

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAADDAHLEB BLIDA-1-
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE DES POPULATIONS ET ORGANISMES



Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du Diplôme de Master
En sciences de la nature et de la vie
Filières : Sciences Biologiques
Option : Parasitologie
Sous le thème

Étude de la sensibilité aux insecticides chimiques d'une
population d'*Aedes albopictus* dans les deux régions :
Alger et Blida

Présenté par :

- RAHO MERIEM
- RAZALI SARAH

Devant le jury composé de:

Mme	BOULKOUR S	MCB	USDB1	Presidente
Mme	KARA F/Z.	Professeur	USDB1	Examinatrice
Mme	BENBETKA S.	Biologiste	IPA	Promotrice
Mme	SAIGHI H.	MAA	USDB1	Co-Promotrice

Promotion: 2019-2020

Remerciement:

Avant toute chose, nous remercions Dieu, le tout puissant, pour nous avoir donné la force et la patience durant toutes les années d'études, ainsi de nous avoir guidé vers le chemin du savoir afin d'accomplir notre travail modeste.

Nous adressons nos sincères remerciements à **Mme Boulkour S** maître assistante B à l'université Saad Dahleb Blida1, d'avoir accepté de présider le jury.

Nous tenons également nos vifs remerciements à **Mme Kara F/Z**, professeur à l'université Saad Dahleb Blida1, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce mémoire.

Nous exprimons nos profonds remerciements et notre vive reconnaissance à **Mme Benbetka S**, Biologiste à l'Institut Pasteur d'Algérie chargé d'étude IPA, pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique. Sa disponibilité, ses conseils et la confiance qu'elle nous a accordée, nous ont permis de réaliser ce travail.

C'est avec un grand plaisir qu'on remercie notre Co-promotrice **Mme Saighi H** maître assistante A à l'université Saad Dahleb Blida1, pour son suivi tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration et l'aide qui nous a été accordées.

On désire aussi remercier les professeurs de l'université de Saad Dahleb Blida 1, qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires.

Dédicace :

A ma très chère maman :

Quoi que je face on que je dise, je ne serai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes cotes a toujours été ma source de force pour affronter tous les obstacles. Je t'aime Mama.

A mon cher père :

Tu as toujours été à mes cotes pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection. Je t'aime mon idole.

À la plus belle des mamans, la plus compétente des véto, ma chère sœur HADJER et son mari.

À mon cher frère et sa femme.

À ma vie, mon cœur, mon âme sœur jumelle YAMINA .

À mon prince JAD, mes princesse AHED et MELISSA et notre futur Doudou.

À la fin je remercie toute ma grande famille RAZALI pour leur encouragement et leur amour et à tous mes proches ami(e)s que j'aime.

SARAH

Dédicace :

À Dieu source de toute connaissance

À ma raison de vivre, d'espérer,

À ma source de courage, à ceux que j'ai de plus cher

Ma mère, mon père

Mon frère

Ma famille

Pour leur amour ,leur confiance

Et leur sacrifice sans limite

A tout mes professeurs

Qui m'ont soutenu

De près ou de loin tout au long de ce projet.

A tous mes amis

A toute personne

Qui m'a aider franchir un horizon dans ma vie....



MERIEM

Résumé:

Aedes albopictus ou moustique tigre est connu à transmettre plusieurs arboviroses tel que le West Nile, chikungunya et le Zika. Dans le but d'évaluer le taux de sensibilité de la population *Aedes albopictus* aux insecticides chimiques on a fait un piégeage sur terrain avec des pièges pendoirs, dans deux wilayas (Alger et Blida) dans les communes suivantes : Alger Centre, Ain Benian, Beni Messous, Sidi Fredj et Bougara, où nous avons détectées la présence du moustique tigre dans toutes ces communes.

Vu la conjoncture de l'épidémie du « COVID-19 », les manipulations pratiques prévues ont été annulées, après nous avons lancées un élevage de l'espèce *Aedes albopictus* au niveau de l'insectarium de l'Institut Pasteur d'Algérie. Nous allons discuter les résultats des autres articles : résultats de sensibilité des adultes vis-à-vis la deltaméthrine et le téméphos sur les larves.

Mots clés : *Aedes albopictus*, arboviroses, sensibilité, résistance, Alger, Blida, COVID-19, la deltaméthrine, le téméphos.

Abstract:

Aedes albopictus or tiger mosquito is known to transmit several arboviruses such as West Nile, chikungunya and Zika. In order to assess the sensitivity rate of the *Aedes albopictus* population against chemical insecticide, a trapping was done on the ground with hanging traps, in two regions (Algiers and Blida) in the following municipalities: Algiers Center, Ain Benian, Beni Messous, Sidi Fredj and Bougara, where we detected the presence of the tiger mosquito in all these towns.

Given the current situation of the "COVID 19" epidemic, the planned practical manipulations were canceled, after we launched a breeding of the species *Aedes albopictus* at the level of the insectarium of the Pasteur Institute of Algeria. We will discuss the results of the other articles: results of adult sensitivity to deltamethrin and temephos on larvae.

Keywords: *Aedes albopictus*, arboviruses, sensitivity, resistance, Algiers, Blida, COVID-19, deltamethrin, temephos.

الملخص:

الزاعجة البيضاء أو المعروفة ببعوضة النمر الناقلة لعدة أمراض فيروسية مثل غرب النيل، الشيكونغونيا وزيكا.

و بهدف معرفة مدى حساسية هذا البعوض للمبيدات الحشرية الكيميائية قمنا بوضع أفضاص مصنوعة يدويا على مستوى كل من ولاية الجزائر العاصمة و البلدية في كل من بلدية الجزائر وسط ، بني مسوس ، عين البنيان، سيدي فرج و بوقرة أين تم العثور عليه في كل البلديات المذكورة أعلاه .

نظرا لوضع كورونا تم إلغاء الأعمال التطبيقية المبرمجة ،فإننا سنناقش مقالات علمية عالجت مدى حساسية البالغين للدالتامترين والبرقات للتيمفوس بعدما بحضن بعوض النمر على مستوى مختبر معهد باستور بالجزائر .

الكلمات المفتاحية : بعوض النمر، أمراض فيروسية ، حساسية ، الجزائر، البلدية ، وباء كورونا ، الدالتامترين ، التيمفوس .

Liste de Figures:

Figure	Titre	page
Figure 01	Répartition géographique d' <i>Ae.albopictus</i> et d' <i>Ae.aegypti</i>	04
Figure 02	Points d'observation d' <i>Aedes albopictus</i> en Algérie.....	05
Figure 03	Œuf d' <i>Aedes albopictus</i>	06
Figure 04	Larve d' <i>Aedes albopictus</i>	06
Figure 05	Nymphe d' <i>Aedes albopictus</i>	07
Figure 06	Spécimen d' <i>Aedes albopictus</i> (Adulte).....	08
Figure 07	Cycle biologique d' <i>Aedes albopictus</i>	09
Figure 08	Exemple des différents gites larvaires du moustique tigre...	11
Figure 09	Moyens de protection individuelle.....	14
Figure 10	Représentation des principales classes d'insecticides et leur part respective dans le marché mondial.....	15
Figure 11	Répartition géographique des différents points de collectes.	19
Figure 12	Outils de laboratoire.....	20
Figure 13	Outils de terrain.....	21
Figure 14	Appareillage.....	21
Figure 15	Croquette de chat.....	22
Figure 16	Emplacement des pièges pondoirs dans des endroits différents.....	23
Figure 17	La récolte des moustiques adultes avec l'aspirateur à bouche.....	23
Figure 18	Gites artificiels actifs d' <i>Aedes albopictus</i>	24
Figure 19	Les œufs d' <i>Aedes albopictus</i> sur le papier de ponte.....	25
Figure 20	Bacs d'élevage remplis d'eau contenant du papier de ponte avec des œufs.....	25
Figure 21	Le tri des larves et des nymphes dans les boites d'élevage.	26

Figure 22	Insectarium de l'Institut Pasteur d'Algérie, Annexe - Sidi Fredj.....	26
Figure 23	Moustiques suçant le jus sucré imbibé dans du coton.....	27
Figure 24	Larves d' <i>Ae.albopictus</i> dans les bacs d'élevage.....	27
Figure 25	Nymphes d' <i>Ae.albopictus</i> dans les bacs d'élevage.....	27
Figure 26	Souris BALB/c.....	28
Figure 27	Placement des nymphes dans la cage d'élevage.....	28
Figure 28	Gorgement des femelles sur la souris BALB/c.....	28
Figure 29	Les œufs pondus dans la cage d'élevage.....	29
Figure 30	Papier imprègne d'insecticides chimiques.....	30
Figure 31	Tube d'exposition.....	30

Liste des tableaux

Tableau I :	Pathogènes transmis par <i>Aedes albopictus</i> .	12-13
Tableau II :	Points de collectes dans les communes d'Alger et Blida.	17-18
Tableau III:	Concentrations des différents insecticides.	34
Tableau IV :	Résultats des essais biologiques sur tubes de l'OMS réalisés sur des populations d' <i>Aedes albopictus</i> d'Italie, d'Albanie et de Grèce	37
Tableau V :	Pourcentage de mortalité d' <i>Ae.albopictus</i> des divisions West Coast et Kudat, Sabah, Malaisie à 24 h après le traitement contre divers larvicides.	39

Liste des annexes

ANNEXE I :	Répartition mondiale d' <i>Ae. albopictus</i> , 2016.
ANNEXE II :	Le kit de l'OMS (étude de la sensibilité des moustiques adultes).

Liste des abréviations :

OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
WHO	World Health Organisation.
Ae.	<i>Aedes</i> .
EID	Entente Interdépartementale de Démoustication.
PY	Pyréthroïdes.
COVID-19	Corona virus disease 2019.
Bti	<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> .
VCHIK	Le virus du chikungunya.
VDEN	Le virus de la dengue.
IRD	Institut de Recherche pour le Développement.
IPA	Institut Pasteur d'Algérie.
LAV	Lutte anti vectorielle.
FIG	Figure.
G1	1ere génération.
G2	2eme génération.
CL50	la dose létale, engendrant la mort de 50 % des individus d'une population donnée.
CL95	la dose létale, engendrant la mort de 95 % des individus d'une population donnée.
DDT	Dichlorodiphényltrichloroéthane.
TIS	La Technique de l'Insecte Stérile.
Kdr	Knockdown resistance.
LED	Light-Emitting Diode (La lampe électroluminescente).
CCU	Centre Culturel Universitaire.

Table de matières

Dédicace :	3
Dédicace :	4
Liste de Figures:	8
Liste des tableaux	10
Liste des annexes	11
Chapitre I..... Synthèse bibliographique	3
I.Généralités sur <i>Aedes albopictus</i> :	4
I.1.1-Position taxonomique :	4
I.1.3-la répartition d'<i>Aedes albopictus</i> :	4
a-Répartition d' <i>Aedes albopictus</i> dans le monde :	4
b-Répartition d' <i>Aedes albopictus</i> en Algérie :	5
I.1.4—Description des stades de développement d'<i>Aedes albopictus</i> :	6
a) Œufs :	6
b) Larve :	6
c) Nymphe :	7
d) Adulte :	8
I.1.5-Reproduction d'<i>Aedes albopictus</i> :	9
I.1.6-Stratégie de ponte : « Skip Oviposition » :	10
I.1.7- Écologie d'<i>Aedes albopictus</i> :	11
a)Gîtes naturels :	11
b) Gîtes artificiels :	11
I.1.8-Préférences trophiques :	12
I.1.9-<i>Aedes albopictus</i>, vecteur de maladie, une problématique de santé publique :	12
c) Lutte biologique :	14
d) Lutte chimique :	14
➤ Protection individuelle :	14
I.2. les insecticides chimiques :	15
I.2.1. Définition :	15
▪ Exemple : la deltaméthrine :	16
I.2.3 – Les organophosphorés :	16
▪ Exemple:téméphos :	16
Chapitre II..... Matériel & Méthodes	19

II.1.Objectif de l'étude :	20
II.2. Matériel :	20
II.2.1. Matériel Biologique :	20
II.2.2.Matériel non-biologique :	20
II.3. Méthodes :	22
II.5.Elevage :	27
II.6. Test de sensibilité de la population <i>Aedes albopictus</i> vis-à-vis l'insecticide :	30
• Les tests sur larves :	32
Chapitre III	35
III.1.Sensibilité des populations d' <i>Aedes albopictus</i> adultes à la deltaméthrine (article01) :	36
III.1.1.Résultats :	36
III.1.2.Discussion :	37
III.1.3.Conclusion :	37
III.2.Test de sensibilité des stades larvaires d' <i>Aedes albopictus</i> vis-à-vis les organophosphorés et les organochlorés dans la Malaisie(Sabah) :	37
III.2.1.Résultats :	37
III 2.2.Discussion :	38
Références bibliographiques	42
ANNEXES	52

Introduction :

Le moustique, *Aedes albopictus* est originaire d'Asie du sud-est, des îles du Pacifique et de l'Océan Indien. Il a vraisemblablement été introduit sur le territoire Européen par l'intermédiaire de cargos venant d'Asie, en Europe, de pneus usagés (qui constituent des sites de ponte privilégiés d'*Aedes albopictus*) en provenance d'Asie ou des Etats-Unis, et plus accessoirement des plantes venant du sud de la Chine, sont les causes identifiées à ce jour de la colonisation de nos territoires par ces moustiques. (Gratz, 2004 ; Roiz, 2011).

