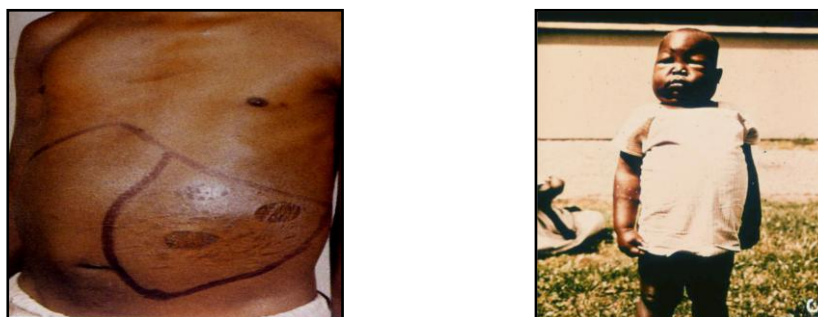
Moustiques vecteurs	Agents pathogènes	Maladies
<i>Anopheles</i>	<i>Plasmodium sp.</i>	Paludisme
<i>Aedes</i>	<i>Flavivirus</i>	Fièvre jaune Dengue
	<i>Alphavirus</i>	Chikungunya
<i>Culex</i>	<i>Flavivirus</i>	Infection à West Nile virus Encéphalite japonaise
Tous les genres de moustiques	<i>Wuchereria bancrofti</i> et <i>Brugia malayi</i>	Filariose lymphatique

### 1.8.1. Définition de quelques maladies

#### ➤ Maladies parasitaires transmises par des moustiques

##### 1.8.1.1. Paludisme

Le paludisme est une maladie infectieuse à transmission vectorielle (Moiroux, 2012), dû à un protozoaire parasite du genre *Plasmodium* (OMS, 2014), transmis par des moustiques femelles appartenant au genre *Anopheles*. Quatre espèces différentes causent le paludisme chez l'homme: *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* et *P. ovale*. Parmi elles, *P. falciparum* est la plus dangereuse (OMS, 2015) et la plus importante dans la plupart des régions tropicales et responsable de la plus grande part des cas de maladies graves et de décès liés au paludisme (OMS, 2014). *P. knowlesi* est une espèce zoonotique qui peut également infester l'homme (Figure 18) (OMS, 2015).

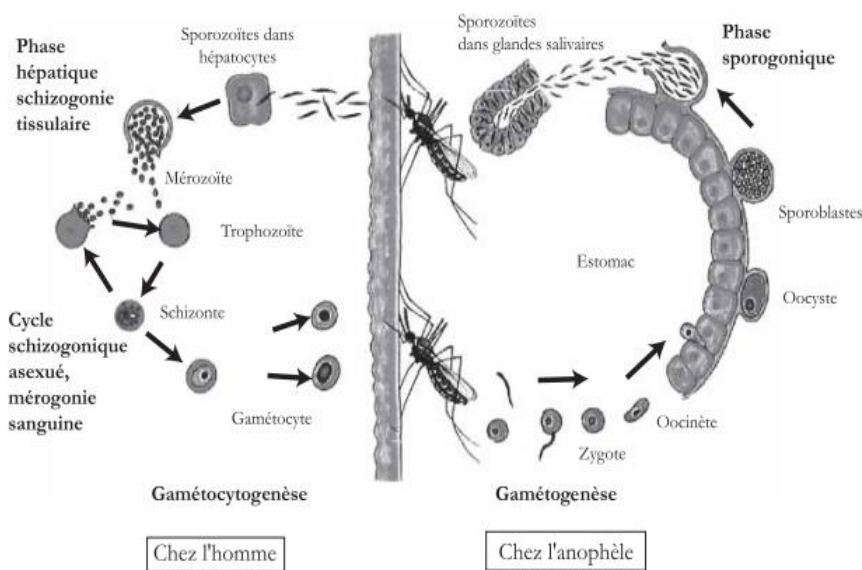


**Figure 18:** Quelques symptômes de paludisme (Boubidi, 2008)

## Chapitre 01: Synthèse bibliographique

Au cours de la prise d'un repas de sang chez un homme malade, les femelles d'anophèles ingèrent les gamétocytes femelles et de gamétocytes mâles qui dans l'estomac du moustique fusionnent en un œuf mobile (ookinète) qui migre vers les cellules épithéliales de l'estomac (**Darriet, 1998**). L'ookinète migre dans les parois de l'estomac de l'anophèle et s'encyste sous la forme d'un oocyste contenant les sporozoïtes. Ces sporozoïtes migrent via l'hémolymphe jusqu'aux glandes salivaires du moustique d'où ils pourront être injectés à un nouvel hôte humain à l'occasion d'une piqûre (**Lensen et al., 1999**).

Chez l'homme, les sporozoïtes inoculés lors de la piqûre infectante vont atteindre le foie et pénétrer les hépatocytes (phase exo-érythrocytaire), où ils se multiplient. Pendant une période de 7 à 12 jours, ils s'y multiplient jusqu'à ce que la cellule hépatique infectée éclate (**OMS, 2003**), et libère des milliers de mérozoïtes dans la circulation sanguine. Les mérozoïtes vont ensuite pénétrer les érythrocytes, effectuer une multiplication sexuée qui produit de nouveaux mérozoïtes qui sont à leur tour libérés dans la circulation sanguine et qui infecteront des érythrocytes sains (phase érythrocytaire) (**Lensen et al., 1999**), les mérozoïtes peuvent évoluer en trophozoïtes puis en schizontes qui libèrent à nouveau des mérozoïtes (étape cyclique), ou bien évoluer en gamétocytes. Ces derniers se différencient en gamétocytes mâles et femelles et sont ingérés par un anophèle femelle au cours du repas sanguin (Figure 19) (**Fouet, 2010**).



**Figure 19:** Cycle de développement et de reproduction des *Plasmodium* spp  
(**Carnevale et al., 2009**)

### 1.8.1.2. La filariose lymphatique

La filariose lymphatique est causée par trois espèces de vers parasites: *Wuchereria bancrofti*, qui se logent dans les vaisseaux lymphatiques et provoquent une énorme enflure des membres et d'autres parties du corps. Cette maladie entraîne de grandes souffrances, mais elle est rarement mortelle (Figure 20) (OMS, 1999).



**Figure 20:** Enflure des membres lors de la filariose lymphatique (Boubidi, 2008)

La filariose de Bancroft à *Wuchereria bancrofti* sévit dans toute la zone intertropicale (Amérique latine, Afrique, Inde, Asie du Sud-Est et les îles du Pacifique). Le moustique vecteur appartient au genre *Culex*, et en Afrique centrale et occidentale, uniquement par des *Anopheles*.

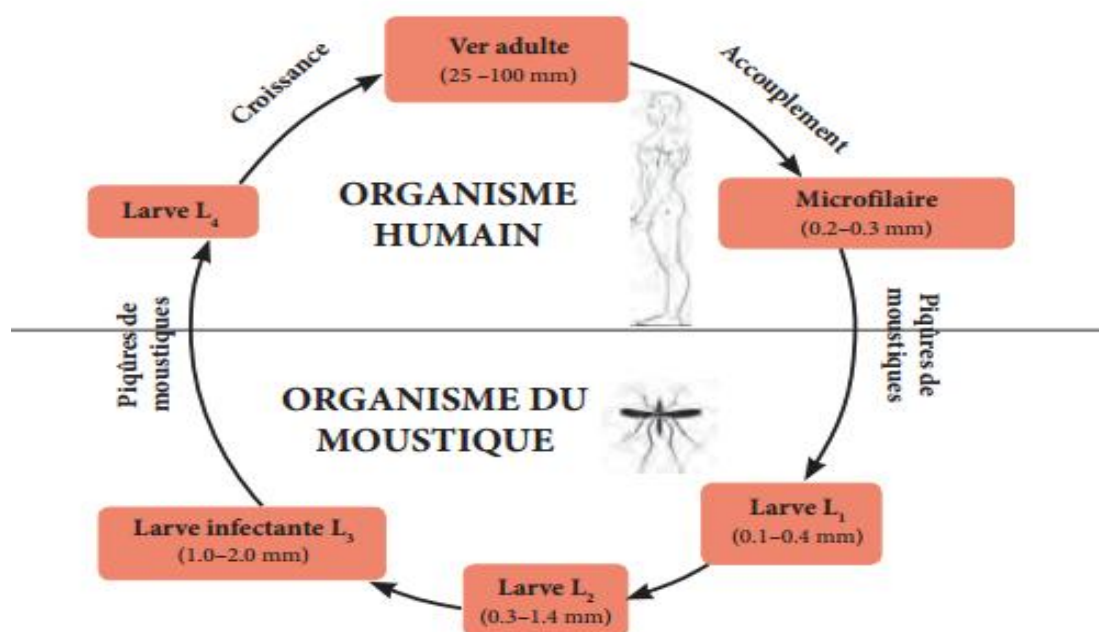
La variété *Wuchereria bancrofti pacifica* sévit en Océanie présente dans les îles du Pacifique sud est transmise majoritairement par moustiques du genre *Aedes*.

La filariose de Malaisie due à *Brugia malayi*, est exclusivement asiatique (Asie du Sud-Est, Inde, Sri Lanka, Chine) transmise par des espèces du genre *Mansonia*.

La filaire de Timor à *Brugia timori* sévit dans les îles du Sud-Est de l'Indonésie est transmise par *Anopheles* (Darriet, 1998).

Le cycle est indirect et fait intervenir l'homme comme hôte définitif et un moustique comme hôte intermédiaire (Belayadi, 2010) Les vers adultes colonisent les vaisseaux lymphatiques et produisent des embryons appelés microfilaries (OMS, 1999). Les microfilaries (larve de 1er stade) sont absorbées par le moustique lors d'un repas de sang chez un hôte infesté. Dans les 12 heures, Les microfilaries poursuivent pendant quelques jours leur développement chez le moustique, après 2 mues, elles se transforment en une dizaine de jours en formes infectantes. Enfin, les larves de troisième stade sont

inoculées à l'hôte lors d'un nouveau repas de sang du moustique, pénétrant activement par la blessure créée par la pique (Belayadi, 2010), Les larves migrent ensuite vers les ganglions lymphatiques pour atteindre leur stade adulte final dans les vaisseaux. Les vers adultes peuvent vivre très longtemps et libérer dans le sang un grand nombre de microfilaries (Figure 21) (OMS, 1999).



**Figure 21:** Cycle de vie de la filariose lymphatique: *Wuchereria bancrofti* (OMS, 2015)

### ➤ Maladies virales transmises par des moustiques

#### 1.8.1.3. Fièvre jaune

La fièvre jaune, parfois appelée vomis noir (vomito negro) ou peste américaine, est une maladie virale aiguë. La maladie est provoquée par un arbovirus de la famille Flaviviridae (qui comprend également la dengue, l'encéphalite de Saint Louis et le virus du Nil occidental). C'est un des plus petits virus à ARN; une arbovirose zoonotique des grands singes de la forêt équatoriale et elle est transmise de singe à singe par divers moustiques du genre *Aedes*, hôtes intermédiaires et vecteurs (Staples et Monath, 2008).

Le virus de la fièvre jaune est principalement présent dans des populations de singes vivant dans les forêts denses de l'Afrique, de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Sud. Elle est transmise d'un singe à l'autre par des moustiques des espèces du genre *Aedes* en Afrique et des genres *Haemagogus* et *Sabethes* en Amérique du Sud et en

Amérique centrale. Ces moustiques peuvent piquer l'homme lorsque celui-ci pénètre dans la forêt et le virus peut ainsi passer du réservoir simien à la population humaine peut entraîner de graves épidémies et de nombreux décès (OMS, 1999). La fièvre jaune reste toujours une cause importante de maladies hémorragiques dans plusieurs pays africains et sud-américains, malgré l'existence d'un vaccin efficace (Staples et Monath, 2008).

### 1.8.1.4. Le virus du Nil occidental

Le virus du Nil occidental (en anglais: *West Nile Virus*) est un Flaviviridae du genre Flavivirus (Olejnik, 1952).

Le cycle de la maladie implique des oiseaux soient sauvages ou domestiques (canards, pigeons...), jouant le rôle de réservoir aviaire, des moustiques principalement du genre *Culex* en tant que vecteurs de la circulation virale entre les populations d'oiseaux (Hubalek et Halouzka, 1999). Le moustique absorbe le sang d'un hôte malade le virus se duplique dans le corps du vecteur jusqu'aux glandes salivaires et c'est au moment de son nouveau repas de sang que l'insecte réinjecte le virus (Darriet, 1998).

Les oiseaux migrateurs assurent l'introduction du virus d'Afrique vers les zones tempérées, en Afrique du Nord et en Europe (Alayat, 2012). Les mammifères (bétail, chiens, chats, chevaux, humains ...) sont quant à eux considérés comme des hôtes accidentels du virus. Les facteurs favorisant la pullulation des moustiques (pluies abondantes, températures plus élevées) sont susceptibles d'augmenter l'incidence de la fièvre liée à ce virus dans les secteurs géographiques où il circule (Olejnik, 1952).

### 1.8.1.5. La dengue

La dengue est provoquée par plusieurs virus appelés virus de la dengue types 1, 2, 3 et 4. C'est principalement *Aedes aegypti* qui transmet la maladie d'une personne à l'autre, mais *Aedes albopictus* peut également en être le vecteur (OMS, 1999). Elle est une arbovirose la plus répandue dans le monde; c'est une affection qui sévit principalement dans les régions tropicales et subtropicales.

La maladie existe sous deux formes: la forme classique et la forme hémorragique. **La dengue classique:** Elle touche principalement les adultes, provoque de très fortes migraines, accompagnées de douleurs musculaires et articulaires et d'un exanthème. L'issue en est rarement fatale. Elle sévit dans la plupart des pays tropicaux et dans certaines régions subtropicales.

## Chapitre 01: Synthèse bibliographique

**La dengue hémorragique:** Elle est une maladie grave qui sévit en Asie du sud-est et dont l'apparition dans les Amériques et le Pacifique Sud est assez récente, touchant principalement les enfants. La maladie débute par une forte fièvre, des vomissements, une migraine et des douleurs abdominales accompagnées de difficultés respiratoires. Des signes d'hémorragie interne sont fréquemment observés. En l'absence de traitement, la mortalité peut atteindre 50% chez les malades (Figure 22) (OMS, 1999).



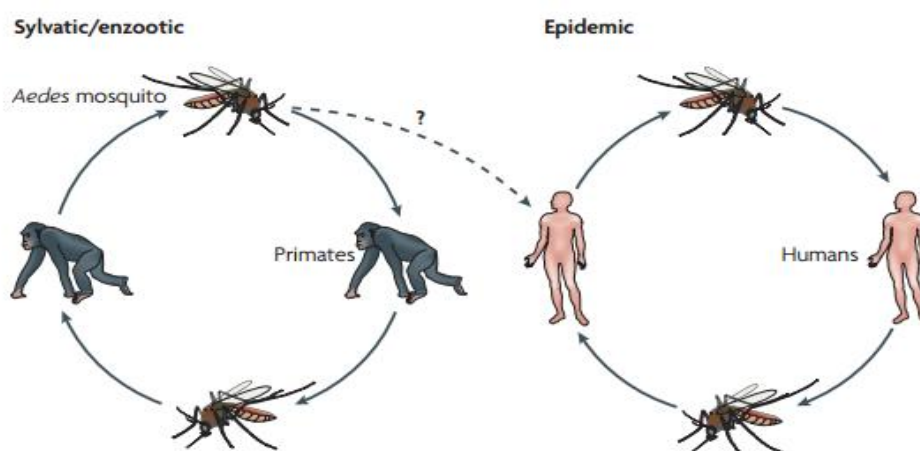
1ère cause d'hospitalisation  
en Asie.



Érythème.

**Figure 22:** Quelques symptômes de dengue (IFMT, 2006)

Le virus de la dengue peut se transmettre selon deux cycles .Le cycle sylvatique ou enzootique, principalement décrit en Afrique et en Asie; C'est ce cycle qui a été décrit à l'origine chez les primates en zones rurales (les singes représentent le réservoir forestier). Plus tard, après adaptation des virus de la dengue à d'autres espèces d'*Aedes* (*Ae. aegypti*, *albopictus* et *polynensis*), des cas humains de dengue ont été décrits. Sont transmis d'homme à homme, en zones urbaines, via un cycle épidémique (Figure 23) (Duong et al., 2009).



