

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
**UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1**  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE DES POPULATIONS ET DES ORGANISMES



**Mémoire de fin d'études**  
**En vue de l'Obtention du Diplôme de Master en Sciences Biologiques**  
**Option : Parasitologie**

**Thème :**

**Recherche des foyers du moustique tigre *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) dans quelques wilayas du Nord (Alger, Blida et Tipaza). Essai de lutte biologique**

**Présenté par :**

**Mlle HAOUATI ASSIA**

**Mlle MANSOURI HOUDA**

**Devant le jury composé de :**

<b>Présidente</b>	<b>: Mme TAIL G</b>	<b>Professeur</b>	<b>Université de BLIDA 1</b>
<b>Examinatrice</b>	<b>: Mme TALEB M</b>	<b>M.A.B</b>	<b>Université de BLIDA 1</b>
<b>Promotrice</b>	<b>: Mme SAIGHI H</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Université de BLIDA 1</b>
<b>Co-Promotrice</b>	<b>: Mme BENBETKA S</b>	<b>Chargé d'étude</b>	<b>Institut Pasteur d'Algérie</b>

**2019/2020**

# REMERCIEMENTS

Le présent travail est le résultat d'un soutien permanent et de nombreux encouragements d'un collectif de personnes que nous tenons à remercier amplement.

Nos vifs remerciements s'adressent à **Professeur TAIL G**, de l'université Saad Dahleb Blida, qui a accepté de présider le jury de ce mémoire. Nous tenons à la remercier chaleureusement d'avoir bien veillé au bon déroulement de notre formation de post-graduation.

Nous exprimons nos profondes gratitude à **Dr TALEB M**, Maître assistante B, à l'université Saad Dahleb Blida, qui nous a fait l'honneur d'examiner ce travail.

C'est avec un grand plaisir que nous exprimons notre gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice **Mme SAIGHI H**, Maître assistante A, à l'université Saad Dahleb Blida, pour son orientation judicieuse, son encadrement et ses conseils qui nous ont guidés dans l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.

Nous tenons à remercier notre Co-promotrice **Mme BENBETKA S biologiste**, à l'institut Pasteur d'Algérie chargé d'étude IPA pour son soutien et ses encouragements.

On tient également à remercier **Mr HARRAT Z**, de nous avoir accueilli dans son laboratoire d'Eco-épidémiologie parasitaire et génétique des populations Institut Pasteur d'Algérie.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à **Mme CHIKH S**, chef de service de démoustication et toute l'équipe d'**HURBAL** (l'établissement en charge de l'hygiène urbaine et de la protection de l'environnement dans la wilaya d'Alger), unité de lutte antivectorielle d'Ouad Kourriche.

On tient à remercier tous les enseignants du département de Biologie des populations et des organismes de Blida

A tous ce qui ont participé de près ou de loin à l'avancement de ce travail.

## DÉDICACES

*C'est avec une grande gratitude et des mots sincères, que je dédie ce modeste travail à mes parents qui m'ont toujours soutenu dans mes choix et toujours encouragés à aller le plus loin possible dans mes études. que dieu vous bénissent et vous accorde une longue vie pleine de satisfactions*

*A mes grands-mères Papa El-Hadj et Mani*

*A la mémoire de mes grands-pères*

*A mes chères sœurs Hadjer, Selma et Merièm*

*A mon frère Ibrahim*

*A toute ma famille Haouati et Sami, source de l'espoir et de motivation*

*A mes amies, toute particulièrement Hanane et Maroua*

*A Houda, chère amie avant d'être binôme*

*Et à toute personne qui m'ont soutenu et aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

**ASSIA**

## DÉDICACES

*Avec l'aide d'ALLAH, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie comme preuve de gratitude, d'affections mon respect, et mon amour à :*

*A mes parents, quoi que je fasse ou que je dis, je ne saurai jamais vous remercier Comme il se doit.*

*A la lumière de mes jours, ma très chère maman **Rabéa** , qui ma soutenue , épaulé et encouragé durant toutes mes années d'études pour que je puisse atteindre mes objectifs , ta présence a' mes coté été toujours ma source de force ; merci pour ton amour , ta tendresse , ta présence et ta patience .*

*Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir. Que Dieu le tout puissant vous préservez et vous accordez meilleure santé et longue vie.*

*Mon chère papa **Rabah**, que dieu l'accueil dans son vaste paradis, j'aurais aimé qu'il soit entre nous et partage avec moi la joie de finir mes études.*

*A mes frères : **Aziz et Oualid**, pour leur grand amour et leur soutien qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude, je vous souhaite une vie pleine de bonheur, que dieu vous garde pour moi.*

*A toutes ma famille **MANSOURI** et **HABBOUCHI**, mes chères grands parents, Mes tantes, mes oncles, mes cousines Et mes cousins, veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus Profond.*

*Je tiens à remercier ma chère binôme **ASSIA** pour sa patience et sa compréhension et ses encouragements, merci pour tous ces beaux moments partagés, et ma chère amie **MAROUA**, je la souhaite plein de réussite et de bonheur.*

*A tous ce qui m'ont enseigné au long de ma vie scolaire.*

**HOUDA**

# Recherche des foyers du moustique tigre *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) dans quelques wilayas du Nord (Alger, Blida et Tipaza). Essai de lutte biologique

## Résumé :

Le moustique tigre, *Aedes albopictus* est une espèce invasive avec une distribution mondiale, En Algérie son introduction a été signalée en 2010 dans la wilaya de Tizi Ouzou, la région de Larbâa Nath Irathen et le village Mezguène. Depuis chaque année de nouveaux foyers sont découverts dans plusieurs wilayas du pays. Notre étude consacrée à la recherche des foyers d'infestations de ce vecteur dans trois régions du nord d'Algérie, Alger, Blida et Tipaza, par installation des pièges pondoires, collecte directe des larves, la technique Human Landing Count, ainsi que l'utilisation des supports de communication ont confirmé la propagation de ce moustique dans de nouveaux foyers pour les trois régions d'étude.

Grace à cette recherche, nous avons quantifié les nouveaux foyers, la commune de Ain Benian et la commune de Bab Ezzour dans la région d'Alger, la présence d'*Aedes albopictus* dans la région de Blida a été noté au niveau de Bougara, Bab Zaouia, Beni Mered, Beni Tamou, Frantz Fanon et Ouled Yaich, et les nouveaux sites sont Cherchell, Hadjout, Koléa, Merad et Sidi Ghiles dans la région de Tipaza.

L'étude réalisée par Tabti et Hassaine, a montré que *Bacillus thuringiensis israelensis* est toxique sur les stades larvaires L1 et L2 que sur les quatrièmes stades larvaires du moustique *Culex pipiens*. L'étude entreprise par EID (2018) sur le moustique tigre a montré que la  $CL_{50}$  et la  $CL_{90}$  varient en fonction de la provenance de la population larvaire.

**Mots clés :** *Aedes albopictus*, nouveaux foyers d'infestations, Alger, Blida, Tipaza, *Bacillus thuringiensis israelensis*.

## Search for tiger mosquito *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) outbreaks in a few northern wilayas (Algiers, Blida and Tipaza). Biological control test

### Abstract:

The tiger mosquito, *Aedes albopictus* is an invasive species with worldwide distribution. In Algeria its introduction was reported in 2010 in the wilaya of Tizi Ouzou, the region of Larbâa Nath Irathen and the village of Mezguène. Since each year new outbreaks have been discovered in several wilayas of the country. Our study devoted to the search for outbreaks of this vector in three regions of northern Algeria, Algiers, Blida and Tipaza, by setting up nesting traps, directly collecting larvae, the Human Landing Count technique, as well as the use of communication media confirmed the spread of this mosquito in new foci for the three study regions.

Thanks to this research, we have identified new outbreaks, In the Algiers region Ain Benian and Bab Ezzour, the présence of *Aedes albopictus* in the Blida region was noted in Bougara, Bab Zaouia, Beni Mered, Beni Tamou, Frantz Fanon and Ouled Yaich. Cherchell, Hadjout, Koléa, Merad and Sidi Ghiles in the Tipaza region.

The study carried out by Tabti and Hassaïne, showed that *Bacillus thuringiensis israelensis* is toxic on the larval stages L1 and L2 than on the fourth larval stages of the mosquito, *Culex pipiens*. The study undertaken by EID (2018) on the tiger mosquito showed that the LC50 and LC90 vary depending on the origin of the larval population.

**Key words:** *Aedes albopictus*, new outbreaks of infestations, Algiers, Blida, Tipaza, *Bacillus thuringiensis israelensis*.

البحث عن بؤر لبعوض النمر *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) في بعض ولايات الشمال  
( الجزائر العاصمة, البلدية وتيبازة). اختبار المكافحة البيولوجية

**ملخص :**

بعوضة النمر *Aedes albopictus* هي من الأنواع الغازية المنتشرة في جميع أنحاء العالم ، وقد تم الإبلاغ عن دخولها في الجزائر في عام 2010 في ولاية تيزي وزو ومنطقة أرباع ناث إرائين وقرية مزغين. كل عام، يتم اكتشاف حالات تفشي جديدة في العديد من ولايات البلاد. خصصت دراستنا للبحث عن تفشي هذا الناقل في ثلاث مناطق شمال الجزائر في كل من ، الجزائر العاصمة ، البلدية وتيبازة ، من خلال تركيب مصائد التعشيش ، والجمع المباشر لليرقات ، وتقنية Human Landing Count ، وكذلك استخدام وسائل التواصل الاجتماعي التي أكدت انتشار هذه البعوضة في بؤر جديدة لمناطق الدراسة الثلاث.

بفضل بحثنا حددنا بؤر جديدة بلدية عين البنيان و بلدية باب الزوار في الجزائر العاصمة وتواجد *Aedes albopictus* في منطقة البلدية تحديدا في بوقارة, باب الزاوية, بني مراد, بني تامو, فرانس فانون و ولاد يعيش اما جحوط, شرشال, القليعة, مراد و سيدي غيلاس في منطقة تيبازة.

أظهرت الدراسة التي أجراها كل من ثابت و حساين, أن *Bacillus thuringiensis israelensis* سامة على يرقات المرحلتين 1 و 2, مقارنة بمراحل اليرقات الرابعة للبعوض *Culex pipiens*. حيث أظهرت الدراسة التي أجريت في سنة (2018) على بعوضة النمر أن LC50 و LC90 يختلفان اعتمادًا على منشأ اليرقات.

**كلمات البحث :** *Aedes albopictus* بعوضة النمر , تفشي جديد للغزو, الجزائر, البلدية, تيبازة

*Bacillusthuringiensis israelensis.*

## Liste des figures

Figures	Titres	Pages
<b>Figure 01</b>	Œuf d' <i>Aedes albopictus</i> .....	3
<b>Figure 02</b>	Larve d' <i>Aedes albopictus</i> .....	4
<b>Figure 03</b>	Nymphe d' <i>Aedes albopictus</i> .....	4
<b>Figure 04</b>	A) Adulte d' <i>Aedes albopictus</i> , B) Photographie du thorax avec la ligne longitudinale centrale d'écailles argentées, C) Détails de la tête avec les organes sensoriels, D) Détails de l'abdomen segmenté avec des écailles argentées.....	5
<b>Figure 05</b>	<i>Aedes albopictus</i> , A) male, B) femelle.....	6
<b>Figure 06</b>	Cycle biologique d' <i>Aedes albopictus</i> .....	7
<b>Figure 07</b>	Carte montrant la distribution mondiale d' <i>Aedes albopictus</i> et <i>Aedes aegypti</i> .....	8
<b>Figure 08</b>	Carte de probabilité de distribution d' <i>Aedes albopictus</i> en Algérie.....	9
<b>Figure 09</b>	<i>Bacillus thuringiensis</i> : aspect et cycle de vie. a-photo d'un sporange de <i>Bt</i> renfermant la spore (S) et le cristal (C), barre d'échelle 0,2 $\mu\text{m}$ ; b- photo de spores de <i>Bt</i> (S) et de cristaux (C), barre d'échelle 5 $\mu\text{m}$ . b et c: Photos prises en microscopie électronique. c- Cycle de vie de <i>Bacillus thuringiensis</i> .....	17
<b>Figure 10</b>	Représentation schématique du mode d'action des cristaux de <i>Bacillus thuringiensis</i> sur une larve de moustique.....	18
<b>Figure 11</b>	Situation géographique des régions d'étude.....	20
<b>Figure 12</b>	Gîtes de reproduction d' <i>Aedes albopictus</i> dans des pneus stockés dans un jardin à Kouba (Alger).....	21
<b>Figure 13</b>	Pièges pondoirs installés dans quelques sites dans le jardin d'Essai du Hamma ; A Carrée 41 ; B Allée des bambous ; C Allée des ficus.....	22
<b>Figure 14</b>	Pièges pondoirs installés dans une forêt à Dely Brahim.....	22
<b>Figure 15</b>	Pièges pondoirs installés aux jardins des maisons d'habitats,A	23



	Bouarfa (Blida) ; <b>B</b> Boufarik (Blida) ; <b>C</b> Koléa (Tipaza) ; <b>D</b> et <b>E</b> Cherchell (Tipaza).....	
<b>Figure 16</b>	pièges pondoirs.....	23
<b>Figure 17</b>	Capture du moustique tigre sur appât Humain.....	24
<b>Figure 18</b>	Stades pré imaginaires conservés dans des bouteilles.....	25
<b>Figure 19</b>	Ponte des œufs d' <i>Aedes albopictus</i> .....	25
<b>Figure 20</b>	Œufs d' <i>Aedes albopictus</i> .....	28
<b>Figure 21</b>	Larve d' <i>Aedes albopictus</i> .....	28
<b>Figure 22</b>	Les différents stades larvaires d' <i>Aedes albopictus</i>	29
<b>Figure 23</b>	Adulte d' <i>Aedes albopictus</i> .....	29
<b>Figure 24</b>	Adulte d' <i>Aedes albopictus</i> .....	30
<b>Figure 25</b>	Mesonotum d' <i>Aedes albopictus</i> .....	30
<b>Figure 26</b>	Pleure thoracique d' <i>Aedes albopictus</i> .....	30
<b>Figure 27</b>	Résultats du réseau de pièges pondoirs sur quelques sites de la région d'Alger.....	31
<b>Figure 28</b>	Résultats du réseau de pièges pondoirs sur quelques sites de la région de Blida.....	33
<b>Figure 29</b>	Résultats du réseau de pièges pondoirs sur quelques sites de la région de Tipaza.....	34

## Liste de tableaux

Tableaux	Titres	Pages
<b>Tableau 01</b>	Exemples d'infections naturelles par des arbovirus reportées chez <i>Aedes albopictus</i> .....	<b>12</b>
<b>Tableau 02</b>	Signalement de moustique tigre à la région d'Alger.....	<b>31</b>
<b>Tableau 03</b>	Signalement de moustique tigre à la région de Blida.....	<b>33</b>
<b>Tableau 04</b>	Signalement de moustique tigre à la région de Tipaza.....	<b>35</b>
<b>Tableau 05</b>	Analyse de variance à un facteur contrôlé « Temps » pour les quatre stades larvaires .....	<b>36</b>
<b>Tableau 06</b>	Analyse de variance à un facteur contrôlé « Dose » pour les quatre stades larvaires.....	<b>36</b>
<b>Tableau 07</b>	Analyse de variance à deux facteurs contrôlés « Dose » et « Stade larvaire » sans répétition d'expérience .....	<b>37</b>
<b>Tableau 08</b>	Calcul de la DL50 et la DL 90.....	<b>37</b>
<b>Tableau 09</b>	Concentrations létales et RR sur <i>Aedes albopictus</i> populations du Var, d'Alsace, d'Atlantique et de la Corse et sur <i>Aedes aegypti</i> souche Bora Bora après 24h d'exposition au <i>Bti</i> .....	<b>38</b>

## Liste des annexes

<b>Annexe I</b>	Fiche technique sur <i>Bti</i>
<b>Annexe II</b>	Les cas pris en charge du moustique tigre <i>Aedes albopictus</i> . (DSP de Tipaza)
<b>Annexe III</b>	Les notifications de moustique tigre <i>Aedes albopictus</i> envoyée par les citoyens des wilayas d'Alger, Blida et Tipaza

