

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saad Dahleb-Blida

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie des Populations et des Organismes



Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Biologie
Option : Entomologie Médicale

Contribution à l'étude de la biodiversité des Culicidae dans quelques gîtes prospectés dans la wilaya d'Alger et le marais de Réghaia.
Perspectives d'utilisation de deux biolarvicides le Silicone Aquatain AMF et le Vectobac (Bti) dans la lutte contre *Culex pipiens* (LM)

Présenté par :
Mlle AOUCHAR Meriem

Soutenu le : 29/10/2014

Membres du jury:

- **Présidente:** M^{me} Djazouli *Maître conférence A USDB*
- **Examinatrice:** M^{me} Saighi H. *Maître Assistante A USDB*
- **Examineur :** *Mr Bendjoudi.D. Maître conférence A USDB*
- **Promotrice:** M^{me} Tail G. *Maître de Conférences A USDB*
- **Co-promotrice:** M^{me} Chaballah.L *Chef de département technique l'epic HURBAL*

Année 2013/2014

Remercîments

Sous la conciliation d'ALLAH, le miséricordieux, sans lui rien de cela n'aurait pu être. Nous remercions le bon dieu qui nous a orientés au chemin de savoir et les portes de la science. Nous tenons à remercier vivement tout ceux qui nous ont aidé de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire

Mme Tail G., ma promotrice maître de conférence à l'Université Saad Dahleb-Blida qui m'a guidée avec ses conseils judicieux, ses orientations et pour tout le temps qu'elle a consacré à ses corrections

Nous présentons également nos remerciements au membre de jury

Mme Djazouli.Z, présidente de jury,

Mr. Bendjoudi.D et Mme Saighi.H examinateurs, Université Saad Dahleb de Blida, de m'avoir fait l'honneur d'évaluer et de juger ce travail.

Mme Chaballah.L, ma co-promotrice, chef de département technique de l'épic HURBAL, de m'avoir aimablement intégrée à son équipe au cours de ce stage, pour son aide et ses précieux conseils.

Mes vifs remerciements s'adressent aussi à Mme **Chikh.S** chef d'unité de l'épic HURBAL de lutte anti vectorielle et à toute son équipe.

Je tiens à remercier **Mlle Zakour N.** et **Mr Boungab.N**, Biologistes à l'INSP pour leur aide et leur gentillesse.

Je remercie infiniment Mlle **Aouchar.H**, docteur vétérinaire, pour son aide et ces précieux conseils.

Je remercie toute personne parmi nos camarades.

Enfin, je remercions tous ceux qui m'ont encouragés tout au long de mon parcours universitaire et tous les professeurs qui ont contribuent à ma formation.

Je remercie mes très **chers parents**, qui ont toujours été là pour moi, « Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier »

Je remercie mes sœurs et mes frères pour leur soutien permanent.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, qui ont toujours été là pour moi, << Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier >>.

À mes sœurs et mes frères pour leur soutien permanent.

Résumé :

L'inventaire des moustiques mené dans la wilaya d'Alger et le marais de Réghaia, Nous a permis d'identifier cinq espèces appartenant à la sous-famille des *Culicinae*, en se basant sur leurs caractères morphologiques. L'emploi des indices écologiques a permis d'estimer les abondances relatives des espèces étudiées.

Culex pipiens (67%), *Culex antennatus* (22%), *Culex modestus* (3%), *Culex theileri* (6%) et *Culex laticinctus* (2%)

Deux séries de tests biologiques ont été réalisés à savoir le Silicone Aquatain AMF et le Vectobac (Bti) afin de déterminer l'efficacité de ces deux derniers sur le cycle de vie des *Culex pipiens* dans la phase aquatique.

Les résultats démontrent que le Silicone Aquatain AMF est très efficace vis-à-vis des stades larvaires (L1, L2, L3 et L4) ainsi que les nymphes à hauteur de 100%, en revanche, le Vectobac (Bti) a causé un taux de mortalité de 100% des stades larvaires excepté les nymphes.

Mots clés : Inventaire, Moustiques, wilaya d'Alger, le marais de Réghaia, *Culicinae*, Silicone Aquatain AMF, Vectobac (Bti),

Abstract:

The inventory of mosquitoes conducted in the wilaya of Algiers and the marsh Réghaia, we identified five species belonging to the subfamily Culicinae, based on morphological characters. The use of ecological indices permit to estimate the relative abundances of species studied.

Culex pipiens (67%), *Culex antennatus* (22%), *Culex modestus* (3%), *Culex theileri* (6%) and *Culex laticinctus* (2%).

Two sets of laboratory tests were performed namely Silicone Aquatain AMF and Vectobac (Bti) to determine the effectiveness of these two on the life cycle of *Culex pipiens* in the aquatic phase.

The results show that the AMF Aquatain Silicone is very effective against the larvae and pupae at 100%, however, the Vectobac (Bti) caused a mortality rate of 100% of larval stages except pupae

Keywords: Inventory, Mosquitoes, wilaya of Algiers, Lake of Réghaia, Culicinae, Silicone Aquatain AMF Vectobac (Bti).

ملخص:

إن إحصاء كمية تنوع البعوض في ولاية الجزائر ومستنقع رغاية, سمح لنا بالتعرف على 05 أنواع من فصيلة الـ Culcinae الرئيسية .

هذا التصنيف تم على أساس الخصائص المورفولوجية للبعوض, استعمال المؤشرات الايكولوجية سمح لنا بتقدير النسب الخاصة بالأنواع المدروسة.

Culex pipiens (67%), *culex antennatus* (22%), *Culex modestus* (3%), *Culex theileri*(6%) et *Culex laticinctus* (2%).

في هذه الدراسة, تم اجراء اختبارين le Vectobac (Bti) و le Silicone Aquatain AMF لمعرفة مدى تأثيرها على دورة حياة *Culex Pipiens* في المرحلة المائية.

النتائج أظهرت فعالية كبيرة "100%" لاختبار Silicone Aquatain AMF في كل من المرحلتين (المرحلة البدائية ومرحلة الشرانق) بالمقابل, و بالنسبة للاختبار الثاني فقد سبب هذا الأخير نسبة وفيات "100%" في المراحل البدائية (باستثناء مرحلة الشرانق).

الكلمات المفتاحية: احصاء, بعوض, ولاية الجزائر, مستنقع رغاية,

.Silicone Aquatain AMF, Vectobac (Bti), Culcinae

Liste des abréviations

Cx. : *Culex* ;

INSP : Institut National de Santé Publique ;

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

HURBAL : Hygiène Publique d'Alger

Listes des figures :