**Figure 23:** Les deux cycles de transmission de virus de la dengue (Whitehead et al., 2007)

### 1.8.1.6. Chikungunya

Le virus du chikungunya est un arbovirus à ARN. Il a été isolé pour la première fois en Ouganda en 1953, L'appellation «chikungunya» vient du makondé et signifie «l'homme qui marche courbé». Le moustique vecteur du chikungunya est *Aedes albopictus*, dit moustique tigre (INPES et Ministère en charge de la santé, 2008).

La transmission se fait d'homme à homme par l'intermédiaire de moustiques du genre *Aedes* notamment (*Aedes albopictus* et *Aedes aegypti*). Lors d'une piqûre, le moustique prélève le virus sur une personne infectée. Commence alors une phase dite extrinsèque, de quelques jours, où le virus se multiplie dans le moustique. Ce même moustique peut, à l'occasion d'une autre piqûre, transmettre le virus à une autre personne (INPES et Ministère en charge de la santé, 2008).

Cette maladie provoque de fortes fièvres, accompagnées de maux de têtes et de douleurs musculaires et articulaires, souvent invalidantes. Il existe aussi des formes cliniques plus sévères. La douleur aiguë peut devenir chronique et durer plusieurs mois, voire plusieurs années. Il n'existe pas de remède contre cette maladie; le traitement repose uniquement sur des anti-douleurs et des anti-inflammatoires mais il ne présente aucun effet préventif. La prévention du chikungunya repose donc sur la lutte antivectorielle (Figure 24) (ANSES, 2013).



Eruption eczématiforme prurigineuse.



Œdème facial.



Conjonctivite.

**Figure 24:** Quelques symptômes de chikungunya (Simon et Javelle, 2014)

### 1.9. Moyens de lutte contre les culicidés

La lutte contre les moustiques a toujours été une préoccupation majeure pour se protéger contre l'agression de ces insectes hématophages. C'est un outil essentiel de la prévention contre les maladies à vecteurs et de contrôle des insectes nuisibles (**El joubari et al., 2014**).

Depuis l'antiquité, l'homme a cherché à se protéger contre l'agression des vecteurs mais ses efforts restaient cependant limités à la destruction ou à l'aménagement des biotopes favorables à leur développement: assèchement des marais, introduction de poissons prédateurs et application des premiers larvicides tels les huiles de pétrole (**Pages et al., 2007**).

Les méthodes de lutte antivectorielle peuvent être classées de différentes techniques: méthodes physiques, méthodes chimiques, la lutte génétique et méthodes biologiques.

#### 1.9.1. La lutte physique

Les premiers moyens de lutte consiste à modifier les lieux susceptibles de servir des gîtes larvaires (**OMS, 1999**), et l'élimination de certaines zones humides permanentes ou temporaires (étangs, marais, marécages, étangs d'eau printanière) (**Pautou et al., 1995**). Il s'agit, de changer l'environnement de telle sorte qu'il ne soit plus propice pour les larves de moustiques. L'aménagement de l'environnement pour le contrôle des vecteurs est classé en trois modes:

- Les modifications de l'environnement: il s'agit des transformations physiques permanentes ou à visée longue durée du sol, de l'eau, de la végétation afin de éliminer ou réduire les habitats des vecteurs sans causer d'effets adverses à la qualité de l'environnement humain. Ces actions comprennent: drainage, remplissage et transformation des zones à risque.
- Les manipulations de l'environnement: il s'agit de mesures produisant des conditions temporaires défavorables au développement préimaginal des moustiques comme l'assèchement des marais pour réduire la pullulation des moustiques.
- Les modifications des habitats et des comportements humains comme la construction des habitations à distance des eaux servant de gîtes à moustiques, l'ensemble des

mesures d'hygiène et de gestion des déchets, pour éviter le contact hôte-vecteur (**Carnevale et al., 2009**).

Cette idée, séduisante au départ, a entraîné des problèmes au niveau de la gestion des zones humides, notamment une perte d'habitats remarquables. Une prise de conscience de la valeur patrimoniale de tels habitats a eu comme conséquence le développement de stratégies nouvelles de lutte contre les moustiques. C'est ainsi que les premières luttes insecticides ont commencé avec la lutte chimique (**Boyer, 2006**).

### 1.9.2. La lutte chimique

Très utilisés de 1940 à 1970, sont des toxiques neurotropes qui altèrent le fonctionnement des canaux sodium indispensables à la transmission de l'influx nerveux. Leur spectre d'action est large. Les plus utilisées sont les organochlorés: Le DDT, Hexachlorocyclohexane (HCH), lindane, dieldrine, chlordécone, endosulfan qui agit sur l'insecte par contact et ingestion, induisant un tremblement généralisé (incoordination motrice) puis une paralysie (**Carnevale et al., 2009**), puis la mort (**Boyer, 2006**).

Mais ensuite des études plus poussées sur ses propriétés et son rôle au sein de l'écosystème (**Boyer, 2006**). Et que ces substances sont très stables et bioaccumulables, peu solubles dans l'eau, d'où des problèmes d'accumulation dans les organismes et les écosystèmes via les chaînes alimentaires. Certains peuvent persister très longtemps dans les sols, les tissus végétaux et les graisses (**Carnevale et al., 2009**). C'est ainsi que, dans les années 60, on observe des dysfonctionnements d'écosystèmes aquatiques et terrestres parfois situés très loin des zones traitées. De plus des populations d'insectes (**Boyer, 2006**) en particulier chez les Diptères dont certains moustiques (**Carnevale et al., 2009**) sont devenues résistantes au DDT (**Boyer, 2006**). La résistance se traduit par une diminution de la mortalité observée dans une population soumise à un traitement constant, elle se manifeste par l'apparition d'individus tolérant des doses normalement létales pour les individus dits «sensibles»; elle repose sur des caractères génétiques des populations (**Carnevale et al., 2009**).

### 1.9.3. La lutte génétique

Réduction de la densité des populations de moustiques par modification de leur patrimoine génétique ou par leur autodestruction. Elle concerne essentiellement le lâcher des mâles stériles dans certaines régions bien délimitées (**Pages et al., 2007**). Les mâles

stérilisés au moyen d'irradiations ou de substances chimiques (**Darriet, 1998**). Pour principe l'introduction en grand nombre, dans une population naturelle, d'individus mâles de la même espèce rendus stériles mais au comportement sexuel intact (**Boyer, 2006**). Après s'être accouplée à un mâle stérile, une femelle sauvage pond des œufs non viables qui n'engendrent aucune descendance.

La translocation des chromosomes aussi, qui par des moyens chimiques ou d'irradiation aux rayons X permet d'introduire de graves aberrations chromosomiques au niveau des adultes (**Darriet, 1998**).

Parmi les autres méthodes, il a été utilisé l'incompatibilité cytoplasmique qui consiste à sélectionner dans des élevages, des mâles hybrides nés de la multiplication de souches dont les origines sont géographiquement éloignées. Le lâcher de ces mâles hybrides dans des populations aboutit à des croisements qui engendrent des œufs stériles (**Darriet, 1998**).

### 1.9.1. La lutte biologique

Elle repose sur l'utilisation d'organismes vivants pour détruire les vecteurs. Il s'agit en particulier de virus, de bactéries, de protozoaires, de champignons, de plantes, de vers parasites et de moustiques ou de poissons prédateurs. On s'efforce en général de détruire les larves sans polluer l'environnement. La lutte biologique donne souvent ses meilleurs résultats lorsqu'on la pratique parallèlement à l'aménagement de l'environnement (**OMS, 1999**).

Deux grands types de luttes biologiques utilisés contre les moustiques: Les poissons prédateurs, la gambusie (*Gambusia holbrooki*), C'est l'espèce qui est la plus largement utilisée pour combattre les larves de moustiques (**OMS, 1999**). Mais avec plus ou moins de succès. Ce poisson est un prédateur généraliste à utiliser avec grande précaution pour éviter les dommages sur les autres organismes aquatiques (**Boyer, 2006**).

Dans certains pays (Inde), une lutte antilarvaire par poisson larvifère *Gambusia affinis* a été employé avec succès et entraînant une importante réduction de la densité du paludisme à *P. falciparum*. Mais *Gambusia affinis* présente l'inconvénient d'être omnivore, dévorant aussi les œufs des autres poissons et le zooplancton. Un autre poisson larvifère, *Poecilia reticulata* ou Guppy, a aussi été intensivement utilisé, présentant

## Chapitre 01: Synthèse bibliographique

---

l'avantage de supporter des eaux polluées plus chargées en matière organique, mais il est aussi un vorace prédateur pour la faune non cible (**Carnevale et al., 2009**).

Les organismes microbiens tels que le *Bacillus sphaericus* (*Bs*) et le *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*). Ces bacilles sont considérés comme des agents de contrôle biologique mortels pour les larves de Culicidae, Simuliidae et Chironomidae, elle est active par ingestion, mais sans danger pour la faune non cible dont les sujets humains (**Carnevale et al., 2009**). Ils agissent sur les larves des moustiques, des simuliides et des diptères en général, du fait de leur efficacité et leur spécificité qui respectent largement la faune compagne. Le *Bt* est le micro-organisme le plus utilisé comme bio-insecticide et représentent plus de 90% du marché des bioinsecticides (**Boyer, 2006**).

La lutte biologique présentés des avantages tel que: biopesticides sont dégradés rapidement ce qui diminuant les risques de pollution. Mais ils nécessitent d'excellentes connaissances de l'écologie des pathogènes cibles et des agents de contrôles biologiques et de la relation pathogène cible-agent de contrôle biologique (**Lefort, 2010**).

### II- La bactérie *Bacillus thuringiensis*

#### 2.1. Histoire de *Bacillus thuringiensis*

En 1901 qu'un biologiste japonais, Shigetane Ishiwata, observe plus concrètement les effets insecticides de la bactérie sur des vers à soie. Un grand nombre de vers à soie mouraient en raison de la «maladie sotto». C'est à partir de cet insecte que l'on a isolé pour la première fois une souche de *B. thuringiensis*, surnommé à l'époque *Bacillus sotto* (Joung et Charles, 2000).

En 1911, le scientifique allemand Ernst Berliner isole une souche de *B. thuringiensis* à partir d'une larve de mite trouvée dans un sac de farine. Et rédigé la première description scientifique de la bactérie (Joung et Charles, 2000). Et classé la bactérie en 1915 immédiatement après l'étude de ses caractéristiques biologiques (Beegle et Yamamoto, 1992). Cette découverte eut lieu dans la province de Thuringia, d'où le nom de *Bacillus thuringiensis* (Auger, 2015).

En 1976 la sous-espèce *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) a été isolée d'un étang en Israël (Tetreau, 2012), une bactérie démontrant des propriétés hautement larvicides pour les moustiques fut découverte dans une petite mare du désert du Néguev, au cours d'un inventaire des parasites et des pathogènes naturels de ces insectes. Malgré le nombre extrêmement élevé de larves mortes et moribondes de *Culex pipiens* flottant à la surface, on a retrouvé vivant de façon normale dans cette mare, de petits crustacés tels que les cyclopoïdes et les ostracodes, de même que plusieurs insectes aquatiques comme les chironomides (moucheron), les éphémères (mannes), les libellules, les corixides (punaises ou criquets d'eau) et les hydrophilides (coléoptère aquatique). C'est à partir d'un échantillon contenant des larves mortes, de l'eau et de la boue que cette nouvelle souche de *Bacillus thuringiensis* fut isolée et, subséquemment, désignée sous le nom de sous-espèce *israelensis*, nom reflétant son origine. On y réfère aussi sous l'appellation sérotype H-14 (Lacoursière et Boisvert, 2004).

### 2.2. Généralités sur *Bacillus thuringiensis* (*Bt*)

#### 2.3. Description

Le *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) est une bactérie aérobie facultative, ubiquiste, à gram positif, sporulante, pourvue de courts flagelles ciliés, mobile (**Rahbani, 2015**). Les bactéries *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) a la particularité de synthétiser une inclusion cristalline composée de toxines insecticides (les delta-endotoxines) pendant la phase de sporulation (**Bawin et al., 2014**).

Cette bactérie est un agent entomopathogène dont l'activité insecticide a été attribuée en grande partie ou entièrement aux cristaux parasporaux. Ces inclusions parasporales contenant les cristaux protéiques insecticides ou  $\delta$ -endotoxines (Toxines Cry) qui sont codées par des gènes cry, ont des activités insecticides contre les larves de diptères (mouches et moustiques) (**Ndao, 2014**). Elle fait partie d'un groupe de six bacilles, rassemblés sous le terme «groupe *Bacillus cereus*»: *Bacillus anthracis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus pseudomycoides*, *Bacillus weihenstephanensis* et *Bacillus thuringiensis* (**Carozzi et al., 1991**).

Le *Bti* à la particularité de produire un cristal protéique contenant 6 toxines différentes en mélange, toutes toxiques contre les Diptères: Cry4A, Cry4B, Cry11A, Cry10, Cyt1A et Cyt2A. Le principal avantage du *Bt* par rapport aux insecticides chimiques est sa très forte spécificité pour son hôte cible. Cette forte spécificité est due au mode d'action des toxines du *Bt* qui se fixent à des récepteurs membranaires du tube digestif très différenciés entre les espèces. Ces toxines ne montrant aucune affinité pour les récepteurs d'autres organismes, aucune toxicité n'a été démontrée pour la plupart des insectes et invertébrés non-cibles (**Margot, 2010**).

A l'état végétatif *Bacillus thuringiensis* a la forme d'un bâtonnet, de 5  $\mu\text{m}$  de longueur et 1  $\mu\text{m}$  de largeur. Les endospores de l'organisme comme celles des autres espèces de spores sont plus résistantes que les cellules végétatives à la chaleur, au séchage, à la désinfection et à d'autres agents destructeurs chimiques. Elles peuvent ainsi rester viables pendant plusieurs années.

*Bacillus thuringiensis* est une bactérie du sol, vivant à la fois comme saprophyte, utilisant les matières organiques provenant des organismes morts, et parasite, colonisant les insectes vivants. Elle peut être naturellement présente dans différents habitats comme

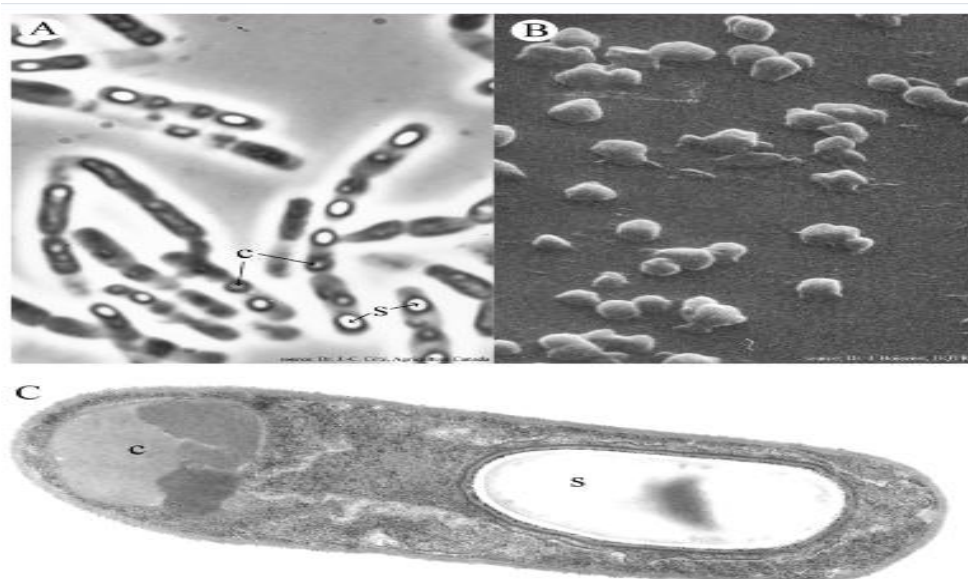
les cadavres d'insectes, les terres agricoles, et différentes plantes et milieux aquatiques (Figure 25) (Helgason et *al.*, 2000).



**Figure 25:** Poudre de *Bacillus thuringiensis israelensis* (Mansouri, 2015)

#### 2.4. Position systématique du *Bacillus thuringiensis* selon Berliner 1915

<b>Embranchement</b>	Fermicutes
<b>Sous embranchement</b>	Eubacterie
<b>Classe</b>	Bacilli
<b>Ordre</b>	Bacillales
<b>Famille</b>	Bacillaceae
<b>Genre</b>	Bacillus
<b>Espèce</b>	<i>Bacillus thuringiensis</i>
<b>Sous-espèce</b>	<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> (Mansouri, 2015).



**Figure 26:** Photographies de *Bacillus thuringiensis israelensis* prises au microscope photonique (A), à balayage (B), et électronique à transmission (C) (**Lacoursière et Boisvert, 2004**)

A) Cellule végétatives en phase de sporulation; (s) spores;(c) cristaux.