## Liste des abréviations

**Ae:** *Aedes*

**ANDI :** Agence National de Développement de l'Investissement

**APS :** Algérie Presse Service

**B:** *Bacillus*

**Bti:** *Bacillus thuringiensis israelensis*

**COVID-19:** Coronavirus Disease 2019

**Cx:** *Culex*

**D :** Dose

**DdL :** Degré de Liberté

**DL50 :** Dose Létale qui tue 50% de la population.

**DL90 :** Dose Létale qui tue 90% de la population.

**DSP:** Direction de la Santé et la Population

**CL50 :** Concentration létale qui provoque 50% de mortalité dans la population d'organismes étudiée.

**CL90 :** Concentration létale qui provoque 90% de mortalité dans la population d'organismes étudiée.

**EID:** Entente Interdépartementale pour la Démoustication du littoral méditerranéen

**HE:** Huile essentielle

**HLC:** Human Landing Count

**HUPE:** Hygiène Urbaine et de la Protection de l'Environnement

## Liste des abréviations

**HURBAL:** HYGIÈNE URBAINE D'ALGER

**IPA :** Institut Pasteur d'Algérie

**IRD:** Institut de Recherche pour le développement

**L:** Larve

**Log :** Logarithme.

**OMS:** Organisation Mondiale de la Santé

**PH:** Potentiel hydrogène

**RR :** Ratio Résistance

**TIS:** Technique de l'Insecte Sterile

**WHO:** World Health Organization

# Sommaire

Remerciements

Dédicace

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

Liste des abréviations

Introduction.....1

## **Chapitre I : Données bibliographiques**

I.1-Généralités sur le moustique tigre.....3

I.1.1-Position taxonomique .....3

I.1.2-Description morphologique .....3

I.1.3-Cycle de développement .....6

I.1.4-Distribution géographique .....8

I.1.5- Succès de l'invasion d'*Aedes albopictus* .....10

I.1.6-Nuisance .....11

I.1.7- Méthodes de lutte.....12

I.2-Généralités sur *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*).....16

I.2.1-position systématique .....16

I.2.2 -Structure morphologique .....16

I.2.3-Cycle de vie de *Bacillus thuringiensis*.....16

I.2.4-Mode d'action de *Bti*.....17

## **Chapitre II : Matériel & Méthodes**

II.1-Objectif de l'étude.....	19
II.2-Régions d'études.....	19
II.3-Matériel.....	20
II.3.1-Matériel non biologique .....	20
II.3.2-Matériel biologique .....	21
II.4 -Méthodes d'études sur terrain.....	21
<b>a)</b> Technique de collecte directe .....	21
<b>b)</b> Installation des pièges pondoires.....	22
<b>c)</b> La capture des adultes par la technique HLC (Human Landing Count) .....	23
<b>d)</b> Enquête menée au niveau du service de prévention contre les maladies infectieuses.....	24
<b>e)</b> Recherche des foyers d'infestations du moustique tigre par utilisation des supports de communication.....	24
II.5- Méthodes d'étude au laboratoire.....	25
II .5.1-Mise des œufs récoltés dans des bacs à éclosion .....	25
II.5.1.1-Identification des œufs, des larves du quatrième stade et des adultes au laboratoire.....	25
II.5.1.2-Tests de toxicité de la Bactérie entomopathogène ( <i>Bacillus thuringiensis var.</i> <i>israelensis</i> ) sur les stades larvaires.....	25
II. 6- Méthodes d'exploitation des résultats.....	26
II. 6. 1- Mortalité observée.....	26
II. 6. 2- Evaluation de la DL90 et la TL90.....	26
<b>Chapitre III : Résultats &amp; Discussion</b>	
III.1- .. Identification morphologique des œufs, des larves et des adultes du moustique tigre .....	28

a. Les œufs.....	28
b. Les larves.....	28
c. Les adultes.....	29
III.2- Résultats de La recherche des foyers d’infestations du moustique tigre dans les trois régions d’étude (Alger, Blida et Tipaza).....	30
III.2.1 - Région d’Alger.....	30
a. Résultats de la recherche des foyers d’infestations par emplacements des pièges pondoires.....	30
b. Résultats de la recherche des foyers d’infestations par la collecte directe.....	31
c. Résultats de la recherche des foyers d’infestations par le support de communication.....	31
III.2.2 - Discussion.....	32
III.2.3 - Région de Blida.....	32
a. Résultats de la recherche des foyers d’infestations par les pièges pondoires.....	32
b. Résultats de la recherche des foyers d’infestations par le support de communication.....	33
III.2.4 - Discussion.....	33
III.2.5 - Région de Tipaza.....	34
a. Résultats de la recherche des foyers d’infestations par les pièges pondoires après une enquête au niveau de la DSP.....	34
b. Résultats de la recherche des foyers d’infestation par la méthode HLC.....	35
c. Résultats de la recherche des foyers d’infestations par le support de communication....	35
III.2.6 - Discussion.....	35
III.3-Essai de la lutte biologique.....	36
A. Résultats de la lutte biologique à base de <i>Bacillus thuringiensis</i> à l’égard des stades larvaires de <i>Culex pipiens</i> (Algérie, Telemcen) réalisé par Tabti & Hassaine en 2006.....	36
B. Résultats de la lutte biologique à base de <i>Bacillus thuringiensis</i> à l’égard des stades larvaires d’ <i>Aedes albopictus</i> (France) réalisé par Anonyme (2018).....	37
C. Discussion.....	38
Conclusion.....	39



Références bibliographiques

Annexes

# **Introduction**

## Introduction

Le moustique tigre *Aedes albopictus*, originaire d'Asie du Sud-Est, a connu une expansion spectaculaire de sa gamme au cours des dernières décennies (**Hawley, 1988**), *Aedes albopictus* peut être trouvé dans un large éventail d'habitats. Bien qu'il soit communément appelé moustique forestier, il s'est adapté pour se produire dans les zones suburbaines et même urbaines denses (**Paupy et al., 2009**). L'influence de l'environnement sur la présence ou l'absence et la propagation d'*Aedes albopictus* au stade larvaire et adulte, la première influence est la nature et l'emplacement des sites de reproduction mais autres mécanismes, tel que la concurrence, les prédateurs ou les agents pathogènes jouent un rôle au stade adulte (**Paupy et al., 2009**).

Le moustique tigre *Aedes albopictus* se développe en zone urbaine dans des petites gîtes avec de l'eau stagnante. Il est en expansion mondiale, favorisé par les transports internationaux (**Izri et al., 2011**). C'est l'un des principaux vecteurs responsables du maintien, de dispersion et de la transmission des arbovirus en zone urbaine (**Leroy et al., 2009**). Les principaux agents pathogènes potentiellement transmis par ce moustique sont les virus du Chikungunya, de la dengue et du Zika (**Paupy et al., 2009**). Le moustique tigre *Aedes albopictus* est essentiellement urbain. Son caractère anthropophile (qui aime les lieux habités par l'homme) explique qu'une fois installé dans une zone ou une région dans laquelle le moustique tigre est implanté et actif. Il constitue donc une menace pour la santé de la population et également une importante source de nuisances. En effet, ses piqûres interviennent principalement à l'extérieur des habitations pendant la journée avec un pic d'agressivité à la levée du jour et au crépuscule. Depuis sa première apparition en Algérie, plus précisément à Larbaâ Nath Irathen, wilaya de Tizi Ouzou, en 2010, ce moustique, s'est définitivement installé en Algérie. Plusieurs descriptions de sa présence ont été faites en 2015 à Oran, en 2016 à Alger, plus précisément à Kouba, puis à Jijel, Skikda, Annaba et Constantine. Aujourd'hui, ce moustique est présent dans presque 60% de la côte algérienne (**Le professeur Bitam, El Watan-2020**). Vu la dangerosité de ce moustique et de son caractère invasif, sa détection précoce et sa dispersion s'impose afin que les services publics de surveillance entomologique et de démoustication agissent. La lutte biologique propose de nouvelles solutions afin de lutter contre ce redoutable moustique, tout en préservant l'environnement et la faune associée.

C'est dans ce cadre que s'inscrit l'objectif de cette étude, qui consiste à la recherche des foyers d'infestations du moustique tigre dans quelques wilayas du Nord (Alger, Blida et Tipaza) et à l'évaluation de la toxicité du biocide, *Bacillus thuringiensis var israelensis* (*Bti*) vis à vis des stades larvaires. Nous tenons à signaler le bio-test à base de la bactérie, *Bacillus thuringiensis var. israelensis* vis-à-vis des stades larvaires n'a pas pu être réalisé, suite à la pandémie Covid-19. Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique traitant les généralités sur le moustique tigre, le *Bacillus thuringiensis var. israelensis*, le deuxième chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisés lors du travail. Les résultats et leurs interprétations sont développés dans le troisième chapitre. Enfin nous terminerons ce travail par une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenus.

# Chapitre I

## I.1-Généralités sur le moustique tigre

### I.1.1-Position taxonomique

Selon Skuse (1894) le moustique tigre, *Aedes albopictus* se positionne comme suit :

Phylum : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Diptera

Sous-ordre : Nematocera

Famille : Culicidae

Genre : *Aedes* (Stegomyia)

Espèce : *Aedes albopictus* (Skuse, 1894).

### I.1.2-Description morphologique

#### a) Œuf

Les œufs, fusiformes, sont de couleur noir et dépourvus de flotteurs latéraux (**Figure 01**). Chaque œuf mesure environ 1 mm de longueur (**Legros, 2014**). L'œuf d'*Ae. albopictus* est composé d'un chorion (imperméable à l'eau) dont la forme et la réticulation permettent l'adhésion des substrats lors de l'oviposition (**Bova et al., 2016**). Les œufs sont plus résistants à la dessiccation et peuvent supporter au dessèchement pendant environ 6 mois (**Hawley et al., 1988**).



**Figure 01:** Œuf d'*Aedes albopictus* (**Bendjefar et Bouguernout, 2018**).

**b) Larve**

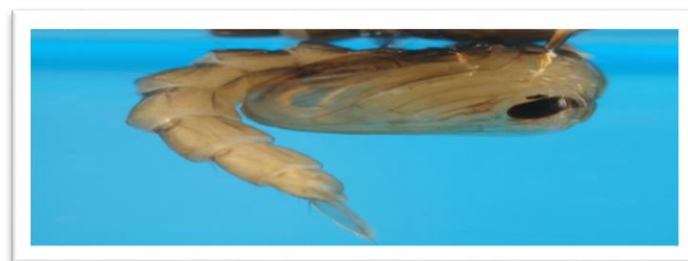
Après les stimuli d'éclosion, une larve sort de l'œuf. Elle est vermiforme de couleur brun clair, mesurant de 2 à 12 mm, cylindro-conique et apode (**Figure 02**). Elle est mobile et a un mode de vie exclusivement aquatique. La larve présente trois parties distinctes : tête, thorax, abdomen. La respiration est permise par la présence d'un siphon à l'extrémité de l'abdomen ce qui explique sa position oblique par rapport à la surface de l'eau lorsqu'elle respire, elle subit trois mues successives avant de se transformer en nymphe (**Legros, 2014**). Elle se nourrit non seulement des débris organiques, de particules en suspension et des micro-organismes tels que les bactéries, les algues y compris les diatomées (**Radhain, 1996**) mais également de particules provenant de tissus de plantes ou d'animaux en décomposition (**Celements, 1992**).



**Figure 02 :** Larve d'*Aedes albopictus* (**Deerman, 2017**)

**c) Nymphe**

Au stade L4, la larve cesse de se nourrir car le canal alimentaire est détruit durant la métamorphose, et subit une nouvelle mue donnant lieu à une nymphe (**Darnis, 2012**). La nymphe, aquatique, de la forme d'une virgule (**Figure 03**) est mobile mais ne se nourrit pas, Elle prélève l'air atmosphérique grâce à ses 2 trompettes respiratoires situées sur le céphalothorax (**Vacus, 2012**).



**Figure 03:** Nymphe d'*Aedes albopictus* (**Henon, 2019**).

**d) Adulte**

*Aedes albopictus* est un petit moustique, il mesure de 5 à 10 mm de longueur (**Figure 04**), il s'identifie facilement par ces caractéristiques morphologiques (**Vacus, 2012**). Sa couleur zébrée noir et blanche propre à ce moustique qui est responsable de son nom « moustique tigre » (**Marchand et al., 2013**). Comme chez les autres culicidés, on distingue chez les adultes *Aedes albopictus* une tête, un thorax et un abdomen, il présente des fines bandes basales blanches élargies latéralement sur l'abdomen, il possède une trompe et des tibias entièrement noirs, des anneaux blancs situés sur les pattes après les articulations (**Marchand et al., 2013**). Ce moustique est reconnaissable parmi le genre des *Stegomyia* grâce à sa ligne longitudinale d'écailles centrale blanche sur son thorax, visible à l'œil nu (**Eritja, 2014**).



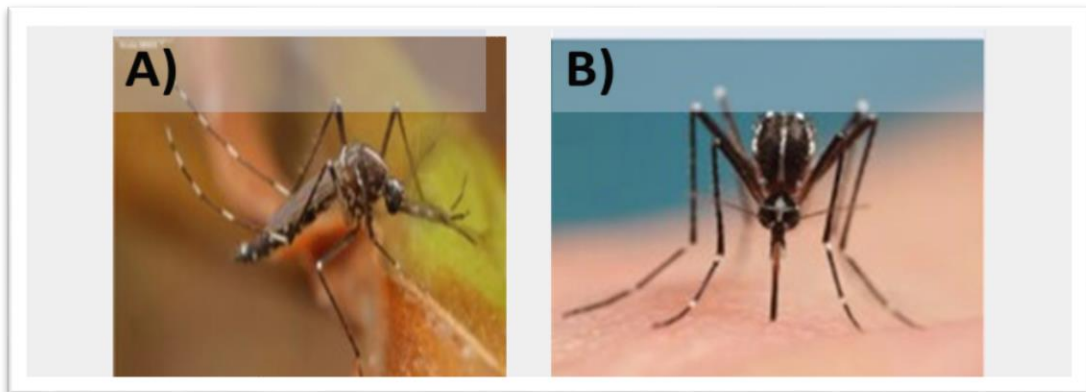
**Figure 04 :** A) Adulte d'*Aedes albopictus*, B) Photographie du thorax avec la ligne longitudinale centrale d'écailles argentées, C) Détails de la tête avec les organes sensoriels, D) Détails de l'abdomen segmenté avec des écailles argentées.

[http://wrbu.org/mgID/mg\\_medspc/AD/AEalb\\_hab.html](http://wrbu.org/mgID/mg_medspc/AD/AEalb_hab.html)

Morphologiquement les mâles et les femelles d'*Aedes albopictus* sont semblables excepté quelques petites caractéristiques (**Figure 05**). En effet, les mâles sont légèrement plus petits que les femelles, leurs antennes plus velues et leurs palpes maxillaires plus longs. (**Estrada-Franco et al., 1995**). Les adultes des deux sexes se nourrissent de nectar qui constitue leur source d'énergie. Toutefois, les femelles ont en outre besoin pour la maturation de leurs œufs d'un apport protéique qui est fourni par le sang des vertébrés.



Une femelle est capable de pondre une quantité variable d'œufs, en fonction de la quantité et de la qualité du repas pris (Manorenjitha, 2012).



**Figure 05:** *Aedes albopictus*, A) male, B) femelle (Henon, 2019).

### I.1.3-Cycle de développement

Le cycle de vie parcourt deux milieux totalement différents (Figure 06)

- Une phase aérienne (terrestre), lieu de vie du moustique adulte.
- Une phase aquatique lieu de développement depuis la ponte jusqu'à la libération de l'imago.

*Aedes albopictus* comme toutes les espèces de moustiques, passe par une succession d'étapes et de transformations morphologiques au cours de sa vie (Brasseur, 2011). Après l'accouplement, la femelle stocke les spermatozoïdes dans les spermathèques, après un repas sanguin, elle pondra tous les 4 jours (Brasseur, 2011). La femelle d'*Aedes albopictus* dépose les œufs au niveau des parois d'un gîte larvaire potentiel, asséché ou même sur un sol sec et pourront attendre la mise en eau durant plusieurs semaines ou mois. Les œufs sont pondus isolément, l'ensemble de la ponte constitué une nacelle qui peut être flottante ou fixée à un support (Vacus, 2012). La femelle pond majoritairement ses œufs à l'ombre et à proximité d'une collection d'eau. C'est ce que l'on appelle l'oviposition, elle a pour habitude de les disperser à plusieurs endroits (Brasseur, 2011). Le nombre d'œufs composant une ponte est de l'ordre de 100 à 400, lorsque les conditions sont favorables la durée du stade ovulaire est de 2 à 3 jours (Vacus, 2012). A la suite de son éclosion, les larves d'*Aedes albopictus* croissent pendant en moyenne 5 à 6 jours pour finalement former une nymphe, de multiples facteurs sont encore à prendre en considération suivant les cas : la température, le pH de l'eau, la nature de l'abondance de la végétation aquatique,

de la faune associée. La durée du stade nymphal est d'environ 1 à 5 jours (Vacus, 2012) au cours duquel le moustique immature se métamorphose en fonction des conditions abiotiques de l'eau et devient adulte (Estrada-Franco, 1995).