Figure 01 : classification des moustiques d'intérêt médical	07
Figure 02 : les œufs de moustiques.....	07
Figure 03 : Représentation de la position de la larve des Anophelinae et des Culicinae à la surface de l'eau.....	08
Figure 04 : Aspect général d'une nymphe de culicinae.....	09
Figure 05 : Les pièces buccales de type piqueur-suceur.....	10
Figure 06 : Morphologie générale des Culicidae adultes.....	11
Figure 07 : Représentation du cycle de vie des moustiques.....	13
Figure 08 : Cas de paludisme autochtone en Algérie (2000-2009).....	19
Figure 09 : Répartition des cas humains séropositifs aux virus West Nile en Algérie depuis 1973.....	19
Figure 10 : Protocole expérimental.....	23
Figure 11 : Structure physique du polydiméthylsiloxane (PDMS).....	25
Figure 12 : la carte de la wilaya d'Alger (Google Map Maker, 2014).....	27
Figure 13 : Les données climatologiques de la wilaya d'Alger pour la période Février 2014 à Août 2014 (ONM).....	27
Figure 14 : Marais de Réghaia.....	28
Figure 15 : Les données climatologiques de la station de Réghaia pour la période Février 2014 à Juin 2014 (ONM).....	28
Figure 16 : gîte épigé à Ben Aknoun (1).....	29
Figure 17 : gîte épigés à Ben Aknoun (2).....	29
Figure 18 : flaques d'eau à Sidi Moussa.....	29
Figure 19 : Quai numéro 2 lac de Réghaia.....	29
Figure 20 : gîtes urbains hypogés.....	30
Figure 21 : La technique de <i>dipping</i>	31
Figure 22 : Bouteilles en plastique contenant l'eau de gîtes.....	31
Figure 23 : plateau pour trier les larves et les nymphes demoustiques.....	32

Figure 24: Des larves conservées dans des tubes d'alcool.....	33
Figure 25: larves montées entre lame et lamelle.....	33
Figure 26 : Tests de biolarvicides réalisés sur les larves de moustiques.....	34
Figure 27 : Critères d'identification de <i>Culex antennatus</i>	38
Figure 28: Critères d'identification de <i>Culex modestus</i>	39
Figure29 : Critères d'identification de <i>Culex pipiens</i>	40
Figure 30: Critères d'identification de <i>Culex laticinctus</i>	41
Figure 32 : Taux de mortalité des larves et nymphes de <i>Culex pipiens</i> traitées avec le Silicone Aquatain AMF (N= 25, m±s)	42
Figure 33 : Taux de mortalité des larves et nymphes de <i>Culex pipiens</i> traitées avec le Vectobac (Bti) (N= 25, m±s)	44
Figure 34 : Abondance relative des espèces de Culicidae dans les différents sites d'étude dans la wilaya d'Alger et le marraais de Réghaia.....	47

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les maladies transmises par les moustiques.....	18
Tableau 02 : Les différents gîtes épigés prospectés.....	36
Tableau 03 : Les différents gîtes urbains hypogés prospectés.....	36
Tableau 04 : Effectif et pourcentage des espèces trouvées dans chaque gîte.....	37
Tableau 05 : Abondance relative (A b)et fréquence d'occurrence (F) des espèces de Culicidae récoltées.....	43
Tableau 06 : Impact sur le cycle de vie Culex pipiens Silicone Aquatain vs Vectobac (Bti)..	45

Listes des annexes

Annexe I : Matériel et produits utilisés

Annexe II : comparaison Silicone Aquatain AMF vs Vectobac (Bti)

Sommaire

Introduction.....	01
--------------------------	-----------

Partie bibliographique

Chapitre I : Les Culicidae

1. Rappel sur l'entomologie médicale.....	02
2. Généralités sur les insectes d'intérêt médical	02
2.1 Qu'est ce qu'un vecteur.....	02
2.2 Les Arthropodes	03
2.3 Les pathogènes à transmission vectorielle	03
3. Classification des insectes d'intérêt médical.....	04
3.1 Ordre des diptères	05
3.2. Systématique	06
3.3 Morphologie générale des Culicidae.....	07
3.4 Cycle de développement	11
3.5 Différence entre mâle et femelle.....	13
3.6 l'Oviposition.....	13
3.7 Développement des stades aquatiques.....	14
3.8 Développement des stades adultes.....	15
3.9 Accouplement	16
3.10 Pique du moustique.....	17

Chapitre II : La lutte anti vectorielle

1. Maladies transmises par les moustiques en Algérie.....	18
1.1 Exemples des maladies transmises par les moustiques en Algérie.....	19
3. La lutte contre les moustiques	20
3.1 Méthode chimique.....	20
3.2 Méthode physique.....	21
3.3 Méthode biologique.....	21

Partie expérimentale

Chapitre III : Matériel et Méthode

1. Objectif.....	24
2. Matériel	24
2.1 Matériel biologique.....	24
2.2 Matériel non biologique.....	25
3. Méthodes	25
3.1 Choix de gîtes.....	25
3.2 Présentation de site d'étude.....	26
3.3 Description de gîtes.....	28
3.4 Échantillonnage des larves.....	30
3.5 Tri des larves.....	31
3.5.2 Identification	32
3.6 Analyse des résultats.....	34
3.7 Tests biologiques.....	34

Chapitre IV : Résultats et Discussion

1. Résultats	36
1.1 Recherches de gîtes.....	36
1.2 Identification des larves	37
1.3 Indices écologiques de composition.....	43
1.4 Résultats des tests biologiques.....	43
2. Discussion	47
2.1 Gîtes trouvés.....	47
2.2 Moustiques inventoriés.....	47
2.3 Discussion des résultats tests biologiques.....	50
Conclusion.....	51

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Les moustiques sont responsables de la transmission d'agents pathogènes qu'ils peuvent inoculer pendant leur repas sanguin. Ils représentent, de ce fait, un véritable problème de santé publique. Parmi les espèces connues dans la transmission des maladies à l'homme, nous citons celles appartenant aux genres *Culex* particulièrement l'espèce *Culex pipiens* responsable de plusieurs maladies parasitaires telles la filariose et la fièvre jaune (Brahom *et al.*, 2002)

La connaissance de la biodiversité de la faune Culicidienne et la localisation de leurs gîtes larvaires, est une étape et un outil indispensables à toute action de prévention et de lutte contre cette famille de diptères (Girod et Le Goff, 2006), d'où l'intérêt de la présente étude.

En Algérie, *Culex pipiens* est le moustique qui présente le plus d'intérêt en raison de son abondance et sa nuisance réelle dans les zones urbaines (Berchi, 2000). Selon ce même auteur, son développement dans certaines régions est continu pendant toute l'année.

La lutte antilarvaire s'appuie principalement sur la lutte chimique, qui a connu un large succès, ce dernier fut de courte durée et les moustiques développent souvent une résistance aux insecticides.

En Algérie, et face à cette problématique d'ordre public et sanitaire, l'Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC) HURBAL (Hygiène Publique d'Alger) cherche à trouver un nouveau produit toxique contre les *Culex pipiens*, ainsi que d'autres espèces vectrices de maladies sans aucun impact néfaste sur l'environnement et la santé publique.

Notre travail s'articule autour de quatre chapitres :

Le premier chapitre présente une recherche bibliographique, sur des moustiques.

Dans le deuxième chapitre, nous citerons les différents moyens de lutte contre ces insectes .

Le troisième chapitre présentera le matériel et ainsi que les méthodes de travail

Le quatrième chapitre rassemblera les résultats de l'inventaire des Culicidae et des test d'efficacité de deux biolarvicides : Silicone Aquatain AMF et le Vectobac (Bti) Vis-à- vis de l'espèce la plus dominante ainsi que la discussion des résultats obtenus. On terminera notre travail par une conclusion générale.

Partie

Bibliographique

Chapitre I

1- Rappel sur l'entomologie médicale :

L'entomologie médicale a pour objet l'étude des rapports des insectes (et par extension autres arthropodes) avec la santé de l'homme et des animaux.

- Soit du fait des troubles divers qu'ils peuvent directement occasionner (arthropodes pathogènes).
- Soit (et surtout) parce qu'ils interviennent dans la transmission des maladies (arthropodes hôtes d'agent pathogènes).