B) cristaux purifiés.

C) Bactérie en phase de sporulation et de production de l'inclusion cristalline. La spore (s) et cristal (c).

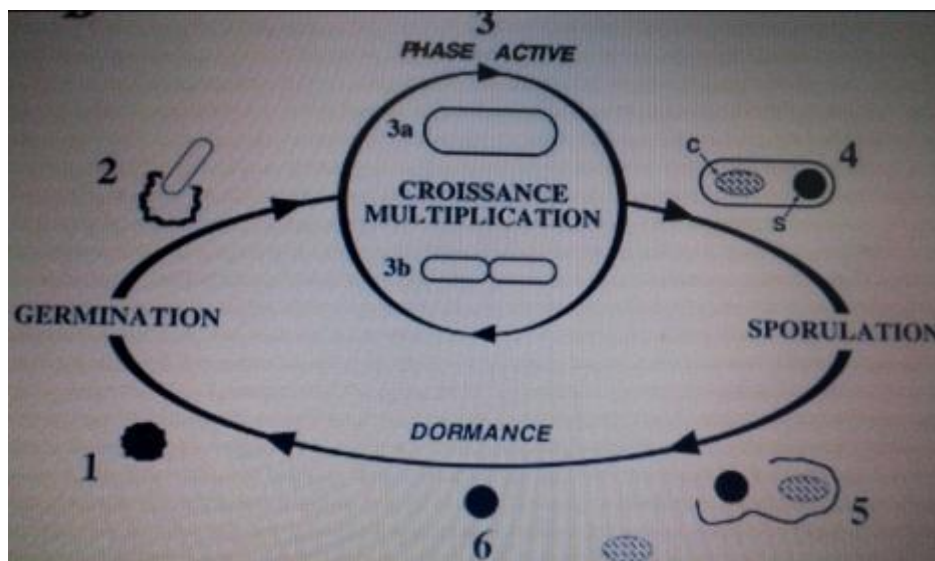
### 2.5. Cycle de vie de *Bacillus thuringiensis*

Le cycle de vie de *Bacillus thuringiensis* se caractérise par deux phases principales qui comprennent la division cellulaire végétative et la phase de sporulation. Les cellules végétatives se divisent par scissiparité en deux cellules filles de tailles égales après la formation du septum au centre de la paroi cytoplasmique. Quand le milieu s'appauvrit en nutriments essentiels, les cellules végétatives sporulent (**Sellami et al., 2015**).

Ces deux étapes impliquent des changements à la fois dans la morphologie et dans la biochimie de la cellule. Lorsque les nutriments sont suffisants et les conditions environnementales convenables pour la croissance, la spore germe et produit une cellule végétative (**Liu et Tzeng, 2000**).

## Chapitre 01: Synthèse bibliographique

Durant cette phase de croissance végétative, les cellules de *Bacillus thuringiensis* utilisent les sucres comme source de carbone et d'énergie pour la synthèse des protéines et autres métabolites. Les cellules continuent à se multiplier jusqu'à ce qu'un des nutriments (sucres, acides aminés ou phosphate) ou le dioxygène dissous deviennent insuffisants pour la croissance végétative. Dans ces conditions, la bactérie sporule produisant une spore et une inclusion cristalline. La sporulation est une manifestation physiologique de la bactérie soumise à des conditions environnantes difficiles (Figure 27) (Liu et Tzeng, 2000).



**Figure 27:** Schématisation du cycle vital de *Bacillus thuringiensis*

(Lacoursière et Boisvert, 2004)

1) germination: réhydratation de la spore, 2) germination: production de la cellule végétative, 3) croissance et multiplication des cellules végétatives, 4) sporulation: formation de la spore (s) et de l'inclusion cristalline (c), 5) lyse: éclatement de la cellule végétative et libération de la spore et du cristal, 6) période de dormance: la spore résiste aux conditions défavorables.

### 2.6. Les différentes formulations et dosages du *Bacillus thuringiensis*

Les produits commerciaux à base de *Bacillus thuringiensis* se présentent généralement sous quatre grands types: les poudres, les granules, les briquettes et les liquides. Le choix de la formulation à employer dépend de l'insecte visé par le contrôle, du type d'environnement à traiter et de son accessibilité, et de la persistance de l'effet toxique visé par l'applicateur (Tableau 03) (Balam, 2010).

**Tableau 03:** Exemples de produits commercialisés à base de souches de *Bt* (Sellami et al., 2015)

<b>Nom commercial</b>	<b>Souches bactériennes</b>	<b>Insectes cibles</b>
BIOBIT	<i>Btkurstaki</i> HD-1	Lépidoptère
DIPEL	<i>Btkurstaki</i> HD-1	Lépidoptère
FLORBAC	<i>Btaizawai</i>	Lépidoptère
COSTAR	<i>Btkurstaki</i> SA-12	Lépidoptère
DELFIN	<i>Btkurstaki</i> SA-11	Lépidoptère
THURICIDE	<i>Btkurstaki</i> HD-1	Lépidoptère
TEKAR	<i>Btisraeliensis</i>	Diptère
JAVELIN	<i>Btkurstaki</i> SA-11	Lépidoptère
BACTIMOS	<i>Btisraliensis</i>	Diptère
VECTOLEX GC	<i>Bacillus sphaericus</i>	Diptère
BACTOSPEINE	<i>Btkurstaki</i> HD-1	Lépidoptère
ACROBE	<i>Btisraliensis</i>	Diptère
NOVODOR	<i>Bttenebrionis</i>	Coléoptère
TRIDENT	<i>Bttenebrionis</i>	Coléoptère

### 2.7. Mode d'action du *Bacillus thuringiensis israelensis*

L'effet insecticide du *Bacillus thuringiensis israelensis* provient exclusivement du cristal. Les spores et les cellules végétatives du *Bacillus thuringiensis israelensis* ne sont aucunement impliquées dans le processus insecticide.

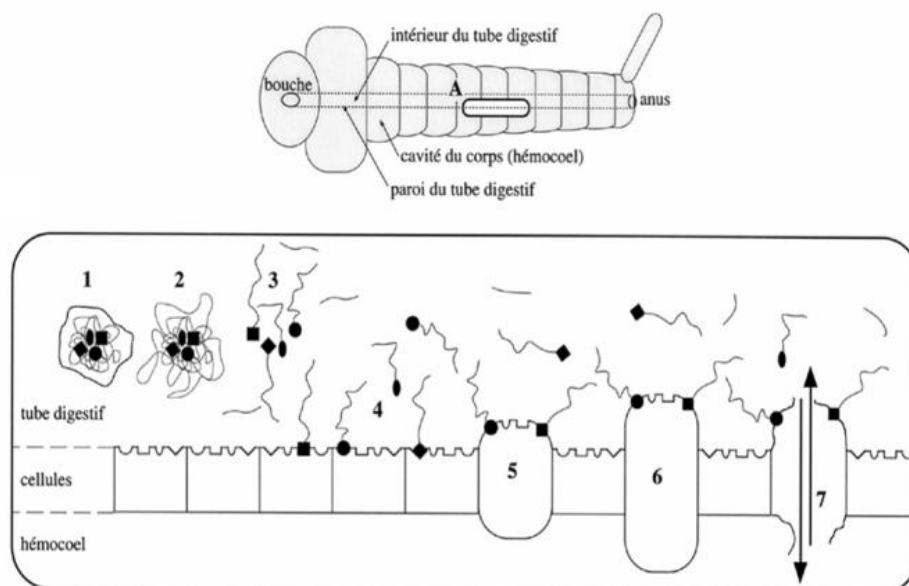
Lorsqu'elles sont ingérées par une larve, les inclusions cristallines sont partiellement dissoutes dans le liquide alcalin du tractus digestif, libérant ainsi de longues chaînes de protéines qui sont les différents précurseurs des toxines; elles ont donc été nommées les protoxines ou  $\delta$ -endotoxines (delta-endotoxines) (Lacoursière et Boisvert, 2004)

Une fois ingérés par les larves d'insectes cibles, les cristaux d'endotoxines de *Bacillus thuringiensis israelensis* vont subir plusieurs étapes indispensables, pour devenir biologiquement actifs, ces cristaux doivent être solubilisés par le pH alcalin de l'intestin de l'insecte, ce qui provoque la destruction des ponts disulfures intermoléculaires et la libération des protoxines dans la lumière intestinale (Sellami et al., 2015), Une fois solubilisées les protoxines, doivent être clivées aux deux extrémités C-terminale et N-terminale pour devenir actives.

## Chapitre 01: Synthèse bibliographique

Une fois activée, Les toxines se lient à des récepteurs spécifiques glycoprotéines ou "récepteurs" glycolipides de la paroi en bordure en brosse des microvillosités intestinales de l'insecte sensible (**Rahbani, 2015; Lienard, 1999**).

Après liaison à des récepteurs de l'épithélium intestinal, la toxine doit pénétrer la membrane cellulaire et former des pores lytiques dans les microvillosités des membranes apicales (**Bravo et al., 2007**). Provoquées par le déséquilibre biochimique induit par l'activité des toxines, les cellules affectées se gonflent et éclatent, causant la perforation de la paroi du tube digestif ceci provoque le passage du suc digestif dans la cavité corporelle de l'insecte et le mouvement inverse de l'hémolymphe (l'équivalent du sang chez les insectes) (**Lacoursière et Boisvert, 2004**). Finalement, l'insecte meurt des suites d'une privation de nourriture et d'une septicémie (Figure 28) (**Leblanc, 2003**).



**Figure 28:** Représentation schématique du mode d'action des cristaux du *Bacillus thuringiensis israelensis* (**Lacousiere et Boisvert, 2004**)

1-Dissociation des cristaux dans le liquide alcalin du tube digestif. 2- Libération de longues chaînes de protéines. 3- Sectionnement des protéines par des enzymes pour produire les segments toxiques. 4- Fixation des toxines sur des récepteurs spécifiques. 5-6-7- Gonflement, éclatement des cellules affectées et perforation de la paroi du tube digestif.

***Chapitre 02:***  
***Présentation de***  
***la région d'étude***

## I- Présentation de la région de Laghouat

### 1.1. Situation géographique

La Wilaya de Laghouat occupe une superficie de 25 052 km<sup>2</sup> et fait partie du groupe des neuf wilayat pastorales du pays. Elle se situe à 400 Km au sud de la capitale Alger, ces coordonnées sont: 33° 48'N, 02°53'E (D.P.A.T, 2010). Elle est limitée par les wilayas suivantes: Au Nord: Tiaret, Au Sud: Ghardaïa, à l'Est: Djelfa, à l'Ouest: El-Bayadh (Figure 29) (ANDI, 2013; ANIREF, 2011).

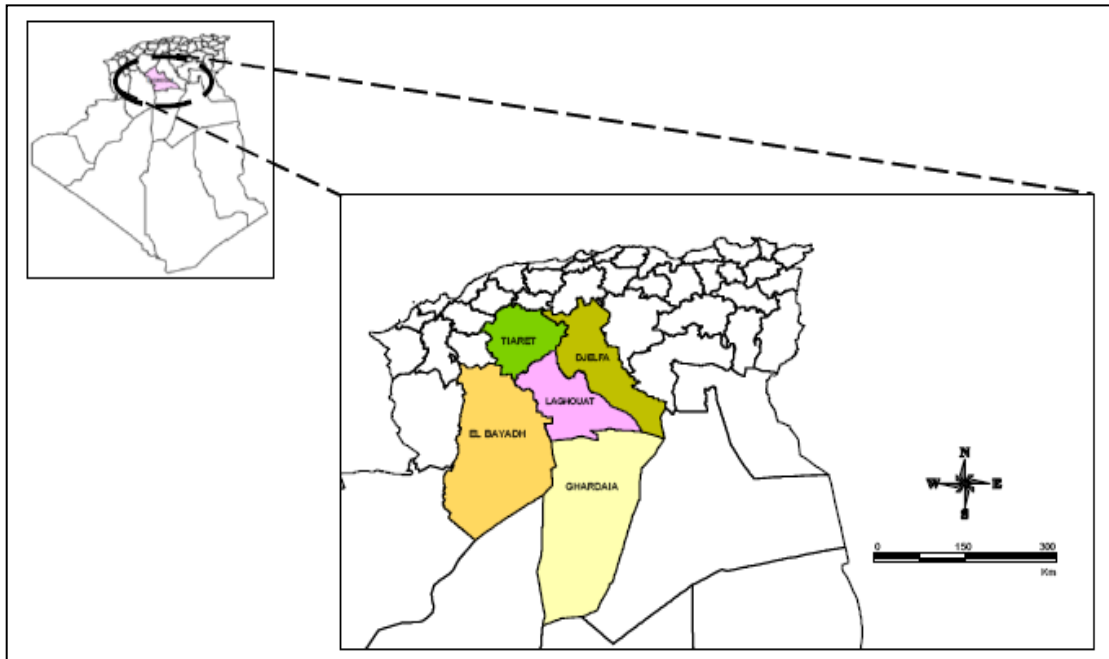


Figure 29: Situation géographique de Laghouat (CRSTRA, 2013)

### 1.2. Le relief

Sur le plan naturel, elle est constituée de deux zones distinctes:

1- La zone de l'Atlas Saharien caractérisée par des altitudes allant de 1.000 à 1.700 m avec des pentes de 12,5 à 25 %. Cette zone au Nord-Ouest de la Wilaya (régions d'Aflou et Brida). Elle est constituée de vieux massifs forestiers d'une superficie de: 47.095 ha, de nappes alfatières couvrant une superficie de 315.125 ha ainsi que de pacages et parcours d'une superficie de 1.531.766 ha.

2- La zone des Hauts Plateaux et de Plateaux Sahariens caractérisée par des altitudes allant de 700 à 1.000 m et des pentes de 0 à 3 %. Cette zone est constituée de vastes étendues

steppiques d'une superficie de 1.900.000 ha dont une grande partie a été dégradée sous l'effet des sécheresses prolongées (**D.P.A.T, 2010**).

### 1.3. Les sols

Les sols de la Wilaya sont constitués de formations lithologiques découlant de différentes phases orogéniques intervenues au cours des ères géologiques du secondaire, du tertiaire et du quaternaire. L'ensemble des formations lithologiques composant le territoire de la wilaya est constitué de 67% de roches moyennement résistantes à l'érosion, de 26% de roches peu résistantes et de 7% de roches résistantes à l'érosion.

En général, les hautes plaines steppiques du centre sont caractérisées par un sol de croûte calcaire friable à 96% et de grés dur à 4 %.

Les piémonts et les montagnes de l'Atlas saharien sont composés d'un sol calcaire et grés durs (82%), et de croûte calcaire friable (18%). Les sols du plateau saharien sont composés de 85% des croûtes de calcaire et 10% de marne et d'alluvions (**C.D.F, 2008**).

La plus part des sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire réduisant la profondeur de sol utile; ils ont généralement pauvre en matière organique et sensibles à la dégradation. Les bons sols dont la superficie est limitée, se d'oueds soit fermées et appelées dayas (**Pouget, 1980**).

### 1.4. Les ressources hydriques

Les ressources en eaux superficielles de la Wilaya sont localisées dans l'Atlas Saharien leur faible importance est liée à l'irrégularité du régime pluviométrique et à la forte évaporation.

Les principaux Oued sont: Oued M'zi, Oued Touil et Oued Medsous (**D.P.A.T, 2010**).

**Tableau 04:** La répartition des ressources hydriques (D.S.A, 2017)

RESSOURCES HYDRIQUES	2016	
	Nombre	Débit
Barrage en m3	1	1166400
Retenue collinaire en m3	8	1780000
Ced en m3	3	404352
Puit l/s	3425	17125
Forage en l/s	909	7272
Autres	420	678
<b>Total</b>	<b>4766</b>	

### 1.5. Les facteurs climatiques

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants. Il dépend de nombreux facteurs: température, précipitation, humidité, évaporation, vent, lumière, pression atmosphériques, reliefs et nature du sol, voisinage ou éloignement de la mer (Faurie et al., 2003).

#### 1.5.1. Température

La température influence la limite de distribution, la compétence et la capacité des insectes vecteurs.

La distribution des vecteurs est notamment limitée par les températures minimales et maximales qui empêchent leur survie d'une saison à l'autre (Toussaint et al., 2006).