Communément connu sous le moustique tigre asiatique est actuellement le moustique le plus invasif dans le monde (Il a une importance médicale en raison de son comportement piqueur sur l'homme, très agressif durant la journée. (Benedict Mark, 2007).

La prolifération d'*Ae. albopictus* représente un risque important pour la santé publique .c'est l'un des principaux vecteurs responsable du maintien, de la dispersion et de la transmission des arbovirus en zone urbaine. Il a été incriminé comme vecteur principal lors d'épidémies de chikungunya, Dengue au Gabon et en Afrique Centrale.

Aedes albopictus est un moustique d'origine asiatique qui s'est propagé dans le monde entier. Il s'est implanté dans les pays qui bordent le nord de la méditerranée mais depuis 2015 il s'est implanté durablement en Afrique du nord, au niveau des zones côtières. Face à l'absence de vaccins efficaces et d'antiviraux (Musso et al 2015), la maîtrise de la transmission des arboviroses repose essentiellement sur le contrôle des populations de vecteurs. (EID Méditerranée, 2010)

Pour réduire l'incidence de ces maladies la lutte anti vectorielle basée sur l'utilisation d'insecticides de diverses classes a été une des solutions pour venir à bout de la population d'*Aedes albopictus*. Cependant plusieurs travaux ont montré que l'utilisation d'insecticides a contribué à la sélection de la résistance d'*Ae. albopictus* vis-à-vis plusieurs classes d'insecticides (Govindarajan et al., 2013).

La présente étude a été initiée afin de connaître le niveau de sensibilité des populations d'*Aedes albopictus* récoltés à partir des piégeage et récoltes effectués dans les deux wilayas Alger et Blida, vis-à-vis la deltaméthrine (0.03%) pour les adultes et le téméphos pour les larves, c'est les insecticides utilisés en Algérie par l'établissement de l'hygiène urbaine (HURBAL), mais avec la situation du « COVID-19 » on discutera les résultats obtenus

récemment (2018) des recherches faites dans la Malaisie et au Benin, Pour cela ce manuscrit comprend trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique traitant les généralités sur le moustique tigre et les insecticides.

Le deuxième chapitre décrit le matériel et les méthodes qui devaient être utilisés, mais avec les conditions du « **COVID-19** », les résultats seront développés dans le troisième chapitre à partir des articles pris.

Enfin nous terminerons ce travail par une conclusion qui résume l'ensemble des résultats obtenus.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur *Aedes albopictus* :

I.1.1-Position taxonomique :

Aedes albopictus est un Diptère qui a été décrit par Skuse (1894) comme suit:

Phylum :Arthropoda

Classe :Insecta

Ordre :Diptera

Sous-ordre : Nematocera

Famille :Culicidae

Genre :*Aedes* (Stegomyia)

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

I.1.2-Morphologie d'*Aedes albopictus*:

Le moustique tigre présente de fines bandes basales blanches élargies latéralement sur l'abdomen et une bande centrale sur le thorax ainsi que des anneaux blancs situés sur les pattes après les articulations ,ce qui lui donne l'aspect «tigre"(Becker, 2008).

I.1.3-la répartition d'*Aedes albopictus* :

a-Répartition d'*Aedes albopictus* dans le monde :

Aedes albopictus (Skuse, 1894) est un moustique originaire des forêts d'Asie du sud-est qui s'est dispersé dans le monde entier (**Figure01**). *Aedes albopictus* est retrouvé actuellement dans les régions tempérées et tropicales d'Asie (**Reinhold et al., 2018**), dans la plupart des îles de l'océan Pacifique, en Afrique du Sud et Centrale, en Amérique du Sud et du Nord et dans toute l'Europe méridionale (**Kamal et al., 2018**). En Europe, il est présent depuis 1979 en Albanie. Il est apparu dans les Amériques, d'abord aux Etats unis où il s'est établi depuis 1985 puis en Afrique depuis 1992 au Nigeria (**Annexe I**).

Selon Guillet & Nathan (1999), l'extension géographique du moustique tigre a été causée par le transport de ses œufs à travers le commerce international des pneus.

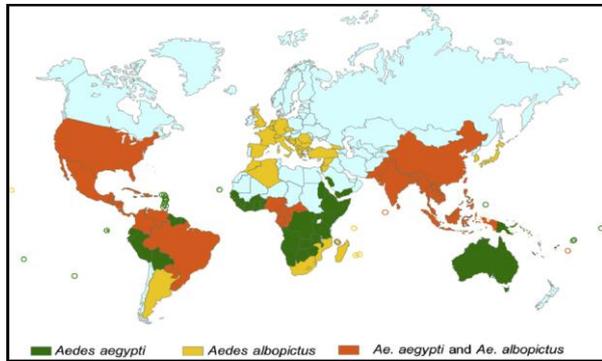


Figure01 : Répartition géographique d'*Ae.albopictus* et *Ae.aegypti* (Boyer et al., 2018).

Commenté [p1]: Figure 2

b-Répartition d'*Aedes albopictus* en Algérie :

Le moustique tigre a été décrit pour la première fois en Algérie, en 2010 dans la région de Larbaa-Nath-Iraten, Wilaya de Tizi-Ouzou (Figure01). Une femelle partiellement gorgée a été piégée (Izri et al., 2011). En 2012, le moustique a été observé dans la ville Balnéaire de Ain Turk à Oran (Benallal et al., 2016) ont supposé que l'introduction du moustique tigre peut avoir été faite par le trafic maritime intense de voyageurs et de marchandises dans la province d'Oran. En juillet 2016, la présence d'*Aedes albopictus* a été confirmée par les entomologistes de l'Institut Pasteur d'Algérie au niveau du quartier dit « Zonka » entre Birkhadem et Aïn Naadja (Wilaya d'Alger) et une présence remarquable dans la wilaya de Jijel en 2017 (IPA, 2018).

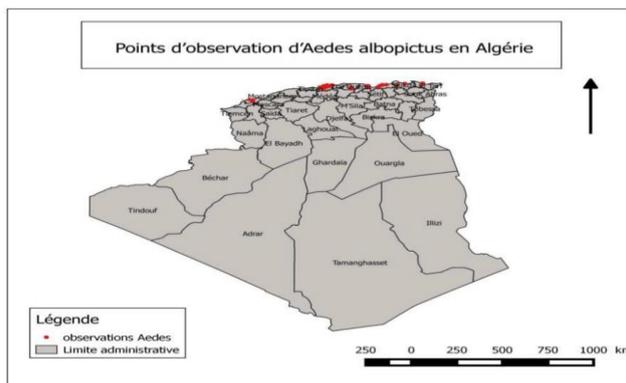


Figure 02 : Points d'observation d'*Aedes albopictus* en Algérie (Aouissi et Belmadani, 2019).

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I.1.4—Description des sades de développent d'*Aedes albopictus* :

a) Œufs :

Les œufs d'*Aedes albopictus* sont de couleur noir(Figure03), fusiformes, dépourvues de flotteurs latéraux et munis de petites saillies qui assurent leur stabilité sur le fond de l'eau (Lema ,2000), Pondus isolément, les œufs sont déposés par la femelle au niveau des parois d'un gîte larvaire potentiel humide en contact direct avec l'eau.

La femelle peut même pondre dans des gites asséchés à même le sol sec et les œufs pourront attendre la mise en eau durant plusieurs semaines ou mois. Ces œufs sont blanchâtres au moment de la ponte puis s'assombrissent dans les heures qui suivent (24h) et deviennent bruns noirâtres mesurant environ 1 mm de long (Lane et crosskey, 1993).

Ils sont entourés d'une épaisse coquille, dure et imperméable. Les œufs peuvent résister à la dessiccation jusqu'à 6 mois (Hawley et al., 1989).

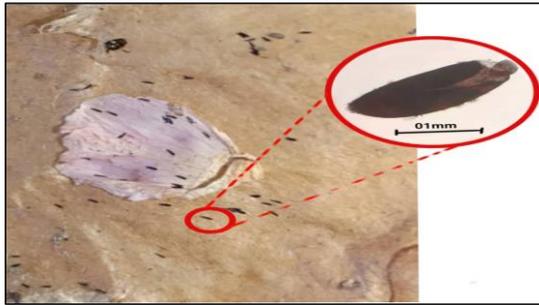


Figure03 : Œuf d'*Aedes albopictus* sous microscope (G × 10)(Originale,2020).

b) Larve :

La larve est vermiforme, cylindro-conique et apode(Figure04), elle a une croissance discontinue et subit trois mues successives, Il existe donc 4stades post-embryonnaires (L1, L2, L3, L4) tous aquatiques.

La larve a une taille d'environ 2 à 12mm, mobile et respire à la surface de l'eau par l'intermédiaire d'un siphon respiratoire.la larve est oblique par rapport à la surface de l'eau, la durée de développement larvaire varie selon la température de 8 à 15 jours. (Fontenille et al., 2011) Au stade L4, la larve parvenue à son développement complet, subit une quatrième mue donnant une nymphe qui cesse de se nourrir.



Figure 04 : Larve d'*Aedes albopictus* sous une loupe binoculaire (**Originale, 2020**).

c) Nympe :

La nympe est une puppe mobile, d'allure recroquevillée en forme de virgule (**Figure 05**), vivant dans l'eau, mais elle est capable de plonger lorsque l'eau est agitée. Les nymphes restent souvent à la surface.

Elle est formée d'abdomen terminé par deux palettes natatoires et d'un céphalothorax globuleux. Ce dernier porte les yeux et les appendices. On note aussi l'existence de deux trompes siphon thoraciques respiratoires par lesquelles la nympe respire l'air atmosphérique ou l'air des plantes aquatiques (**Lachmajer et al., 1975**).

Ils effectuent leur mue imaginale en 24 à 48 heures et libèrent à la surface de l'eau un moustique adulte mâle ou femelle (**Museum de zoologie, 2014**). Au moment de l'émergence de l'adulte, la cuticule se fend longitudinalement et l'adulte s'extrait puis attend un moment la surface de l'eau avant l'émergence.



Figure 05 : Nymphe d'*Aedes albopictus* (Originale, 2020).

d) Adulte :

Le moustique tigre présente de fines bandes basales blanches élargies latéralement sur l'abdomen et une bande centrale sur le thorax ainsi que des anneaux blancs situés sur les pattes après les articulations, ce qui lui donne l'aspect «tigre»(Becker, 2008)

Le corps des adultes est divisé en trois parties: (Figure06)

La tête: elle est globuleuse et dégagée du thorax et porte les organes sensoriels. Elle comporte une paire de yeux très grands, réniformes et composés d'ommatidies, une paire d'antennes implantées dans la région faciale formées de plusieurs segments (le scape).

Le thorax: il forme la partie centrale du corps du moustique où les pattes et les ailes sont attachées, sur la face dorsale du thorax il y a la présence d'une ligne médiane blanche caractéristique de cette espèce.