Cette science va donc s'occuper des rapports entre les arthropodes essentiellement (les insectes) et la santé de l'homme et des animaux (Patrick Manson, 1877). D'après **F.Rodhain** et **C.Perez**, (1985), l'entomologie médicale est une discipline extrêmement vaste et souvent bien mal connue, dont la connaissance est cependant fondamentale pour les épidémiologistes. La première perception de l'implication d'un insecte (moustique) dans la transmission d'un parasite (filaire de Bancroft) en Chine remonte à 1877 (Patrick Manson, 1877) ce qui donna naissance de l'entomologie médicale.

2.1 Qu'est ce qu'un vecteur ?

Le terme de vecteur recouvre à la fois une entité zoologique et une fonction, celle d'assurer le passage d'un agent pathogène d'un vertébré à un autre. Le vecteur est un organisme vivant (souvent invertébré), qui à l'occasion de relation écologique, acquiert un agent pathogène et le transmet d'un hôte à l'autre. Mais n'importe quel parasite n'est pas transmissible par n'importe quel vecteur hématophage (Mouchet *et al.*, 1995).

Certains insectes limitent leur rôle à celui de transporteur ; le germe prélevé sur un vertébré infecté reste sur les pièces buccales du vecteur et est immédiatement inoculé à un nouvel hôte.

1- Généralités sur les insectes d'intérêt médical :

Les insectes représentent plus de 60% de l'ensemble des espèces animales décrites et beaucoup d'entre eux restent sans doute encore inconnus. La classe des insectes a réussi à coloniser la quasi-totalité des milieux naturels et à s'adapter à de nombreux modes de vie, constituant ainsi l'une des plus grandes réussites du règne animal (Rodhain et Perez, 1985).

Un certain nombre d'insectes sont hématophages et interagissent donc de manière régulière avec des vertébrés. Ces interactions les ont conduits à devenir au fil de l'évolution des vecteurs de pathogènes dont le cycle se partage entre ces vertébrés et les insectes. Les insectes sont parfois de simples véhicules pour les pathogènes, mais ils peuvent aussi être des

hôtes intermédiaires voire obligatoires pour les pathogènes qui, dans ce dernier cas, réalisent une partie essentielle de leur cycle vital chez l'insecte (Frolet, 2006).

Ce mode de transmission dit mécanique se produit surtout lorsque le repas de l'insecte commencé sur un hôte est interrompu et terminé sur un autre hôte. Il est en général le fait d'insectes diurnes piquant des animaux en activité (taons, stomoxes, certains *Aedes*) (Mouchet *et al.*, 1995).

La capacité vectorielle représente la sommation de plusieurs phénomènes successifs :

Aptitude de l'insecte à s'infecter, à assurer le développement du parasite et à le transmettre.

Ces aptitudes sont conditionnées par des facteurs intrinsèque (propre à l'espèce) et extrinsèques (dépendants de l'environnement) tels que comportement (préférences trophiques, endophagie ou exophagie...), la susceptibilité ou la résistance au développement du parasite, ou à son environnement (présence de biotopes favorables au développement de ses populations, influence climatique...). (Dye, 1992 ; Lord *et al.*, 1996)

2.2. Les Arthropodes :

L'embranchement des arthropodes comprend, à l'heure actuelle, plus d'un million d'espèces animales, c'est-à-dire près de 90% des espèces animales vivant sur terre.

Étymologiquement, le terme « **Arthropode** » vient d'*arthron* signifiant **articulation** et *podos* qui signifie **pied**. « Arthropode » veut dire « qui a des pieds articulés » (Jacquemin *et Jacquemin*, 1980).

Les arthropodes sont classés en deux groupes : les chélicérates (arachnides, limules) et les antennates ou mandibulates (insectes, crustacés, myriapodes).

Les Arthropodes sont les premiers animaux à avoir colonisé la Terre ferme. Aujourd'hui, ils forment un groupe **cosmopolite**, on les trouve dans des environnements naturels (déserts, forêts, abysses, montagnes...) ou d'origine anthropique (habitations, puits de pétroles, ...). Ce groupe est d'une étonnante diversité (Nowak, 2012).

2.3. Les pathogènes à transmission vectorielle :

- **Les arbovirus :**

Les virus transmis par les insectes font partie de la famille des arbovirus, terme dérivant de diminutif d'arthropod-borne-virus. Il existe plus de 500 espèces d'arbovirus, réparties sur presque toute la surface du globe. L'homme n'est en général pas le réservoir des arbovirus, souvent constitué par un autre vertébré. La transmission à l'homme n'est donc la plupart du

temps pas nécessaire pour le maintien du virus, elle intervient fortuitement lorsque le vecteur pique un homme lors de son repas sanguin. La plupart des arboviroses passent inaperçues.

Parmi les arbovirus connus pour leur dangerosité, on peut noter le virus de la fièvre jaune et de la Dengue (Frolet, 2006)

- **Les bactéries :**

Les bactéries sont souvent transportées de manière mécanique d'un vertébré à l'autre par la piqûre d'un insecte hématophage, mais il existe des cas où l'insecte joue le rôle de vecteur, comme par exemple celui de la **Pest bubonique**. L'agent responsable de la peste est le bacille *Yersinia pestis*, dont le réservoir est constitué en ville par les rats et qui est transmis d'un vertébré à l'autre par la piqure d'une puce. De notre jour, la peste tue encore, mais il s'agit surtout de la forme pulmonaire, transmise directement d'homme infecté à homme sain (Frolet, 2006).

- **Les protozoaires :**

Les protozoaires sont responsables des plus grandes endémies actuelles et un certain nombre d'entre eux sont transmis par des insectes vecteurs.

Les protozoaires parasites sont également transmis par des diptères hématophages. Les plus répandus sont les Plasmodiums, dont 4 espèces sont responsables du paludisme humain.

Ils sont transmis par les anophèles femelles. Les autres protozoaires sont les leishmanies et les trypanosomes. Il faut distinguer les 2 catégories de trypanosomes susceptibles d'infecter l'homme : *Trypanosoma brucei spp*, qui sont transmis par la salive de glossines infectées (trypanosomiasis africaines) et ceux dont la transmission est assurée en Amérique tropicale, par les déjections des réduves (*T.cruzi*, agent de la maladie de Chagas) (Frolet, 2006).

- **Les filaires :**

Les filaires sont des vers transmis par les moustiques lors d'un repas sanguin et qui se localisent dans le système lymphatique de l'homme. Elles provoquent une maladie appelée filariose lymphatique ou éléphantiasis à cause des hypertrophies des membres (jambes, bras, organes génitaux...) qu'elles provoquent. L'homme est souvent le réservoir de ces parasites et le moustique est un vecteur. Les filarioses lymphatiques de l'homme sont disséminées par des moustiques, les onchocercs par les simulies et les Loa d'Afrique par des Tabanidés. On estime que plus de 120 millions d'humains sont actuellement infectés dont 40 millions gravement handicapés et un milliard de personnes sont exposées au risque en Afrique, en Inde, en Asie du sud, au Pacifique et en Amériques (Frolet, 2006). i

3. Classification des insectes d'intérêt médical

Les principaux insectes d'intérêt médical appartiennent à plusieurs ordres : les diptères, les hémiptères, les aphaniptères et les anoploures.