**Tableau 05:** Température moyenne mensuelle de la région de Laghouat (2002-2014)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
T (°C)	8.2	9.68	14.01	17.4	22.4	27.4	32.2	30.2	25.3	20.1	11.8	8.06	18.91
				2	2	4	3	7	8		2		

(O.N.M, 2015)

## Chapitre 02: Présentation de la région d'étude

La température moyenne annuelle de la région de Laghouat (2002-2014) est de 18.91°C avec une valeur maximale de 32.23°C en mois de juillet et une valeur minimale de 8.06 °C en mois de décembre. (Tableau 05).

### 1.5.2. Précipitations

L'augmentation des précipitations favorise le développement et la propagation des populations d'arthropodes vecteurs.

Les stades immatures (larve, pupa) des vecteurs présentent en effet une forme aquatique ou semi-aquatique (Toussaint *et al.*, 2006).

**Tableau 06:** Précipitations moyennes mensuelles de la région de Laghouat (2002-2014)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
P	14.	7.5	10.5	19.1	10.4	8.0	6.8	12.7	24.4	23.4	8.71	13.9	13.32
(mm)	1			9	7	5	4	5	5			7	

(O.N.M, 2015)

Les précipitations moyennes annuelles de la région de Laghouat (2002-2014) varient entre 6.84 mm et 24.45 mm, où le mois le plus arrosé est septembre avec une pluviométrie de 24.45 mm et le mois le moins arrosé est juillet avec une pluviométrie de 6.84 mm. (Tableau 06).

### 1.5.3. Humidité

L'augmentation de l'humidité favorise le développement et la propagation des populations d'arthropodes vecteurs.

Les sites de reproduction et de développement qui consistent généralement en des endroits humides ou inondables se multiplient avec l'augmentation des précipitations (Toussaint *et al.*, 2006).

**Tableau 07:** Humidité moyenne mensuelle de la région de Laghouat (2002-2014)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
H	73.4	64.6	50.6	50.5	44.3	39.8	31.4	35.4	51.3	62	70.8	75.3	54.12
(%)													

(O.N.M, 2015)

## Chapitre 02: Présentation de la région d'étude

L'humidité moyenne annuelle de la région de Laghouat (2002-2014) est de 54.12 % avec une valeur maximale de 75.3 % en mois de décembre et une valeur minimale de 31.4 % en mois de juillet (Tableau 07).

### 1.5.4. Vent

Les vents puissants augmentent généralement la mortalité des insectes. Ils accélèrent leur dessiccation et empêchent le vol ainsi que la prise de repas sanguins. En revanche, les vents faibles à modérés contribuent à la dispersion des insectes (**Toussaint et al., 2006**).

**Tableau 08:** Vitesse de vent moyenne mensuelle de la région de Laghouat (2002-2014)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
V (m/s)	3.13	3.9 4	4.14	4.87	4.1	3.9 5	3.7 4	3.52	3.18	2.71	3.03	3.12	3.63

(O.N.M, 2015)

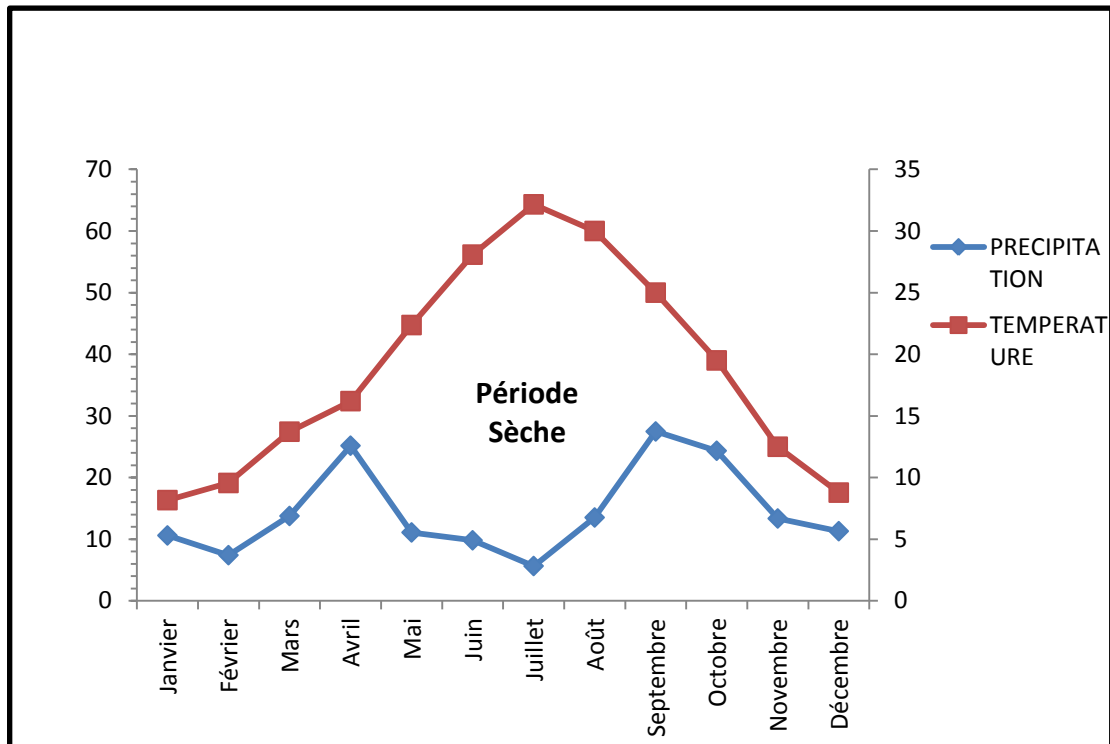
La vitesse moyenne annuelle de vent de la région de Laghouat (2002-2014) est de 3.63 m/s avec une valeur maximale de 4.87 m/s en mois d'avril et une valeur minimale de 2.71 m/s en mois d'octobre (Tableau 08).

## 1.6. La synthèse climatique

### - Indice xérothermique de Bagnouls et Gaussen (1957)

En fait, cet indice complète les diagrammes ombrothermiques qui montrent l'importance de la période sèche; un mois est considéré comme "sec" si la pluviosité P mm est égale ou inférieure au double de la température T °C ( $P \leq 2T$ ) (**Pouget, 1980**).

La région de Laghouat est caractérisée par une période sèche durant toute l'année (Figure 30).



**Figure 30:** Diagramme ombrothermique de Gausse de la région de Laghouat (2002-2014)

### 1.7. La faune

Selon les informations recueillis par la direction des services agricoles et la conservation des forêts de la wilaya de Laghouat (2008), on peut remarquer la dominance des ovins suivis par les caprin et les bovin puis les chevaux, il existe aussi les lièvres, les gerboises, les sangliers, les renards, les hérissons, les chacals et les fennecs ainsi que des oiseaux et des reptiles.

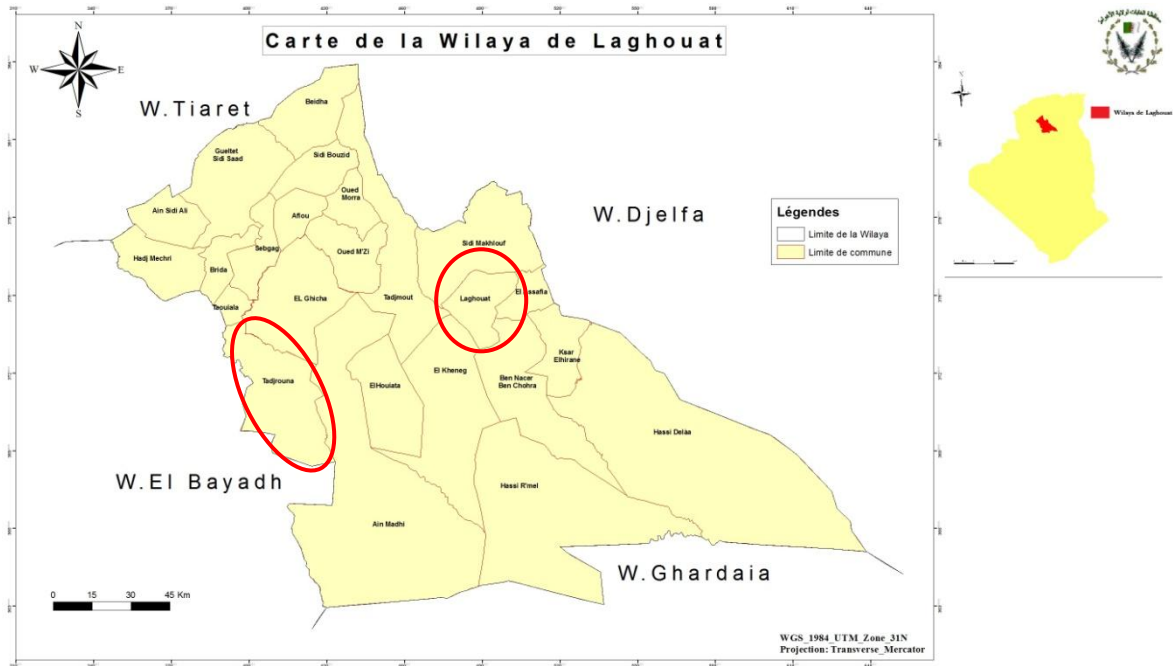
### 1.8. La flore

En Afrique du Nord, les steppes sont des formations basses et très ouvertes tapissées de graminées (*Stipa tenacissima*, *Stipa parviflora*, *Lygeum spartum*, etc.) et/ou de chamaephytes vivaces (*Artemisia herba alba*, *Artemisia campestris*, *Helianthemum hirtums sp*, *Ruficomum*, etc.) auxquels s'ajoute un cortège varié, souvent important, d'espèces annuelles (**Pouget, 1980**). Des formations azonales sont représentées par les espèces psammophiles et les espèces halophiles (**Nadjraoui et Bédrani, 2008**).

***Chapitre 03:***  
***Matériel et Méthodes***

### I- Choix et description des sites d'étude

Notre étude a été effectuée au sein de deux stations de la région de Laghouat, deux types de site sont retenus: un site urbain (au plein centre-ville), et un site rural (Lalmaya) (Figure 31).



**Figure 31:** Localisation des sites d'étude (C.D.F, 2017)

**Lalmaya:** C'est un site rural, de la ville Laghouat situé près de la commune Tadjrouna. 89 km à chef de wilaya.

**Laghouat:** Un site au plein centre de la faculté de médecine, l'université Ammar Telidji.

## II- Matériel biologique utilisé

### 2.1. Modèle biologique 1: Les culicidés

#### 2.1.1. Position systématique des culicidés, selon Meigen (1818)

**Règne:** Animal.

**Sous règne:** Métazoaires.

**Embranchement:** Arthropodes.

**Classe:** Insectes.

**Sous classe:** Ptérogotes.

**Infra classe:** Néoptères.

**Super ordre:** Mécoptéroïdes.

**Ordre:** Diptères.

**Sous ordre:** Nématocères.

**Famille:** Culicidae (Boubidi, 2008).



**Figure 32:** *Culiseta longiareolata* (Original, 2017)

### 2.2. Modèle biologique 2: La bactérie

#### 2.2.1. Position systématique de *Bacillus thuringiensis israelensis*, selon Berliner 1915

**Embranchement:** Firmicutes

**Sous embranchement:** Eubacterie

**Classe:** Bacilli

**Ordre:** Bacillales

**Famille:** Bacillaceae

**Genre:** Bacillus

**Espèce:** *Bacillus thuringiensis*

**Sous-espèce:** *Bacillus thuringiensis israelensis* (Mansouri, 2015).



**Figure 33:** Poudre de *Bti* (Original, 2017)

## Chapitre 03: Matériel et Méthodes

Afin d'étudier l'effet de la bactérie *Bacillus thuringiensis israelensis* sur les larves des Culicidés issues de différents gîtes de la ville de Laghouat. Nous avons effectué nos travaux sur les larves du quatrième stade larvaire des Culicidés.

On a divisé le travail en deux parties:

La première partie concernant la préparation de la solution de *Bacillus thuringiensis israelensis*, s'est déroulée au niveau de Laboratoire du département de la biologie de l'université de Laghouat.

La deuxième partie concerne l'activité de la bactérie *Bacillus thuringiensis israelensis* sur les larves de quatrième stade de *Culiseta longiareolata*.

### III- Méthodes d'étude des culicidés

#### 3.1. Choix des larves

Nous nous sommes intéressés à étudier:

- *Culiseta* du fait qu'il est responsable de la nuisance et le West-Nile des oiseaux.

#### 3.2. Les critères retenus pour le choix des gîtes

- Présence des gîtes étudiées au niveau de la wilaya de Laghouat.
- Présence d'une forte densité de larves de Culicidés dans le gîte.



**Figure 34:** Gîte de l'université de Laghouat (Original, 2017)



**Figure 35:** Gîte de Lalmaya (Original, 2017)

### 3.3. Echantillonnage des populations culicidiennes

Nos échantillonnages ont eu lieu durant les mois d'Avril et Mai 2017 en plusieurs fois par semaine. C'est une période qui coïncidé avec l'éclosion des œufs des Culicidés.

L'échantillonnage des larves se fait en utilisant la méthode de coup de louche (Bouabida et *al.*, 2012) "Dipping" (Messai et *al.*, 2011; Fofana et *al.*, 2010; Opoeye-Itoua et *al.*, 2012). Cette méthode consiste à plonger, en plusieurs endroits du gîte larvaire, une louche contenant un récipient d'une capacité connue (un litre) (Figure 35) (Messai et *al.*, 2011).



**Figure 36:** La méthode de coup de louche "Dipping" (Original, 2017)

### Chapitre 03: Matériel et Méthodes

---

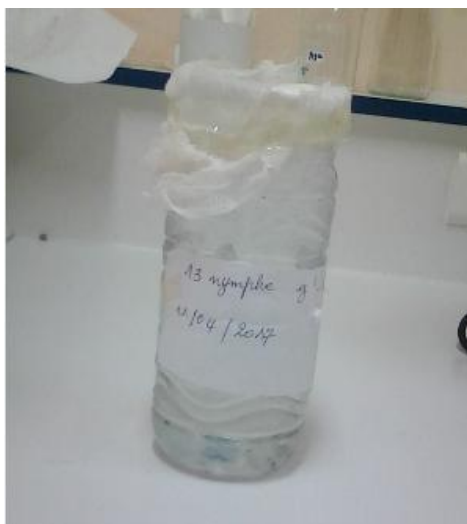
Le captureur de larves doit approcher lentement le gîte, car toute perturbation est susceptible de faire plonger les larves et les nymphes au fond du gîte et de les rendre inaccessibles. Le captureur de larves doit se positionner face au soleil, de sorte que son ombre ne balaie pas la surface du gîte. Si les larves et les nymphes plongent au fond du gîte, il est nécessaire de rester immobile jusqu'à ce qu'elles remontent à la surface. **(Williams et Pinto, 2012)**. Il plonge la louche doucement sous l'eau avec une inclinaison de 45° environ par rapport à la verticale et la retire d'un mouvement uniforme en évitant les remous, le contenu de la louche a été versé à chaque fois dans un récipient porte une étiquette indiquant le lieu et la date du prélèvement. Les spécimens collectés ont été transportés au laboratoire où règnent des conditions normales de température ambiante. Les larves du stade 1, 2 et 3 ont été séparées de celles des stades 4 et des nymphes à l'aide d'une pipette compte-gouttes.

Les larves regroupées sont élevées dans des récipients contenant de l'eau du gîte considéré et nourries avec les algues, jusqu'à quatrième stade larvaire. Ensuite, elles sont triées par espèce, dénombrées et déterminées (Figure 37).



**Figure 37:** Elevage des larves **(Original, 2017)**

Les pupes récoltées ont été mises en élevage dans l'eau des gîtes respectifs (Figure 28) jusqu'à l'émergence afin d'obtenir des adultes qui ont été également identifiés (Figure 38) **(Hamaidia, 2016)**.



**Figure 38:** Elevage des nymphes (Original, 2017)

Les nacelles récoltés ont été mise en élevage jusqu'à l'éclosion et l'atteindre des larves de quatrième stade (Figure 39).



**Figure 39:** Elevage des nacelles (Original, 2017)

### 3.4. Montage des lames et identification des larves (Voir annexe 02)

Seules les larves ayant atteint le quatrième stade font l'objet d'une identification fiable. Le montage proprement dit a pour but d'observer les spécimens sous microscope optique. Les larves subissent des bains de 48 heures dans la solution de NaOH à 10% (10 g de NaOH + 100 ml d'eau distillée) afin d'éclaircir les larves. Cette étape est suivie par trois bains successifs d'eau distillée. Puis on procède au montage entre lame et lamelle fixé par vernis d'ongle transparent avec une goutte de la glycérine. Cette microgoutte aide à évacuer les bulles d'air qui sont susceptibles de se former après sont

observées et identifiées sous microscope optique à l'aide d'un logiciel d'identification (Les Culicidae de l'Afrique méditerranéenne).