L'émergence dure environ 15 min, l'émergence des mâles à lieu en moyenne 24 heures avant celle des femelles (Vacus, 2012). La femelle a un comportement anthropophile et primatophile et pique ses proies au lever du jour et au crépuscule entre 15h et 19h (Bouree, 2013).

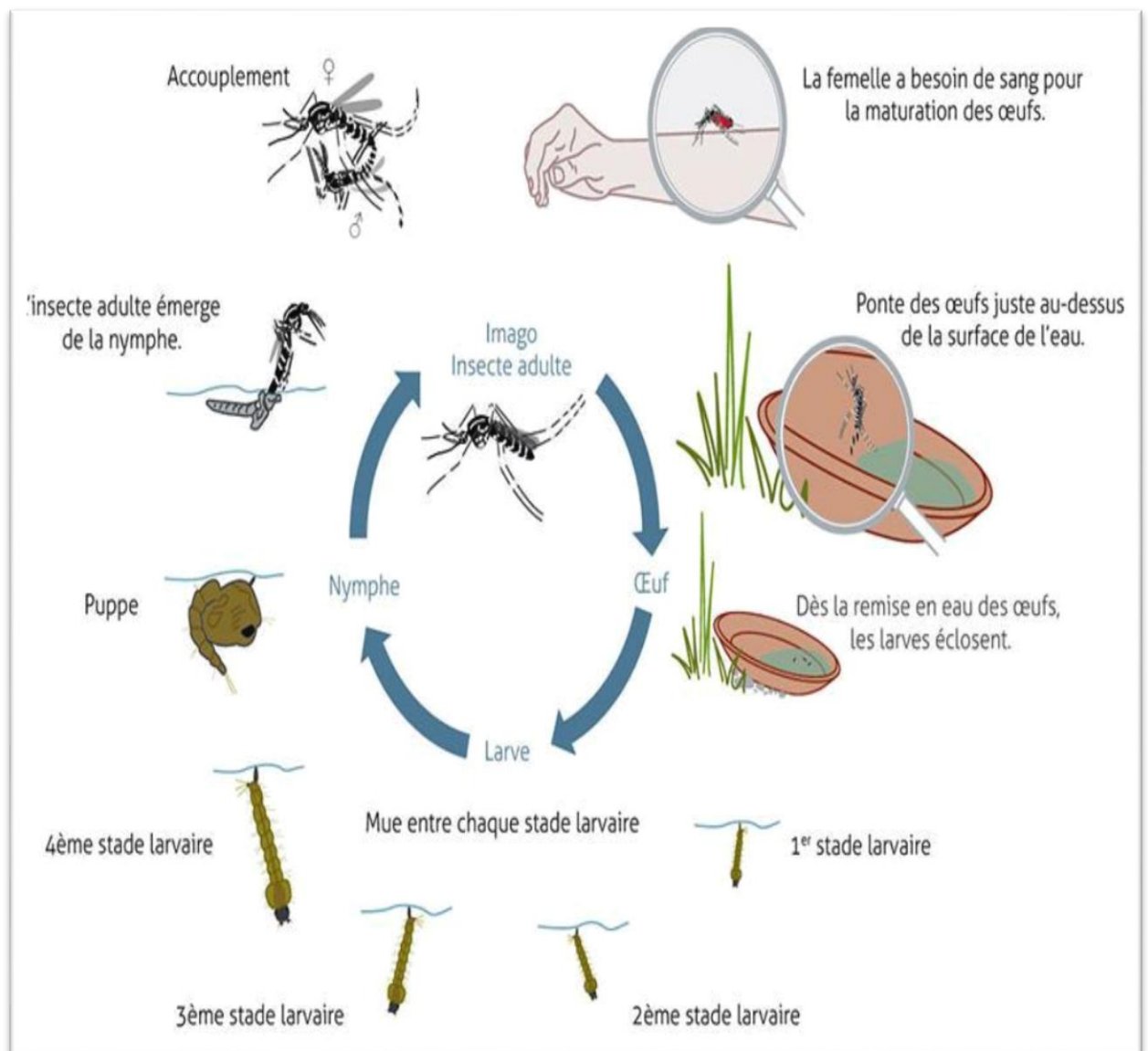
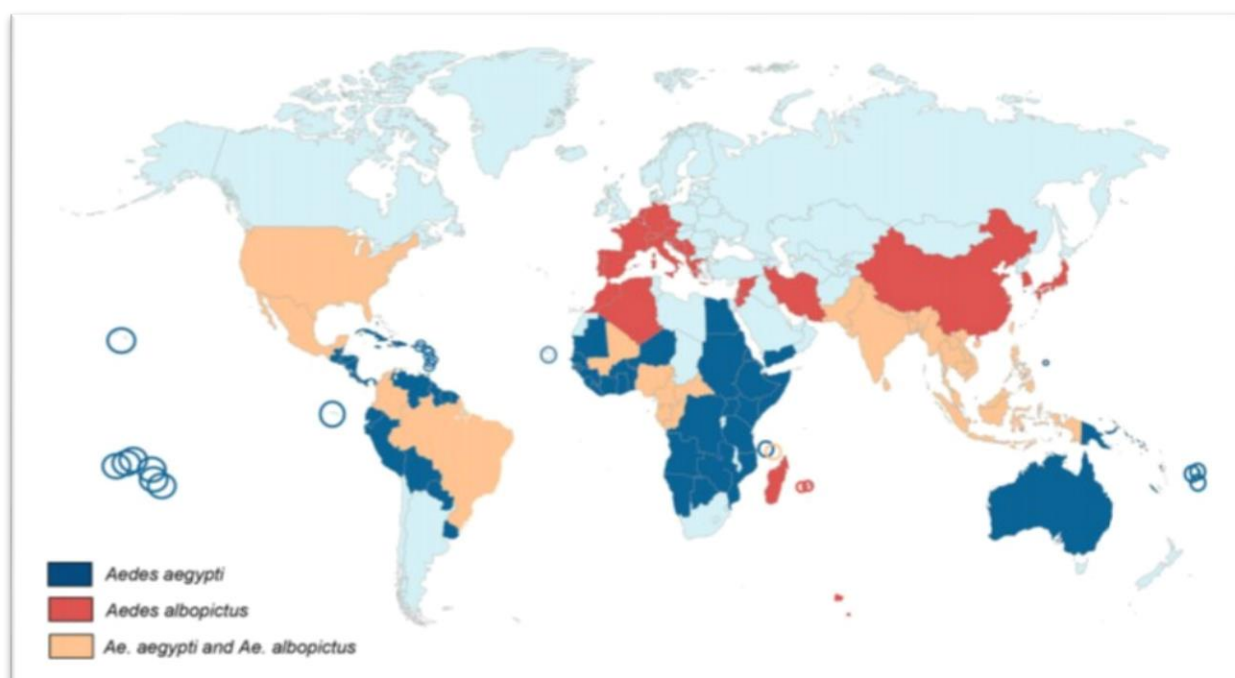


Figure 06: Cycle biologique d'*Aedes albopictus* (Delabant, 2018).

### I.1.4-Distribution géographique

#### a. Dans le monde

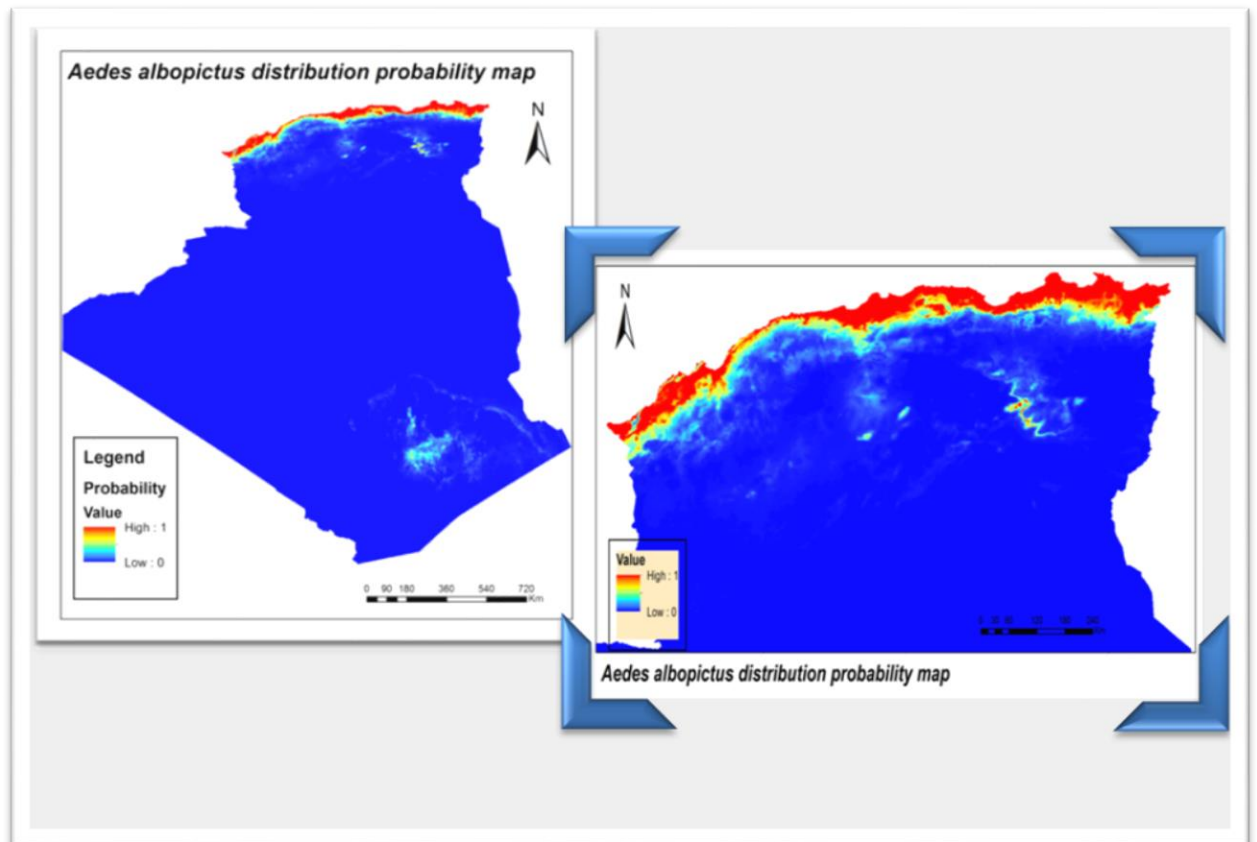
*Aedes (Stegomyia) albopictus* est une espèce invasive communément appelée « moustique tigre » qui puise son origine dans les forêts tropicales du Sud-Est de l'Asie, son aire de répartition traditionnelle correspond aux îles du Sud-Ouest Indien (**Figure 07**) et s'est dispersé à travers le monde grâce au commerce international et notamment celui des pneumatiques, il est maintenant présent sur les cinq continents (**Paupy et al., 2009**). Cela a été réalisé principalement par le transport d'œufs dans des pneus usagés, lorsqu'ils sont expédiés, et plus tard réhydraté par la pluie, produit des moustiques adultes en quelques jours, infestant rapidement de nouvelles zones (**Knudsen, 1995**). *Aedes albopictus* s'est propagé dans le monde entier. Il a été introduit aux États-Unis, Mexique, Brésil, Barbade et République dominicaine, dans les îles du Pacifique comme Salomon, Fidji et Australie ; en Afrique aussi ; et en Europe (**Rodhain, 1996**). Il est propagé à plusieurs pays d'Afrique centrale (**Paupy et al., 2009**), L'espèce d'*Aedes albopictus* envahira rapidement, les autres pays d'Afrique du Nord compte tenu des importantes liaisons aériennes et maritimes avec l'Europe du Sud (**Bennouna, 2017**).



**Figure 07** : Carte montrant la distribution mondiale d'*Aedes albopictus* et *Aedes aegypti* (**Houé et al., 2019**).

**b. En Algérie**

En Algérie, le moustique tigre est arrivé pour la première fois à la wilaya de Tizi-Ouzou, dans la région de Larbaa-Nath-Iraten, une femelle d'*Aedes albopictus* a été piégée en vie et partiellement engorgé. C'est le premier rapport d'*Ae.albopictus* aux Maghreb et plus particulièrement en Algérie, (Izri et al., 2011). Une enquête entomologique a été réalisée en Décembre 2015, des spécimens d'*Aedes albopictus* (2 males, 3 femelles et 3 nymphes) ont été collectés à Oran dans l'ouest du pays. Confirmant sa présence et son implantation en Afrique méditerranéenne (Benallal et al., 2016). Le premier signalement d'*Aedes albopictus* dans la wilaya d'Alger, remonte à une prospection des maisons d'habitation, 57 spécimens ont été collectés (21 œufs, 20 larves et 16 adultes) (Benallal et al., 2019). Les points d'observations collectés ont permis de construire la carte de prédiction de ce moustique en Algérie. (Figure 08) (Garni et al., 2019). Dans la région de Sétif, les résultats de l'échantillonnage ont confirmé l'absence de l'espèce dans les hautes plaines algériennes et limitent sa présence dans l'extrême nord d'Algérie (Nabti et Bounechada, 2020).



**Figure 08** : Carte de probabilité de distribution d'*Aedes albopictus* en Algérie  
(Garni et al., 2019).

### I.1.5- Succès de l'invasion d'*Aedes albopictus*

Le moustique tigre asiatique *Aedes albopictus* est un vecteur Important d'agents pathogènes viraux et parasitaires. Il est en fait connu comme l'espèce envahissante la plus menaçante au monde. Ces dernières années, ce moustique a envahi et s'est adapté aux climats tropicaux et tempérés ou il a été responsable de grandes épidémies de maladies. Les clés du succès de son invasion et de son établissement sont principalement sa plasticité phénotypique et son adaptation à différents environnements (**Tabbabi, 2018**).

La résistance des œufs d'*Aedes albopictus* à la dessiccation a été indiquée comme facteur primordial facilitant la dispersion d'œufs de ce moustique (**Paupy et al., 2009**). Ce moustique a la capacité de s'adapter aux températures froides et devenir dormant pendant l'hiver dans les régions tempérées. Les œufs peuvent entrer en dormance lorsque la température diminue en dessous de ces seuils et ils peuvent synthétiser une grande quantité de lipides et produire de plus grande quantité de lipides vitellins par temps froid (**Paupy et al., 2009**), Même face aux changements climatiques, le climat représente un facteur secondaire de propagation d'*Aedes albopictus*, une possibilité que les gammes climatiques plus large d'*Ae. albopictus* sont des conséquences écologiques ou co-écolutives de l'adaptation aux habitats humains (**Mogi, 2017**).

Autres caractéristiques explique le succès de l'invasion est l'un des phénomènes les plus écologiques, L'urbanisation a considérablement augmenté la densité, le taux de développement larvaire et le temps de suivi des adultes d'*Aedes albopictus* qui a son tour a augmenté la capacité du potentiellement vecteur, et donc la transmissibilité de la maladie et sa corrélation avec la transmission du virus (**Yiji et al., 2014**). La zone urbaine avait des densités plus élevées des larves, se sont développées plus rapidement, et le taux d'émergence des adultes était plus élevé par rapport aux zones rurales et suburbaines (**Yiji et al., 2014**).

*Aedes albopictus* est un moustique doté d'une grande plasticité génétique qui lui permis de s'adapter à des environnements très divers, dont les milieux urbaines et les quartiers préurbaines s'installent à proximité de territoires ruraux à vocation agricole. Ce moustique est principalement diurne et exophagique. Préférant piquer tôt le matin et en fin d'après-midi. Les sites de reproduction larvaire sont très larges et vont de sites naturels (souche de bambou, broméliacées et trou d'arbre) à des contenants artificiels (stockage d'eau, conteneurs et anciens pièces de voiture) (**Paupy et al., 2009**).