Tout fois, la plupart des vecteurs hématophages de pathogènes d'importance médicale pour l'homme appartiennent à l'ordre des insectes diptères (Grassé *et al.*, 1970).

3.1. Ordre des diptères

➤ Famille Culicidae (les moustiques)

La famille des culicidés appartient à l'un des plus importants ordres de l'embranchement des arthropodes ; L'ordre des diptères qui se divise lui-même en deux sous-ordres ; les Brachycères et les Nématocères (Grassé *et al.*, 1970).

Les moustiques ont une distribution cosmopolite (Dieng, 1995). En raison de leur rôle dans la transmission de nombreux agents pathogènes, hématozoaires, filaires, et virus, les moustiques ont une importance primordiale en santé publique (Rodhain et Perez, 1985, Coosman *et al.*, 1998).

À ce titre, ils ont motivé et motivent encore des recherches faunistiques qui ont permis de décrire plus de 3 450 espèces réparties entre 38 genres et 3 sous-familles (Toxorhynchitines, Anophélinés et culicinés) constituant la famille des culicidés dans l'ordre des diptères (Rodhain et Perez, 1985)

Les moustiques sont capables de s'adapter à diverses conditions climatiques ou à des changements de conditions environnementales (Cléments, 2000 ; Becker *et al.*, 2010) et donc de coloniser des écosystèmes très variés. Ainsi, on trouve des moustiques depuis les tropiques jusqu'au cercle arctique, des basses altitudes jusqu'au sommet des montagnes et sur tous les continents à l'exception de l'Antarctique. Ils colonisent la plupart des habitats aquatiques. Les sites de ponte des moustiques peuvent être extrêmement variés. Ainsi, les larves de moustiques peuvent être présentes dans des étendues d'eau permanentes ou temporaires, fortement polluées ou pures, grandes ou petites ; même les plus petites accumulations d'eau dans les seaux, vases, pneus, empreintes de pas sont des habitats larvaires potentiels (Cléments, 2000).

L'écrasante majorité des insectes est inoffensive. Cependant, certaines familles peuvent piquer, mordre et provoquer d'autres maux. Elles jouent un rôle dans la transmission de maladies graves pour l'Homme et son bétail. Ce rôle de vecteur fut démontré pour la première fois, en 1877, par **Sir Patrick Manson** (observation du développement des larves de filaires chez des moustiques du genre *Culex*) (Rodhain et Perez, 1985).

3.2. Systématique :

Les moustiques ont été classés dans trois sous-familles : les Culicinae, les Anophelinae et les Toxorhynchitinae constituée d'un seul genre Toxorhynchites qui sont des moustiques de grande taille et inoffensifs au stade imaginal (Dieng, 1995).

Les Toxorhynchitinae ont peu retenu l'attention des entomologistes médicaux car leurs femelles ne sont pas hématophages (Henrique, 2004).

Les moustiques appartiennent à :

- ✓ **L'embranchement des Arthropodes** : lignée des invertébrés à squelette chitineux externe, caractérisés par un corps segmenté, un exosquelette et dont les membres ou appendices sont constitués d'articles.

- ✓ **Le sous-embranchement des Antennates** : arthropodes dont la tête porte des appendices caractéristiques souvent très chitinisés, avec des mandibules adaptées à différents régimes.

- ✓ **La classe des exapodes**: animal invertébré, arthropode de petite taille, et constitué de trois parties avec une tête, un thorax et un abdomen et de trois paires de pattes à l'état adulte.

- ✓ **La sous-classe des Ptérygotes** : insecte fondamentalement pourvu d'ailes. Les ailes pouvant disparaître secondairement.

- ✓ **L'ordre des Diptères** : insecte qui possède deux ailes antérieures, les ailes postérieures étant transformées en balancier ou haltères.

- ✓ **Le sous-ordre des Nématocères** : sous-ordre d'insectes Diptères caractérisés par leurs longues antennes.

- ✓ **La famille des Culicidae** : caractérisée par des antennes longues et fines à multiples articles, des ailes pourvues d'écailles, et des femelles possédant de longues pièces buccales en forme de trompe rigide de type piqueur-suceur.

La figure **01** expose de façon synthétique la classification des moustiques

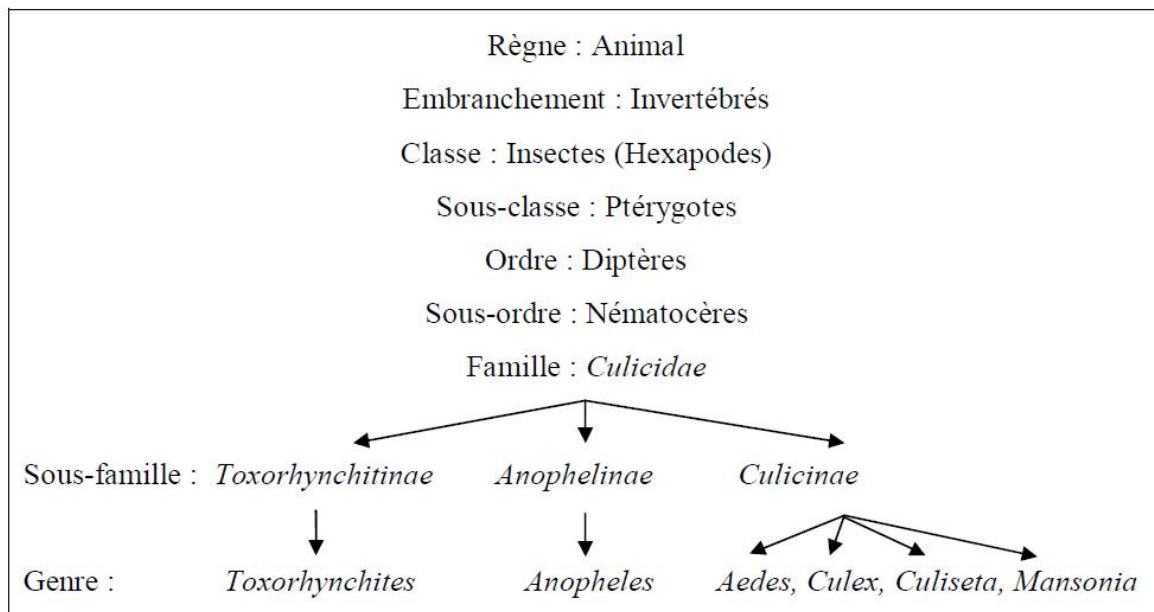


Figure 01 : classification des moustiques d'intérêt médical (Rodhain et Perez, 1985 ; Sérandour, 2007).

3.3. Morphologie générale des Culicidae :

Elle varie avec le stade de développement, le genre et l'espèce.

3.3.1 Les œufs :

Généralement fusiformes, ils mesurent environ 1 mm de long (Lane et crosskey, 1993), sont déposés à la surface de l'eau par les femelles, blanchâtres au moment de la ponte ils s'assombrissent dans les heures qui suivent (puis deviennent bruns noirâtres). Selon les genres, ils peuvent être ovoïdes et pourvus de flotteurs latéraux chez les Anophèles, ou apicaux chez les Culex ; subtriangulaires, à l'exemple du genre Aedes ; sphériques chez les Toxorhynchites ou ont un filament terminal (Mansonia). Ils peuvent être pondus isolément ou groupés en nacelles (sous forme de radeaux).