### 3.5. Montage des lames et identification des adultes (Voir annexe 03)

Les nymphes sont élevées dans des récipients contenant l'eau distillée et ferme avec des bouchons ouverts par des trous. Jusqu'à l'émergence, les adultes sont tués par le froid (24 h).

Avant de les monter, on les conserve dans des petits tubes secs contenant un produit conservateur (Silica gel) et un morceau de coton puis identifier sous la loupe binoculaire et l'identification est à l'aide d'un logiciel d'identification (Les Culicidae de l'Afrique méditerranéenne).

### IV- Préparation de la solution de *Bacillus thuringiensis israelensis*

La méthodologie des tests de toxicité a été inspirée de la technique des tests de sensibilité normalisés par l'Organisation Mondiale de la Santé, adopté pour tester la sensibilité des insecticides utilisés dans la lutte vis-à-vis les larves de moustiques.

La poudre de *Bacillus thuringiensis israelensis* qui on a été utilisée dans notre étude est provient de l'université de Annaba, elle est commercialisée sous le nom de (Vecto Bac).

Des solutions de *Bti* ont été préparées à partir de l'eau de gîte. Les concentrations sont 0.3mg/L, 0.5mg/L et 0.8mg/L (Figure 40).



**Figure 40:** Etapes de préparation de la solution de *Bti* (Original, 2017)

### V- Méthodes d'étude de l'effet larvicide de *Bti* sur *Culiseta longiareolata*

Des lots de 10 individus de *Culiseta longiareolata* L4 ont été met dans des boites d'une capacité de 250 ml à l'aide d'une pipette compte goutte. Puis ont été traités séparément par le *Bti* par différentes concentrations, 0.3 mg/L, 0.5 mg/L et 0.8 mg/L, Trois répétitions ont été utilisées, dont chacune associée à un témoin contenant 10 larves avec 100 ml d'eau de gîte.

Lors de l'expérimentation les larves sont nourries avec les algues pour la restauration de la transparence de l'eau (Figure 41).



**Figure 41:** Test de toxicité de *Bti* sur les larves de *Culiseta longiareolata* (Original, 2017)

Les larves ont été suivies chaque heure pendant 72 heures et les CL10, CL50 et CL90 après 24 heures de traitement.

### VI- Méthodes d'exploitations des résultats

Les résultats obtenus sur la toxicité de *Bti* sur les larves de quatrième stade de *Culiseta longiareolata* ont été traités par l'Excel.

*Chapitre 04:*  
*Résultats et*  
*Discussion*

## Chapitre 04: Résultats et discussions

Nous avons examiné tous les résultats obtenus durant la période qui s'est étendue du mois de mars au mois de mai 2017 pendant laquelle nous avons conduit des échantillonnages sur terrain et des expériences au laboratoire.

### I- Inventaire et identification des espèces rencontrés

La récolte des moustiques dans notre étude est basée sur l'échantillonnage des larves au niveau des gîtes dans les 2 sites de Laghouat (1 urbain et 1 rural). Les résultats obtenus dans le tableau 09.

**Tableau 09:** Liste des espèces de Culicidés inventoriées au cours de cette étude

Famille	Sous Famille	Genre	Référence	Espèce	Référence
Culicidae	Culicinae	Culiseta	Naveulemaire, 1902.	<i>Culiseta longiareolata</i>	Macquart, 1828.
	Anophelinae	Anopheles	Meigen, 1818.	<i>Anopheles labranchiae</i>	Falleroni 1926.

L'examen des Culicidés inventoriées dans les deux sites précédemment mentionnés durant les périodes d'échantillonnage, a permis de mettre en relief l'existence de deux espèces appartenant à deux sous-familles: Anophilinae et Culicinae.

Pour la sous-famille des Culicinae, nous avons recensé une seule espèce *Culiseta longiareolata* qui est présente à Lalmaya et aussi dans la fontaine située près de la faculté médecine à l'université Ammar Telidji.

Pour la sous-famille des Anophelinae, nous avons rencontré une seule espèce *Anopheles labranchiae* qui est présente à Lalmaya.

Dans le même cadre d'étude, **Djekidel et Ben bahaz (2016)** ont noté la présence de trois espèces appartenant à deux sous-familles: Anophilinae et Culicinae. *Anopheles surgentii surgentii* appartenant à la sous-famille des Anophelinae et *Culiseta longiareolata* et *Culex hortensis* qui appartiennent à la sous- famille des Culicinae.

Par contre, **Largat et Souahlia (2016)** ont notées la présence de neuf espèces. La sous-famille des Culicinae est représentée par quatre espèces, *Culex laticinctus*,

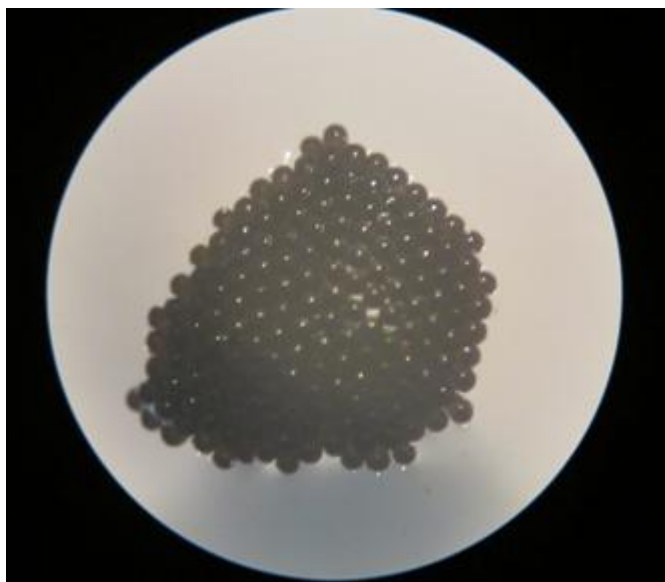
*Culex theileri*, *Culex hortensis* et *Culex antennatus*. Quand à la sous-famille des Anophilinae, elle est représentée par cinq espèces *Anopheles labranchiae*, *Anopheles cinereus*, *Anopheles dthali*, *Anopheles sergentii sergentii* et *Anopheles multicolor*.

Avant cela, **Madjdoub (2015)** a noté la présence de 11 espèces. La sous famille des Culicinae était représentée par 7 espèces réparties entre trois genres, celui de *Culiseta* avec *Culiseta annulata* et *Culiseta longiareolata* et le genre de *Culex* avec *Culex pipiens*, *Culex laticinctus*, *Culex theileri* et *Culex antennatus* et le genre *Aedes* avec une seule espèce *Aedes vexans*. Quant à la sous-famille des Anophilinae, elle était représentée par quatre espèces *Anopheles labranchiae*, *Anopheles cinereus*, *Anopheles dthali* et *Anopheles sergentii sergentii*.

### 1.1. Identification de l'espèce *Culiseta longiareolata*

#### 1.1.1. Identification des œufs

Les œufs de cette espèce sont solidarisés au moment de la ponte, ils forment ainsi une nacelle (**Brunhes et al., 1999**). Sous loupe binoculaire, on observe un nombre très important d'œufs pouvant atteindre 400 œufs par nacelle. Ils sont de couleur noire (Figure 42).



**Figure 42:** Nacelle de *Culiseta longiareolata* observée par loupe binoculaire (GX 20)  
(Original, 2017)

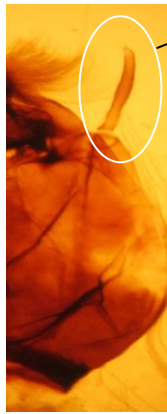
### 1.1.2. Identification des larves

L'espèce *Culiseta longiareolata* se trouve principalement dans des gîtes larvaires de types très variés (bassins, abreuvoirs, puits abandonnés, trous de rochers, rizières, canaux, etc.) mais l'eau y est toujours stagnante et généralement riche en matières organiques. Ces gîtes sont permanents ou temporaires, ombragés ou ensoleillés, remplis d'eau douce ou saumâtre, propre ou polluée. Un aussi large spectre de possibilités rend bien compte de la vaste répartition et de l'abondance de l'espèce (**Brunhes et al., 1999**).

En se basant sur le logiciel d'identification créé par **Brunhes et al.** en **1999**, la larve de *Culiseta longiareolata* est caractérisée par:

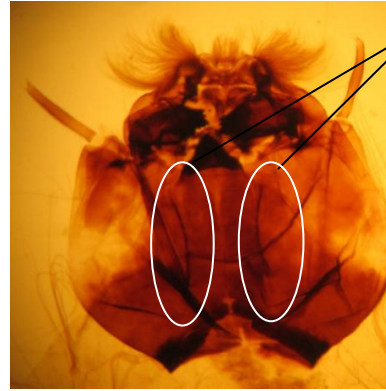
Tête: Antenne courte: ( $L=1/4$  de la longueur de la tête), suture hypostomale (suture maxillaire): complète ou nettement marquée, ornementation du tégument de l'antenne: lisse.

Abdomen: Plaques abdominales: absentes, disposition des épines du segment VIII en l'absence de plaque: en désordre, ornementation du siphon: avec peigne et 1 touffe basale (Figure 43).



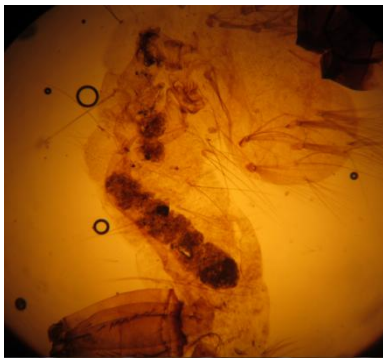
Antenne  
courte:  
( $L=1/4$  de  
la longueur  
de la tête)

(GX100)



Suture  
hypostomale  
(suture  
maxillaire):  
complète ou  
nettement  
marquée

(GX400)



Absence  
des plaques  
abdominale

(GX100)



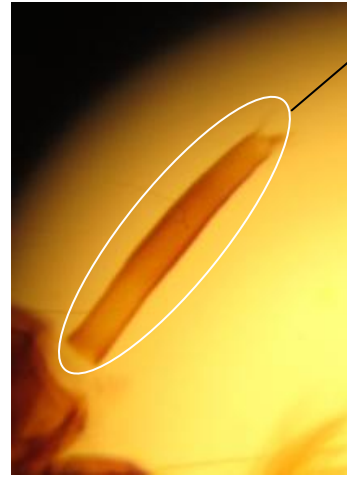
Disposition  
des épines du  
segment VIII  
en l'absence  
de plaque: en  
désordre

(GX100)



Ornementation  
du siphon:  
avec peigne et  
1 touffe  
basale.

(GX100)



Ornementation  
du tégument de  
l'antenne:  
lisse.

(GX400)

**Figure 43:** Critères d'identification de la larve de *Culiseta longiareolata* observés par microscope optique (Original, 2017)

### 1.1.3. Identification des adultes

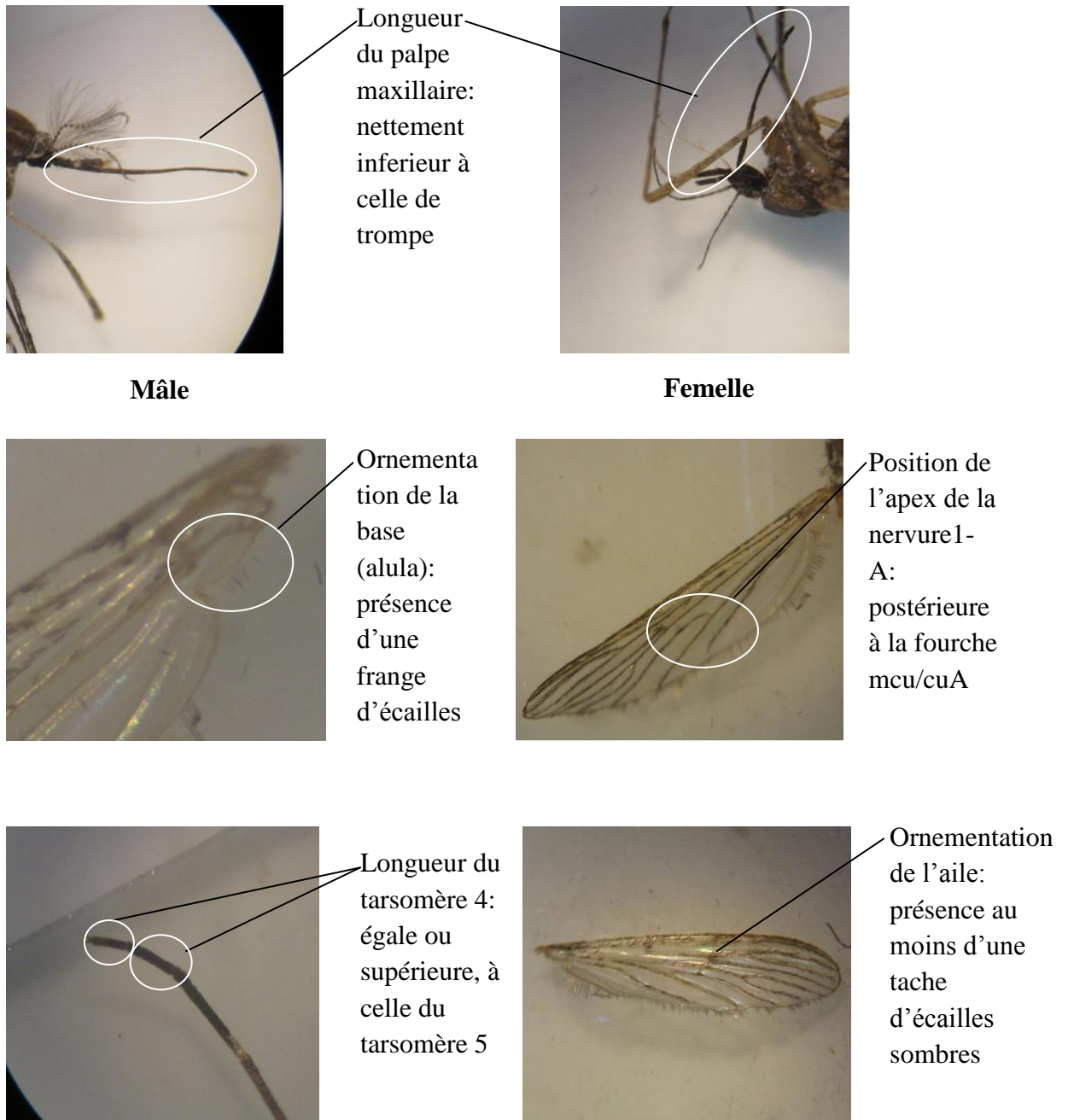
*Culiseta longiareolata* est une espèce à large répartition. Elle est très commune dans toute l'Afrique méditerranéenne.

Les adultes sont présents toute l'année avec un maximum de densité au printemps et un autre en automne. Les femelles piquent les oiseaux; elles pénètrent très rarement dans les maisons.

*Culiseta longiareolata* ne pique pas l'homme et son rôle de vecteur de parasitoses humaines ne peut être que des plus réduits (**Brunhes et al., 1999**).

L'adulte de *Culiseta longiareolata* est caractérisé par:

- **Tête:** Longueur du palpe maxillaire: nettement inférieur à celle de trompe.
- **Thorax:** Ornementation de l'aile: présence au moins d'une tache d'écailles sombres, ornementation du scutum: 3 bandes longitudinales.
- **Aile:** Ornementation de la base (alula): présence d'une frange d'écailles, position de l'apex de la nervure 1-A: postérieure à la fourche mcu/cuA.
- **Patte I:** Longueur du tarsomère 4: égale ou supérieure, à celle du tarsomère 5, patte I-II: Longueurs relatives du tarsomère 1: plus grand que les 4 autres réunis (Figure 44).