### I.1.6–Nuisance

Le moustique tigre est un mordant agressif de jour en plein air qui a une très large gamme d'hôte, et attaque les humains, le bétail, les amphibiens, les reptiles et les oiseaux (**Eritja et al., 2005**). Pour la santé publique, la prolifération de l'espèce *Aedes albopictus* représente un risque très important. C'est l'un des principaux vecteurs responsables du maintien, de dispersion et de la transmission des arbovirus en zone urbaine (**Leroy et al., 2009**), *Aedes albopictus* se présente un lourd fardeau en terme nuisance, en raison de son expansion sur les cinq continents et l'augmentation des maladies à transmission vectorielles dont le chikungunya, la dengue, plus modestement le Zika et, la fièvre jaune (**Boubidi, 2016**).

Dans le monde, les maladies à transmission vectorielles sont responsables plus de 17% de toutes les maladies infectieuses (**OMS, 2017**). Au cours de dernières décennie, on estime à 1,38 million le nombre de suspects des cas de chikungunya ont été enregistré dans le monde, et lors de l'épidémie mondiale de la dengue en 2016 en Amériques à celles seules ont rapporté plus de 2,38 millions de cas (**OMS, 2017**).

Récemment, c'est le virus Zika qui a émergé, notamment dans le Pacifique et en Amérique tropicale, provoquant des manifestations cliniques nouvelles comme des syndromes de microcéphalie au Brésil chez les nouveau-nés de mères contaminées par le virus durant les premiers mois de la grossesse. Ce virus constitue à ce titre une menace majeure pour les régions tropicales en raison de son effet à long terme (**Zanluca et al., 2015**). Certaines études expérimentales ont démontré le potentiel d'*Ae. albopictus* à s'infecter par plus de 32 arbovirus (**Vanlandingham et al., 2016**).

D'autres études, basées sur le transport du virus en conditions naturelles (isolement ou mise en évidence du génome d'arbovirus dans les moustiques de terrain), permettent également d'évaluer le rôle potentiel de cette espèce dans la transmission de nombreux virus (**Dos Santos, 2019**) (**Tableau 01**).

**Tableau 01** : Exemples d'infections naturelles par des arbovirus reportées chez *Aedes albopictus* (Dos Santos, 2019)

Nom du virus détecté	Références
Cache Valley	Armstrong et al. 2013 Mitchell et al. 2009
Chikungunya	Leroy et al. 2009
Dengue 1, 2, 3 et 4	Pessanha et al. 2011 Leroy et al. 2009
Encéphalite équine	Mitchell et al. 1992
Kystone	Mitchell et al. 1992
La crosse	Westby et al. 2015 Gerhadt et al. 2001 Lambert et al. 2010 Mitchell et al. 1998
Potosi	Francyet al. 1990 Herrison et al. 1995 Mitchell et al. 1998
Tensaw	Mitchell et al. 1992
West Nile	Cuppet al. 2007 Farajollahi et al. 2009 Hollik et al. 2002
Zika	Grard et al. 2014

### I.1.7- Méthodes de lutte

La propagation mondiale d'*Aedes albopictus* également connu sous le nom de moustique tigre invasif, l'un des événements les plus dynamiques en santé publique, son expansion rapide et sa capacité vectorielle pour divers arbovirus affectent une proportion plus importante de la population mondiale, l'application de lutte contre ce vecteur devrait être améliorée par la connaissance de sa biologie, de son écologie et sa compétence vectorielle (Bonizzoni et al., 2013).

### a) La lutte mécanique

La lutte mécanique également appelée lutte « physique » peut être en partie prise en charge par des opérateurs de lutte anti-vectorielle, notamment durant les épidémies, mais doit reposer sur la participation des populations, d'où la nécessité d'une sensibilisation fréquente du public. La lutte mécanique concerne essentiellement les *Aedes*, dont les femelles sélectionnent des gîtes larvaires artificielles ou naturels (**Balder et al., 2020**).

La lutte mécanique contre les stades immatures, la plus efficace et la plus utilisée. Elle se fonde sur le fait que le moustique ne vole pas très loin et consiste à détruire les larves existantes et à éliminer les gîtes de pontes autour des habitations. Il est plus facile d'identifier les gîtes potentiels, afin de les assécher. Pour cela, il faut éviter l'accumulation d'eau de pluie ou d'arrosage, en vidant les coupelles, les pots de fleurs, en assurant l'écoulement des gouttières, et jeter tous les éléments pouvant faire office de gîte et isoler les gîtes connus (**OMS, 2009**). La lutte mécanique doit être généralisée pour avoir un impact réel sur la densité vectorielle. En plus, elle doit être couplée à d'autres méthodes de lutte dont l'utilisation de larvicides déposés dans les gîtes que l'on ne peut supprimer (**Brasseur, 2011**).

### b) La lutte chimique

Pour contrôler les stades adultes et larvaires du moustique tigre, des composés chimiques sont utilisés comme les régulateurs de croissance des insectes (méthopène, novaluron et pyriproxifène), l'organophosphate et le témophose, qui sont appliqués dans différentes stratégies aux sites de reproduction des moustiques pour réduire les populations larvaires (**OMS, 2011**). Actuellement, il n'existe qu'une seule famille d'insecticides autorisée : les pyréthrinoides (deltaméthrine) contre le moustique tigre. L'utilisation massive et continue de la même substance active engendre un risque important de sélectionner des résistances à cette substance, compromettant ainsi l'efficacité des actions sanitaires visées (**Balder et al., 2020**).

### c) La lutte génétique

La lutte génétique est l'une des méthodes pouvant se substituer à l'utilisation des insecticides. Nous citons



- **Insectes modifiés génétiquement**

L'utilisation d'insectes modifiés génétiquement-ou mâles transgéniques-pour transmettre une mutation aux femelles présente l'avantage d'éviter l'étape d'irradiation, souvent basée sur l'utilisation de sources radioactives. Les mutations peuvent bloquer l'aptitude à transmettre une maladie, changer les femelles en mâles inoffensifs, ou encore détruire l'insecte ciblé (Boyer, 2015). Au cours de la dernière décennie, les progrès de biologie moléculaire ont permis l'optimisation par la manipulation de matériel génétique associé à des agents de lutte biologique, les moustiques infectés par la bactérie *Walbachia* sont moins capables de transmettre le virus de la dengue, virus de chikungunya et le virus de Zika (Hung et al., 2017).

**d) La lutte radiobiologique**

- **La technique des insectes stériles (TIS)**

Cette technique est en cours de développement et appliqué contre les vecteurs de maladies humaines, y compris *Aedes albopictus*, en tant que méthode de suppression des populations respectueuse de l'environnement (Chen, 2020).

**e) La lutte biologique**

La lutte biologique utilise des espèces prédatrices et des micro-organismes pathogènes pour réduire la population de moustiques comme vecteurs de maladies, les avantages de la lutte biologique sont que les ressources utilisées sont généralement biodégradables et respectueuses de l'environnement (Hung et al., 2017).

- **Les entomophages**

L'utilisation des prédateurs, tels que les poissons larvivores, les copépodes ou le moustique éléphant, *Toxorhynchites splendens*, est une stratégie alternative de lutte biologique adaptée à la reproduction de conteneurs comme *Ae.albopictus*. L'application réussie de cette stratégie a été prouvée contre *Ae. Aegypti* (Chang et al., 2011).

La lutte biologique contre les espèces du genre *Aedes*, fait aussi appel à des copépodes du genre *Mesocyclops* (Howard, 2013). Plus récemment, des essais semi-contrôlés sur le terrain avec l'espèce *Macrocyclus albidus* ont donné des résultats prometteurs pour contrôler *Ae. albopictus* en Italie (Veronesi et al., 2015).

- **Les entomopathogènes**

Le terme de « lutte microbiologique » sera préféré car l'organisme antagoniste sera un micro-organisme : un champignon, une bactérie, un virus ou encore un protozoaire (Bawinet *al.*, 2014).

**Les champignons**

L'infection des moustiques adultes par les spores de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* entraîne leur mort en quelques jours, réduisant potentiellement de 80 fois leur capacité (Blanford *et al.*, 2005).

**Les bactéries**

Le genre *Bacillus* (*Bacillaceae*) correspond à un ensemble d'espèces de bactéries aérobies Gram positives, pour la grande majorité saprophyte, formant des endospores en conditions défavorables (Bawin *et al.*, 2014). La découverte du Bti (*Bacillus thuringiensis israelensis*) en 1976, insecticide biologique très sélectif et peu toxique pour la faune non cible permet d'envisager une démoustication des zones naturelles (Lambert, 2020).

- **Les extraits des plantes**

L'utilisation de certaines plantes aux bords de la maison (la citronnelle, le basilic, la lavande, la cataire) pourra également contribuer à repousser les moustiques (Lambert, 2020). La recherche a élaboré d'autres méthodes alternatives aux insecticides chimiques, suites aux conséquences néfastes de la lutte chimique, ce qui a conduit au développement et utilisation de nouvelles molécules en considération les paramètres biologiques, physiques et biochimiques des organismes vivants (Aouati, 2016).

Ces molécules sont sélectives, sans risques éco-toxicologiques, biodégradables et non toxiques pour les organismes non visés, c'est l'utilisation des plantes dans la lutte antivectorielle, en effet ces extraits de plantes aqueux ou sous forme d'huiles essentielles contiennent des substances toxiques pouvant agir efficacement sur le moustique, les huiles essentielles (HE) sont décrites comme étant la troisième génération d'insecticides, (Aouati, 2016).

L'HE du bigaradier agit comme un insectifuge puissant et insecticide qui va détruire les germes, les œufs et larves. Les extraits de *citrus* possèdent un bon potentiel larvicide contre

les culicidés (notamment contre *Aedes albopictus*) (Mwaiko, 1992 ; Mwaiko et Savaeli, 1994).

## **I.2-Généralités sur *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti)**

Le *Bacillus thuringiensis israelensis* Bti est une bactérie naturellement présente dans le sol, dont l'épandage dans les milieux aquatiques entraîne la mort des larves de nématocères (Lambert, 2020), Depuis 2006, le Bti est le seul larvicide homologué en Europe et utilisé par l'EID pour contrôler les larves de moustique sur le littoral méditerranéen (Lambert, 2020) (Annexe I), plusieurs formulations de ce Bacille sont disponibles sur le marché (granulés, poudre mouillable, suspension concentrée, comprimés disponibles) (Balder et al., 2020).

### **I.2.1-position systématique**

Selon Berliner (1915), l'espèce *Bacillus thuringiensis* est classée comme suit :

Règne : Bacteria

Embranchement : Firmicutes

Classe : Bacilli

Ordre : Bacillales

Famille : Bacillaceae

Genre : *Bacillus*

Espèce : *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1915).

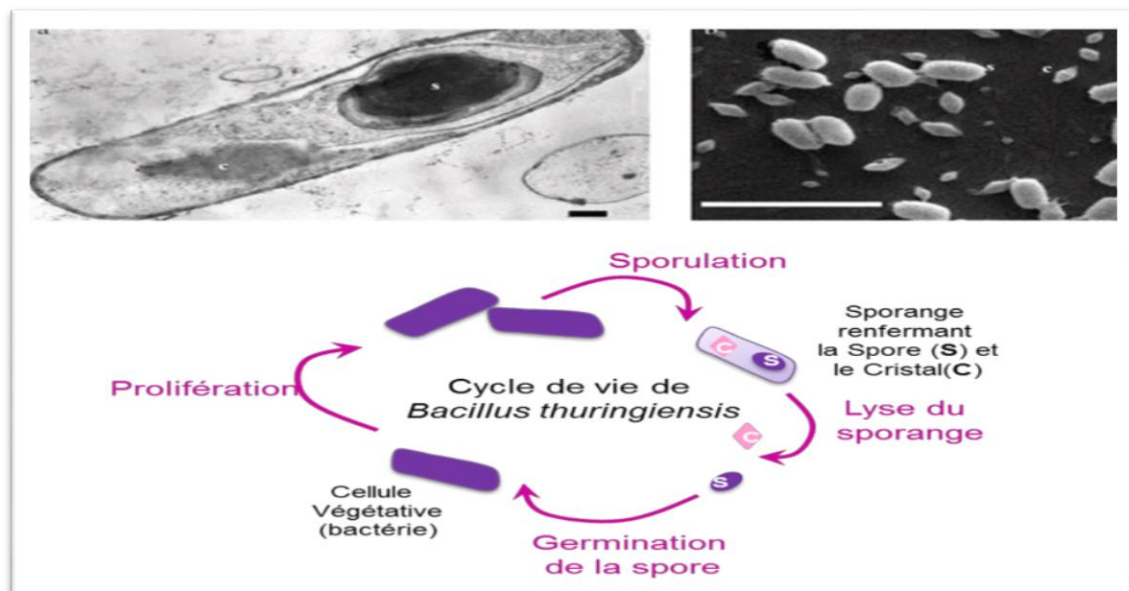
### **I.2.2 -Structure morphologique**

Les espèces du genre *Bacillus* sont des bacilles rectilignes (ou presque rectilignes), de taille variable (de 0,5 x 1,2 µm jusqu'à 2,5 x 10 µm), à extrémités carrées ou arrondies. Les *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus anthracis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus pseudomycoides*, et *Bacillus weihenstephanensis* présentent des caractères phénotypiques proches et ils sont génétiquement apparentés si bien que ces six espèces sont souvent regroupées sous la dénomination de *Bacillus* du groupe *cereus* (Tabti, 2017).

### I.2.3-Cycle de vie de *Bacillus thuringiensis*

L'espèce *thuringiensis* se distingue par la production d'une ou plusieurs inclusions cristallines parasporales en phase de sporulation dont certaines à une activité entomopathogène. En effet, lors d'un stress nutritionnel, *Bt* sporule et se transforme en un sporange renfermant la spore *Bt* (bactérie en état de dormance) et un cristal formé par une ou plusieurs toxines. Quand il se trouve dans un milieu propice, le sporange s'autolyse et libère la spore et le cristal. La spore peut germer pour redonner la cellule végétative (bactérie *Bt*) qui prolifère si elle trouve les bonnes conditions (**Figure 09**).

Cette bactérie a la particularité de synthétiser une inclusion cristalline composée de toxines insecticides (les delta-endotoxines) pendant la phase de sporulation. Ces delta-endotoxines comprennent deux familles: les protéines Cry (possédant un haut niveau de spécificité) et Cyt. Suivant les souches, cette bactérie est ainsi utilisée pour le contrôle de Lepidoptera, Diptera et Coleoptera (**Schnepf et al., 1998; Van Frankenhuyzen, 2009**). En cas de stress, la bactérie *Bt* sporule. Pendant la phase de sporulation, les toxines Cry sont produites et sont agglomérées sous forme d'un cristal et la bactérie se transforme en une spore. La spore et le cristal seront enveloppés par une membrane protéique formant ainsi un sporange.