En général, ils éclosent au bout de 2 à 5 jours. Si ces conditions ne sont pas réunies (en absence d'immersion liée à une pluie par exemple), ces œufs peuvent rester viables pendant plusieurs mois, voire une année (fig.02) (Combemalle et al., 1992 ; Fradin, 1998).

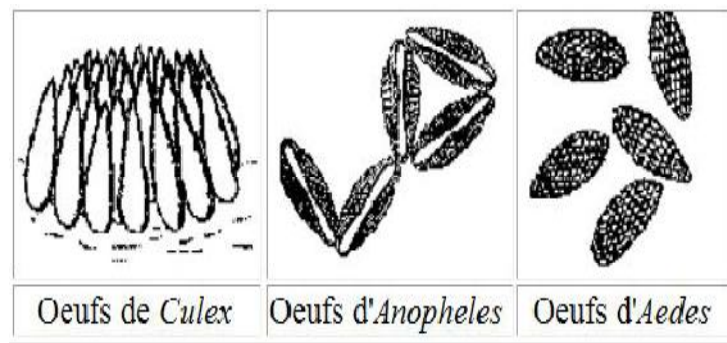


Figure 02 : les œufs de moustiques (Guillermet, 2013).

3.3.2 La larve :

Elle présente un corps nettement divisé en trois parties : la tête, le thorax, l'abdomen. Le thorax est beaucoup plus développé que la tête et l'abdomen, ce qui permet de distinguer les larves de moustiques de celles des autres diptères. La larve est apode. La tête est constituée d'un frontoclypeus médian et de deux plaques épicroâniennes latérales. Elle présente une paire d'antenne, deux yeux et deux brosses buccales. Les pièces buccales sont de type broyeur. Le thorax n'est pas apparemment segmenté. Des paires de soies longues ou courtes, plus ou moins ramifiées, s'y insèrent. Elles sont très utilisées en systématique. L'abdomen est constitué de dix segments. Le segment dix est pourvu d'une brosse ventrale. Le segment huit porte, dans les genres autres que celui des anophèles, un siphon respiratoire, de taille variable suivant les genres. Il est long chez les *Culex*, court chez les *Aedes* et donc inexistant chez les *Anophèles* (fig.03), (RODHAIN et PEREZ, 1985).

Les larves se déplacent par saccades, et se nourrissent généralement par filtration, soit à la surface, soit au fond du gîte larvaire (Delaunay et *al.*, 2001).

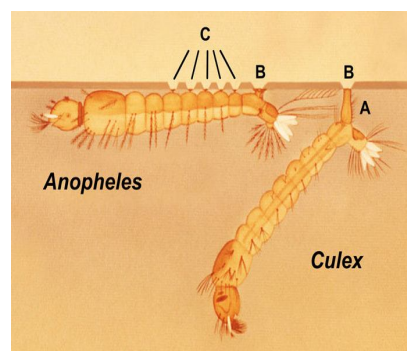


Figure 03 : Représentation de la position de la larve des Anophelinae et des Culicinae à la surface de l'eau (Brunhes, 1977).

- .A: siphon respiratoire,
- . B: papilles annales postérieures,
- .C: soie palmée.(à refaire)

3.3.3 La nymphe :

Elle est en forme de virgule ou de point d'interrogation. Sa tête fusionne avec le thorax pour constituer un ensemble très développé appelé céphalothorax. Deux trompettes respiratoires s'ouvrent dorsalement au niveau du céphalothorax. L'abdomen est constitué de dix segments dont huit sont visibles. Le segment huit porte deux palettes natatoires pouvant elles-même s'orner de denticules ou de soies. Il existe également de nombreuses soies sur les segments abdominaux (fig.04).

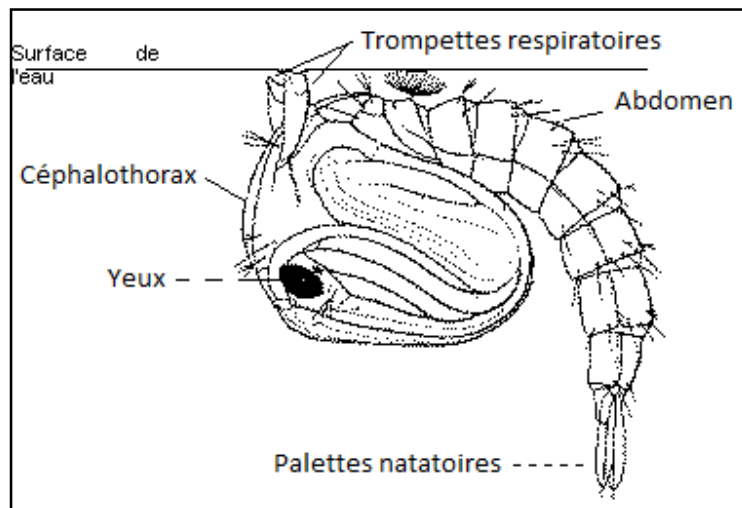


Figure 04 : Aspect général d'une nymphe de culicinae (Berchi, 2000)

3.3.4 L'imago ou l'adulte :

Le moustique adulte a un corps allongé, de 5 à 20 millimètres de long (Rodhain et Perez, 1985). Le corps comporte trois parties : la tête, le thorax, l'abdomen.

3.3.4.1 La tête :

Elle comprend deux yeux composés, de nombreuses ommatidies s'étendant sur les faces latérales mais aussi sur une grande partie de la face dorsale et sur la face ventrale. Entre les yeux s'insèrent deux antennes constituées de 15 articles chez les mâles, 16 chez les femelles. Chez les mâles, elles portent de longs et nombreux verticilles de soies (antennes plumeuses). Chez les femelles, les soies sont plus courtes et nettement moins nombreuses (antennes glabres). En dessous des antennes et de part et d'autre du proboscis se situent deux palpes maxillaires penta-articulés. Les palpes maxillaires sont longs, dilatés ou non à leur extrémité, suivant le genre et le sexe. Les six pièces buccales, transformées en stylets vulnérants, se disposent dans une gouttière formée par le labium pour constituer la trompe vulnérante (fig.05). Le labium présente à son extrémité deux languettes mobiles appelées labelles (Bourbonnais, 2004).

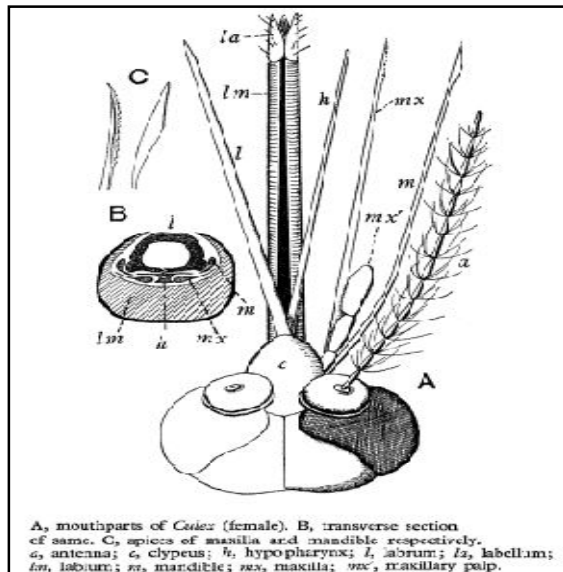


Figure 05: Les pièces buccales de type piqueur-suceur (Bourbonnais, 2004).