L'abdomen: c'est la partie postérieure du moustique rayé en noir et blanc.

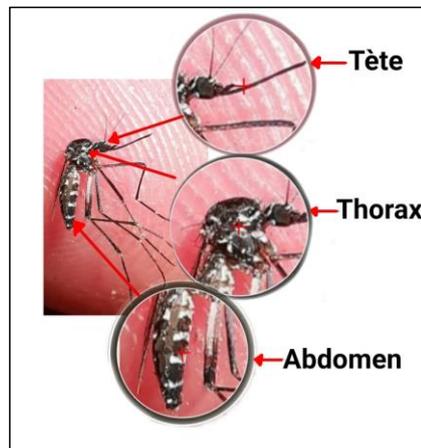


Figure 06 : Spécimen d'*Aedes albopictus* (Adulte) (Originale, 2020).

I.1.5-Reproduction d'*Aedes albopictus* :

L'émergence des mâles se fait avant celle des femelles, et les accouplements ont principalement lieu dans les 2 à 3 premiers jours de l'imago, en vol et souvent à proximité des hôtes qui sont la source du repas de sang (Ali et al., 1973 ; Estrada et al., 1995 ; Boyer et al., 2011). Le moustique mâle est attiré par les vibrations des ailes de la femelle en vol (Gabrielle, 2009). Le sperme du mâle est stocké dans les spermathèques, assurant à la femelle la fécondation de ses œufs tout au long de sa vie (Olivia et al., 2013).

Les femelles pondent environ tous les 3 jours après avoir piqué un animal à sang chaud (humain, chats, chiens, chevaux, rats ...etc.), (Valerio, 2010).

Pour les moustiques de type *Aedes*, comme *Ae. albopictus*, ce phénomène est plus complexe car la femelle a tendance à pondre ses œufs par petits lots contrairement aux autres types de moustiques ce qui fait que la durée de ponte dépasse les 3 jours.

La période de ponte se situe entre le mois de Mai et Novembre, la femelle dépose entre 50 et 200 œufs par cycle de ponte, qui éclosent en moyenne après 3 jours de maturation dans des conditions favorable, c'est-à-dire lorsqu'ils sont immergés dans l'eau durant la période d'activité d'*Ae. albopictus* (Bagny, L, 2009) et entrent en dormance ou diapause pour plusieurs mois lorsque les conditions sont défavorable comme en hiver. Après éclosion, les larves d'*Aedes albopictus* croissent en moyenne en 5 à 6 jours pour former une nymphe qui en 48h à 72h (le développement aquatique peut durer jusqu'à 20 jours en fonction de la

Chapitre II Méthodes

Matériel &

température) donnera l'imago ou l'adulte (**figure07**) qui quitte le milieu aquatique et s'envolera pour s'accoupler.

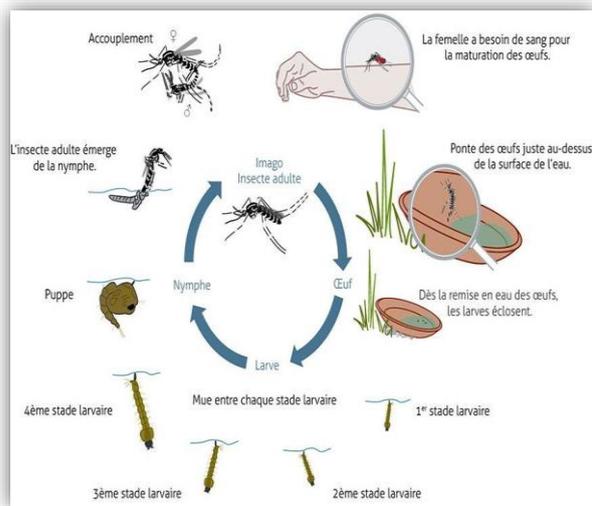


Figure 07 : Cycle biologique d'*Aedes albopictus* (Delabant, 2018).

I.1.6-Stratégie de ponte : « Skip Oviposition » :

Les femelles pondent entre 50 et 500 œufs, 2 à 4 jours après le repas de sang (Cléments, 1999), sur des sols humides mais non inondés.

Les moustiques femelles utilisent des signaux sensoriels pour évaluer les gîtes de ponte (Thorsteinson et al., 1960 ; Wallis et al., 1954) et elles déposent leurs œufs en réponse à des stimuli spécifiques (Strickman et al., 1980 ; Bentley et Day, 1989 ; Ponnusamy et al., 2008 ; Ponnusamy et al., 2015), tels que : les conditions physico-chimiques, la présence de larves de la même espèce (stimuli physicochimiques), la présence de prédateurs, la végétation locale...etc. (Cléments, 1999 ; Becker et al., 2010).

Les larves d'*Aedes albopictus* se développent dans des environnements qui varient en termes de disponibilité des gîtes larvaires propices (Walker et al., 1991). La concurrence pour des ressources limitées peut entraîner une mortalité larvaire (Mori, 1979).

Pour atténuer la concurrence des larves pour les ressources alimentaires limitées, les moustiques peuvent disperser leurs œufs sur plusieurs gîtes comme une oviposition

Chapitre II Méthodes

Matériel &

séquentielle (skip oviposition). Le skip oviposition a été rapporté chez *Ae. albopictus* (Skuse) dans plusieurs études (Rozeboom et al., 1973 ; Makiya, 1976 ; Takagi et al., 1995 ; Rozilawati et al., 2007), les chercheurs ont constaté que le nombre d'œufs collectés par gîte larvaire était souvent beaucoup plus faible que la moyenne du nombre d'œufs produit par cycle gonotrophique.

Parallèlement, la surveillance des œufs et des adultes révèle le point faible de la dynamique des populations locales d'*Ae. albopictus*. Ce comportement de skip oviposition constitue un atout en faveur de l'utilisation des pièges pondoirs létaux et de la technique d'auto dissémination (Entwistle, 2011 ; Boubidi, 2016).

I.1.7- Écologie d'*Aedes albopictus* :

Aedes albopictus préfère les zones urbaines, suburbaines, rurales et forestières où la densité de la végétation lui procure le gîte et le couvert. *Aedes albopictus* est de ce fait exophile et exophage et peut même être rencontré dans les forêts, loin de l'habitat de l'homme. Il est très connu pour son agressivité diurne et crépusculaire. Le maximum de piqûre peut être enregistré dans l'après-midi entre dix-sept et dix-neuf heures (Salvan et al., 1994).

Les gîtes larvaires d'*Aedes albopictus* peuvent être classés essentiellement en deux catégories : gîtes naturels et gîtes artificiels.

a) Gîtes naturels :

Sont les trous d'arbres, les tiges de bambous coupées, les coques de noix de coco et surtout les creux de rochers. Ils sont toujours de petites dimensions, le plus souvent à l'ombre

b) Gîtes artificiels :

Tous contenants d'eau que l'homme peut engendrer autour de son lieu de vie tel que les vases à fleurs, fontaine de jardin, des fûts, des boîtes de conserves et de divers récipients domestiques et péri domestiques, se trouvant de préférence à l'ombre. (Figure 08).

Alors que les gîtes intra domestiques fonctionnent toute l'année, les gîtes péri domestiques et naturels subissent les fluctuations saisonnières de la pluviométrie. (Mouchet, 1994).

Ce rapprochement de l'homme lui a permis de coloniser de nouveaux territoires au gré des déplacements humains et de l'intensification des échanges commerciaux. Ainsi, l'un des plus importants facteurs de la dispersion fulgurante de ce moustique dans le monde est lié directement à l'activité d'import/ export de pneus usagés dans le monde.

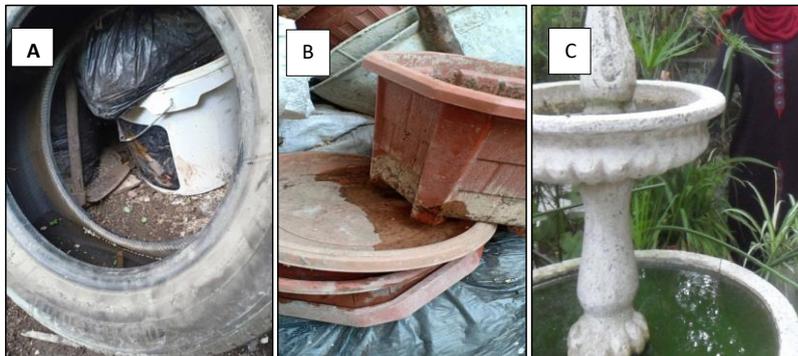


Figure 08 : Exemple des différents gîtes larvaires du moustique tigre (Originale, 2020).
A : Pneu abandonné ; B : Soucoupes ; C : Fontaine de jardin.

I.1.8-Préférences trophiques :

Les mâles d'*Aedes albopictus* ne se nourrissent que de nectar et de sources de sucre et sont attirés par les mêmes signaux que les moustiques femelles, notamment le dioxyde de carbone (CO₂) et des odeurs d'hôtes.

Les femelles quant à elles, ont la même alimentation que les mâles mais sont également hématophage afin d'assurer la maturation des œufs (Unlu et al., 2014).

Le moustique tigre a un comportement opportuniste vis-à-vis de ses hôtes (Savage et al., 1993), il peut piquer et se nourrir sur les mammifères dont l'Homme et les animaux domestiques, avec une préférence pour l'Homme. Il peut aussi piquer les oiseaux (Richards et al., 2006).

I.1.9-*Aedes albopictus*, vecteur de maladie, une problématique de santé publique :

Les arbovirus principalement transmis par cette espèce sont la Dengue, le chikungunya et à une moindre mesure le virus Zika (Tableau I) ; (Grard et al., 2014).

Tableau I : Pathogènes transmis par *Aedes albopictus* (Benedict et al., 2007 ; Medlock et al., 2012).

Pathogènes	Groupe	Maladies
Virus	Alphavirus	Chikungunya Encéphalite équine de l'est Ross River

Chapitre II Méthodes

Matériel &

Virus	Bunyavirus	Fièvre de la vallée du Rift
Virus	Flavivirus	Dengue Zika Encéphalite japonaise Virus du Nil occidental Fièvre jaune.
Parasite	Nématode (<i>Dirofilaria immitis</i> , <i>Dirofilaria repens</i>)	Dirofilarioses

I.1.10-Moyens de lutte contre *Aedes albopictus*:

Le contrôle des populations de vecteurs est la seule stratégie actuelle pour prévenir de nombreuses infections transmises par les moustiques (**Bonizzoni et al., 2013**).

a) Lutte physique :

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

b) Lutte génétique :

Un contrôle génétique (par une altération ou un remplacement du matériel héréditaire) des moustiques selon deux stratégies est aussi envisageable :

La Technique de l'Insecte Stérile (**TIS**), qui a permis l'éradication ou la suppression des populations de nombreux insectes nuisibles aux cultures et à l'homme, représente un moyen de lutte prometteur contre les moustiques. Cette technique s'appuie sur des lâchés en masse de mâles stérilisés par rayonnements ionisants qui en transférant un sperme stérile aux femelles sauvages vont permettre une diminution progressive de la population cible (**Oliva, 2012**).

-Remplacement d'une population par des individus rendus non compétents vis-à-vis d'un pathogène par le biais de manipulations génétiques (et dès lors incapables de le transmettre) semble prometteuse mais pose des problèmes d'ordre éthique et légal dans la mesure où l'impact de moustiques transgéniques sur l'environnement n'a pas été évalué (persistance

Chapitre II Méthodes

Matériel &

des moustiques, apparition de phénotypes inattendus, expansion de maladies minoritaires non ciblées.....) (Bawin et al., 2014).

c) Lutte biologique :

Le contrôle biologique peut être défini comme «la réduction d'une population par l'utilisation de compétiteurs, prédateurs, parasites, pathogènes ou de toxines dérivées de ceux-ci» (Woodring et Davidson, 1996).