**Figure 44:** Critères d'identification de l'adulte de *Culiseta longiareolata* observés par loupe binoculaire (GX20) (Original, 2017)

## 1.2. Identification de l'espèce *Anopheles labranchiae*

### 1.2.1. Identification des larves

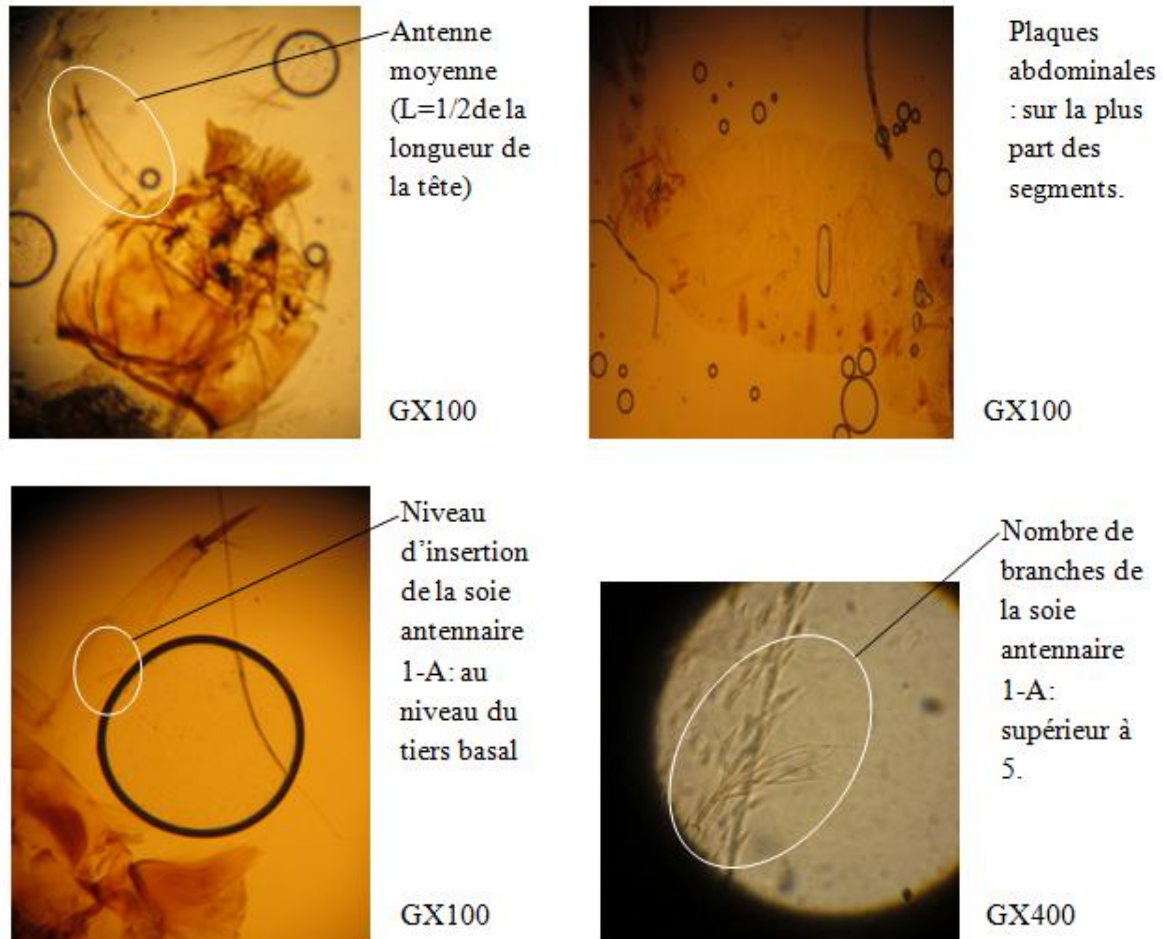
Les gîtes larvaires sont des plus variés (mares, rivières, canaux, bassins, rizières, creux d'arbres, etc.), ils généralement ensoleillés, l'eau peut être douce ou légèrement saumâtre, mais toujours exposée au soleil (Brunhes et al., 1999).

## Chapitre 04: Résultats et discussions

La larve de l'*Anopheles labranchiae* est caractérisée par:

Tête: Longueur de l'antenne: antenne moyenne ( $L=1/2$  de la longueur de la tête), niveau d'insertion de la soie antennaire 1-A: au niveau du tiers basal, nombre de branches de la soie antennaire 1-A: supérieur à 5.

Abdomen: plaques abdominales: sur la plus part des segments (Figure 45).



**Figure 45:** Critères d'identification de la larve d'*Anopheles labranchiae* observés par microscope optique (Original, 2017)

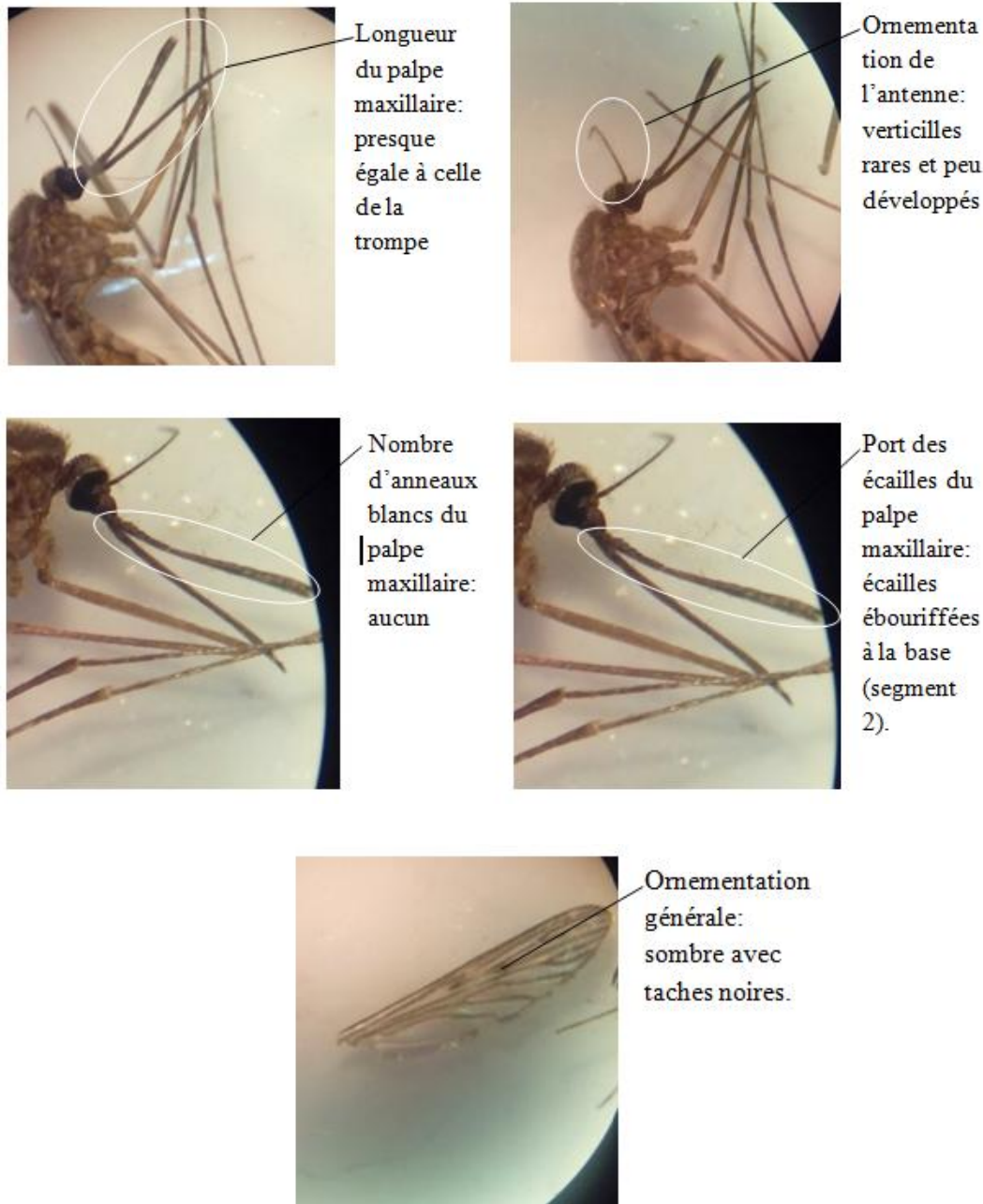
### 1.2.2. Identification des adultes

Les femelles, essentiellement endophiles, sont aussitôt anthropophiles. On peut trouver des adultes au repos dans les anfractuosités de rochers ou dans les haies de roseaux. L'hiver est passé à l'état adulte et les femelles pondent dès les premiers beaux jours (Brunhes et al., 1999).

## Chapitre 04: Résultats et discussions

L'adulte de *Anopheles labranchiae* est caractérisée par:

- Tête: Longueur du palpe maxillaire: presque égale à celle de la trompe, ornementation de l'antenne: verticilles rares et peu développés, nombre d'anneaux blancs du palpe maxillaire: aucun, port des écailles du palpe maxillaire: écailles ébouriffées à la base (segment 2).
- Aile: ornementation générale: sombre avec taches noires (Figure 46).



**Figure 46:** Critères d'identification de *Anopheles labranchiae* observés par loupe binoculaire (GX 20) (Original, 2017)

### II. Résultat du test de *Bacillus thuringiensis israelensis* sur les larves de *Culiseta longiareolata*

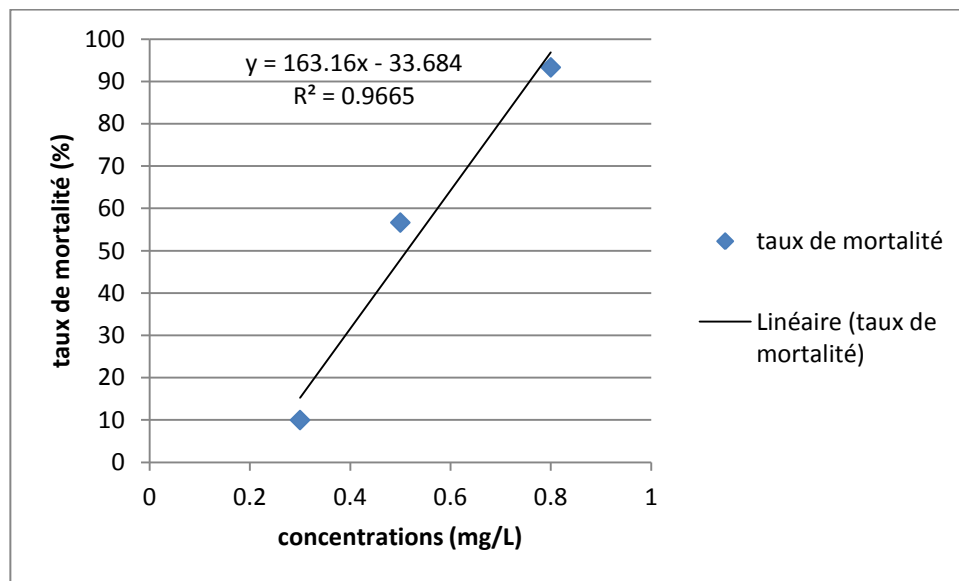
Après avoir traité les larves du quatrième stade de l'espèce *Culiseta longiareolata* par la solution de *Bti* à différentes concentrations (0.3 mg/L, 0.5 mg/L, 0.8 mg/L), les taux de mortalité ont été enregistré chaque heure pendant 72 heures.

#### 2.1. Détermination des concentrations létales

Afin de déterminer les concentrations suivantes :

- CL10 : concentration létale pour 10% de l'effectif
- CL50 : concentration létale pour 50% de l'effectif
- CL90 : concentration létale pour 90% de l'effectif

Nous avons tracés une courbe linéaire de régression qui passe par les points correspondant aux taux de mortalité cumulés après 24 heures de traitement. Et ce, pour les concentrations 0.3 mg/L, 0.5 mg/L et 0.8 mg/l (Figure 47).



**Figure 47:** Droite de régression de taux de mortalité (%) en fonction des concentrations (mg/L) pendant 24h

Les concentrations létales CL10, CL50 et CL90 ont été déterminées à partir de l'équation de régression linéaire  $y=163158x - 33.684$  où: le coefficient de détermination:  $R^2= 0.9665$  et:

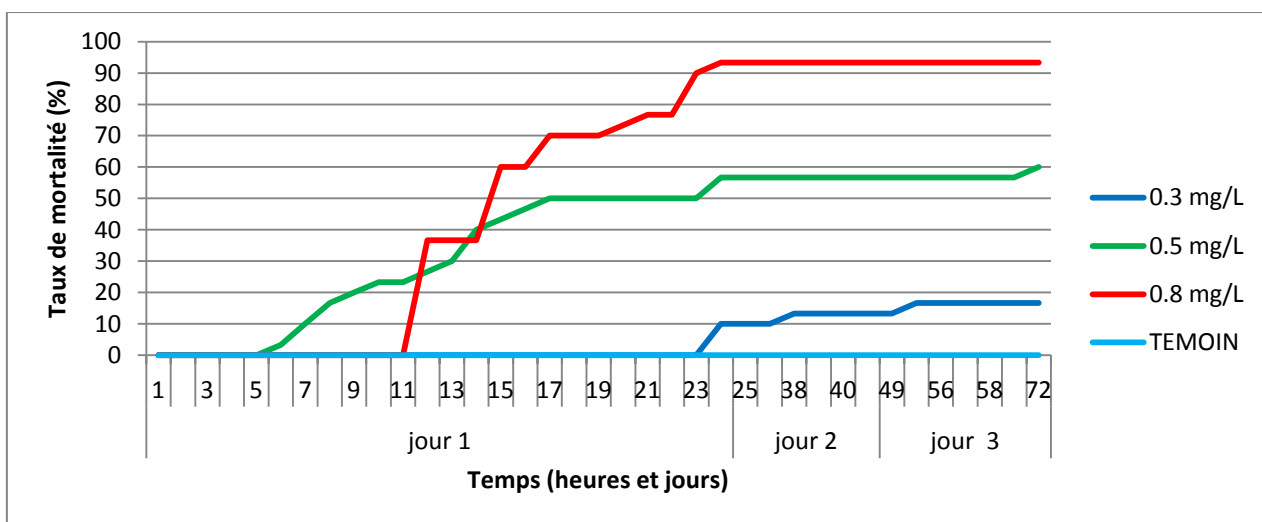
- y : Taux de mortalité recherchés (10%, 50% ou 90%)
- x: La concentration létale (CL10, CL50 ou CL90).

Les concentrations létales calculées sont les suivantes :

- CL10 = 0.27 mg/L
- CL50 = 0.51 mg/L
- CL90 = 0.76 mg/L

### 2.2. Variation temporelle des taux de mortalité

Les variations des taux de mortalité en fonction du temps et des concentrations du *Bti* sont représentées graphiquement dans la figure 48.



**Figure 48:** Courbe de taux de mortalité (%) en fonctions de temps (heures et jours)

Nous remarquons que la concentration de *Bti* la plus faible (0.3 mg/L) n'a aucun effet sur les larves jusqu'à la 24<sup>ème</sup> heure où on a enregistré la mort de 10% de l'effectif étudié. Ce taux n'a augmenté que très légèrement pour atteindre un maximum 16.67% à partir de la 55<sup>ème</sup> heure. Par contre, la concentration de 0.5 mg/L de *Bti* a causé la mortalité de 50% des larves après 17 heures de traitement uniquement. Le taux de mortalité des larves a légèrement augmenté durant le reste de l'expérience pour arriver à 60% à la 72<sup>ème</sup> heure. Cependant, nous avons pu enregistrer un taux de mortalité de 36.66% après 12 heures d'exposition à la concentration la plus forte (0.8 mg/L). A la 24<sup>ème</sup> heure de l'expérience, 93.33% des larves sont mortes. Ce taux n'a pas augmenté et est resté stable jusqu'à la fin de l'expérience.

## Chapitre 04: Résultats et discussions

---

D'après les résultats obtenus, nous avons remarqué que les larves de *Culiseta longiareolata* se trouvant dans la boîte témoin n'ont enregistré aucune mortalité, sachant que nous avons gardé cette boîte avec les larves 72h. L'absence de mortalité au niveau du témoin montre que notre test reste fiable pour l'étude de l'effet insecticide de *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*).

Une étude similaire effectuée par **Tahraoui (2012)**, mais sur les larves L4 de *Culex pipiens* en utilisant des concentrations de 6.25 ; 12.5 et 25 mg/L. Les mortalités enregistrées dans différentes concentrations montrent une activité larvicide et la mortalité atteint plus de 50% pour la dose la plus forte (25 mg/l).

Selon **Balam (2010)**; La sensibilité des larves de moustiques au *Bacillus thuringiensis* sérotype H 14 varie selon l'âge, c'est-à-dire que plus les larves sont jeunes plus elles sont sensibles à la toxine du *Bacillus*. Les larves de stade L4 ne se nourrissent que très peu, car elles commencent la nymphose. Les nymphes sont totalement insensibles aux cristaux de *Bti* puis qu'elles ne s'alimentent pas.