3.3.4.2 Le thorax :

Il est globuleux, composé de trois segments soudés: prothorax, mésothorax et métathorax, dont chacun présente une partie dorsale (tergum) et une partie ventrale (sternum), les pièces latérales étant des pleures. Sur chacun de ces segments s'insère une paire de pattes. Le mésothorax, très développé, porte en plus une paire d'ailes, une paire de stigmates et un prolongement appelé scutellum. Le métathorax porte une paire de stigmates et une paire de balanciers (ou haltères). Les pattes comprennent du corps vers l'extrémité : la hanche, le trochanter, le fémur, le tibia et un tarse subdivisé en cinq parties dont le dernier segment porte deux griffes et parfois un empodium et deux pulvilles. Les ailes comportent trois parties: l'allule et la frange alaire, de petites tailles et l'aile proprement dite plus étendue. La membrane de l'aile, transparente, est soutenue par des nervures longitudinales et transversales qui délimitent des cellules. En outre, ces nervures portent des écailles et le bord postérieur de l'aile est orné d'une frange d'écailles. Des écailles de formes, de couleurs et de dispositions variées, couvrent également les segments thoraciques et les pattes.

3.3.4.3 L'abdomen :

Il possède dix segments, dont huit visibles. Chacun d'eux présente une partie dorsale (tergite) et une partie ventrale (sternite), reliées par une membrane souple latérale. Ces segments sont ornés de soies et d'écailles de couleur et de disposition variées (écailles absentes chez les

Anophelinae). Le dixième segment porte le génitalia pour le mâle (phallosome) et les cerques pour les femelles (Lane et Crosskey, 1993).

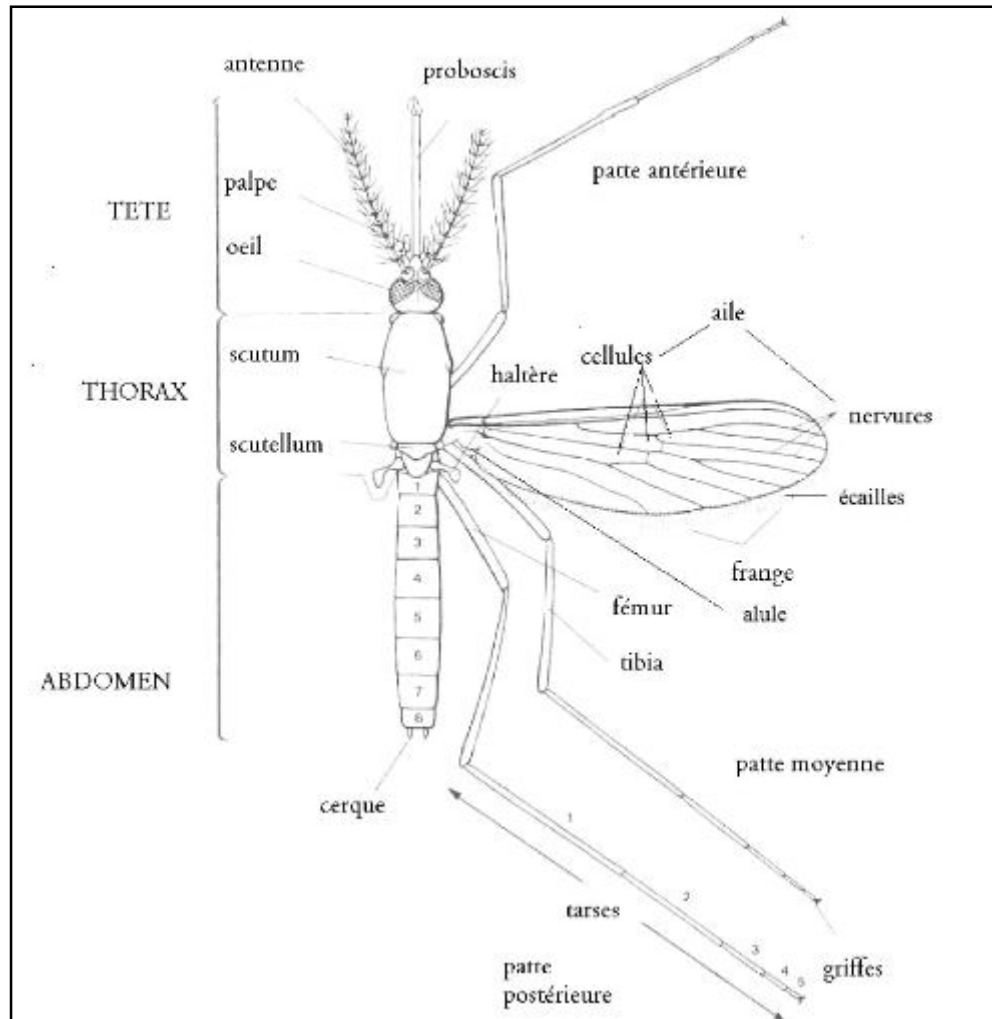


Figure 06 : Morphologie générale des Culicidae adultes (Lane et Crosskey, 1993)

3.4. Cycle de développement :

Toutes les espèces de moustiques sont des insectes à métamorphose complète (Cléments, 2000), ou holométabole, c'est-à-dire que la larve ne ressemble pas à l'adulte. Cette métamorphose se caractérise par deux phases distinctes (fig.07).

3.4.1 Phase aérienne :

Les sujets des deux (2) sexes s'accouplent en vol ou dans la végétation et ont une distance de vol de un (1) à deux (2) km. Grâce aux longs poils dressés sur leurs antennes, les mâles peuvent percevoir le bourdonnement produit par le battement rapide des ailes des femelles, qui s'approchent des essaims lors du vol nuptial. A ce moment, le mâle féconde la femelle en

lui laissant un stock de sa semence. La femelle dotée d'un caractère particulier, celui du maintien en vie jusqu'à la mort des spermatozoïdes, conserve la semence du mâle dans une ampoule globulaire ou vésicule d'entreposage dite spermathèque. Elle ne s'accouple donc qu'une seule fois durant sa vie (DARRIET, 1998).

Les adultes mâles et femelles se nourrissent de jus sucrés, de nectars et d'autres sécrétions végétales. Pourtant, une fois fécondées, les femelles partent en quête d'un repas sanguin duquel, elles retirent les protéines et leurs acides aminés, nécessaires pour la maturation des œufs. Ce repas sanguin prélevé sur un vertébré (mammifère, amphibien, oiseau), est ensuite digéré dans un endroit abrité (GUILLAUMOT, 2006).

Dès que la femelle est gravide, elle se met en quête d'un gîte de ponte adéquat pour le développement de ses larves. La ponte a lieu généralement au crépuscule. Le gîte larvaire est une eau stagnante ou à faible courant, douce ou salée (AYITCHEDJI, 1990). Selon IROKO (1994), le sang, l'eau et une température d'au moins 18 °C sont les trois conditions nécessaires, pour la reproduction et le développement de certains moustiques d'Afrique noire.

3.4.2 Phase aquatique

Quelques jours après la fécondation, suivant les espèces, les œufs de diverses formes (fusiformes, allongés, renflés dans leur milieu et parfois munis de minuscules flotteurs latéraux) sont pondus par la femelle dans différents milieux. La ponte est souvent de l'ordre de 100 à 400 œufs et le stade ovulaire dure deux (2) à trois (3) jours dans les conditions de: température du milieu, pH de l'eau, nature et abondance de la végétation aquatique de même que la faune associée. La taille d'un œuf est d'environ 0,5 mm (RODHAIN et PEREZ, 1985).