Il s'agit ainsi de maintenir une population sous un seuil acceptable en termes de nuisance et de risque épidémique par l'intermédiaire d'un organisme (dit auxiliaire) ou de substances d'origine naturelle tout en évitant des effets délétères à l'écosystème (Bawin et al., 2014).

d) Lutte chimique :

Divers composés chimiques sont utilisés pour lutter contre les larves et les adultes d'*Aedes albopictus*. Les pyréthrinoïdes sont les adulticides les plus couramment utilisés en raison de leur faible toxicité pour les mammifères (Ranson et al., 2010).

Les plus couramment utilisées sont la perméthrine, la deltaméthrine, la cyperméthrine et cyfluthrine pour les traitements par pulvérisation résiduelle et spatiale, généralement en prévision ou pendant une épidémie. Les pyréthrinoïdes sont couramment utilisés dans les serpentins anti-moustiques. Il faut noter que certaines populations d'*Aedes albopictus* sont résistantes aux pyréthrinoïdes (Duvall et al., 2017).

➤ Protection individuelle :

La protection individuelle fait partie intégrante de la lutte anti vectorielle.

A défaut de lutter contre le vecteur lui-même, la protection individuelle permet de limiter le contact de l'homme sain avec le vecteur et du vecteur avec une personne infectée ; les méthodes couramment utilisées sont :

- L'utilisation de moustiquaires (Figure 09A) ou de moustiquaires et de rideaux imprégnés d'insecticide
- L'installation de grillages au niveau des fenêtres et des portes,
- Le recours à des répulsifs.
- L'emploi de produits diffusant des insecticides domestiques (serpentins, plaquettes et bombes aérosols (Figure 09B), par exemple).
- L'utilisation de lampe LED anti moustiques (Figure 09C).
- Le port de vêtements de protection.

Le plus important reste la prévention et la sensibilisation de la population pour la destruction des différents gîtes larvaires.

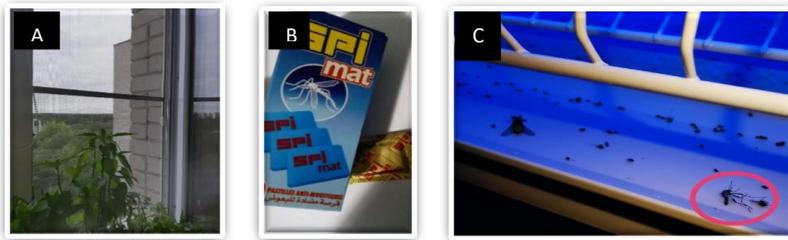


Figure09 : Moyens de protection individuelle. (Originale, 2020).

I.2. les insecticides chimiques :

I.2.1. Définition :

Les insecticides sont des substances actives ou des préparations phytosanitaires qui sont utilisés pour lutter contre les insectes soit : Les insectes ravageurs agricoles et forestiers (pucerons, charançons, pyrale), soit les insectes vecteurs de maladies (moustique, mouche, simulies), ou les ectoparasites de vertébrés (puces, poux). (Peyronnet, 2017).les insecticides sont des substances actives ayant la propriété de tuer les insectes, leurs larves ou leurs œufs (Eyraud, 2014).

I.2.2 –Les pyréthrinoides de synthèse :

Insecticides copiés sur les pyrèthres naturels, en cherchant à augmenter leur toxicité et leur photo stabilité.

Dotés d'une toxicité considérable et agissante par contact, ils tuent presque instantanément les insectes par effet choc neurotoxique, permettant de les utiliser à des doses très réduites (10 à 40 g de matière active par ha).

Comme les organochlorés, ils tuent l'insecte en bloquant le fonctionnement des canaux sodium indispensables à la transmission de l'influx nerveux.

Réputés peu toxiques pour l'homme, on leur attribue le coefficient de sécurité (rapport des toxicités pour les insectes et pour les mammifères) le plus élevé parmi les insecticides chimiques. Très biodégradables, ils ne persistent pas dans le milieu édaphique, mais ils sont très toxiques pour certains organismes aquatiques (poissons) ainsi que pour les auxiliaires de l'agriculture (dont les abeilles). Ils possèdent des propriétés diverses.

Chapitre II Méthodes

Matériel &

Une molécule donnée présente de nombreux isomères aux degrés d'activités variés. La synthèse industrielle cherche à ne produire que l'isomère le plus actif de la molécule. (Naeun, 2006).

Toutes ces substances agissent sur le système nerveux. En effet, ces insecticides neurotoxiques ont l'avantage d'opérer avec un délai très bref qui permet d'agir rapidement pour stopper la destruction des cultures et la diffusion de maladies à transmission vectorielle. De plus ils agissent à faible dose sur des sites pour lesquels une faible perturbation peut se révéler mortelle. La faiblesse des mécanismes de détoxification du système nerveux des insectes permet un effet prolongé des neurotoxines (Casida, 2004).

- Exemple : la deltaméthrine :

La deltaméthrine (adulticide) qui est un composé de la famille des pyréthrinoïdes. Ce neurotoxique agit sur la membrane cellulaire du neurone en perturbant la cinétique d'inactivation du canal sodium (Frédéric Darriet *et al.*, 2013).

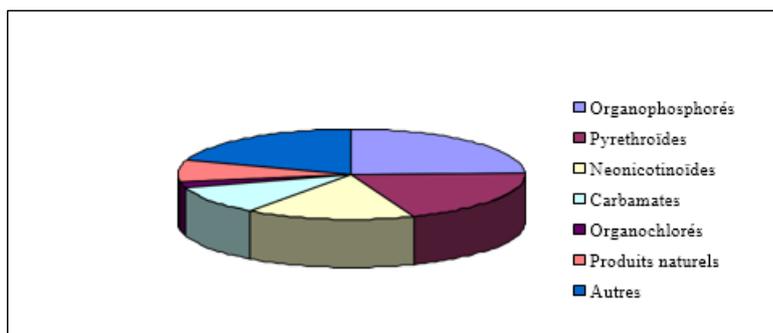


Figure 10 : Représentation des principales classes d'insecticides et leur part respective dans le marché mondial. (Naeun, 2006).

I.2.3 – Les organophosphorés :

Ils sont actuellement les insecticides les plus variés du marché. Ces produits n'ont guère de points communs entre eux, si ce n'est leur origine, une certaine liposolubilité et leur mode d'action sur le système nerveux. Ce sont des inhibiteurs de la cholinestérase, qui est bloquée sous une forme inactive : l'acétylcholine s'accumule au niveau de la synapse, empêchant la transmission de l'influx nerveux et entraînant la mort de l'insecte. Ce mode d'action explique leur haute toxicité vis-à-vis de l'homme et des animaux à sang chaud. (Naeun, 2006).

- Exemple:téméphos :

Chapitre II Méthodes

Matériel &

Le téméphos (larvicide) qui est une substance organophosphorée qui fait désormais l'objet de sévères restrictions d'emploi (**Frédéric Darriet et al., 2013**).

I.3-Presentation des points d'échantillonnage :

Nos points de collectes sont différents communes d'Alger ainsi que la commune de Bougara de la wilaya de Blida.

Les communes et les gîtes d'échantillonnage sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau II. : Points de collectes dans les communes d'Alger et Blida (**Anonyme, 1984**).

Noms des communes :	Description :	Lieu d'échantillonnage :
Béni Messous	Est une commune de la wilaya d'Alger en Algérie, située dans la proche banlieue à environ 10 km à l'ouest d'Alger. (Anonyme, 1984).	Jardin de maison.
Alger Centre	Est située au nord de la wilaya d'Alger. Elle est délimitée à l'est par le bassin méditerranéen, à l'ouest par les communes de Oued Koricheet d'El-Biar, au nord par la commune de la Casbah, au sud par celles de Sidi M'Hamedet de <u>Beloazdad</u> (Anonyme, 1984).	Jardin Public.
AïnBenian	Est située sur la bande côtière Algérienne, à 16 km environ à l'ouest d'Alger.	Jardin public.
Bougara	Est située à l'est de la wilaya de Blida, à environ 24 km au nord-est de Blida et à environ 34 km au sud d'Alger et à environ 52 km au nord-est de Médéa (Anonyme, 1984).	Jardin de maison.
Staoueli (Sidi	Est une presqu'île située à 30 kilomètres à l'ouest de la capitale Algérienne, Alger (Anonyme, 1984).	Jardin de l'IPA.

Chapitre II Méthodes

Matériel &

Fredj)		
--------	--	--



Figure 11 : Représentation géographique des différents points des collectes du moustique tigre (Originale a l'aide du logiciel Autocad, 2020).

Chapitre II

Matériel & Méthodes

II.1.Objectif de l'étude :

Le présent travail a pour objectif, de l'évaluation, de la sensibilité de la population *Aedes albopictus* vis-à-vis les insecticides Toutes les expérimentations ont été menées au niveau de l'annexe de Sidi Fredj de l'Institut Pasteur d'Algérie dans l'Insectarium du laboratoire d'éco-épidémiologie parasitaire et génétique des populations. Dans un insectarium fermé. Elle s'est déroulée sur une période d'un mois « du mois de Juin jusqu'au mois de Juillet de l'année 2020»

II.2. Matériel :

II.2.1. Matériel Biologique :

Le matériel biologique utilisé durant cette étude était constitué des larves et des adultes d'*Aedes albopictus* issues de l'élevage d'une population collectée en 2020.

II.2.2.Matériel non-biologique :

Le matériel non biologique comprend :

A - Outils de laboratoire :

- Des cages en bois de fabrication artisanales couvertes de moustiquaires cousues sur-mesure, et dotées sur un des côtés d'une ouverture pour faciliter l'accès à l'intérieur de la cage (30cm x 30cm) (**Figure 12**).
- Des bacs en plastique, utilisés pour la mise en eau des œufs de moustiques et l'élevage des larves, de dimension (23x6x6 cm³) (**figure 12A**).
- Des pipettes en plastique (**figure 12B**).
- Cotons hydrophile pour le jus sucré.
- Lames porte objets.
- Aspirateur à bouche pour les moustiques adultes (**figure 12C**).
- Tulle moustiquaire.
- Passoire (**figure 12D**).

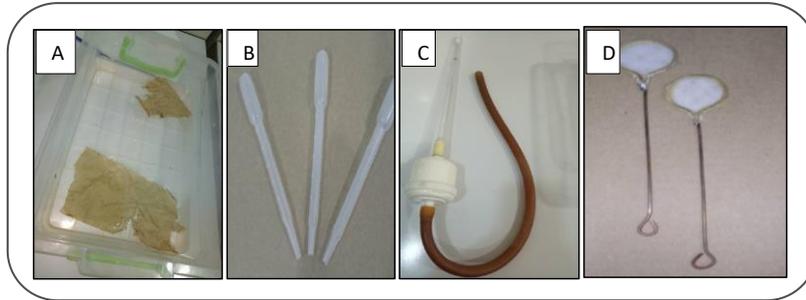


Figure12 : Outils de laboratoire (Originale, 2020).

B-Outils de terrain :

- Pièges pondoirs (des seaux noirs) (figure 13A).
- Papier cuisson (figure 13B).
- Les étiquettes.
- Enveloppes (figure 13C).

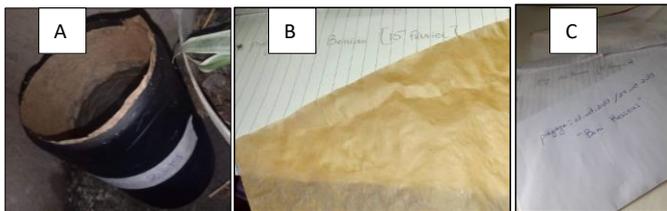


Figure 13 : Outils de terrain (Originale, 2020).

C-Appareillage :

- Microscope optique (Figure 14A).
- Loupe binoculaire (Figure 14B).
- Humidificateur.
- Climatiseur.
- Thermo-hygromètres : permettent de mesurer très facilement la température et le taux d'humidité de l'air (Figure 14C).
-

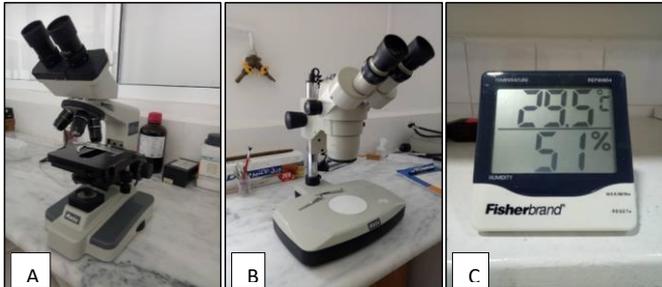


Figure14 : Appareillage (Originale, 2020).