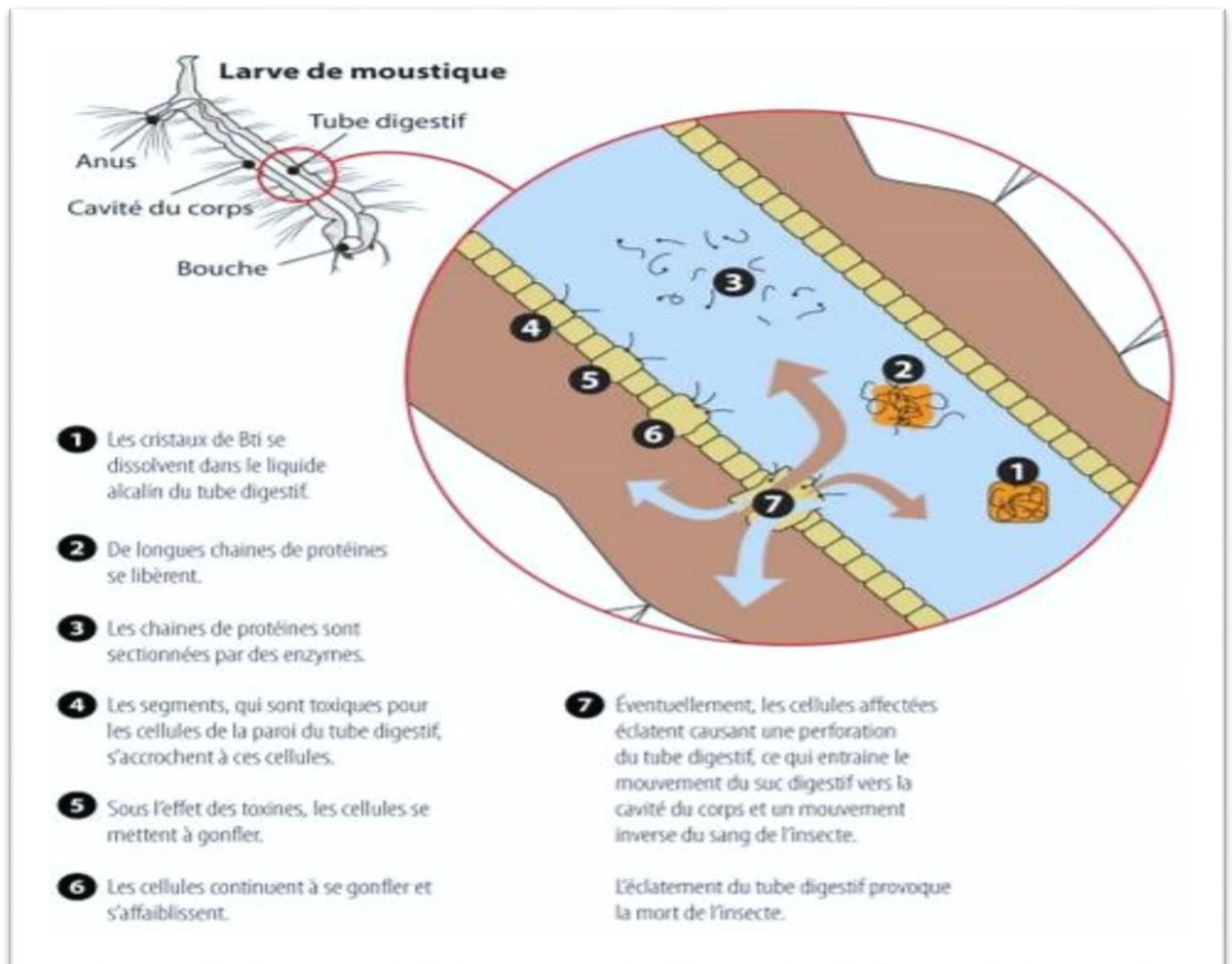


**Figure 09:** *Bacillus thuringiensis*: aspect et cycle de vie. **a**-photo d'un sporange de *Bt* renfermant la spore (S) et le cristal (C), barre d'échelle 0,2  $\mu\text{m}$  ; **b**- photo de spores de *Bt*

(S) et de cristaux (C), barre d'échelle 5  $\mu\text{m}$ . **b** et **c**: Photos prises en microscopie électronique. **c**- Cycle de vie de *Bacillus thuringiensis* (Sauka et al., 2010).

### I.2.4-Mode d'action de *Bti*

Lors de la sporulation de la bactérie, une incubation cristalline composée d'au moins 6 protéines est formée. L'activité larvicide de la bactérie provient exclusivement de cette structure cristalline produite lors du cycle vital. Pour être toxique, le cristal doit être capturé puis ingéré et l'organisme ciblé doit posséder un tube digestif à PH hautement alcalin, des enzymes capables de libérer les molécules toxiques et finalement, des récepteurs cellulaires compatibles aux toxines (Figure 10) (Moreau, 2020).



**Figure 10** : Représentation schématique du mode d'action des cristaux de *Bacillus thuringiensis* sur une larve de moustique (Moreau, 2020).

# Chapitre II

## II.1-Objectif de l'étude

Le présent travail vise d'une part, la recherche des foyers d'infestations du moustique tigre dans trois wilayas situées au Nord d'Algérie (Alger, Blida et Tipaza). Et d'autre part à l'évaluation de la toxicité de *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) sur les stades larvaires d'*Aedes albopictus*. L'étude sur la recherche des foyers d'infestations s'est étalée sur une période de 6 mois « de Mars jusqu'au mois de Août 2020 ».

## II.2-Régions d'études

### a) Région d'Alger

Alger, capital politique, administrative et économique, est situé au Nord-centre du pays et occupe une position géographique intéressante (**Figure 11**), aussi bien, du point de vue géopolitique.

La wilaya d'Alger est limitée par la mer méditerranée au Nord et la wilaya de Blida du Sud, à l'Ouest la wilaya de Tipaza et de l'Est la wilaya de Boumerdes (**ANDI, 2013**).

Elle est localisée à la latitude 36° 46' 34" Nord et à la longitude 3° 03' 36" Est, à une altitude qui varie de 2 à 424m, l'altitude par rapport au niveau de la mer est 186m. Elle est constituée de plusieurs communes totalisant une surface de 1190 km<sup>2</sup>.

Alger se caractérise par un climat méditerranéen tempéré. Elle est connue par ses longs étés chauds et secs. Les hivers sont doux et humides, la neige est rare mais pas impossible. Les pluies sont abondantes et peuvent être diluviennes. (**ANDI, 2013**),

### b) Région de Blida

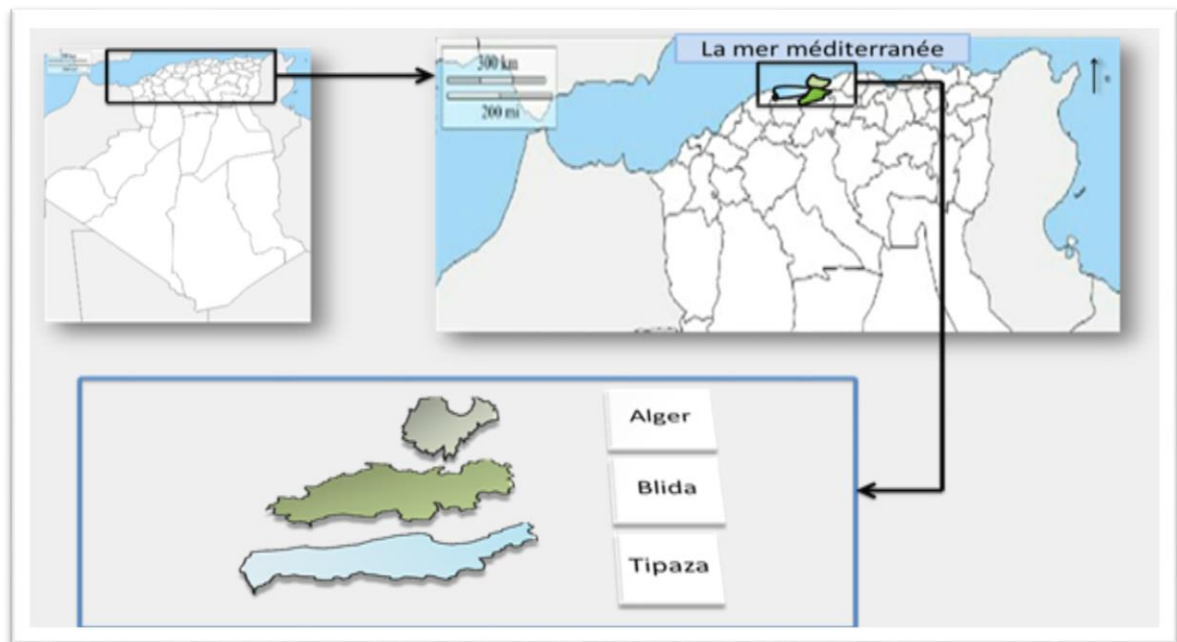
La wilaya de Blida se situe dans la partie Nord du pays dans la zone géographique du Tell central (**Figure 11**). Elle est limitée au Nord par les wilayas d'Alger et Tipaza, à l'Ouest par la wilaya de Ain Defla, au Sud par la wilaya de Médéa et à l'Est par les wilayas de Bouira et Boumerdes (**ANDI, 2013**). Elle est localisée à la latitude 36° 29' 00" Nord et à la longitude 2° 50' 00" est. Son altitude est de 229 m et sa superficie est de 53,26 km<sup>2</sup>.

Blida subit, de par sa position géographique, le double influence la mer et la montagne qui domine la ville. le climat est donc méditerranéen (**Khelfi et al., 2014**).

### c) Région de Tipaza

La wilaya de Tipaza est située sur la côte au pied du mont Chenoua, à l'extrémité des collines du Sahel (**Figure 11**). Elle est limitée au Nord par la Mer Méditerranée, à l'Ouest par la wilaya de Chlef, au Sud-Ouest par la wilaya de Ain-Defla, et à l'Est par la wilaya d'Alger, au Sud Est la par la wilaya de Blida. (**ANDI, 2013**).

La wilaya de Tipaza possède un climat méditerranéen, chaud et humide l'été, froid et pluvieux l'hiver, avec une durée et un degré d'ensoleillement élevés durant la majeure partie de l'année favorisant l'aridité des sols. Elle se situe dans un seul étage bioclimatique subdivisé en deux variantes : L'étage sub-humide caractérisé par un hiver doux, dans la partie Nord, où se situe la ville de Tipaza et L'étage sub-humide caractérisé par un hiver chaud dans la partie sud (**ANDI, 2013**).



**Figure 11** : Situation géographique des régions d'étude.

## II.3-Matériel

### II.3.1-Matériel non biologique

Tout le matériel non biologique utilisé au cours de la présente étude Matériel de laboratoire.



### II.3.2-Matériel biologique

#### a. Le moustique tigre (*Aedes albopictus*)

Les larves d'*Aedes albopictus* qui devraient être soumises aux tests biopesticides sont issues des œufs collectés en Mars 2020 au niveau de Kouba (Alger).

#### b. Bactérie entomopathogène *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti)

La bactérie nous a été aimablement fournie par L'institut National de la Recherche Agronomique de Relizane.

### II.4 -Méthodes d'études sur terrain

#### a) Technique de collecte directe

La recherche des foyers du moustique tigre par la technique de collecte directe a été effectuée en collaboration avec l'établissement public d'hygiène urbaine et protection de l'environnement de la wilaya d'Alger (HURBAL) et avec l'unité de lutte anti-vectorielle (lutte contre les vecteurs nuisibles : rongeurs et insectes), deux sites ont été prospectés Dar El Beida et Kouba (Alger) le 09 et le 10 Mars 2020, suites des plaintes des citoyens à propos des moustiques qui piquent la journée. Des stades pré imaginaires du moustique tigre (larves, nymphes) ont été collectés avec une louche à l'intérieur des pneus usagés (**Figure 12**).



**Figure 12:** Gîtes de reproduction d'*Aedes albopictus* (pneus stockés dans un jardin à Kouba, Alger) (Haouati et Mansouri, 2020).

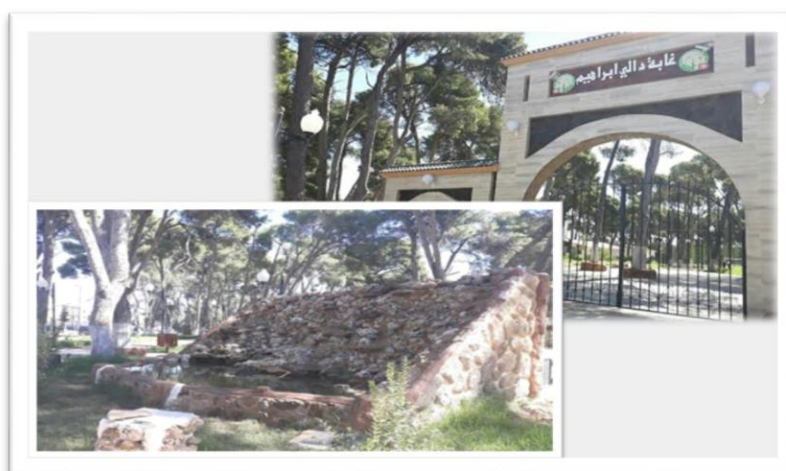
**b) Installation des pièges pondoirs**

Des pièges pondoirs ont été installés dans quelques sites (**Figures 13, 14 et 15**) dans les trois régions d'étude (Alger, Blida et Tipaza) à proximité des végétations dense et dans des endroits humides et ombragés. Ce piège permet avant tout de détecter la présence d'une espèce dans une zone indemne (**EID, 2016**). Le piège est constitué d'un seau noir rempli aux trois quarts avec de l'eau macéré recouvert intérieurement tout autour avec du papier cuisson ou papier buvard (**Figure 16**).



**Figure 13** : Pièges pondoirs installés dans quelques sites dans le jardin d'Essai du Hamma ; **A** Carrée 41 ; **B** Allée des bambous ; **C** Allée des ficus

(**Haouati et Mansouri, 2020**).



**Figure 14** : Pièges pondoirs installés dans une forêt à Dely Brahim (**Haouati et Mansouri, 2020**).



**Figure 15** : Pièges pondoirs installés aux jardins des maisons d'habitat, **A** Bouarfa (Blida) ; **B** Boufarik (Blida) ; **C** Kolea (Tipaza) ; **D**, **E** et **F** Cherchell (Tipaza)

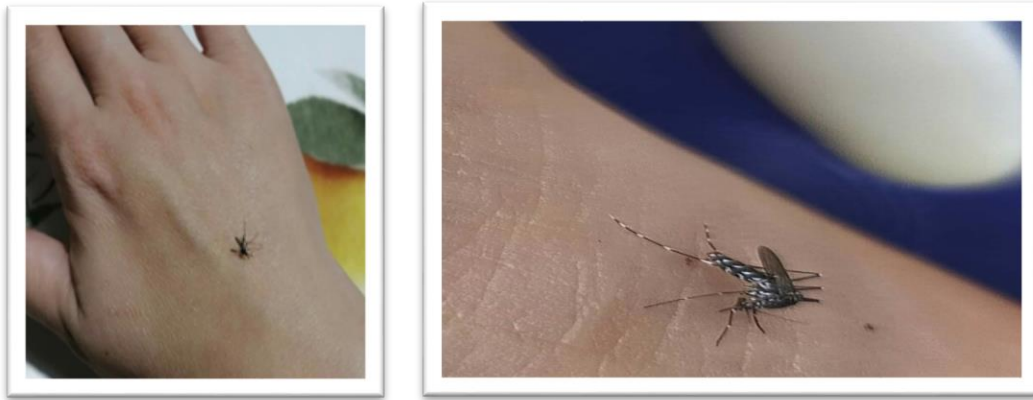
(Haouati et Mansouri, 2020).



**Figure 16**: Piège pondoir (Haouati et Mansouri, 2020).

### c) La capture des adultes par la technique HLC (Human Landing Count)

Cette technique, permet la capture directe des moustiques atterri sur la peau humaine (Mains et pieds), (Figure 17). Les moustiques capturés sont ensuite dénombrés, les captures sur Homme ont également montré une forte densité d'*Aedes albopictus* (Boubidi, 2016). Cette technique a été appliquée dans la région de Tipaza (Cherchell et Hadjout) durant deux fois par mois de Juin 2020.



**Figure17** : Capture du moustique tigre sur appât Humain (Haouati et Mansouri, 2020).

#### **d) Enquête menée au niveau du service de prévention contre les maladies infectieuses**

En Juillet 2019, l'apparition du moustique tigre au niveau de deux communes Gouraya et Tipaza. Indiqué Djassim Toufik Amrani à l'Algérie presse service le directeur de la santé, de la population et de la réforme hospitalière de Tipaza ([www. Aps. Dz](http://www.Aps.Dz)).

En Novembre 2019, nous avons contacté le chef de service, Dr Makki, au niveau de la direction de la santé et de la population de la wilaya de Tipaza, qui a bien voulu mettre à notre disposition, le lieu des cas pris en charge par la pique du moustique tigre au mois d'Octobre 2019 (**Voir annexe II**).

#### **e) Recherche des foyers d'infestations du moustique tigre par utilisation des supports de communications**

Au cours du confinement, nous avons utilisé plusieurs supports de communication, dont le réseau social (Facebook) comme plate-forme pour se renseigner sur la présence d'*Aedes albopictus* dans les trois régions d'étude. Des photos du moustique tigre, ainsi que les symptômes de la pique ont été envoyées aux citoyens, en leur demandant de bien vouloir nous contacter dans le cas où ils observent ce moustique, ou présentent les symptômes de la pique (**Voir annexe III**).

## II.5- Méthodes d'étude au laboratoire

### II .5.1-Mise des œufs récoltés dans des bacs à éclosion

Une fois au laboratoire les œufs du moustique tigre sont mis dans des bacs à éclosion dans le but de lancer un élevage en masse de ce vecteur.

#### II.5.1.1-Identification des œufs, des larves du quatrième stade et des adultes au laboratoire

L'identification des larves et des adultes (**Figure 18**) a été faite à l'aide d'un logiciel très performant : « **Les Moustiques de l'Afrique méditerranéenne** ». Ce logiciel a été réalisé par l'IRD de Montpellier en collaboration avec l'Institut Pasteur de Tunis (**Brunhes et al., 1999**). Quant aux œufs (**Figure 19**), la confirmation de leur identification a été faite par Madame Benbetka S. de l'IPA.