A maturité, les œufs s'éclosent et donnent des larves de stade 1 (1 à 2 mm) qui, jusqu'au stade 4 (1,5 cm) se nourrissent de matières organiques, de microorganismes et même des proies vivantes (pour les espèces carnassières). Malgré leur évolution aquatique, les larves de moustiques ont une respiration aérienne qui se fait à l'aide de stigmates respiratoires ou d'un siphon. La larve stade 4 est bien visible à l'œil nu par sa taille. Elle a une tête, qui porte latéralement les taches oculaires et les deux antennes. Viennent ensuite le thorax et l'abdomen. On trouve des larves dans toutes les collections d'eau, du marais aux fossés pollués, des fosses septiques au creux des arbres mais jamais dans les courantes. L'anophèle préfère des eaux douces (propre), alors que les *Culex pipiens* se reproduit mieux au sein d'eaux polluées ou très saumâtres (Combemalle et al., 1992 ; Fradin, 1998). Au bout de six

(6) à dix (10) jours et plus, selon la température de l'eau et la disponibilité en nourriture, la quatrième mue donne naissance à une nymphe: c'est **la nymphose** (GUILLAUMOT, 2006). Généralement sous forme de virgule ou d'un point d'interrogation, la nymphe, mobile, ne se nourrit pas durant tout le stade nymphal (phase de métamorphose) qui dure un (1) à cinq (5) jours. Elle remonte de temps à autre à la surface de l'eau pour respirer et plonge vers le fond, dès qu'elle est dérangée. À la fin de ce stade, la nymphe s'étire, son tégument se fend dorsalement et, très lentement, le moustique adulte (imago) s'extirpe de l'exuvie : c'est l'émergence, qui dure environ quinze (15) minutes au cours desquelles l'insecte se trouve exposé sans défense face à de nombreux prédateurs de surface (RODHAIN et PEREZ, 1985).

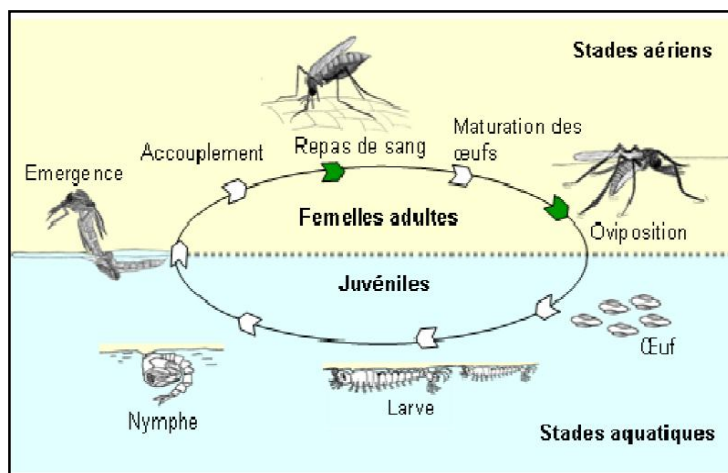


Figure 07 : Représentation du cycle de vie des moustiques (Brunhes et al, 1999))

3.5. Différence entre mâle et femelle

La femelle du moustique est généralement plus grosse que le mâle avec des antennes discrètes et ornées d'un petit nombre de soies. Celles du mâle sont plumeuses, touffues et munies de soies longues. Les moustiques mâles pour la plupart du temps se déplacent moins du gîte larvaire, à l'opposé des femelles hématophages qui sont très mobiles vers les habitations (OMS, 2003).

3.6. Oviposition

Les femelles pondent entre 50 et 500 œufs, 2 à 4 jours après le repas de sang (délai qui est d'autant plus long que la température est basse) (Cléments, 2000). Les moustiques peuvent être séparés en deux groupes selon leur comportement de ponte (Cléments, 2000). Le premier groupe ou les femelles déposent leurs œufs à la surface de l'eau un à un (*Anophèles*) ou en groupes (*Culex*), œufs qui vont éclore rapidement. Le second groupe pond des œufs sur des

sols humides mais non inondés ; ces œufs ne vont éclore lors de la mise en eau des sites de ponte qu'après une période de dormance (période de repos déclenchée par des facteurs externes), pouvant aller de quelques jours jusqu'à plusieurs mois (*Aedes*). Plusieurs paramètres déterminent le choix d'un site de ponte : les conditions physico-chimiques, la présence de larves de la même espèce (stimuli physicochimiques), la présence de prédateurs, la végétation locale, *etc.* (Cléments, 2000 ; Becker *et al.*, 2010). Le choix du site de ponte détermine le succès de développement des stades immatures.

3.7. Développement des stades aquatiques :

Pour tous les moustiques, le développement embryonnaire (dans l'œuf), qui dépend de la température, commence pratiquement immédiatement après la ponte des œufs (Cléments, 2000 ; Becker *et al.*, 2010). Au bout de quelques jours à une semaine ou plus, l'embryon se développe en larve entièrement formée. Pour une grande partie des espèces, la larve éclot une fois qu'elle est formée, et survit peu de jours en l'absence d'eau. Les œufs du genre *Aedes* sont capables de résister à la dessiccation. La larve dans l'œuf est complètement formée, mais il n'y a pas d'éclosion. Elle peut survivre pendant des mois jusqu'à des années en l'absence d'eau. Les *Aedes* pondent leurs œufs dans des lieux qui n'auront pas d'eau pendant des jours, des semaines ou des mois. Ils ont développé un mécanisme sophistiqué pour réguler les processus d'éclosion selon les fluctuations des conditions abiotiques (Becker *et al.*, 2010). En effet, les variations de température, du degré d'humidité de l'air ou du sol et de la durée du jour vont déterminer la levée ou le maintien de l'inhibition de l'éclosion au moment de la mise en eau du site de ponte (pluies, grandes marées pour les marais salés, mise en eau artificielle pour l'agriculture...) (Cléments, 2000).

Les habitats larvaires sont petits ou peu profonds, avec peu ou pas de mouvement d'eau : bassins peu profonds, marais, creux d'arbres, conteneurs artificiels... La taille de ces habitats larvaires va de la trace d'animaux remplie d'eau jusqu'aux marais et rivières (Cléments, 2000 ; Becker *et al.*, 2010). La majorité des espèces préfère les eaux douces, mais certaines espèces se sont adaptées aux eaux saumâtres ou salées. Par exemple, les bords des rivières et des lacs qui sont temporairement inondés sont des habitats larvaires pour *Aedes vexans* (Becker *et al.*, 2010). Les marais à eau douce ou salée, les zones de mangroves, les fossés, les bords de ruisseau peuvent être des habitats larvaires d'*Anopheles*. Les creux d'arbres sont des sites de ponte pour des espèces *Ae. cretinus* ou *An. plumbeus*. Les petits contenants d'eau comme les pots de fleurs, les vases dans les cimetières, les pneus, *etc.* sont des habitats larvaires pour des espèces comme *Cx. pipiens*, *Ae. aegypti* ou *Ae. albopictus*. Dans ces habitats, les larves se

déplacent de façon active par saccades à la surface de l'eau ou au fond de l'habitat larvaire se nourrissant de micro-organismes, d'algues, de protozoaires, d'invertébrés et de détritus (Cléments, 2000 ; Becker *et al.*, 2010). Parmi les stades aquatiques, seules les larves se nourrissent. Elles sont voraces, parce qu'elles ont besoin d'une alimentation abondante pour se développer. Les larves ont une croissance discontinue et subissent 4 mues. La dernière donne une nymphe (Cléments, 1999).