C-Produits :

- Jus sucré à 10% (10g de sucre /100ml d'eau distillée).
- Croquette de chat (pour la nourriture des larves) (figure 15).



Figure15 : Croquette de chat (Originale, 2020).

II.3. Méthodes :

➤ **Sortie sur terrain :**

Dans le but de lancer un élevage en masse du moustique tigre afin d'évaluer le niveau de sensibilité de la population d'*Aedes albopictus* vis à vis les insecticides (la deltaméthrine et le téméphos),deux méthodes de captures ont été utilisées :

- _Les piègespondoirs.
- _Capture des moustiques adultes par l'aspirateur à bouche .

➤ **Pièges pendoirs :**

Les pièges sont constitués de seaux noirs remplis aux trois quarts avec de l'eau (**Figure 16**), tapissés de l'intérieur par un support de papier cuisson de couleur marron. Les pièges sont identifiés (lieu et date de dépôt).

Les sorties sur terrain ont été effectués pour la raison de déposer les pièges pendoirs (environ 10 sorties ont été effectués de Mars- Aout)

Dans les deux wilayas (Alger et Blida), plus précisément dans les Cinq communes mentionnés dans le tableau 02.

Ces pièges ont été placés dans les endroits humides et ombragés riches en végétations des jardins publics et de maison.

Ils ont été vérifiés tous les 10-15 jours, pour récupérer les papiers qui contiennent des œufs et mettre des nouveaux pièges pendoirs.



Figure16 : La distribution des pièges pendoirs dans des différents endroits (Originale, 2020).

A : Alger Centre ; B : Bougara; C : Béni Messous
D : Sidi Fredj ; E : Bougara ; F : Ain Benian.

➤ Résultats de piégeage :

On a détecté la présence des œufs d'*Aedes albopictus* dans tous les pièges qui ont été mis dans les 5 communes durant toute la période Mars et Avril.

II.4.2. Récoltes des adultes et larves sur terrain:

La population d'*Ae.albopictus* a été échantillonnée à Sidi Fredj. Les moustiques ont été récoltés au stade adulte par l'aspirateur à bouche (**Figure17**), ils sont identifiés facilement grâce à leur rayures noirs et blancs et au stade larvaire dans des gîtes actifs par la méthode de la louche (qui est faite par une louche en plastique trompées dans les gîtes larvaires) (**Figure18**).



Figure17: La récolte des moustiques adultes avec l'aspirateur à bouche (**Originale, 2020**).





Figure18 : Gites artificiels actifs d'*Aedes albopictus* (Originale, 2020).

➤ Au laboratoire

1- Mise en eau des œufs récoltés :

Une fois au laboratoire, les œufs du moustique tigre (Figure 19) sont mis en eau dans des bacs d'élevage (Figure 20) dans le but de lancer un élevage en masse de ce vecteur.

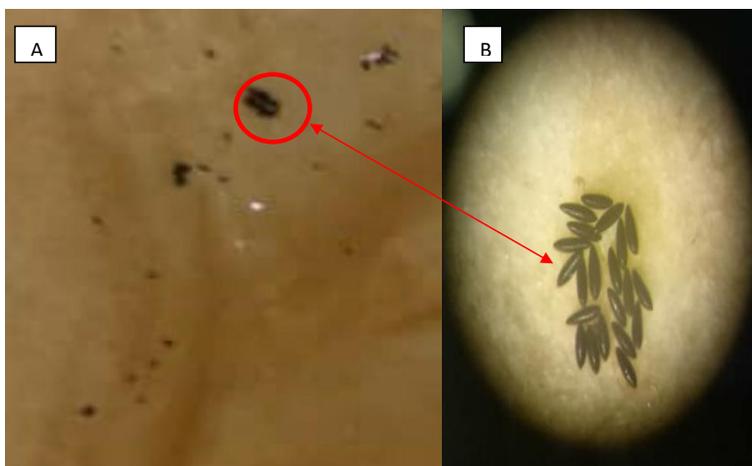


Figure19 : Les œufs d'*Aedes albopictus* (Originale, 2020).

A : Ponte des œufs d'*Ae.albopictus*.

B: Œufs d'*Ae.albopictus* sous une loupe binoculaire.

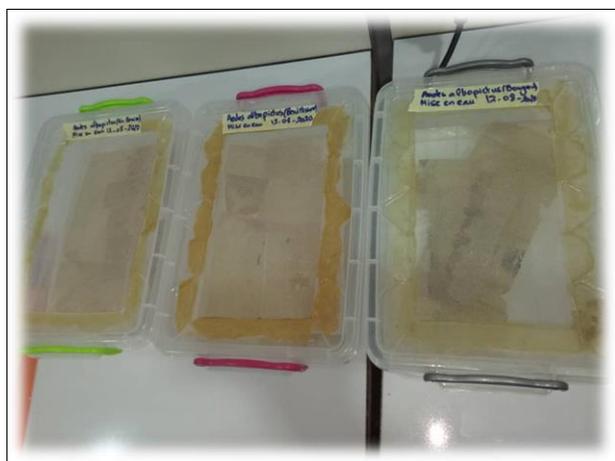


Figure 20 : Bacs d'élevage (Originale, 2020).

2_ Le Tri des larves et nymphes récoltées sur terrain :

Les larves et les nymphes récupérées via la louche au niveau des gites actifs sont triées et placés séparément dans les boites d'élevage pour les larves et les cages d'élevage pour les nymphes (figure21).



Figure21 : Le tri des larves et nymphes dans des boites d'élevage (Originale, 2020).

II.5.Elevage :

L'élevage a été réalisé au niveau de l'Insectarium de l'Institut Pasteur d'Algérie, Annexe – Sidi Fredj (**figure 22**). Il a été maintenu dans une chambre conditionnée à une température entre 23 ° et 25 ° C, une humidité relative comprise entre 60% et 85% et une photopériode de 12 heures à partir d'œufs et larves récoltés sur le terrain.



Figure22 : Insectarium de l'Institut Pasteur d'Algérie, Annexe - Sidi Fredj
(Originale, 2020).

Après éclosion, les larves sont nourries avec des croquettes de chats riches en protéines (**Figure 15**), l'eau du récipient doit avoir une température moyenne d'environ 25°C (**Figure 20**). Lorsque les larves(**Figure24**) atteignent le stade nymphal (**Figure 25**), elles sont placées dans d'autres récipients à l'aide d'une pipette en plastique et disposées dans une cage (**Figure27**) où elles se transformeront en adulte.

Après émergence, les adultes se nourrissent de jus sucré à 10%, contenu dans du coton imbibé déposé au-dessus des cages (**Figure 23**). Après accouplement les femelles ont besoin d'un repas de sang afin de permettre la maturation des œufs. Le gorgement des femelles (pendants 1h) (**Figure28**), se fait via des souris BALB/c (**Figure 26**). Après 3 à 4 jours, les œufs pondus (**Figure 29**) sont utilisés pour des nouvelles générations d'*Aedes albopictus*.



Figure 23 : Moustiques suçant le jus sucré imbibé dans du coton (Originale, 2020).



Figure 24 : Larves d'*Ae. albopictus* dans des bacs d'élevage (Originale, 2020).

figure 25 : Nymphes d'*Ae. albopictus* dans des bacs d'élevage (Originale, 2020).



Figure 26 : Souris BALB /c (Originale, 2020).

Figure 27 : Placement des nymphes dans la cage d'élevage (Originale, 2020).



Figure28 : Gorgement des femelles sur la souris BALB /c (Originale, 2020).



Figure29 : Les œufs pondus dans la cage d'élevage (Originale, 2020).

II.6. Test de sensibilité de la population *Aedes albopictus* vis-à-vis l'insecticide :

L'objectif de ce présent travail était de faire les tests de sensibilité aux insecticides chimiques des populations d'*Aedes albopictus* de la région d'Alger et Blida.

Remarque : Vu la conjoncture de l'épidémie du « COVID 19 », les manipulations pratiques prévues à l'institut pasteur ont été annulées suite aux recommandations des responsables afin d'éviter tout risque de contamination des étudiants.

Nous avons comme même pu déposer des pièges pondoirs au niveau des différentes régions citées plus haut.

Ceci nous a permis de lancer un élevage et larves et adultes d'*Aedes albopictus* au niveau de l'insectarium de l'IPA. Nous allons discuter les résultats des tests de résistance aux insecticides choisis par rapport aux travaux réalisés dans d'autres pays.

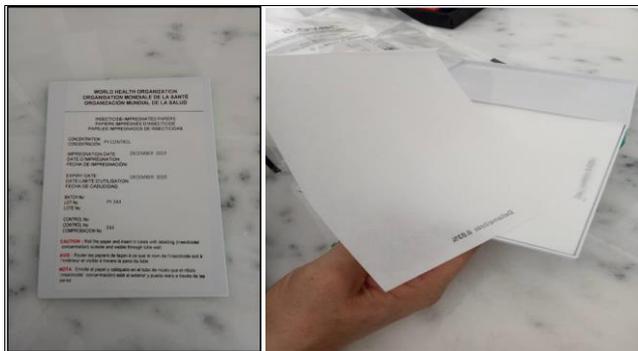


Figure 30 : Papier imprégnés d'insecticides chimiques (Deltaméthrine0.03%) (Originale, 2020).

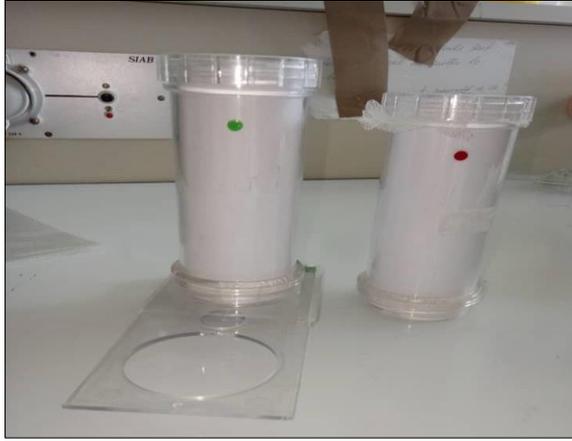


Figure31 : Tubes d'expositions (Originale, 2020).

Deux articles ont été pris :

- **Article 01** : Traite la première preuve de résistance aux insecticides pyréthrinoides dans les populations italiennes d'*Aedes albopictus* après 26 ans depuis l'invasion.(**Verena Pichler et al., 2018**).

-**Article02** : Traite la sensibilité des stades larvaires d'*Aedes albopictus* dans la Malaisie (Sabah) en 2018(**Elia Amira et al., 2018**).

II.6.1. Test de sensibilité des adultes d'*Aedes albopictus* à la déltaméthrine (Article 01) :

Les bio essais ont été réalisés selon les protocoles de l'OMS dans des tubes à essai de l'OMS doublés de papiers filtres imprégnés de deltaméthrine (0,05%).

Les concentrations d'insecticide ont été sélectionnées en fonction des dosages les plus fréquemment utilisés pour *Ae.albopictus* afin de permettre la comparaison des résultats avec les études précédentes.

La concentration de 0,05% pour la deltaméthrine a été choisie sur la base des données disponibles sur une souche de référence sensible d'*Aedes albopictus*. Les papiers imprégnés d'insecticide (et de contrôle) ont été jetés après avoir été utilisés dans 6 essais biologiques.

Des essais biologiques ont été réalisés dans l'insectarium dans les mêmes conditions d'élevage de moustiques en utilisant ~ 25 femelles d'*Ae. albopictus* non nourris (âgées de 3 à 5 jours).

Les moustiques ont été exposés à la deltaméthrine pendant 1 heure et le nombre de moustiques « knocked Down », a été enregistré toutes les 10 minutes pendant le temps d'exposition ; après 1 heure d'exposition, les moustiques ont été transférés dans des tubes avec des papiers non traités et ont laissé une période de récupération de 24 h après que la mortalité a été enregistrée.