Ce même auteur confirme que la différence de sensibilité, est influencée par genre de moustique. En effet, les larves de *Culex* sont les plus susceptibles, les larves d'*Aedes* et d'*Ochlerotatus* sont autant ou légèrement moins susceptibles et les larves d'*Anopheles* sont les plus résistantes lorsqu'elles sont exposées à la même quantité de cristaux de *Bti*. La température est aussi un paramètre qui influence sur l'efficacité du *Bti*. Une baisse de températures se traduit par une baisse de toxicité des cristaux de *Bti*, Cette baisse de toxicité est imputable à une réduction de l'activité métabolique, réduction de l'ingestion et de l'activité enzymatique.

# *Conclusion*

## Conclusion et Perspectives

---

Les moustiques sont sources de nuisances et vecteurs d'agents pathogènes pour l'homme et les animaux. Leurs effets sont perceptibles non seulement sur la santé mais également sur le développement socio-économique des pays touchés, aussi bien par la morbidité que par la mortalité qu'elles entraînent chez l'homme et les animaux.

La lutte contre les moustiques a toujours été une préoccupation majeure pour se protéger contre l'agression de ces insectes hématophages. C'est un outil essentiel de la prévention contre les maladies à vecteurs et de contrôle des insectes nuisibles.

Depuis quelques années, l'augmentation des cas de résistance aux insecticides chimiques et les effets néfastes sur les espèces non cibles ont conduit à la recherche de nouvelles solutions de lutte contre les insectes vecteurs de maladies.

Notre travail vient dans le cadre d'une étude de la lutte biologique, afin de démontrer l'effet toxique d'un bio-insecticide. Ce travail vise à évaluer l'efficacité de *Bacillus thuringiensis israelensis* sur les larves du quatrième stade de *Culiseta longiareolata*.

Nous avons préparés la solution de *Bacillus thuringiensis israelensis* à différentes concentrations et nous avons appliqués sur l'espèce de *Culiseta longiareolata* (vecteur de West Nile).

Au terme de ce travail, nous pouvons conclure que le *Bacillus thuringiensis israelensis* a une activité insecticide évidente sur les larves de *Culiseta longiareolata* avec une mortalité élevée en particulier pour la concentrations la plus forte 0.8 mg/L et provoqué une mortalité de 93.33% de l'effectif.

En perspectives, pour une meilleure poursuite de cette étude, il serait souhaitable d'étudier d'une façon approfondie le mode d'action de cette bactérie au niveau du corps de ces insectes. Cette étude va permettre de produire des insecticides spécifiques, efficaces et est peu pathogène pour l'homme et les animaux. Il serait intéressant en tester le *Bacillus thuringiensis israelensis* sur des autres espèces de moustiques, et effectuer les mêmes essais sur des stades larvaires jeunes.

*Références  
bibliographiques*

## Références bibliographiques

---

- **Aissaoui, L.** (2014). Etude écophysiologique et systématique des Culicidae dans la région de Tébessa et lutte biologique. Thèse de doctorat en Biologie Animale. Université Badji Mokhtar. Annaba. 187p.
- **Alaoui Boukhris, M.** (2009). Activités larvicides des extraits de plantes sur les larves de moustiques vecteurs de maladies parasitaires. Mémoire de Master en sciences et techniques. 77p.
- **Alayat, M. S.** (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. Mémoire de Magistère en biologie environnementale. Université Badji Mokhtar. Annaba. 116p.
- **ANDI: Agence Nationale de Développement de l'Investissement** (2013). Wilaya de Laghouat. 20p.
- **ANIREF: Agence Nationale d'intermédiation et de régulation foncière** (2011). Monographie de la wilaya de LAGHOUAT. 6p.
- **ANSES: Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et de travail** (2013). Les résistances aux insecticides, antiparasitaires, antibiotiques. 80p.
- **Auger, P.** (2015). Activité anti-cancéreuse d'un parasporine de *Bacillus thuringiensis* 4R2. Université du Québec à Trois-Rivières. 95p.
- **Balam, M. M.** (2010). Utilisation du *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) dans le cadre du contrôle des vecteurs du paludisme en milieu rural de Banambani et de N'Gbakoro droit au MALI. Thèse de Pharmacie. Université de Bamako. 89p.
- **Bawin, T., Seye, L. F., Boukraa, S., Zimmer, J. Y., Delvigne, F et Francis, F.** (2014). La lutte contre les moustiques (Diptera: Culicidae): diversité des approches et application du contrôle biologique. Can. Entomol. Vol: 00; 1-25.
- **Beegle, C.C et Yamamoto, T.** (1992). Invitation paper (C.P.A alexander Fun): History of *Bacillus thuringiensis* barliner research and development. Entomol. Vol:142; 587-616.
- **Belayadi, K.** (2010). Caractérisation des peuplements de culicidés ornithophiles, mammophiles et anthropophiles responsables de la transmission de maladies au niveau des régions lacustres du Parc National d'El-Kala. Mémoire de Magister en Sciences de la Mer. Université Badji Mokhtar. Annaba. 129p.

## Références bibliographiques

---

- **Ben malek, L.** (2010). Etude bioécologique des Culicidae des zones urbaines et rurales de l'extrême Nord-Est Algérien. Lutte bactériologique par le *Bacillus thuringiensis israelensis* sérotype H14 à l'égard des adultes femelles et des larves néonates d'*Anopheles maculipennis labranchiae*. Mémoire de Magister en Ecologie Animale. Université Badji Mokhtar. Annaba. 135p.
- **Benhissen, S., Habbachi, W., Masna, F., Mecheri, H., Ouakid M. L et Bairi, A.** (2014). Inventaire Des Culicidae Des Zones Arides: Cas Des Oasis d'Ouled-Djellal (Biskra; Algérie). Revue ElWahat pour les Recherches et les Etudes. Vol: 7 n° 2; 86-91.
- **Berchi, S.** (2000). Bioécologie de *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de luttés. Thèse de Doctorat en Science. Université de Constantine, Algérie. 133p.
- **Bérenger, J. M.** (2013). Prophylaxie des maladies à transmission vectorielle. 115p.
- **Berrak, H. (2009).** Inventaire des moustiques et des hydracariens dans le lac des oiseaux: lutte biologique. Magistère en écologie animale. Université Annaba.
- **Blanchard, R.** (1905). Les moustiques Histoire naturelle et médicale. 702p.
- **Bouabida, H., Djebbar, F et Soltani, N.** (2012). Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). Entomol. faun. Vol: 65; 99-103.
- **Boubidi, S. C.** (2008). Morphologie et Bio-systématique des Culicidés. Unité d'Entomologie Médicale. Service d'Eco-Epidémiologie Parasitaire. Institut Pasteur d'Algérie.
- **Boukneft, F.** (2006). Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera: Psychodidae) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera: Culicidae) dans la région de Skikda. Mémoire de Magister en Entomologie. Université Mentouri Constantine. 190p.
- **Bourassa, J. P.** (2000). Le Moustique: par solidarité écologique. Ed. Boréal. Montréal. 237p.
- **Boyer, S.** (2006). Résistance Métabolique des Larves de Moustiques aux Insecticides: Conséquences Environnementales. Thèse de Doctorat en Biologie, Université Joseph Fourier-Grenoble I. 79p.
- **Bravo, A., Gill, S. S., Soberon, M.** (2007). Mode of action of *Bacillus thuringiensis* toxins and their potential for insect control. Toxicon. Vol: 49; 423-35.

## Références bibliographiques

---

- **Brunhes, J., Rhaim, A., Geoffroy, B., Angel, G., Hervey, J-P., Hassaïne, K., Fossati, O., D'Amico, F., Villepoux, J., Mires, S et Breuil, F.** (1999). Les culicidae de l'Afrique méditerranéenne un programme d'identification et d'enseignement. IRD.
- **Callot, J.** (1946). Les papilles anales des larves de culicidés dans les conditions naturelles et expérimentales. Bull. Soc.Path. Exot. Vol: 39; 201-202.
- **Carnevale, P., Robert, V., Manguin, S., Corbel, V., Fontenille, D., Garros, C., Rogier, C.** (2009). Les anophèles Biologie, transmission du *Plasmodium* et lutte antivectorielle. Ed. IRD. Marseille. 393p.
- **Carozzi, N. B., Kramer, V. C., Warren, G. W., Evola, S. and Koziel M. G.** (1991). Prediction of insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* strains by polymerase chain reaction product profiles. Applied and Environmental Microbiology. Vol: 57; 3057-3061.
- **CDF**, (2017).
- **CDF: Conservations des Forêts** (2008). Inventaire de principales espèces floristique et faunistique dans la wilaya de Laghouat.
- **Cochet, A et Moussion, I.** (2013). Maladies à transmission vectorielle et leur prévention dans le sud de la France. 4p.
- **Coldrey, J. et Bernard, G.** (1990). Le moustique. Ed. École Active. Montréal, 25 p.
- **CRSTRA: Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides** (2013). Effets de la mise en repos sur les caractéristiques floristiques et pastorale des parcours steppiques de la région de Laghouat (Algérie). 12p.
- **D.P.A.T: Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire** (2010). Présentation de La Wilaya de Laghouat .Source: monographie. 7p.
- **D.S.A: Direction des Services Agronomiques** (2017).
- **Damiens, D., Martin, G., Deswattines, P et Hance, T.** (2011). Toxicité et rémanence d'une nouvelle formulation du *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* sur les larves de *Culex pipiens* L. et *Aedes geniculatus* (Oliver) (Diptera: Culicidae) en eaux usées. Entomol. faun. Vol: 63 n° 3; 157-163.
- **Darriet, F.** (1998). La lutte contre les moustiques nuisants et vecteurs de maladies. Ed. Karthala-Orstom. Paris. 124p.
- **Deravel, J., Krier, F et Jacques, P.** (2014). Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). Biotechnol. Agron. Soc. Environ. Vol:18 n° 2; 220-232.

## Références bibliographiques

---

- **Djekidel, F et Ben bahaz, N.** (2016). Effet de trois plantes médicinales à l'égard de trois espèces des Culicidés dans la région de Laghouat. Mémoire de Master en Parasitologie et interactions négatives. Université Amar Telidji. Laghouat. 110p.
- **Duchauffour, P.** (1976). Atlas écologique des sols do monde. Ed. Masson, Paris, 178p.
- **Duong, V., Vong, S., Buchy, P.** (2009). Dengue et autres arboviroses en Asie du Sud-Est. Revue de Médecine Tropicale. Vol: 69; 339-344.
- **EID: Entente InterDépartementale pour la démoustication** (2014). Entente Interdépartementale Rhône-Alpes pour la Démoustication. 20p.
- **El joubari, M., Louah, A., Himmi, O.** (2014). Les moustiques (Diptera, Culicidae) des marais de Smir (nord-ouest du Maroc): inventaire et biotypologie. Vol: 107; 48-59.
- **Faurie, C., Ferra, C., Médori, P., Dévaux, J et Hemptinne, J. L.** (2003). Ecologie scientifique et pratique. 5<sup>ème</sup> éd. Paris: TEC et DOC. 407p.
- **Fofana, D., Konan, K. L., Djohan, V., Konan, Y. L., Koné, A. B., Doannio, J. M. C et N'goran, K. E.** (2010). Diversité spécifique et nuisance culicidienne dans les villages de N'gatty et d'Allaba en milieu côtier lagunaire de Côte-d'Ivoire. Bull. Soc. Pathol. Exot. Vol: 103; 333-339.
- **Fouet, C.** (2010). Polymorphisme chromosomique et adaptation à l'aridité chez *Anopheles gambiae sensu stricto*. Thèse de Doctorat vétérinaire .Ecole nationale vétérinaire d'Alfort. 66p.
- **Galli-Valerio, B et Rochaz-de Jongh, J.** (1906). Manuel pour la lutte contre les moustiques. 250p.
- **Gilbert Jauffret, M.** (2009). L'usage du *Bti* pour la démoustication en Camargue. 12p.
- **Goislard, C.** (2012). Les Répulsifs anti-moustiques à l'officine. Thèse de Doctrat en pharmacie. Université Angers. 121p.
- **Guèye, A.** (2013). Techniques de capture et d'identification des moustiques (Diptera: Culicidae) vecteurs de la fièvre de la vallée du Rift. 32p.
- **Hamaidia, K., Tine-Djebbar, F., Soltani, N.** (2016). Faune culicidienne de la région de Souk-Ahras (Nord-Est Algérie). Répartition spatio-temporelle et corrélation avec les facteurs du milieu. Verlag EUE. 90p.
- **Haupt, J et H.** (1998). Guide des mouches et des moustiques. L'identification des espèces européennes. 352p.

## Références bibliographiques

---

- **Helgason, E., Okstad, O.A., Caugant, D.A., Johansen, H.A., Fouet, A., Mock, M., Hegna, I., Kolsto, A.B.** (2000). *Bacillus anthracis, Bacillus cereus, and Bacillus thuringiensis*- one species on the basis of genetic events. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol : 66; 2627-2630.
- **Himmi, O.** (2007). Les culicidés (insectes, diptères) du Maroc : Systématique, écologie et études épidémiologiques pilotes. Thèse de doctorat d'état en Ecologie. Université Mohammed V-Agdal. 363p.
- **Hubalek et Halouzka.** (1999). West Nile virus fever: a re-emerging mosquito-borne viral disease in Europe. *Emerging Infectious Diseases*. Vol: 39; 113-120.
- **IFMT-MS.** (2006). La Fièvre Dengue: une maladie émergente. 70p.
- **IFMT-MS: Institut de la Francophonie pour la Médecine Tropicale-Ministère de Santé.** (2007). Moustiques vecteurs: généralités. *Paludisme-Entomol*. 21p.
- **INPES: Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé et Ministère en charge de la santé** (2008). Dossier spécial: Chikungunya, points sur les connaissances et la conduite à tenir (document réservé aux professionnels de santé). 23p.
- **Joung, K.B et Charles, J.** (2000). Une analyse des incidences environnementales de l'insecticide microbien *Bacillus thuringiensis*. 17p.
- **Lacoursière, J. O et Boisvert, J.** (2004). *Le Bacillus thuringiensis israelensis* et le contrôle des insectes piqueurs au Québec, Québec, ministère de l'Environnement document préparé par l'Université du Québec à Trois-Rivières pour le ministère de l'Environnement du Québec. 101p.
- **Largat, M et Souahlia, M.** (2016). Utilisation des bio-insecticides (macro-algues) dans la lutte contre les culicidae dans la région de Laghouat (Lalmaya). Mémoire de Master en Parasitologie et interactions négatives. Université Amar Telidji. Laghouat. 98p.
- **Leblanc, M.** (2003). Effets des différentes stratégies et prétraitements des biosolides municipaux sur la croissance, la sporulation et l'entomotoxicité de *Bucillus thuringierrsis var. kurstaki* Baccalauréat en Microbiologie. Mémoire en Sciences de l'eau. Université du Québec.
- **Lefort, F.** (2010). Lutte biologique et lutte microbiologique: des concepts anciens pour des méthodes de lutte modernes? 57p.

## Références bibliographiques

---

- **Lensen, A., Bril, A., Van De Vegte, M., Van Gemert, G. J., Eling, W., Sauerwein, R.** (1999). Plasmodium falciparum: Infectivity of Cultured, Synchronized Gametocytes to Mosquitoes. *Experimental Parasitology*. Vol: 91 n°1; 101-103.
- **Lienard, C.** (1999). Toxines de *Bacillus thuringiensis* et plantes génétiquement modifiées: lutte contre les insectes ravageurs. Université Claude Bernard Lyon I.
- **Liu, C.M et Tzeng, Y.M.** (2000). Characterization study of the sporulation kinetics of *Bacillus thuringiensis*. *Biotechnology and Bioengineering*. Vol: 68; 11-17.
- **Lounaci, Z.** (2003). Biosystématique et bioécologie des Culicidae (Diptera-Nématocera) en milieu rural et agricole. Thèse de Magister. INA. Université d'El Harrach.
- **Mansouri, M.** (2015). Inventaire des Hydrachnidia au Nord-Est Algérien et dosage de la GST au niveau du Lac des Oiseaux. Toxicité de biocides: Le *Bacillus thuringiensis israelensis* et des extraits aqueux végétaux sur les espèces. Thèse de Doctorat en biologie animale environnementale. Université Badji Mokhtar. Annaba. 201p.
- **Marc, I., Chibani, A., Alemad, A., Alkhali, A., Belala, A., Hadji, M., Belghyti, D et El kharrim, K.** (2016). Etude écologique et entomologique des culicidés larvaires des gîtes de la province de Kenitra (Maroc). *European Scientific Journal*. Vol:12 n°32; 398-409.
- **Margot, P.** (2010). Evolution de la résistance au bactério-insecticide *Bti* chez les moustiques. Thèse de doctorat en biologie. Université Joseph Fourier-Grenoble I. 237p.
- **Matille, L.** (1993). Les diptères d'Europe occidentale. Introduction, technique d'étude et morphologie. Nématocères, Brachycères, Orthoraphes et Aschizes. Ed. Boubée. T1. Paris. 439p.
- **Mc Gavin, G.** (2000). Insectes, araignées et autres arthropodes terrestres. 600 espèces photographiées et décrites. 136p.
- **Medjdoub, T.** (2015). Etudes Systématique et Bioécologique des culicidés des zones rurales et urbaines de la région de Laghouat. Mémoire de Master en écologie et environnement. Université Amar Telidji. Laghouat.
- **Messai, N., Berchi, S., Boulknaf, F et Louadi, K.** (2011). Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomol. faun.* Vol: 63 n° 3; 203-206.
- **Moiroux, N.** (2012). Modélisation du risque d'exposition aux moustiques vecteurs de Plasmodium spp dans un contexte de lutte anti-vectorielle. *Ecologie, Environnement*. Université Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc. Français.