**Figure 18:** Stades pré imaginaires conservés dans des bouteilles (**Haouati et Mansouri, 2020**).



**Figure 19 :** Ponte des œufs d'*Aedes albopictus* (**Haouati et Mansouri, 2020**).

### II.5.1.2-Tests de toxicité de la Bactérie entomopathogène (*Bacillus thuringiensis var. israelensis*) sur les stades larvaires

La méthodologie de nos tests ainsi que les formules utilisées pour calculer le pourcentage de la mortalité sont inspirés de la technique des tests de sensibilité normalisés par l'organisation mondiale de la santé (O.M.S). Trois doses sont choisi (D1=3g/l, D2= 1.5g/l, D3= 0.75g/l). Ces doses devraient être testées sur le troisième et le quatrième stade larvaire d'*Aedes albopictus*. En effet, 25 larves devraient être prélevées à l'aide d'une pipette pasteur et mises dans des gobelets en plastique de 5 cm de diamètre contenant chacun 99 ml d'eau distillée Par introduction d'un millilitre de chaque dose ainsi préparée dans les gobelets précédemment préparés, 3 répétitions devraient être réalisées pour chaque dose, Trois gobelets témoins devraient être également constitués dans les conditions identiques aux gobelets tests.

## II. 6- Méthodes d'exploitation des résultats

### II. 6. 1- Mortalité observée

Nous avons calculé la mortalité dans l'échantillon testé en sommant le nombre de moustiques morts dans l'ensemble des tests d'exposition répliqués et en exprimant cette somme sous forme de pourcentage par rapport au nombre total de moustiques exposés. Le même taux a était calculé pour les témoins

$$\text{Mortalité observée} = \frac{\text{Nombre total de moustiques morts}}{\text{Effectif total de l'échantillon}} \times 100$$

Si le taux de mortalité observée est  $\geq 20\%$  chez les témoins, les résultats du test devront être écartés. Lorsque ce dernier est compris entre 5% et 20%, la mortalité observée doit être corrigée à l'aide de la formule d'**Abbott (1925)** de la façon suivante :

$$\text{Mortalité corrigée} = \frac{(\% \text{ mortalité observée} - \% \text{ mortalité chez les témoins})}{(100 - \% \text{ mortalité chez les témoins})} \times 100$$

Si la mortalité chez les témoins est  $< 5\%$ , aucun correction n'est nécessaire sur les résultats de test.

### II. 6. 2- Evaluation de la DL90 et la TL90

Un insecticide est d'autant plus puissant à l'égard d'une population d'insectes donnée si la dose utilisée est faible pour détruire un pourcentage de cette population. Cette dose d'insecticide nécessaire pour obtenir un pourcentage donné de mortalité est appelée dose létale.

**DL90** : dose nécessaire et suffisante pour tuer 90% d'une population exposée.

Pour calculer la DL 90, une transformation en probit des pourcentages de mortalité est nécessaire. L'analyse des données se fait par la méthode gaussienne arithmétique habituellement utilisée pour les tests insecticides. Elle permet de tracer des droites de régression probit en dressant le taux de mortalité en fonction de la concentration en insecticide.

L'équation de la droite est de type  $y = ax+b$

$y$  = probit 90 pour chercher DL90

$a$  = la pente.

$x$  = logarithme de dose.

$b$  = valeur de l'axe des ordonnées.

**TL90** : le temps létal au bout duquel on obtient 90% de mortalité.

Pour la détermination des DL50 et DL90, les résultats des mortalités provoquées par les différentes concentrations des essences testées sont transcrits et analysés par le logiciel **WinDL32** version 4.6 du CIRAD-CA à partir du modèle probit-log de **Finney (1971)**.

Ce logiciel permet de calculer les pourcentages de mortalité (éventuellement corrigée) et les transformer en probit puis calculer la droite de régression fonction du  $\text{Log}_{10}$  et de la concentration.

# Chapitre III



### III.1- Identification morphologique des œufs, des larves et des adultes du moustique tigre

#### a. Les œufs

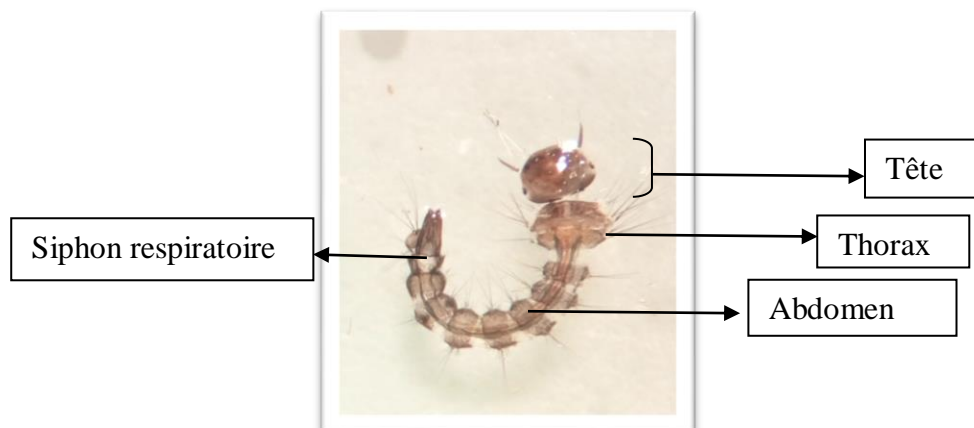
Les œufs d'*Aedes albopictus* sont de couleur noir, fusiforme et dépourvus de flotteurs latéraux, munis de petites saillies qui assurent leur stabilité sur le fond de l'eau. Ils sont entourés d'une épaisse coquille, dure et imperméable (**figure 20**).



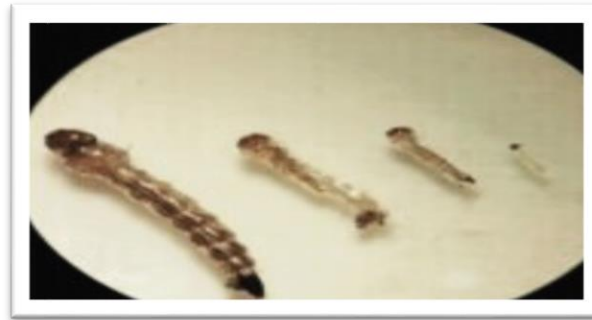
**Figure 20** : Œufs d'*Aedes albopictus* sous loupe binoculaire (Gr 0,8x25)  
(Photographie, 2020).

#### b. Les larves

Les larves sont vermiformes et apodes, elles se caractérisent par un siphon respiratoire large et court (**Figure 21** et **22**).



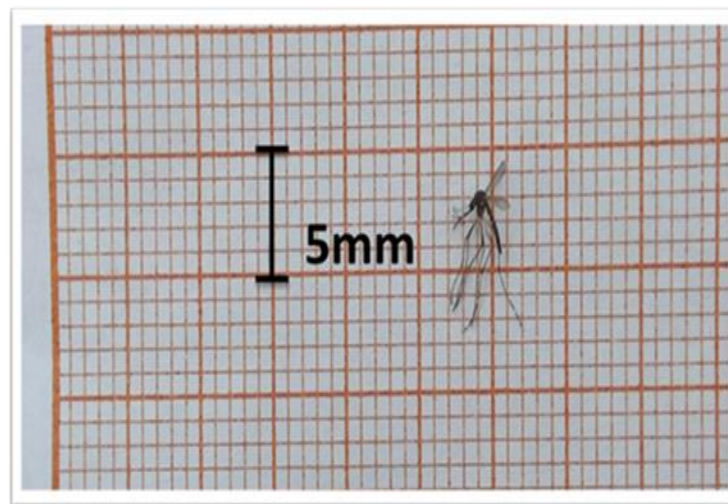
**Figure 21** : Larve d'*Aedes albopictus* sous loupe binoculaire (Photographie, 2020).



**Figure 22** : Les différents stades larvaires d'*Aedes albopictus* sous loupe binoculaire (Photographie, 2020).

### c. Les adultes

- **Taille** : Il est très petit, environ 5mm (Figure 23).
- **Couleur** : Il a des rayures noires et blanches sur le corps et les pattes, avec une bande blanche qui part de la tête et rejoint le thorax (Figure 24).

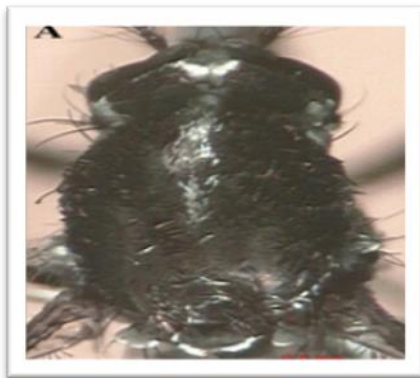


**Figure 23** : Adulte d'*Aedes albopictus* (Photographie, 2020).



**Figure 24** : Adulte femelle d'*Aedes albopictus* sous loupe binoculaire (Photographie, 2020).

L'identification de moustique tigre *Aedes albopictus* est facilement reconnaissable grâce à une ligne d'écailles médiane blanc sur le mésonotum (**Figure 25**) et un autre sur la pleure thoracique (**Figure 26**).



**Figure 25** : Mesonotum d'*Aedes albopictus* (Brhune et al., 2001).



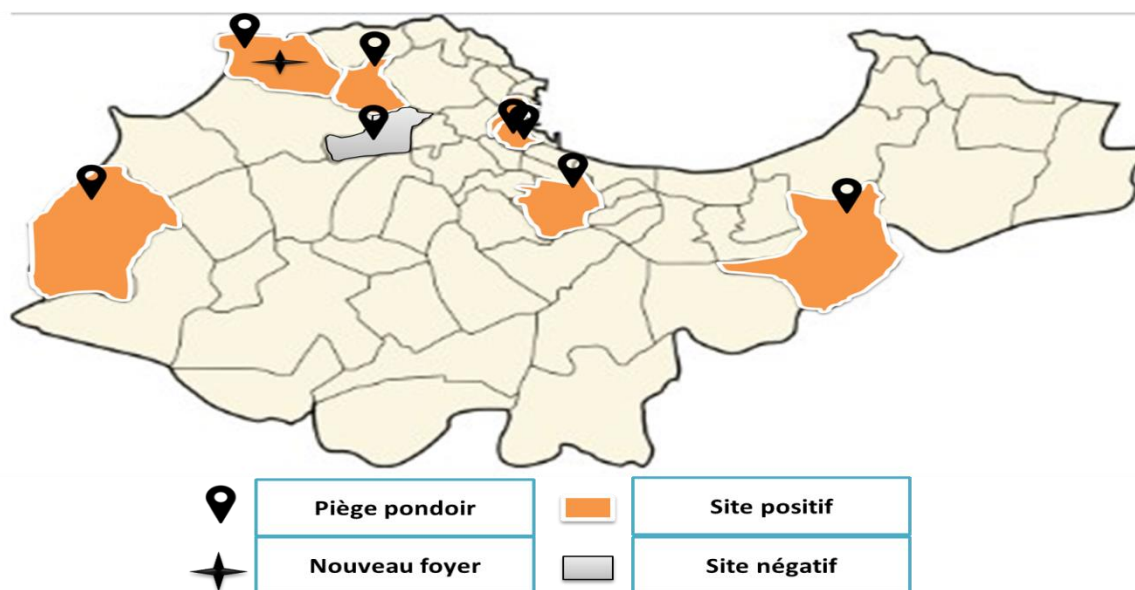
**Figure 26** : Pleure thoracique d'*Aedes albopictus* (Brhune et al., 2001).

### **III.2- Résultats de La recherche des foyers d'infestations du moustique tigre dans les trois régions d'étude (Alger, Blida et Tipaza).**

#### **III.2.1 - Région d'Alger**

##### **a. Résultats de la recherche des foyers d'infestations par emplacements des pièges pondoires**

Les résultats de la recherche des foyers d'infestations de moustique tigre par les pièges pondoires dans la région d'Alger sont représentés dans la **figure n°27**.



**Figure 27** : Résultats du réseau de pièges pondoïrs sur quelques sites de la région d'Alger (Haouati et Mansouri, 2020).

### b. Résultats de la recherche des foyers d'infestations par la collecte directe

Des stades pré imaginaires ont été collectés le 10/03/2020 à partir des pneus stockés dans un jardin d'une maison à Kouba, ce qui montre un début d'activité de ce moustique au mois de Mars dans la commune de Kouba, site où s'est parfaitement implanté le moustique tigre

### c. Résultats de la recherche des foyers d'infestations par le support de communication

Les résultats de la recherche des foyers d'infestations par utilisation des réseaux sociaux sont représentés dans le **tableau n°02**.

**Tableau 02** : Signalement du moustique tigre dans la région d'Alger.

Sites	Date de signalement
Bab el Oued	15/05/2020
Bab Ezzouar	12/06/2020
Bouzareah	16/06/2020
Bir Mourad Rais	17/07/2020

Chéraga	21/06/2020
Dar El Beida	03/08/2020
El-Harrach	04/07/2020
Zéralda	26/05/2020

### III.2.1 - Discussion

Les œufs du moustique tigre, *Aedes albopictus* ont été récoltés dans la wilaya d'Alger, a été noté dans les pièges pondoirs installés aux Jardin d'Essai du Hamma, Ain Benian, Alger centre, Beni Messous, Dar El Beida, Kouba et Zéralda, par contre tous les pièges pondoirs installés à Dely Brahim étaient négatifs, Durant le mois de Mai, Juin, Juillet et le mois d'Août de l'année 2020, des signalements de moustique tigre ont été reçus via les réseaux sociaux (**Tableau 02**), indiquant la présence de l'espèce à Bab El Oued, Bab Ezzour, Bir Mourad Raïs, Cheraga, Dar El Beida, El Harrach et Zéralda.

En 2019, Selon le directeur d'HURBAL Hamimi avait déjà signalé la présence du moustique tigre dans les communes de Bab El Oued, Bir Mourad Raïs, Cheraga, Dar El Beida, El Harrach et Zéralda. Les résultats recueillis durant notre période d'étude montre l'invasion de deux nouvelles communes, Bab Ezzouar et Ain el Benian, non signalées dans la liste des 22 communes de la wilaya d'Alger déclarées envahies par le moustique tigre, Depuis le premier signalement de ce vecteur dans la région d'Alger au mois de Juillet 2016 au niveau de la commune de Birkhadem par **Benallal (2016)**, des campagnes de démoustication intensives ont été lancées du mois de Juillet 2016 au mois de Juillet 2017. Malgré ces campagnes de démoustications, le moustique tigre s'est propagé aux zones mitoyennes (**IPA, 2017**). Ces données confirment le pouvoir invasif et probablement sa résistance vis-à-vis des insecticides utilisés.

### III.2.2 - Région de Blida

#### a. Résultats de la recherche des foyers d'infestations par les pièges pondoirs

Les résultats de la recherche des foyers d'infestations du moustique tigre par les pièges pondoirs dans la région de Blida sont représentés par la **figure n° 28**.



**Figure 28** : Résultats du réseau de pièges pondoïrs sur quelques sites de la région de Blida (Haouati et Mansouri, 2020).

### b. Résultats de la recherche des foyers d'infestations par le support de communication

Les résultats de la recherche des foyers d'infestations du moustique tigre par utilisation des réseaux sociaux sont consignés dans le **tableau n°03**.