Lorsque la mortalité dans les cages témoins dépassait 5%, la correction d'Abbott pour la mortalité naturelle a été appliquée. Selon les directives de l'OMS

les populations étaient considérées comme «sensibles» si la mortalité après 24 heures d'exposition était $\geq 98\%$, «possiblement résistante» si la mortalité était comprise entre 90% et 97% et «résistante» si la mortalité était $\leq 90\%$.

II.6.2. Test de sensibilité des stades larvaires d'*Aedes albopictus* vis-à-vis les Organophosphorés et les Organochlorés (article02) :

- **Les tests sur larves :**

Quatre larvicides ont été utilisés :

Le malathion (0,125 mg / L).

Le téméphos (0,012 mg / L).

Le dichlorodiphényltrichloro - éthane (DDT, 0,012 mg / L).

Et la dieldrine (0,050 mg / L).

Selon les auteurs les insecticides ont été préparé à des concentrations différentes :

Tableau III : concentrations des différents insecticides.

le téméphos	le malathion	le DDT	la dieldrine
-------------	--------------	--------	--------------

Chapitre II

Matériel&Méthodes

312,5 mg/L	31,25 mg/L	0.012mg/L	0.05mg/L
------------	------------	-----------	----------

Les tests larvaires ont été effectués selon la méthode standard de l'OMS (**WHO 1981**).Le test a été réalisé dans des gobelets en papier jetable de 300 ml.

Un total de 25 larves du stade L3 et L4 ont été exposées à des doses de chaque larvicide dans 250 ml d'eau du robinet déchlorée.

Au moins trois répétitions de chaque dose de larvicide ont été effectuées.

Les tests ont été réalisés à une température ambiante de $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ et $75 \pm 10\%$ d'humidité relative.

Pour le contrôle, 1 ml d'éthanol a été ajouté à 249 ml d'eau distillée chez le témoin.

La mortalité a été enregistrée 24 h après l'exposition.

Ces larves étaient considérées comme mortes si elles coulaient au fond des gobelets en papier et ne pouvaient pas bouger ou flotter après avoir été sondées.

- **L'analyse des données :**

La mortalité à 24 h après le traitement a été utilisée pour déterminer le statut de sensibilité: 98-100% de mortalité indiquant une sensibilité, <98% de mortalité suggérant la possibilité d'une résistance qui doit être confirmée d'avantage et <90% de mortalité suggérant une résistance (**WHO 2016**).

Si le pourcentage de mortalité du groupe témoin était > 5%, Il a été corrigé par la formule d'Abbott:

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

Chapitre III

Résultats & Discussion

Chapitre III

Résultats & Discussion

III.1.Sensibilité des populations d'*Aedes albopictus* adultes à la deltaméthrine (article01) :

III.1.1.Résultats :

Les 07 populations italiennes testées, ainsi que la population albanaise, étaient pleinement sensibles à la deltaméthrine alors qu'une résistance n'a été observée que dans la colonie de laboratoire grecque (mortalité = 89,0%). KDT50 et KDT95 étaient les plus élevés, mais aucune différence significative n'a été observée entre les sites traités et non traités et aucune corrélation forte entre les valeurs de KDT et la mortalité n'a été détectée (r KDT50 / mortalité -0,62 ; r KDT95 / mortalité = -0,62).

Tableau IV: Résultats des essais biologiques sur tubes de l'OMS réalisés sur des populations d'*Aedes albopictus* d'Italie, d'Albanie et de Grèce, Les résultats indiquant une résistance ou une résistance possible selon l'OMS sont surlignés en gras.

Deltaméthrine 0.05%

Région	Génération	Nombre	Mortalité (CL90%)
Trentino	F1	78	100
Venteno	F1	77	98.7
Liguria	F1	100	98.00
Marche	F1	77	98.7
Puglia	F0	77	100
Albania	F1	78	100
Grèce	F1	100	89.00

Chapitre III

Résultats & Discussion

III.1.2. Discussion :

Les populations d'*Aedes albopictus* des 07 régions ont été jugées pleinement sensibles à la deltaméthrine, par contre, la population de terrain de Grèce (qui s'est avérée sensible à la deltaméthrine en 2009) n'a pas montré de sensibilité totale à la deltaméthrine.

Cependant, aucune pulvérisation spatiale publique de pyréthroïdes n'a été pratiquée en Grèce depuis 2007, même si une pression sélective par des traitements intensifs effectués par des particuliers ne peut être exclue. La moindre sensibilité de la population grecque collectée sur le terrain à la perméthrine pourrait s'expliquer par une origine différente de la population grecque par rapport aux populations italienne et albanaise, comme le prouvent les données génétiques de la population, mais aussi par la résistance croisée entre les organophosphorés et les pyréthroïdes, comme déjà signalé pour d'autres espèces de moustiques. En fait, les mêmes gènes de carboxylestérase amplifiés responsables de la résistance au téméphos de la colonie de laboratoire ont été observés, également dans les populations de terrain grecques et pourraient être associés à une sensibilité réduite à la deltaméthrine qui peut être hydrolysée par les gènes de la carboxylestérase comme indiqué dans d'autres espèces d'insectes.

III.1.3. Conclusion :

Cette étude rapporte la première preuve de résistance aux pyréthroïdes chez les adultes de la population d'*Aedes albopictus*. Les résultats se réfèrent à la saison précédant l'épidémie de chikungunya 2017 dans le centre de l'Italie et soulignent la nécessité de redoubler d'efforts pour surveiller la propagation de la résistance aux insecticides et la nécessité de développer des stratégies limitant la propagation de la résistance aux insecticides, en particulier dans les zones où des traitements extensifs ont été effectués. Contenir les épidémies.

III.2. Test de sensibilité des stades larvaires d'*Aedes albopictus* vis-à-vis les organophosphorés et les organochlorés dans la Malaisie (Sabah) :

III.2.1. Résultats :

Le tableau V montre le pourcentage de mortalité d'*Ae. albopictus* obtenu dans quatre sites vis à vis des dosages de quatre larvicides après 24 h d'exposition.

Chapitre III

Résultats & Discussion

Toutes les populations d'*Ae. albopictus* sont révélés résistants au malathion et au téméphos avec des taux de mortalité allant de 0,00% ± 0,00 à 26,67% ± 0,88.

Des résultats de dissemblance ont été observés pour deux larvicides organochlorés testés. La dieldrine peut induire une mortalité de 100% pour toutes les populations de terrain d'*Ae. albopictus*, alors que le DDT était complètement inefficace, démontrant une mortalité nulle dans toutes les populations.

Tableau V : Pourcentage de mortalité d'*Ae. albopictus* des divisions West Coast et Kudat, Sabah, Malaisie à 24 h après le traitement contre divers larvicides.

Sites d'étude	Malathion	DDT	Dieldrine	Téméphos
	0.125 mg/L	0.012 mg/L	0.05 mg/L	0.012 mg/L
Kota Belud	0.00 ± 0.00 ^R	0.00 ± 0.00 ^R	100.00 ± 0.00 ^S	26.67 ± 0.88 ^R
Kota Kinabalu	0.00 ± 0.00 ^R	0.00 ± 0.00 ^R	100.00 ± 0.00 ^S	1.33 ± 0.33 ^R
Papar	0.00 ± 0.00 ^R	0.00 ± 0.00 ^R	100.00 ± 0.00 ^S	0.00 ± 0.00 ^R
Kota Marudu	0.00 ± 0.00 ^R	0.00 ± 0.00 ^R	100.00 ± 0.00 ^S	10.67 ± 1.45 ^R

P = résistance possible (mortalité <98%); R = résistance (mortalité <90%); S = sensible (mortalité ≥ 98%) tel que déterminé par l'OMS (2016).

III .2.2.Discussion :

Selon les résultats, toutes les populations étaient résistantes au DDT. La dieldrine était sensible à toutes les populations avec une mortalité de 100%. Le DDT et la dieldrine ont été utilisés à Bornéo pour lutter contre le vecteur du paludisme. Cependant, la dieldrine et le DDT sont des polluants organiques persistants et leurs utilisations ont été interdites en Malaisie depuis 1998 (Ramachandran et Mourin, 2006).

Malgré l'interdiction de DDT depuis 20 ans, la résistance au DDT d'*Ae. albopictus* reste en place jusqu'à ce jour. Une situation similaire de résistance au DDT a également été observée dans *Ae. aegypti* (Nazni et al. 2009).

Chapitre III

Résultats & Discussion

Les larves d'*Aedes albopictus* dans cette étude ont montré une gamme variée de mortalités contre la plupart des organophosphorés à l'exception du malathion et du téméphos, qui étaient inefficaces contre toutes les populations. L'acétylcholine-estérase insensible est un facteur bien connu responsable de la résistance aux organophosphorés et aux carbamates chez les insectes (**Hemingway et al., 2004; Low et al., 2013**).

Cependant, la résistance croisée au sein d'une même classe d'insecticide peut ne pas toujours se produire, comme avec les niveaux de sensibilité incohérents du chlorpyrifos avec d'autres organophosphorés observés dans cette étude.

En Malaisie, le malathion est généralement utilisé dans le traitement spatial (pulvérisation) pour contrôler les populations adultes, mais un faible volume d'insecticide peut encore être piégé dans des habitats de conteneurs tels que des vases à fleurs (**Tietze et al., 1996 ; Ong, 2016**).

Le téméphos, en revanche, est le meilleur traitement larvicide de routine en Malaisie et il a été largement utilisé depuis les années 1970. Néanmoins, des preuves de résistance au malathion et au téméphos chez les moustiques *Aedes* ont été signalées dans le monde entier, y compris en Malaisie et les utilisations extensives et prolongées des deux insecticides ont été le principal facteur déterminant à la résistance (**Karunaratne et Hemingway, 2001**).

Conclusion

Chapitre III

Résultats & Discussion

Conclusion générale et perspective :

A l'issue des résultats obtenus dans les articles mentionnés, quelques populations ont montré une résistance vis-à-vis d'une classe d'insecticides.

Il faut noter que des phénomènes de résistances ont été observés à l'encontre de toutes les familles d'insecticides dans tout le monde.

Ces événements sont des sonnettes d'alarme et font prendre conscience de l'urgence de trouver des méthodes de lutte plus efficaces et appropriées.

Il faut agir pour limiter le développement des résistances :

- Trouver des substances moins toxiques ou d'associer différentes méthodes les unes aux autres.
- Lutte physique ou mécanique par la destruction physique des petits gîtes de pontes
- Assèchement des gîtes qui ne peuvent pas être détruits
- Lutte biologique

En Algérie, cette espèce continue d'être signalée par les citoyens dans plusieurs Wilayas du littoral.

L'IPA a signalé qu'aucun cas d'arbovirose transmise par ce vecteur n'a été enregistré.

Pour conclure, nous pouvons dire que pour pallier le développement de résistance, il faut modifier les pratiques actuelles pour préserver l'efficacité des insecticides utilisés actuellement, tout au moins jusqu'à ce que de nouveaux outils, faisant appel à de nouvelles classes d'insecticides, soient disponibles.

Les résultats des recherches d'autres pays ouvrent des perspectives intéressantes sur l'étude de sensibilité de la population *Aedes albopictus* vis-à-vis des insecticides chimiques, donc ça sera intéressant de faire des recherches pareilles dans les prochains travaux pour voir le niveau de sensibilité des insectes vis-à-vis des insecticides chimiques en Algérie pour ne pas tomber dans la situation de résistance.

Références bibliographiques

Chapitre III

Résultats & Discussion

Références bibliographiques

A

Ali.S. R., and Rozeboom. L.E. (1973). Comparative laboratory observations on selective mating of *Aedes albopictus polynesiensis* Marks. Mosquito News, 33 (1):23-28.

Aouissi M., Belmadani M. (2019). Déterminants bioécologiques et cartographie de l'extension d'*Aedes albopictus* (Diptères) Skuse, 1894 en Algérie. Mémoire de Master, Algérie. 68P

B

Baba Moussa et al, (2018) . Sensibilité des populations d'*Aedes Aegypti* vis-à-vis des organochlorés, pyréthrinoides et des carbamates dans la commune de Natitingou au Nord-Est du Bénin. (2018). European Scientific Journal, 138-140.