## Références bibliographiques

---

- **Ndao, A.** (2014). Mise à l'échelle de la production de biopesticide *Bacillus thuringiensis var kurstaki* avec comme substrat des eaux usées d'amidon. Mémoire présenté pour l'obtention du grade Maître ès sciences, Sciences de l'eau et de l'environnement. Université du Québec. 98p.
- **Nedjraoui, D et Bédrani, S.** (2008). La désertification dans les steppes algériennes: causes, impacts et actions de lutte. Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement. Vol: 8 n° 1: 1-15.
- **O.N.M: Office National de Météorologie de Laghouat** (2015).
- **Olejnik, E.** (1952). « Infectious adenitis transmitted by *Culex molestus* ». Bull Res Counc Isr. Vol: 2; 1-210.
- **OMS.** (1973). Lutte antivectorielle en santé internationale. Genève, 156 p.
- **OMS.** (1999). La lutte antivectorielle-Méthodes à usage individuel et communautaire - Sous la direction de Jan A. Rozendaal (OMS, 1999). 540p.
- **OMS.** (2014). Entomologie du paludisme et lutte antivectorielle. Guide du participant. 200p.
- **OMS.** (2015). La filariose lymphatique: entomologie pratique: manuel à l'intention des programmes nationaux. 107p.
- **OMS.** (2015). Stratégie technique mondiale de lutte contre le paludisme.
- **OMS: Organisation Mondiale de la Santé.** (2003). Entomologie du paludisme et contrôle des vecteurs. Guide du Stagiaire.
- **Opoye-Itoua., Mamonekene, V., Malonga, A-B-H., Ngalla-Yatere, N., Olloy, A et Vouldibio, J.** (2012). Stades aquatiques pré-imaginaux des moustiques de Brazzaville: méthodes de prélèvement et d'élevage. Ann. Univ. M. NGOUABI. Vol: 12-13 n° 4; 108-124.
- **Pages, F., Orlandi-Pradines, E et Corbel, V.** (2007). Vecteurs du paludisme: biologie, diversité, contrôle et protection individuelle. Médecine et maladies infectieuses. Vol: 37; 153-161.
- **Pautou, G., Girel, J., Pautou, M. P. et Gruffaz, R.** (1995). Hydrologie, paludisme et démoustication. L'exemple de la région Rhône-Alpes. Revue de Géographie Alpine. Vol: 1; 33-52.
- **Pouget, M.** (1980). Les relations sol-végétation dans la steppe sud algéroise. Ed. ORSTOM. Paris. 569p.

## Références bibliographiques

---

- **Rahbani, J.** (2015). Optimisation, étude de la cinétique et dimensionnement de la production des biopesticides à base de souche de *Bacillus thuringiensis* isolées du sol Libanais. Thèse de doctorat en Génie des Procédés et de l'Environnement. Université de Toulouse. 234p.
- **Rioux, J. A.** (1958). Les Culicidae du "Midi " méditerranéen. Étude systématique et écologique. Ed. Paul l chevalier, Paris: 301p.
- **Rodhain, F et Perez. C.** (1985). Précis d'Entomologie Médicale et Vétérinaire. Maloine. 114p.
- **Rodhain, F.** (2015). Les insectes comme vecteurs: systématique et biologie. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz. Vol: 34 n° 1; 67-82.
- **Santé Canada.** (2003). Lutte efficace contre les moustiques à la maison. 2p.
- **Schaffner, F.** (2004). Les culicidés. Université Bordeaux et Montpellier II. 6p.
- **Séguy, E.** (1931). Les moustiques. Biologie et nouvelles méthodes de destruction. 10p.
- **Sellami, S., Tounsi, S. et Jamousi, K.** (2015). *Bacillus thuringiensis*: un biopesticide environnemental (Synthèse Bibliographique). Centre de Biotechnologie de Sfax, Laboratoire des Biopesticides, B .P. "1177" 3018. Sfax,Tunisie. n° 7: 25-42.
- **Serradj, N.** (2010). Etude comparative de deux molécules, le méthoxyfinozide (RH-2485) et le *Bacillus thuringiensis var. israelensis* (*Vecto Bac W.D .G 3000 UTI/mg*) à l'égard des larves de *Culiseta morsitans*: Aspects toxicologiques et le potentiel reproducteur. Mémoire de Magistère en biologie et physiologie animal. Université Badji Mokhtar. Annaba. 73p.
- **Siengre, G.** (1974). Contribution à l'étude physiologique d'*Aedes (Ochlerotatus) caspius* (pallas, 1771) (Nematocera, Culicidae). Ecllosion, dormance, développement, fertilité. Thèse d'état Science. Université du languedoc. 285p.
- **Simon, F et Javelle, E.** (2014). Chikungunya. 124p.
- **SMV: Société de Médecine des Voyages et SFP: Société Française de Parasitologie, Société de Médecine des Voyages et Société Française de Parasitologie.** (2010). Recommandations de bonne pratique-Texte court: « protection personnelle anti-vectorielle ou protection contre les insectes piqueurs et les tiques ».
- **Snodgrass, R. E.,** (1959). The anatomical life of the mosquito. Smiths .misc. Coll. Vol: 139 n° 8; 1-87.

## Références bibliographiques

---

- **Soltani, N.** (2015). Les moustiques: Risques sanitaires, bioessais et stratégies de contrôle. Laboratoire de Biologie Animale Appliquée. Département de Biologie. Faculté des Sciences. Université Badji Mokhtar. Annaba. 13p.
- **Staples, J.E et Monath, T.P.** (2008). Yellow fever: 100 years of discovery JAMA. Vol: 300; 960-962.
- **Tahraoui, C.** (2012). Abondance saisonnière des Culicidae dans l'écosystème humide du parc national d'El-Kala. Identification et lutte. Mémoire de Magistère en biologie environnementale. Université Badji Mokhtar. Annaba. 80p.
- **Terrien, V.** (2008). Les culicidés: Transmission vectorielle des infections et parasitoses à l'homme. Thèse de Doctorat en pharmacie. Université de Nantes. 181p.
- **Tetreau, G.** (2012). Devenir du bioinsecticide *Bti* dans l'environnement et impact sur le développement de résistances chez le moustique. Thèse de doctorat en Biodiversité, Écologie, Environnement. Université Grenoble. 378p.
- **Toussaint, J. F., Kerkhofs, P., De Clercq, K.** (2006). Influence des changements climatiques globaux sur la progression des arboviroses. Ann. Méd. Vét. Vol: 150: 56-63.
- **Turcott, B.** (2008). Le moustique. Faune et flore du pays. 5p.
- **Valdelfener, M et Foussadier, R.** (2016). Généralités sur les moustiques. EID. 75p.
- **Whitehead, S., Blaney, J., Durbin, A., Murphy, B.** (2007). Prospects for a dengue virus vaccine. Nature Reviews Microbiology. Vol: 5; 518-528.
- **Williams, J et Pinto, J.** (2012). Manuel de Formation à l'Entomologie du Paludisme. A l'intention des techniciens en entomologie et lutte anti-vectorielle (Niveau de base). RTI International. 86p.
- **Wood, D. M.** (2012). Diptères piqueurs du Canada qui s'attaquent à l'homme et au bétail. Institut de recherches biosystématiques Ottawa, Ontario. 40p.

# *Annexes*

## Annexes

### Annexe 01: Les espèces de Culicidae connues en Algérie

Sous famille des Anophelinae		Sous famille des Culicinae	
Genre <i>Anopheles</i>		Genre <i>Aedes</i>	Genre <i>Culex</i> , <i>Culiseta</i> et <i>Uranotaenia</i>
<i>Anopheles (Anopheles) algeriensis</i> Theobald, 1903		<i>Aedes (Stegomyia) aegypti</i> Linné, 1762.	<i>Culex (Maillotta) arbieeni</i> Salem, 1938.
<i>Anopheles (Cellia) cinereus hispaniola</i> Theobald, 1903		<i>Aedes (Ochlerotatus) albineus</i> Seguy, 1923.	<i>Culex (Neoculex) deserticola</i> Kirkpatrick, 1924.
<i>Anopheles (Anopheles) claviger</i> Meigen, 1804		<i>Aedes (Ochlerotatus) berlandi</i> Seguy, 1921.	<i>Culex (Neoculex) hortensis</i> Ficalbi, 1924.
<i>Anopheles (Cellia) dthali</i> Patton, 1905.		<i>Aedes (Ochlerotatus) biskraensis</i> Brunches, 1999.	<i>Culex (Neoculex) impudicus</i> Ficalbi, 1889.
<i>Anopheles (Anopheles) labranchiae</i> Falleroni, 1926.		<i>Aedes (Ochlerotatus) caspius</i> Pallas, 1771.	<i>Culex (Culex) laticinctus</i> Edwards, 1913.
<i>Anopheles (Anopheles) marteri</i> Senevet et Prunelle, 1927		<i>Aedes (Ochlerotatus) coluzzii</i> Roux, Guilvard et Pasteur, 1998.	<i>Culex (Culex) mimeticus</i> Noe, 1899.
<i>Anopheles (Myzomyia) multicolor</i> Caamboliu, 1902.		<i>Aedes (Ochlerotatus) detritus</i> Halliday, 1833.	<i>Culex (Culex) perexiguus</i> Theobald, 1903.
<i>Anopheles (Anopheles) petragnanii</i> Del Vecchio, 1939.		<i>Aedes (Ochlerotatus) dorsalis</i> Meigen, 1830	<i>Culex (Culex) pipiens</i> Linné, 1758.
<i>Anopheles (Anopheles) plumbeus</i> Stephens, 1828		<i>Aedes (Ochlerotatus) echinus</i> Edwards, 1920	<i>Culex (Culex) theileri</i> Theobald, 1903.
<i>Anopheles (Myzomyia) rufipes</i> broussesi Edwards, 1929.		<i>Aedes (Finlaya) geniculatus</i> Olivier, 1791.	<i>Culex (Neoculex) modestus</i> Ficalbi, 1890.
<i>Anopheles (Myzomyia) rhodiensis</i> rupicola Lewis, 1929.		<i>Aedes (Ochlerotatus) mariaae</i> Sergent et Sergent, 1903.	<i>Culex (Barraudius) pussillus</i> Macquart, 1850.
<i>Anopheles (Myzomyia) sergentii</i> sergentii Theobald, 1907.		<i>Aedes (Ochlerotatus) pulcritarsis</i> Rondani, 1872.	<i>Culiseta (Culisella) fumipennis</i> Stephens, 1825.
<i>Anopheles (Myzomyia) superpictus</i> Grassi, 1899.		<i>Aedes (Ochlerotatus) punctor</i> , Kirby, 1937	<i>Culiseta (Culisella) litorea</i> Shute, 1928.
		<i>Aedes (Ochlerotatus) quasirusitus</i> , Torres ca amares, 1951.	<i>Culiseta (Culisella) morsitans</i> Theobald, 1901.
		<i>Aedes (Aedimorphus) vexans</i> Meigen, 1930	<i>Culiseta (Culiseta) subochrea</i> Edwards, 1921.
		<i>Aedes (Aedimorphus) vittatus</i> Bigot, 1861	<i>Culiseta (Allotheobaldia) longiareolata</i> Macquart, 1828.
			<i>Uranotaenia (Uranotaenia) anguiculata</i> , Edwards, 1913.

## Annexes

### Annexe 02: Technique de préparation de montage des larves des culicidés



Larves des Culicidés



Les mettre dans NaOH Pendant 48 h



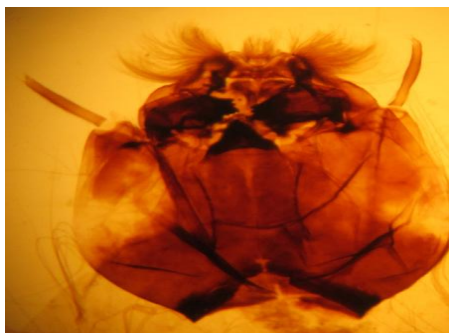
Rinçage 3 fois par l'eau distillée



Les mettre sur les lames avec une goutte de Glycérine



Couvrir avec une lamelle



Tête de larve de *Culiseta longiareolata*.



Observation sous microscope optique

Technique de préparation de montage des larves des Culicidés (Cliché personnel, 2017)

## Annexes

### Annexe 03: Technique de preparation de montage des adultes des Culicidés.



Mètre les nymphes dans l'eau distillée



L'émergence des adultes



*Culiseta longiareolata*



Observation sous loupe binoculaire

Technique de préparation de montage des adultes des Culicidés (Cliché personnel, 2017)

# *Résumés*

## Résumé

Les moustiques sont sources de nuisances et vecteurs d'agents pathogènes majeurs pour l'homme et les animaux, comme le paludisme, la fièvre jaune et la dengue. La lutte contre ses insectes hématophages a été toujours une préoccupation majeure pour se protéger contre leur agression.

Nous avons étudiés et terminés l'effet larvicide de *Bacillus thuringiensis israelensis* sur le quatrième stade de *Culiseta longiareolata*, dans la région de Laghouat, nous avons effectué des testes de toxicité et calculé certains paramètres toxicologiques.

Les résultats montrent que *Bacillus thuringiensis israelensis* a un effet larvicide remarquable sur *Culiseta longiareolata* en particulier pour la concentration la plus forte 0.8mg/L où une mortalité de 93.33% observée, la concentration 0.5mg/L provoque une mortalité de 56.67% et la concentration 0.3mg/L provoque une mortalité de 10%.

**Mots-clés:** Culicidés, effet larvicide, *Bacillus thuringiensis israelensis*, *Culiseta longiareolata*, lutte biologique, Laghouat.

## Summary

Mosquitoes are sources of nuisance and vectors of pathogens that cause dangerous diseases for humans and animals, such as malaria, yellow fever and dengue fever. Hematophagous insects control has always been a major concern for protect against their attack.

We are study and complete the larvicidal effect of *Bacillus thuringiensis israelensis* on fourth larval stage of *Culiseta longiareolata* in the region of Laghouat, we did effectuate tests of toxicity and calculated some toxicological parameters.

The results show that *Bacillus thuringiensis israelensis* has a great larvicidal effect on *Culiseta longiareolata* and especially for the biggest concentration 0.8 mg/L where a mortality of 93.33% observes, 0.5mg/L concentration happened a mortality of 56.67% and 0.3mg/L concentration caused a mortality of 10%.

Keywords: Culicidae, larvicidal effect, *Bacillus thuringiensis israelensis*, *Culiseta longiareolata*, biological control, Laghouat.

## ملخص

البعوض مصدر للضرر و ناقل للعوامل الممرضة للإنسان والحيوان مثل الملاريا، الحمى الصفراء و داء الضنك. مكافحة هذه الحشرات تشكل محل انشغال دائم و كبير من أجل الحماية من هجومها.

قمنا بدراسة و تحديد التأثير القاتل لليرقات ل *Bacillus thuringiensis israelensis* على طور الرابع ل *Culiseta longiareolata* في منطقة الأغواط، قمنا بإجراء اختبارات و حساب بعض المعايير الخاصة بالتسمم.

النتائج تدل على أن *Bacillus thuringiensis israelensis* لها تأثير ملحوظ على يرقات *Culiseta longiareolata* خاصة التركيز الأكبر 0.8 مغ/ل حيث لوحظ عدد وفيات 93.33%، و التركيز 0.5 مغ/ل أحدث عدد وفيات 56.67% و التركيز 0.3 مغ/ل أحدث عدد وفيات 10%.

**الكلمات المفتاحية:** البعوض، التأثير القاتل لليرقات، *Bacillus thuringiensis israelensis*، *Culiseta longiareolata*، مكافحة البيولوجية، الأغواط.