**Tableau 03** : Signalement du moustique tigre dans la région de Blida.

Sites	Date de signalement
Bab Zaouia	04 /05/2020
Beni Mered	13/07/2020
Beni Tamou	15/05/2020
Bouarfa	06/04/2020
CHU Frantz Fanon	02/06/2020

### III.2.3 - Discussion

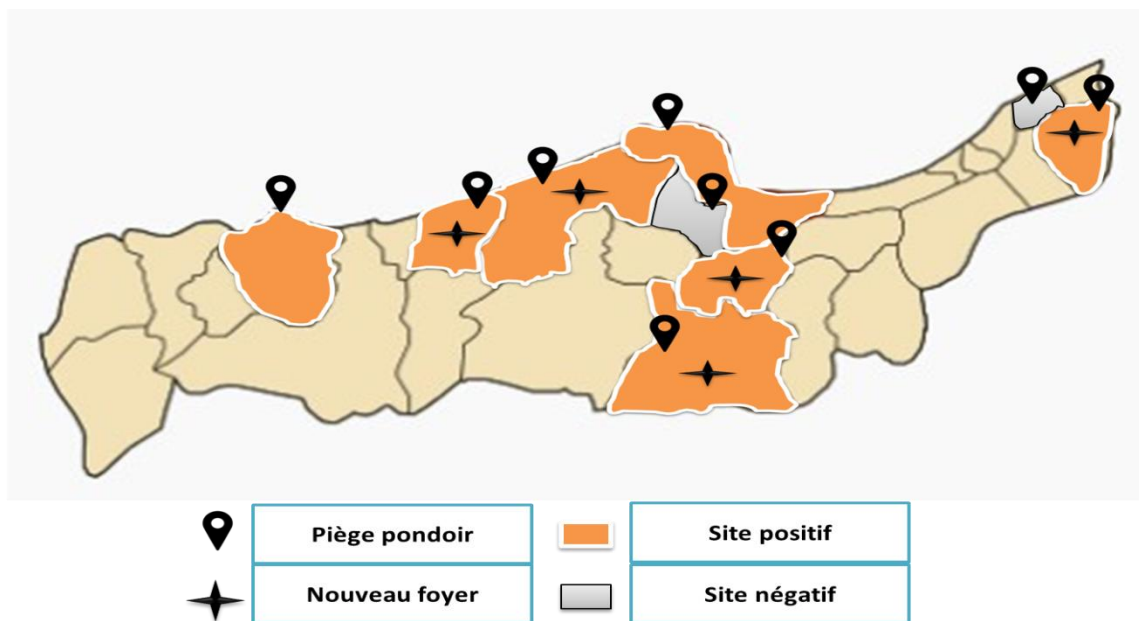
La détection des œufs de moustique tigre *Aedes albopictus* a été noté dans tous les pièges pondoïrs installés dans les jardins de maisons à Bouarfa, Boufarik, Bougara et Ouled Yaich (**Figure 27**). Durant le mois de Mai, Juin et Juillet de l'année 2020, des signalements de

moustique tigre ont été reçus via les réseaux sociaux, indiquant la présence de l'espèce à Bab Zaouia, Beni Mered, Beni Tamou, Bouarfa et Frantz Fanon (**tableau 03**). La détection du moustique tigre dans le Centre Hospitalo-universitaire de Frantz Fanon, au Juin 2020, constitue un réel danger sur les malades hospitalisés et la population qui se trouve à proximité. D'après le journal **EL Watan**, le moustique tigre a été signalé pour la première fois dans la région de Blida en 2019 à Boufarik, Bouarfa. La propagation de ce redoutable vecteur à plusieurs autres localités (**Figure 27** et **Tableau 03**), explique que ce moustique s'est bien installé dans la région de Blida.

### III.2.4 - Région de Tipaza

#### a. Résultats de la recherche des foyers d'infestations par les pièges pondoires après une enquête au niveau de la DSP

Les résultats de la recherche des foyers d'infestations du moustique tigre par les pièges pondoires dans la région de Tipaza sont représentés par la **figure n ° 29**.



**Figure 29** : Résultats du réseau de pièges pondoires sur quelques sites de la région de Tipaza (**Haouati et Mansouri, 2020**).

### b. Résultats de la recherche des foyers d'infestation par la méthode HLC

Des femelles de moustiques tigrés ont été collectées directement sur appât humain dans la commune de Cherchell et la commune de Hadjout durant le mois de Juin, le nombre de piqures était estimé à 03 piqures /heure/homme et 02 piqures /heure/homme respectivement dans la commune de Cherchell et Hadjout.

### c. Résultats de la recherche des foyers d'infestations par le support de communication

Les résultats de la recherche des foyers d'infestation par utilisation des réseaux sociaux sont représentés dans le tableau n°04.

**Tableau 04** : Signalement de moustique tigre dans la région de Tipaza.

Sites	Date de signalement
Cherchell	15 /05/2020
Merad	08/06/2020
Tipaza	14/05/2020

#### III.2.5 - Discussion

La détection des œufs de moustique tigre a été notée dans des pièges pondoirs installés à Cherchell, Gouraya, Hadjout, Koléa, Merad, Sidi Ghiles et Tipaza. Par contre tous les pièges installés au niveau de Fouka et Nador ne contenaient pas des œufs.

L'utilisation de la méthode HLC dans les deux communes Hadjout et Cherchell nous a permis de confirmer la présence des femelles adultes d'*Aedes albopictus*.

Quant à la recherche des foyers d'infestations du moustique tigre via les réseaux sociaux, des citoyens ont signalé sa présence à Cherchell, Merad et Tipaza. Selon les informations recueillies au mois de Novembre 2019, auprès de la direction de la santé publique de la région de Tipaza, le moustique tigre était uniquement et fortement présent dans la commune de Gouraya et Tipaza. Le signalement d'autres localités infestées par ce vecteur (**Figure 29** et **Tableau 04**), traduit son implantation dans La région de Tipaza.



### III.3- Essai de la lutte biologique

Le test biocide par utilisation de la bactérie, *Bacillus thuringiensis var. israelensis* sur les stades larvaires du moustique tigre, qui devrait être fait au laboratoire d'éco-épidémiologie parasitaire et génétique des populations de l'annexe de Sidi Fredj de l'Institut Pasteur d'Algérie n'a pas été réalisé à cause de la pandémie de Covid-19.

Nous tenons à signaler que nous n'avons trouvé pratiquement aucun article publié qui traite l'effet biocide de de *Bacillus thuringiensis var. israelensis* H-14 sur le moustique tigre. Pour cela, nous avons jugé utile de présenter et discuter les travaux réalisés par Tabti et Hassaine (2006) sur « Résultats de la lutte biologique à base de *Bacillus thuringiensis* contre *Culex pipiens* principal vecteur de nuisance dans la ville de Tlemcen (Algérie) », ainsi que le travail élémentaire d'Anonyme (2018) sur le moustique tigre *Aedes albopictus*.

#### A. Résultats de la lutte biologique à base de *Bacillus thuringiensis* à l'égard des stades larvaires de *Culex pipiens* (Algérie, Telemcen) réalisé par Tabti & Hassaine en 2006

Efficacité du *Bti* sur la mortalité des larves de *Cx .pipiens* du premier stade larvaire traités, semblent être plus sensibles au *Bti*, en raison des taux de mortalité enregistrés pour les différentes concentrations. Pour les stades larvaires L2, L3 et L4, les doses agissent de la même manière sur la mortalité des larves.

**Tableau 05 :** Analyse de variance à un facteur contrôlé « Temps » pour les quatre stades larvaires

Larves	Ddl	Fobs	P
L4	11	8,54	0,000
L3	11	40,09	0,000
L2	11	26,74	0,000
L1	11	26,03	0,000

**Tableau 06 :** Analyse de variance à un facteur contrôlé « Dose » pour les quatre stades larvaires.

Larves	Ddl	Fobs	P
L4	6	29,24	0,000

<b>L3</b>	6	32,29	0,000
<b>L2</b>	6	26,69	0,000
<b>L1</b>	6	66,88	0,000

**Tableau 07** : Analyse de variance à deux facteurs contrôlés « Dose » et « Stade larvaire » sans répétition d'expérience

<b>DL50</b>	<b>Ddl</b>	<b>Fobs</b>	<b>P</b>
<b>DL50</b>	11	8,54	0,000
<b>DL50</b>	11	40,09	0,000
<b>DL50</b>	11	26,74	0,000
<b>DL50</b>	11	26,03	0,000

**Tableau 08** : Calcul de la DL50 et DL90

<b>Populations</b>	<b>DL50</b>	<b>DL90</b>
<b>Stade 1</b>	15,87	48,35
<b>Stade 2</b>	20,36	55,84
<b>Stade 3</b>	19,44	92
<b>Stade 4</b>	40,82	133

### **B. Résultats de la lutte biologique à base de *Bacillus thuringiensis* à l'égard des stades larvaires d'*Aedes albopictus* (France) réalisé par EID (2018)**

Le nombre de larves mortes est comptabilisé 24 heures après le début de l'expérimentation. Pour le test larvicide la toxicité est exprimée sous forme de concentrations létales (CL50 et CL 90). Le calcul de ratio résistance (RR) entre les concentrations létales entraînant la mort de 50% des individus (CL50) entre les populations testées et les souches sensibles de référence.

$$RR = CL50_{terrain} / CL50_{sensibles}$$

**Tableau 09** : Concentrations létales et RR sur *Aedes albopictus* populations du Var, d'Alsace, d'Atlantique et de la Corse et sur *Aedes aegypti* souche Bora Bora après 24h d'exposition au *Bti*.

	CL50 mg/l (+/- IC)	CL90 mg/l (+/- IC)	RR
<i>Ae. aegypti</i> (Bora Bora)	0,049 ± 0,005	0,107 ± 0,01	-
<i>Ae. albopictus</i> Hérault	0,051 ± 0,001	0,132 ± 0,026	<b>1,04</b>
<i>Ae. albopictus</i> Gironde	0,065 ± 0,003	0,158 ± 0,009	<b>1,33</b>
<i>Ae. albopictus</i> Drôme-Rhône	0,058 ± 0,004	0,141 ± 0,028	<b>1,19</b>
<i>Ae. albopictus</i> Bas-Rhin	0,122 ± 0,008	0,326 ± 0,074	<b>2,5</b>
<i>Ae. albopictus</i> Corse	0,048 ± 0,009	0,094 ± 0,003	<b>0,97</b>

### C. Discussion

A travers une régression logistique, les résultats de la recherche de l'effet du *Bti* sur les stades immatures, prélevées directement sur le terrain et traitées dans l'eau du gîte, (les quatre stades larvaires) ont révélé un effet conjugué du facteur doses et du facteur temps. Le taux de mortalité des larves dépend à la fois de la dose et du temps qui en s'accroissant, augmentent l'efficacité du produit *Bacillus thuringiensis israelensis* est toxique sur les stades larvaires L1 et L2 ( $D_{L50} = 15,87$ ,  $D_{L90} = 48,35$  pour L1 et  $D_{L50} = 20,36$ ,  $D_{L90} = 55,84$  pour L2) que sur les quatrièmes stades larvaires ( $D_{L50} = 40,82$ ,  $D_{L90} = 133$ ) du moustique, *Culex pipiens*. Selon Burgejon (1959), aux stades avancés L3 et L4, l'efficacité du *Bti* diminue en raison de l'augmentation de la capacité de la larve à renouveler les cellules épithéliales du mésentéron d'une part et du pouvoir immunitaire des leucocytes qui est plus important d'autre part, principalement pour les larves issues d'un milieu initialement riche en bactéries (Tabti et Hassaïne, 2006). L'étude entreprise par EID (2018) sur le moustique tigre a montré que la  $CL_{50}$  et la  $CL_{90}$  varient en fonction de la provenance de la population larvaire.

# Conclusion

## Conclusion

A l'issue de ce travail, consacré essentiellement à la recherche des foyers du moustique tigre *Aedes albopictus* et la surveillance de son extension dans trois wilayas du Nord d'Algérie (Alger, Blida et Tipaza), Ainsi que l'évaluation de la toxicité de *Bacillus thuringiensis israelensis* sur les stades larvaires du moustique tigre. Les principaux résultats acquis sont :

- Dans la région d'Alger, la surveillance de la propagation du moustique tigre par les différentes méthodes ont révélé la présence de ce vecteur dans : Alger centre, Bab El Oued, Beni Messous, Bir Mourad Raïs, Cheraga, Dar El Beida, El Harrach, Kouba et Zéralda. Deux nouveaux foyers d'*Aedes albopictus* ont été signalés, il s'agit de la commune de Ain Benian et la commune de Bab Ezzouar.
- Dans la région de Blida la présence d'*Aedes albopictus* a été noté au niveau de Bouarfa, Boufarik, les nouveaux foyers sont Bougara, Bab Zaouia, Beni Mered, Beni Tamou, Frantz Fanon et Ouled Yaich.
- Dans la région de Tipaza, la surveillance de la propagation du moustique tigre par les différentes méthodes ont révélé la présence de ce vecteur à Gouraya, Tipaza. Les nouveaux sites envahis sont : Cherchell, Hadjout, Koléa, Merad et Sidi Ghiles.
- Le *Bacillus thuringiensis israelensis* présente un pouvoir insecticide plus marquée sur les stades larvaires L1, L2 et L3 que sur les stades larvaires L4.
- La toxicité au *Bti* exprimé sous forme de concentration létale (CL50 et CL90) varie en fonction de la provenance de la population larvaire d'*Aedes albopictus*.
- Vu la dangerosité de ce vecteur et de son pouvoir invasif :
- Il convient de maintenir une surveillance entomologique renforcée ainsi que des mesures de lutte anti-vectorielle afin de prévenir des conséquences possibles sur la santé humaine.
- Il convient d'installer des postes de surveillance et de contrôle au niveau des aéroports et des ports pour la détection rapide des probables introductions des viroses transmis par ce moustique par les voyageurs.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

- Anonyme, (2018).** Surveillance du moustique tigre *Aedes albopictus* en France Métropolitaine, Bilan 2018, EID, Méditerranée, 87 p.
- Aouati A. (2016).** Etude de la toxicité de certaines plantes sur les larves de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae). Thèse de doctorat. Université des frères mentouri, Algérie, 129P.
- Attouche A., Hamadouche K. (2019).** Activité insecticide de trois huiles essentielles (Bigaradier, Lavande et Eucalyptus) vis-à-vis du moustique tigre *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) vecteur d'arbovirose. Mémoire de master 2. Université de Blida1. Algérie, 27 P.
- Baldet T., Devillers J., Olive, M. M., Paty, M. C., Paupy, C., Raude, J., & Quenel P. (2020).** AVIS de l'ANSES relatif à " l'évaluation du rapport bénéfice risque des pratiques de lutte anti-vectorielle habituellement mises en œuvre pour lutter contre la dengue, dans le contexte actuel de confinement global".
- Bawin T., Seye F., Boukraa S., Zimmer J.Y., Delvigne F., Francis F. (2014).** La lutte contre les moustiques (Diptera: Culicidae): diversité des approches et application du contrôle biologique, Entomological Society of Canada, 476-500.
- Benallal K., Allal-Ikhlef A., Benhamouda K., Schaffner F., Harrat Z. (2016).** First report of *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Diptera: Culicidae) in Oran, West of Algeria. Acta Tropica. 164: 411-413. doi: 10.1016/j.actatropica.2016.09.027. Epub 2016 Sep 30.
- Benallal KE., Garni R., Bouiba L. Harrat Z. (2019).** Première détection d'*Aedes (Stegomyia) albopictus* (Diptera: Culicidae) à Alger, la capitale de l'Algérie. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 13 (4), 420.
- Bendjafar N. et Bouguernout D. (2018).** Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle formulée du romarin et du champignon *Metarhiziumanisopliae* à l'égard du moustique tigre *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera : Culicidae). Mémoire de master 2. Université de Blida1. Algérie, 41P.
- Bennouna, A., Balenghien, T., El Rhaffouli, H., Schaffner, F., Garros, C., Gardes, L., ... et Fassi Fihri, O. (2017).** Premier signalement de *Stegomyia albopicta* (= *Aedes*

*albopictus*) au Maroc: une menace majeure pour la sante publique en North Africa ? *. Entomologie médicale et vétérinaire*, 31 (1), 102-106.

**Bonizzoni M., Gasperi G., Chen X., Anthony A. J. (2013).** The invasive mosquito species *Aedes albopictus*: current knowledge and future perspectives *Trends Parasitol.* 29(9): 460– 468.

**Boubidi, S. C. (2016).** Surveillance et contrôle du moustique tigre, *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) à Nice, sud de la France. Thèse de doctorat, France, 139 P.

**Bouree P., Zambon P., Ensaf A. (2015).** *Aedes albopictus*, un moustique multifonctions. *Janv*;26(519):13-6.

**Bova J., Paulson S., Paulson G. (2016).** Morphological differentiation of the Eggs of North American Container-Inhabiting *Aedes* Mosquitoes. *J .Am. Mosq. Control Assoc.*, 32:244-246.

**Blanford S., Chan, B.H.K., Jenkins N., Sim D., Turner, R.J., Read, A.F., and Thomas, M.B. (2005).** Fungal pathogen reduces potential for malaria transmission. *Science* 308, 1638-1641.

**Boyer, S., Toty, C., Jacquet, M., Lempérière, G., et Fontenille, D. (2012).** Preuve de multiples inséminations sur le terrain chez *Aedes albopictus*. *PLoS One*, 7 (8), e42040.

**Brasseur A. (2011).** Analyse des pratiques actuelles destinées à limiter la propagation d'*Aedes albopictus* dans la zone sud est de la France et propositions d'amélioration. Ecole des Hautes Etudes en Sante Publique. (E.H.E.S.P). Rennes, France.