Bagny L. (2009).Caractérisation de l'invasion d'*Aedes albopictus* en présence d'*Aedes aegypti* à la Réunion et à Mayotte. Pour l'obtention du grade de docteur. Univ de la Réunion.213.

Bagny, L., Delatte, H., Quilici, S., & Fontenille, D. (2009).Progressive decrease in *Aedes aegypti* distribution in Reunion Island since the 1900s.Journal of medical entomology, 46(6), 1541-1545.

Bawin T., Seye F., Boukraa S., Zimmer JY., Delvigne F. et Francis F. (2014). La lutte contre les moustiques (Diptera: Culicidae): diversité des approches et application du contrôle biologique, Entomological Society of Canada, 476-500.

Becker N. (2008). Influence of climate change on mosquito development and mosquito- borne diseases in Europe.Parasitology Research, 103(1) :19-28.

Becker, N. et al. (2010). Mosquitoes and Their Control, Second edition (Springer; 2nd ed.edition).

Becker N., Schön S., Klein A.M. ,Ferstl I., Kizgin A., Tannich E., Kuhn C., Pluskota B., Göst A. (2017). First mass development of *Aedes albopictus* (Diptera:Culicidae)—its surveillance and control in Germany. ParasitolRes., 116 (3): 847-85.

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.ActaTropica.164: 411-413. doi: 10.1016/j.actatropica.2016.09.027. Epub 2016 Sep 30.

Bendjafar N. et Bouguernout D. (2018). Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle formulée du romarin et du champignon *Metarhizium anisopliae* à l'égard du moustique tigre *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera : Culicidae). Mémoire de master 2. Université de Blida1. Algérie, 41P.

Benedict Marck Q., Levine, R. S., Hawley, W. A. & Lounibos, L. P. (2007).Spread of the tiger: global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. Vectors Borne and Zoonotic Diseases, 7(1), 76-85 P.

Chapitre III

Résultats & Discussion

Benedict Marck Q. (2007). Spread of the tiger: global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*.

Bentley, M. D. & Day, J. F. (1989). Chemical ecology and behavioral aspects of mosquito oviposition. Annual review of entomology, 34(1), 401-421.

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

Boyer S, Calvez E, Chouin-Carneiro T, Diallo D, Failloux AB. Un aperçu des moustiques vecteurs du virus Zika. Les microbes infectent. 2 mars 2018 pi: S1286-4579 (18) 30039-X.

Boyer, S. (2011, Février). TIS : une lutte ciblée sans insecticide. Bulletin de veille sanitaire, pp. 9-11.

C

CASIDA(2004) J. E. Casida and G. B. Quistad, Why insecticides are more toxic to insects2, pp. 81-86.

Caron, M., Grard, G., Paupy, C., Mombo, IM., Bikie Bi Nso, B., Kassa Kassa, FR. (2013).First evidence of simultaneous circulation of three different dengue virus serotypes in Africa. PLoS ONE. 8:e78030.

Clements, AN.(1992). The biology of mosquitoes. Vol. 1. Development, nutrition and reproduction. London: Chapman and Hall. 509pp.

Clements AN. The biology of mosquitoes. Vol.2. Wallingford: CABI 1999.

D

D.Roiz, M. N. (2011). Climatic factors driving invasion of the tiger mosquito (*Aedes albopictus*) into Aeras of Trentino, Northern Italy. Plos One, 6(4), 1-8.

Darriet, S. M. (Juillet 2007). Insecticides et adulticides disponibles pour les opérations de lutte contre les moustiques. Synthèse bibliographique, IRD.

Delabant Jean-Luc. (2018). *Aedes albopictus* : la Guerre est déclarée, Médecine Libérale - URPS Médecins Libéraux Nouvelle-Aquitaine. n°5. p10.

Delatte, H., Paupy, C., Dehecq, J. S., Thiria, J., Failloux, A. B. & Fontenille, D. (2008).[*Aedes albopictus*, vector of Chikungunya and Dengue viruses in Reunion Island: biology and control]. Parasite (Paris, France), 15(1), 3-13.

Dellate, G. (2009).Influence of temperature on immature development, survival, longevity, fecundity and gonotrophic cycles of *Aedes albopictus*, vectore of Chikungunya and Dengue un the India Ocean. Journal of medical entomology, 46(1).

Duvallet G., Fontenille D. et Robert V. (2017). Entomologie médicale et vétérinaire, Institut De Recherche Pour Le Développement, éditions Qua 667 P.

Chapitre III

Résultats & Discussion

E

EID Méditerranée, (2010). Suivi de l'initiation naturelle de la diapause d'*Aedes albopictus*

(Skuse 1894).

Elia-Amira, N. M. R., Chen, C. D., Lau, K. W., Lee, H. L., Low, V. L., Norma-Rashid, Y., & Sofian-Azirun, M. (2018). Organophosphate and Organochlorine Resistance in Larval Stage of *Aedes albopictus* (Diptera : Culicidae) in Sabah, Malaysia. *Journal of Economic Entomology*, 111(5), 2490-2491. <https://doi.org/10.1093/jee/toy184>

Entwistle J. (2011). Emerging technologies for control of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae). *International Pest Control* Nov 53(6):318-322.

Estrada-Franco, J. G. and Graig, G.B. (1995). Biology disease relationships, and control of *Aedes albopictus*. Pan American Health Organization.

Eyraud.V. (2014). - Etude d'un insecticide naturel nommé PA1b. Mécanisme d'action et expression hétérologue. Lyon, 2014. P26-27-28.

F

Faraji A., Price D. C. (2013).A Rapid Identification Guide for Larvae of the Most Common North American Container-Inhabiting *Aedes* Species

Fontenille D., Delatte H., Failloux A.B., Dumont Y., Chiroleu F., Dehecq J.S., Thiria J., Bagny L., Boyer S., Vazeille M., Reiter P., Lacroix R., Moutailler S., Paupy C., Brengues C., Gimmonneau G., Quillici S., Reynaud B. (2011). Facteurs entomologiques d'émergence de Chikungunya et d'arboviroses humaines à La Réunion. In : Colloque bilan des projets financés dans le cadre du programme SEST 2006. Paris : ANR, 7 p. Colloque Santé-Environnement Santé-Travail, Paris (FRA), 2011/01/20-21.

Frédéric Darriet, Séverine Licciardi, Vincent Corbel, Jean-Sébastien Dehecq, Fabrice Chandre. La résistance du moustique *Aedes albopictus* à La Réunion : La résistance des vecteurs d'arboviroses aux insecticides dans les départements français d'Outre-mer et implications opérationnelles. *Les cahiers de la Recherche. Santé, Environnement, Travail, ANSES*, 2013, Les multi-résistances, pp.16. Anses-01696772.

G

Grard, G., Caron, M., Mombo, I. M., Nkoghe, D., Ondo, S. M., Jiolle, D., et al. (2014). Zika virus in Gabon (Central Africa)–2007: a new threat from *Aedes albopictus*. *PLoS Negl Trop Dis*, 8(2), e2681.

Govindarajan M., Sivakumar R., Rajeswary M., Yogalakshmi K. (2013). Chemical composition and larvicidal activity of essential oil from *Ocimum basilicum* (L.) against *Culex tritaeniorhynchus*, *Aedes albopictus* and *Anopheles subpictus* (Diptera: Culicidae).

Chapitre III

Résultats & Discussion

H

Hawley, W.A., Pumpuni, C.B., Brady, R.H. et Craig, G.B. J.R. (1989). Overwintering survival of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) eggs in Indiana. *J Med Entomology*, 26(2): 122- 9.

Hemingway, J., N. J. Hawkes, L. McCarroll, and H. Ranson. (2004). The molecular basis of insecticide resistance in mosquitoes. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 34: 653–665.

Hervé J.P., Diarrassouba S., Saracino J., Kone A. & Carnevale P. (1998). Epidémisation de la fièvre jaune : Comportements humains et risques entomologiques. Séminaire International sur la fièvre jaune en Afrique -Dakar, Sénégal, 25-27 Juin 1998. 37-42.

I

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.

J

K

Kamal M., Kenawy M.A., Rady M.H., Khaled A.S., Samy A.M. (2018). Mapping the global potential distributions of two arboviral vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* under changing climate. *PLoS One.*, 13(12): e0210122.

Karunaratne, S. H. et J. Hemingway. (2001). Résistance au malathion et prévalence du mécanisme de la malathion carboxylestérase dans les populations de moustiques vecteurs de maladies au Sri Lanka. *Taureau. Organe mondial de la santé.* 79: 1060–1064.

Koch L.K., Cunze S., Werblow A., Kochmann J., Dörge D.D., Mehlhorn H., Klimpel S. (2015). Modeling the habitat suitability for the arbovirus vector *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Germany. *Parasitology Research*, 115 (3):957–964

Kraemer ,M.U.G., Reiner R.C.Jr., Brady O.J., Messina J.P., Gilbert M., Pigott D.M., Yi D., Johnson K., Earl L., Marczak L.B., Shirude S., Davis Weaver N. ; Bisanzio D. ; Perkins T.A., Lai S., Lu X., Jones P., Coelho G.E., Carvalho R.G., Van Bortel W., Marsboom C., Hendrickx G., Schaffner F., Moore C.G., Nax H.H., Bengtsson L., Wetter E., Tatem A.J., Brownstein J.S., Smith D.L., Lambrechts L., Cauchemez S., Linard C., Faria N.R., Pybus O.G., Scott T.W., Liu Q., Yu H., Wint G.R.W., Hay S.I., Golding N. (2019). Past and future spread of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Nat Microbiol.*,4(5):854- 863.

Chapitre III

Résultats & Discussion

L

Lachmajer, J. et Hien, D.S. (1975).Effect of the environmental conditions on eggs and water living stages of *Aedes aegypti* (Linn.) and *Aedes albopictus* (Skuse), vectors of Dengue haemorrhagic fever in Viet-Nam. Bull Inst Marit Trop Med Gdynia 26(3-4): 353-67.4.

Lane, P. R. & Crosskey, R. W. (1993). Medical insects and arachnids. Chapman and Hall, 723p.

Lema E. (2000). Etude qualitative de la faune culicidienne et son influence sur la prévalence plasmodiale en milieu urbain et périurbain de Yaoundé. Mémoire DI.P.E.S II. ENS, U.Y.I. 41 p.

Low, V. L., C. D. Chen, P. E. Lim, H. L. Lee, Y. A. Lim, T. K. Tan, and M. Sofian- Azirun. (2013). First molecular genotyping of insensitive acetylcholinest- erase associated with malathion resistance in *Culex quinquefasciatus* Say populations in Malaysia. Pest Manag. Sci. 69: 1362–1368.

M

Makiya, K. (1976). Some considerations on the distribution pattern of the mosquito *Aedes albopictus* (Skuse) and the practical usefulness of the log (x+ 1) transformation for the field collection data. Medical Entomology and Zoology, 27(4), 399-404.

Manjarres-Suarez, A. et J. Olivero-Verbel. 2013. Contrôle chimique d'*Aedes aegypti*: une perspective historique. Rev. Costarric. Salud Pública 22: 68–75.

Medlock J.M., Hansford K.M., Versteirt V., Cull B., Kampen H., Fontenille D., Hendrickx G., Zeller H., Van Bortel W., Schaffner F. (2015). An entomological review of invasive mosquitoes in Europe. Bull EntomolRes., 105:637–663.

Mogi, M., & Mokry, J. (1980). Distribution of *Wyeomyia smithii* (Diptera, Culicidae) eggs in pitcher plants in Newfoundland, Canada. Tropical Medicine, 22(1), 1-12.

Mori, A. (1979). Effects of larval density and nutrition on some attributes of immature and adult *Aedes albopictus*. Tropical Medicine, 21(2), 85-103.

Mouchet.(1994). *Aedes albopictus* a l’Ile de la réunion.

Musso, D. & Gubler, D. J. (2015). Zika virus: following the path of dengue and chikungunya?. The Lancet, 386(9990), 243-244.