**Brunhes J., Rhaim A., Geoffroy B., Angel G., Hervey J.P. (1999).** Les moustiques de l'Afrique méditerranée. Logiciel d'identification et d'enseignement. IRD.

**Brunhes J., Abdl Rahim., Geoffroy B., Angel G. &Hervet J. P. (2000).** Identification des culicidés d'Afrique méditerranéenne. CDROM I.R.D. Montpellier. France.

**BURGERJON A.(1959).** Titrage et définition d'une unité biologique pour préparation de *B. thuringiensis*. *Entomophage*, 4 : 201 – 206.



**Chang, MS, Christophel, EM, Gopinath, D., et Abdur, RM (2011).** Défis et perspectives d'avenir pour la lutte antivectorielle de la dengue dans la région du Pacifique occidental. *Journal de surveillance et d'intervention du Pacifique occidental: WPSAR*, 2 (2), 9.

**Clements A. N. (1992).** Biology of Mosquitoes: development, Nutrition and Reproduction Chapman & Hall. London.

**Deerman Hunter. (2017).** Larves d'*Aedes albopictus* .Hinds Country. Mississippi. USA.

**Dos Santos, T. P. (2019).** Invasion d'*Aedes albopictus* dans les milieux forestiers tropicaux et potentiels pour l'émergence de virus zoonotiques au Brésil. Médecine humaine et pathologie. Université Montpellier,. France.

**D.S.P. de Tipaza. (2019).** Direction de Santé Populaire de la wilaya de Tipaza. Document non publié.

**EID ATLANTIQUE. (2016).** Disponible en ligne, [http://www. EID ATLANTIQUE. Eu/page. Php?p=144](http://www.EID ATLANTIQUE. Eu/page.Php?p=144).

**Eritija, R., Escosa, R., Lucientes, J., Marque, E., Molina, R., Roiz , D. et Ruiz, S.(2005).** Invasion mondiale des moustiques vecteurs: répartition européenne actuelle et défis pour l'Espagne, *Invasions biologiques*, 7: 87 97.

**Eritija R. (2014).**Global Invasive Species. Data base (en ligne). Consulté le : 13.04.2020.

**Estrada-Franco, J.G., Craig, G.B. (1995).** Biology, disease relationships, and control of *Aedes albopictus*. Washington, D.C: Pan American Health Organisation, Pan American San Bureau, Regional Office of the World Health Organisation ,49p.

**Fassi Fihri, O. (2017).** First record of *Stegomyia albopicta*(=*Aedes albopictus*) in Morocco: a major threat to public health in North Africa? *Medical and Veterinary Entomology*, 31(1), 102– 106.

**Garni R ., Benbetka S., Aouissi M., Belmadani M., Harrat Z. (2019).** Participation of the population in reporting the presence, and collecting data for monitoring *Aedes albopictus* and its geographical extension in Algeria, MediLab Secure, IPA.

- Guinebretiere, M. H., & Borja, V. S. (2003).** *Bacillus cereus sensu lato. Bulletin-Société Française de Microbiologie, 18(2), 95-103.*
- Hawley, W.A. (1988).** The biology of *Aedes albopictus*. Journal of the American Mosquito Control Association, Supplement, 1, 1–39.
- Henon Nicolas. (2019).** TIGER- Tri-national Initiative Group of Entomology in Upper Rhine valley.
- Houé, V., Bonizzoni, M., & Failloux, A. B. (2019).** Endogenous non-retroviral elements in genomes of *Aedes* mosquitoes and vector competence. *Emerging microbes & infections, 8(1), 542-555.*
- Huang, Y. J. S., Higgs, S., & Vanlandingham, D. L. (2017).** Biological control strategies for mosquito vectors of arboviruses. *Insects , 8(1), 21.*
- Institut Pasteur d'Algérie, (2017).** Rapport sur la presence du moustique tigre en Algérie.
- Izri, A., Bitam, I. & Charrel, R. N. (2011).** First entomological documentation of *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894) in Algeria. *Clinical Microbiology and Infection, 17(7), 1116-1118.*
- Khelfi M., Rahmani K., Ramdani B., Tsouri A., Tsouri B. (2014) .** Site web : <https://en.calameo.com/books/00089986966e4797a06df> Faculté des sciences et technologie – institut d'architecture. Université SAAD DAHLEB. BLIDA.
- Knudson, D.M., Cable, T.T et Beck, L. (1995).** Interprétation des ressources culturelles et naturelles . Venture Publishing, Inc., 1999 Cato Ave., State College, PA 16801.
- Lambert Philippe.(2020).** La démoustication. Document de Positionnement de la Tour du Valet.
- Legro Vincent. (2014).** Etude dynamique et Protéomique de l'interaction entre *Aedes albopictus* et les virus émergents de la dengue et du Chikungunya. Thèse d'exercices, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Veterinaire de Toulouse- ENTV., 133p.
- Leroy, E.M., Nkoghe, D., Ollomo, B., Nze-Nkogue, C., Becquart, P., Grard, G., ... et De Lamballerie, X. (2009).** Infections concomitantes au chikungunya et au virus de la dengue lors d'épidémies simultanées, Gabon, 2007. *Maladies infectieuses émergentes , 15 (4), 591.*

**Liu, H., Liu, L., Cheng, P., Yang, L., Chen, J., Lu, Y., ... & Gong, M. (2020).** Bionomics and insecticide resistance of *Aedes albopictus* in Shandong, a high latitude and high-risk dengue transmission area in China. *Parasites & Vectors*, 13(1), 1-9.

**Manorenjitha, M.S., & Zairi, J. (2012).** Nutrition and overcrowding effects on larval development and fecundity of female *Aedes albopictus* (Skuse). *International Journal of Life Science and Medical Research*, 2(4), 63.

**Marchand, E., Prat, C., Jeannin, C., Lafont, E., Bergmann, T., Flusin, O., ... et Noel, H. (2013).** Cas autochtone de dengue en France, octobre 2013, *Eurosurveillance*, 18 (50), 20661.

**Mogi, M., Armbruster, P. A., Tuno, N., Aranda, C., & Yong, H. S. (2017).** The climate range expansion of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Asia inferred from the distribution of Albopictus sub group species of *Aedes* (*Stegomyia*). *Journal of medical entomology*, 54(6), 1615-1625.

**Moreau Stéphanie. (2020).** QU'EST-CE QUE, LEBTI, & FONCTIONNE-T-IL, EC MISE À JOUR SUR L'UTILISATION D'UN LARVICIDE (*BTI*) DANS LA LUTTE CONTRE LES INSECTES PIQUEURS.

**Mwaiko, G. L. and Z. X. Savaeli .(1994).** Lemon peel oil extract as mosquito larvicide. *East Afr. Med.J.*, 71 797-799.

**Mwaiko, G. L. (1992).** Citrus peel oil extracts as mosquito larvae insecticides. *East Afr. Med. J.*, 69 223-226.

**Nabti, I., et Bounechada, M. (2020).** Biodiversité des moustiques dans la région de Sétif (Hautes Plaines Algériennes), densité et répartition des espèces sur deux zones climatiques. *Entomologie faunistique-entomologie faunistique*.

**O.M.S. (n.d).** From [www.who.int/](http://www.who.int/).

**O.M.S. (2009).** Dengue, guide line for diagnosis, Treatment, Prevention and control.

**O.M.S. (2017).** The use of impregnated bednets and other materials for vector- borne disease control. Doc.WHONBC 1989, 861.

**Paupy, C., Delatte, H., Bagny, L., Corbel, V. & Fontenille, D. (2009).** *Aedes albopictus*, an arbovirus vector: from the darkness to the light. *Microbes and Infection / Institut Pasteur*, 11(14), 1177-1185.

**Rodhain, F., ROSEN, L., & REITER, P. (1996).** Problèmes posés par l'expansion d'*Aedes albopictus*. Discussion. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 89(2), 137-141.

**Sauka, D.H., Basurto-Ríos, R.E., Ibarra, J.E., and Benintende, G.B. (2010).** Characterization of an Argentine isolate of *Bacillus thuringiensis* similar to the HD-1 strain. *Neotrop. Entomol.* 39, 767–773.

**Schnepf, E., Crickmore, NV., Van Rie, J., Lereclus, D., Baum, J., Feitelson, J., ... et Dean, D. (1998).** *Bacillus thuringiensis* et ses protéines cristallines pesticides. *Revue de microbiologie et de biologie moléculaire*, 62 (3), 775-806.

**Skuse, F.A.A., (1894).** The banded mosquito of Bengal. *Indian Museum Note*. 3(5): p. 20.

**Tabti, N. (2009).** Étude comparée de l'effet de *BACILLUS THURINGIENSIS* sur les populations purifiées et des populations des gîtes artificiels de *CULEX PIPIENS* (DIPTER-CULICIDAE) dans les villes de Tlemcen. A (Thèse de doctorat).

**Tabti, N. & Hassaïne, K. (2006).** Résultats de la lutte biologique à base de *Bacillus thuringiensis* contre *Culex pipiens* principal vecteur de nuisance dans la ville de Tlemcen (Algérie). Guide technique en environnement, écologie et développement durable. Recy.net est la ressource indispensable pour la gestion de l'environnement, la valorisation, le recyclage et la réglementation des déchets.

**Tabbabi, A., et Bekhti, K. (2017).** Expansion récente d'*Aedes albopictus* et facteurs influençant son début d'invasion en Afrique du Nord: un examen. *The Journal of Middle East and North Africa Sciences*, 10 (4168), 1-3.

**Vacus, G. (2012).** Expansion géographique d'*Aedes albopictus*, Quel risque de maladies émergentes en France métropolitaine ?. Mémoire pour l'obtention du diplôme de médecine agricole. INMA, France, 111 P.

**Vanlandingham D., Higgs S., and Y-J Hung. (2016).***Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) and Mosquito-Borne Viruses in the United States. J. Med. Entomol. 53:1024-1028.

**Veronesi, R., Carrieri, M., Maccagnani, B., Maini, S., and Bellini, R. (2015).** *Macrocyclusalbidus* (Copepoda: Cyclopidae) for the biocontrol of *Aedes albopictus* and *Culex pipiens* in Italy. J Am Mosq Control Assoc 31, 32-43. Urbanisation and *Aedes albopictus* Ecology. 8, 11, e: 3301.

**Yiji L., Fatmatak K., Guofa Z., Santhosh P., Chunyuan L., Yanxia Yanhe L., Liji Z., Guiyun Y., Xiao-Guang Y.C (2014).**

**Zanluca K., Fontaine A., Vega-Rua A., Mousson L., Thiberge J M.,** and between mosquito population, viral stain and temperature underlying chikungunya virus transmission potential. Proc. R.Soc. B. Biol. Sci.:1792.

[http://wrbu.org/mgID/mg\\_medspc/AD/AEalb\\_hab.html](http://wrbu.org/mgID/mg_medspc/AD/AEalb_hab.html) consulté le: 014/07/2020.

<http://www.andi.dz/index.php/fr/82-menu?date=2013-6-1> consulté le: 22/05/2020.

<https://www.elwatan.com/regions/centre/blida/blida-le-moustique-tigre-est-toujours-la-07-10-2019> consulté le: 05/04/2020.

<https://www.elwatan.com/edition/actualite/le-moustique-tigre-sinstalle-dans-60-des-regions-du-nord-13-06-2020>.

<https://www.algerie-eco.com/2020/06/30/alger-le-moustique-tigre-present-dans-24-communes/> consulté le: 07/07/2020.

# **Annexes**

# Annexe I :



## Fiche technique sur le Bti

Le Bti répond aussi au nom de Bt-H14 (*Bacillus thuringiensis* sérotype H14)

**Le Bti (*Bacillus thuringiensis* variété *israelensis*) est une bactérie qui vit naturellement dans le sol. Depuis vingt-deux ans (début en 1982), le Bti est utilisé efficacement dans le monde comme agent de lutte biologique contre les moustiques.**

### Utilisation du Bti :

Le Bti est épandu sur l'eau des gîtes larvaires (où se développent les larves de moustiques). Les bactéries en suspension dans l'eau sont ensuite ingérées par les larves.

### Mode d'action du Bti :

Durant l'étape de sporulation de son cycle de vie, le bacille (bactérie de forme allongée) Bti produit une protéine cristallisée qui est toxique pour les larves de moustiques. Cette protéine est uniquement toxique pour les larves de moustiques et de simuliés (mouches noires). Ces deux espèces d'insectes ne cohabitent pas dans les mêmes gîtes, ce qui rend le Bti spécifique aux moustiques.

Lorsque les larves de moustiques se nourrissent, ces cristaux microscopiques sont ingérés.

Arrivés dans le milieu alcalin de l'appareil digestif et sous l'effet des enzymes digestives spécifiques, les cristaux s'hydrolysent et se dissolvent. Ces sous-unités ainsi formées se fixent sur des récepteurs, spécifiques eux-aussi, de l'épithélium intestinal de la larve. Dès lors le tube digestif est paralysé, et très vite y apparaissent des pores mettant en communication les différentes cavités de l'abdomen de la larve. La mort de la larve survient alors dans les 24 heures qui suivent.

Le Bti permet de cibler spécifiquement les larves de moustiques : d'abord par la spécificité du gîte larvaire et ensuite grâce à la double spécificité des larves de moustiques (enzymes digestives et récepteurs de l'épithélium).

Après plus de 20 années d'utilisation régulière et des tests en laboratoire, aucun phénomène de résistance n'a été observé.

### Effet sur l'environnement :

Le Bti ne devient toxique qu'une fois rendu dans l'estomac des larves des moustiques. Le Bti n'a aucun effet sur les autres insectes comme l'abeille domestique, ni sur les poissons, les oiseaux ou les mammifères. La toxine insecticide est en outre rapidement biodégradée dans l'environnement par les rayons solaires et les microorganismes.

### Risques pour la santé humaine :

L'exposition du personnel de démoustication lors des manipulations de produit ou lors des épandages contre les moustiques est minime, car le produit est appliqué directement sur l'eau où se trouvent les larves.

L'exposition directe ou indirecte à des produits qui contiennent du Bti présente très peu de dangers pour la santé humaine. En effet, l'activation des toxines du Bti n'est possible qu'en présence des conditions d'alcalinité que l'on retrouve dans l'appareil digestif de certains insectes comme les moustiques. L'acidité de l'estomac des humains et des animaux n'active pas les toxines du Bti.

Le Bti étant un organisme naturel largement répandu dans l'environnement, la grande majorité des gens sont exposés à cette bactérie de nombreuses fois durant leur vie, même s'ils n'entrent jamais en contact avec une formulation qui en contient.

Au cours des nombreuses années d'utilisation du Bti, aucun cas humain ou animal d'intoxication ou de dérèglement des fonctions endocrines n'a été signalé.

## **Annexe II : Les cas pris en charge du moustique tigre *Aedes albopictus*, de mois d'Octobre 2019**

D'après Dr. Makki, chef de service de prévention contre les maladies infectieuses au niveau de D.S.P-Tipaza.

Tipaza le : 11/11/2019

Direction de la Santé et de la Population de la Wilaya de Tipaza

<b>EPSP DAMOUS</b>	<b>18 Cas</b>
<b>EPSP TIPAZA</b>	<b>01 Cas</b>
<b>EPH TIPAZA</b>	<b>01 Cas</b>
<b>EPSP CHERCHELL</b>	<b>02 Cas</b>
<b>EPH GOURAYA</b>	<b>11 Cas</b>
<b>EPSP BOUSMAIL</b>	<b>00 Cas</b>
<b>EPH HADJOUT</b>	<b>00 Cas</b>
<b>EPH SIDI GHILES</b>	<b>00 Cas</b>
<b>Les autres établissements publics</b>	<b>00 Cas</b>



## Annexe III : Les notifications de moustique tigre *Aedes albopictus* envoyée par les citoyens d'Alger, Blida et Tipaza.

**Blida Services**  
2 juin à 19:07 • 🌐

**#Alerte\_Moustique\_Tigre**  
Plusieurs piqûres de moustique tigres signalées à Blida, notamment à joinville et à Ouled yaïch.  
Y'a t-il d'autres lieux touchés??

N'est-il pas le moment pour les services concernés d'entamer des opérations de Démoustication??



**Blida Services**  
5 mai à 23:56 • 🌐

Le moustique tigre est-il de retour ?

"Faites attention au moustique tigre. Je viens de capturer un à Bab Dzair. Sa couleur mouchetée en blanc et noir sur les pâtes et le ventre.  
Qu'en est-il de votre quartier ?