N

NAUEN.(2006).R. Nauen, Insecticide mode of action: return of the ryanodine receptor. Pest management science, 2006, 62, 8, pp. 690-692.

Nazni, W. A., S. Selvi, H. L. Lee, I. Sadiyah, H. Azahari, N. Derric, and S. Vasan. (2009) . Susceptibility status of transgenic *Aedes aegypti* (L.) against insecti- cides. Dengue Bull. 33: 124–129.

Chapitre III

Résultats & Discussion

O

Olivia, Celia F ., DAMIENS, David, VREYSEN, Mare J. B., LEMPERIERE, Guy et GILLES, Jérémie. Reproductive strategies of *Aedes albopictus* (Diptera : Culicidae) and implications for the sterile insect technique. Plos Pnc ...8, 11, e78884.

Ong, S. Q. (2016). Lutte contre le vecteur de la dengue en Malaisie: un examen des stratégies actuelles et alternatives. Sains Malays. 45: 777–785.

Organisation mondiale de la santé (OMS). (2016). Surveillance et gestion de la résistance aux insecticides des populations de moustiques *Aedes*. Conseils provisoires pour les entomologistes.

P

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.

Ponnusamy, L., Schal, C., Wesson, D. M., Arellano, C. & Apperson, C. S. (2015). Oviposition responses of *Aedes* mosquitoes to bacterial isolates from attractive bamboo infusions. Parasites & vectors, 8(1), 1.

Ponnusamy, L., Xu, N., Nojima, S., Wesson, D. M., Schal, C. & Apperson, C. S. (2008). Identification of bacteria and bacteria-associated chemical cues that mediate oviposition site preferences by *Aedes aegypti*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 105(27), 9262-9267.

Q

R

Ramachandran, R. et J. Mourin. (2006). Vue d'ensemble de la situation des pesticides POP en Malaisie.

Ranson H., Burhani J., Lumjuan N. et Black WC. (2010). Insecticide resistance in Dengue vectors. Tropica net journal. vol.1 no.1.

R. Gaugler, D. S. (2011). An autodissemination station for the transfer of an insect growth regulator to mosquito oviposition sites. Medical and Veterinary Entomology, 1-9.

Reinhold J.M., Lazzari C.R., Lahondère C. (2018). Effects of the Environmental Temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* Mosquitoes: A Review. Insects, 9(4) :1- 17.

Richards S.L., Ponnusamy L., Unnasch T.R., Hassan H.K., Apperson C.S. (2006). Host-feeding patterns of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in relation to availability of human and domestic animals in suburban landscapes of central North Carolina. J Med Entomol., 43: 543-51.

Rozeboom, L. E., Rosen, L. & Ikeda, J. (1973). Observations on oviposition by *Aedes* (S.) *albopictus* Skuse and A. (S.) *polynesiensis* Marks in nature. Journal of medical entomology, 10(4), 397-399.

Rozilawati, H., Zairi, J. & Adanan, C. R. (2007). Seasonal abundance of *Aedes albopictus* in selected urban and suburban areas in Penang, Malaysia. Trop Biomed, 24(1), 83-94.

Chapitre III

Résultats & Discussion

S

SALVAN.M.J.Mouchet (1994). *Aedes albopictus* et *Aedes aegypti* à l'île de la Réunion.

Santos J. & Meneses B.M. (2017). An integrated approach for the assessment of the *Aedes Aegypti* and *Aedes albopictus* global spatial distribution, and determination of the zones susceptible to the development of Zika virus. *Acta Tropica.*, 168 :80–90.

Savage HM, Niebylski ML, Smith GC, Mitchell CJ, Craig GB Jr. (1993). Host-feeding patterns of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) at a temperate North American site. *J Med Entomol* 30:27–34.

Service, M. W. (1985). Population dynamics and mortalities of mosquito preadults. In L. P. Lounibos, J. R. Rey, & J. H. Frank (Eds.), *Ecology of mosquitoes: Proceedings of a workshop* (pp. 185-201). Vero Beach: Florida Medical Entomology Laboratory.

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

Strickman, D. (1980). Stimuli affecting selection of oviposition sites by *Aedes vexans* (Diptera: Culicidae): moisture. *Mosq News*, 40, 236-245.

T

Takagi, M. & Tsuda, Y. (1995). Temporal and spatial distribution of release of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Nagasaki, Japan. *Medical Entomology and Zoology*, 46(3), 223-228.

Thongwat, D. et N. Bunchu. (2015). Sensibilité au tétraméthos, à la perméthrine et à la deltaméthrine d'*Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) du district de Muang, province de Phitsanulok, Thaïlande. *Pac asiatique. J. Trop. Med.* 8: 14-18.

Thorsteinson, A. J. (1960). Host selection in phytophagous insects. *Annual review of entomology*, 5(1), 193-218.

Tietze, N. S., P. G. Hester, K. R. Shaffer et F. T. Wakefield. (1996). Dépôt périodestique de malathion à très faible volume appliqué comme adulticide contre les moustiques. *Taureau. Environ. Contam. Toxicol.* 56: 210-218.

U

Unlu I., Farajollahi A., Rochlin I., Crepeau T.N., Strickman D., Gaugler R. (2014). Differences in male–female ratios of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) following ultra- low volume adulticide applications. *Acta trop.* 5: 137:201.

V

Valerio. F. M.(2010) .Host feeding patterns of *Aedes albopictus* in urban and rural contexts within Rome Province .Italy .2.10(3)291.294.

Valerio, L. (2008). Analysis of exophily/endophily and host preferences of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in different ecological contexts in Rome. PhD thesis.

Chapitre III

Résultats & Discussion

Verena Pichler, Romeo Bellini, Rodolfo Veronesi, Daniele Arnoldi, Annapaola Rizzoli, Riccardo Paolo Lia, Domenico Otranto, Fabrizio Montarsi, Sara Carlin, Marco Ballardini, Elisa Antognini, Marco Salvemini, Emanuele Brianti, Gabriella Gaglio, Mattia Manica, Pietro Cobre, Paola Serini, Enkelejda Velo, John Vontas, Ilias Kioulos, Joao Pinto, Alessandra della Torre, Beniamino Caputo. (2018) First evidence of resistance to pyrethroid insecticides in Italian *Aedes albopictus* populations 26 years after invasion. *PLoS ONE* 13(10): e0204840. doi:10.1371/journal.pone.0204840

W

Walker, E. D., Lawson, D. L., Merritt, R. W., Morgan, W. T. & Klug, M. J. (1991). Nutrient dynamics, bacterial populations, and mosquito productivity in tree hole ecosystems and microcosms. *Ecology*, 72(5), 1529-1546.

Wallis, R.C. (1954). A study of oviposition activity of mosquitoes. *Am. J. Hyg.* 60: 135–168.

WHO (1998). Evaluation de la santé. Rapport sur la Santé dans le monde. La vie au 21^{ème} siècle, une perspective pour tous, World Health Organisation (ed), Genève Suisse, 43-65.

WHO (2017) . World Malaria Report World Health Organization, Geneva. World Health Organisation (ed), Genève Suisse, 108-195.

Wilaya d'Alger. (1984, 19 décembre). Journal officielle de la république Algérienne.

Woodring J. et Davidson E. W. (1996). Biological control of mosquitoes. The biology of disease vectors . Sous la direction de B.J. Beaty et W.C. Marquardt. University Press of Colorado, Boulder, Colorado, les États-Unis d'Amérique. P. 530–548.

World Health Organization (WHO) . 1981. Instructions for determining the susceptibility or resistance of adult mosquito to organochlorine, organo- phosphate and carbamate insecticides—diagnostic test.

World Health Organization (WHO). 2016. Monitoring and managing insecticide resistance in *Aedes* mosquito populations. Interim guidance for entomologists.

X

Y

Yadouleten. (2016) .Fond topographique IGN.

Yadouleton, A.W., Martin, T., Padonou, G., Chandre, F., Alex, A., Djogbenou, L., Dabiré, R., Aïkpon, R., Glitoh, I., & Akogbeto, M.C. (2011). Cotton pest management strategies on the selection of pyrethroid resistance in *Anopheles gambiae* populations in northern Benin. *Parasites and Vectors*. 4:60.

ANNEXES

Chapitre III

Résultats & Discussion

ANNEXE I : Répartition mondiale d'*Ae. Albopictus*, 2016 (source ECDC).

Europe	Moyen-Orient	Asie et Australie	Amérique du Nord, Centrale et Caraïbes	Amérique du Sud	Afrique
Albanie, Belgique (non établi), Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Croatie, République tchèque (pas établi), France (Corse comprise), l'Allemagne (non établi), la Grèce, l'Italie (y compris la Sardaigne et la Sicile), Malte, Monaco, Le Monténégro, les Pays-Bas (pas établi), Saint- Marin, Serbie, Slovénie, Espagne, Suisse, Turquie et Vatican.	Israël, Le Liban, La Syrie.	l'Australie, le Japon, la Nouvelle-Zélande (pas établi), de nombreuses îles de l'océan Pacifique et Indien et l'Asie du Sud.	Barbade (non établie), Îles Caïmans, Costa Rica, Cuba, République dominicaine, El Salvador, Guatemala, Honduras, Mexique, Nicaragua, Panama, Trinidad (pas établie), États-Unis.	Argentine, Bolivie (pas établi), Brésil, Colombie, Paraguay, Uruguay, Venezuela	Algérie, Maroc, Cameroun, Guinée équatoriale, Gabon, Madagascar, Nigeria, Afrique du Sud (pas Établi)
Albanie, Belgique (non établi), Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Croatie, République tchèque (pas établi), France (Corse comprise),	Israël, Le Liban, La Syrie.	l'Australie, le Japon, la Nouvelle-Zélande (pas établi), de nombreuses îles de l'océan Pacifique et l'océan	Barbade (non établie), Îles Caïmans, Costa Rica, Cuba, République dominicaine, El Salvador, Guatemala, Honduras, Mexique,	Argentine, Bolivie (pas établi), Brésil, Colombie, Paraguay, Uruguay, Venezuela	Algérie, Maroc, Cameroun, Guinée équatoriale, Gabon, Madagascar, Nigeria, Afrique du Sud (pas

Chapitre III

Résultats & Discussion

l'Allemagne (non établi), la Grèce, l'Italie (y compris-la Sardaigne et la Sicile), Malte, Monaco, Le Monténégro, les Pays-Bas (pas établi), Saint- Marin, Serbie, Slovénie, Espagne, Suisse, Turquie et Vatican.		Indien et l'Asie du Sud.	Nicaragua, Panama, Trinidad (pas établie), États-Unis.		Établi)
---	--	--------------------------	--	--	---------

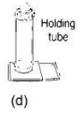
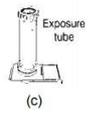
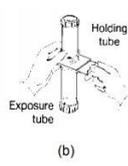
ANNEXE II : Le kit de l'OMS (étude de la sensibilité des moustiques adultes) .

Description et procédure d'essai :

Le kit de test de l'OMS se compose de deux tubes en plastique (125 mm de longueur, 44 mm de diamètre), chaque tube étant équipé à une extrémité d'un tamis de 16 mailles. Un tube (tube d'exposition) est marqué avec un point rouge, l'autre (tube de maintien) avec un point vert. Le tube de maintien est vissé sur une unité coulissante avec un trou de 20 mm dans lequel un aspirateur s'adaptera pour introduire les moustiques dans le tube de maintien. Le tube d'exposition est ensuite vissé de l'autre côté de l'unité coulissante. Glisser la cloison dans cette unité ouvre une ouverture entre les tubes de sorte que les moustiques peuvent être soufflés doucement dans le tube d'exposition pour commencer le traitement, puis soufflé dans le tube de maintien après l'exposition chronométrée (généralement une heure). Les papiers filtres sont maintenus en place contre les parois des tubes par quatre pinces à ressort: deux pinces en acier pour fixer le papier ordinaire aux parois du tube de maintien et deux pinces en cuivre pour fixer le papier insecticide à l'intérieur du tube d'exposition.

Chapitre III

Résultats & Discussion



Solution de jus sucré 10%. L'émergence d'adulte d'*Ae. albopictus*.