La durée du développement des larves dépend de la température (Cléments, 2000). L'effet de la température sur le développement est différent entre genres et même entre espèces. Par exemple, pour *Ae. vexans* et *Cx. pipiens* la durée entre l'éclosion et l'émergence nécessite de 6 à 7 jours dans une eau à 30 °C, contre 21 à 23 jours dans une eau à 15 °C. Ces espèces ne se développent plus en dessous de 7 à 8 °C (Becker *et al.*, 2010), alors que d'autres espèces peuvent se développer malgré des températures très basses : *Ae. impiger* à 1,1°C et *Ae. puntor* à 3,3°C ; la température optimale de développement étant 9 °C (Cléments, 2000).

Les larves sont aussi soumises aux phénomènes de prédation (larves d'insecte, poissons, batraciens...).

Les nymphes ne se nourrissent pas. La nymphe se métamorphose en adulte en 2 à 4 jours. La période peut être réduite ou étendue en fonction de la température, la durée étant négativement corrélée à la température. Durant ce stade a lieu le processus de métamorphose (Cléments, 2000) au cours duquel les organes de la larve subissent une histolyse pour mettre en place le corps de l'adulte. Les graisses du corps de la nymphe pourront servir à l'élaboration des œufs pour les espèces autogènes (les femelles de ces espèces pondent une première fois sans repas de sang préalable) ou comme réserve lors d'une diapause. La nymphe flotte à la surface de l'eau, elle est vulnérable aux prédateurs. Cependant, les nymphes de plusieurs espèces de moustique sont relativement tolérantes à la dessiccation (Becker *et al.*, 2010).

3.8. Développement des stades adultes

La phase d'émergence marque le passage de la vie aquatique immature à la vie aérienne adulte. L'individu bouge à la surface de l'eau pour se libérer de son exuvie. Pendant cette phase, l'individu est très vulnérable face aux conditions météorologiques (vent et forte pluie) et face aux éventuels prédateurs (*e.g.* araignées d'eau) (Becker *et al.*, 2010). Après le déploiement de ses ailes, c'est-à-dire au bout de quelques minutes, le moustique est capable

de voler. Il faut 1 à 1,5 jours aux mâles et aux femelles pour ajuster leur métabolisme. Les mâles atteignent leur maturité sexuelle au bout d'un jour alors que les femelles l'atteignent au bout d'1 à 2 jours. Les mâles sont plus petits que les femelles issues d'une même émergence (Cléments, 1999 ; Becker *et al.*, 2010).

3.9. Accouplement :

L'accouplement pour la plupart des moustiques de la région paléarctique (zone regroupant l'Europe, l'Asie au nord de l'Himalaya, l'Afrique du nord et une petite partie du Moyen-Orient) se met en place lorsque les femelles entrent dans l'essaim des mâles en vol. La formation de cet essaim dépend des conditions environnementales abiotiques (vent, moment de la journée, ...). Des phéromones entrent en jeu pour attirer les femelles (ex. le son des battements d'ailes ...) (Cléments, 1999). Lors de l'accouplement, le mâle dépose son sperme dans la spermathèque de la femelle. Le mâle émet alors des substances qui rendent la femelle non réceptive aux autres mâles après l'accouplement (Becker *et al.*, 2010). Le sperme stocké permettra de féconder tous les œufs pondus par la femelle au cours de sa vie. Les mâles vivent peu de temps après l'accouplement. Certaines espèces sont dites eurygames, c'est-à-dire que l'accouplement requiert un grand espace (l'essaimage est obligatoire), alors que d'autres sont dites sténogames, *i.e.* que l'accouplement est possible dans un petit espace, en particulier posé sur un support (Cléments, 1999).

Environ 24 heures après l'émergence et juste avant l'accouplement les femelles moustiques se dispersent (Cléments, 1999). Les moustiques adultes mâles et femelles se nourrissent de nectar de fleurs, source d'énergie pour le vol (Cléments, 2000). La femelle est aussi hématophage. Elle prend un repas sanguin, riche en protéines, qui permet la maturation ovarienne des œufs. Certaines espèces de moustique sont autogènes, c'est-à-dire que leur première ponte ne nécessite pas de repas de sang, au contraire les espèces anautogènes en ont nécessairement besoin. Généralement, seule une proportion des femelles est autogène, car cette capacité dépend de l'énergie accumulée par le moustique durant la phase larvaire (Cléments, 2000). Par la suite, la maturation des œufs nécessite obligatoirement la prise d'un repas de sang, pour cela les femelles se déplacent à la recherche d'un hôte (Cléments, 1999). Le choix de l'hôte dépend de l'espèce de moustique et de la disponibilité en hôtes : on peut généralement classer les espèces comme plutôt ornithophile, mammophile ou anthropophile, voire opportuniste (*Ae. albopictus*).

Après le repas de sang, les femelles ont besoin d'un site de repos le temps de la maturation des œufs dans les ovaires. Pour certaines espèces, ce site de repos peut être à l'intérieur de bâtiments, mais le plus souvent il est à l'extérieur. Il est proche ou loin de l'hôte selon les conditions environnementales (Becker *et al.*, 2010). La nutrition larvaire, la photopériode et la température pilotent la maturation des œufs : elles déterminent son existence et sa durée (Cléments, 2000). Lorsque les œufs arrivent à maturité, la femelle se met en recherche d'un site de ponte pour l'oviposition puis se gorge à nouveau et le cycle recommence. La durée de ce cycle (appelé cycle trophogonique) est variable suivant les espèces, les climats et l'environnement (Cléments, 1999 ; Cléments, 2000).

La durée de vie d'un moustique est déterminée par son espèce, mais aussi par son activité, les facteurs climatiques, son alimentation et l'incidence de parasites et de prédateurs (Jetten et Taekken, 1994). La recherche d'hôtes et de site de ponte augmente la mortalité. Pour chaque espèce il y a un optimum de température et d'humidité, une température élevée et des conditions sèches diminuant la longévité. Cependant, une forte humidité n'est pas toujours favorable. Les repas de nectar et de sang influencent la durée de vie. Les parasites et la prédation par les libellules, les guêpes, des diptères, des oiseaux, des chauves-souris, *etc.* diminuent la longévité des moustiques adultes.

Les mâles leur vie est courte 2 à 3 semaines, tandis que la longévité des femelles peut aller d'une semaine à plusieurs mois. Certaines peuvent hiverner. Chez les *Culex* et les *Anopheles*, les femelles peuvent entrer plusieurs mois en diapause pour passer l'hiver, alors que le stade hivernant, chez les *Aedes*, est l'œuf. Selon les espèces, leurs préférences trophiques sont très variables (Balenghien, 2007a).

3.10. Pique du moustique :

La pique ne dure que quelques minutes (2 à 3) au cours des quelles le moustique femelle enfonce ses stylets à travers la peau et inocule, via l'hypopharynx, quelques milligrammes de salive qui contient de multiples substances allergisantes. Le sang de l'hôte est inspiré grâce au labium (Combemalle et al., 1992 ; Fradin, 1998).

Chapitre II

1. Les maladies transmises par les moustiques :

Sont citées dans le tableau n°01 ci-dessous.

Tableau 01 : Les maladies transmises par les moustiques d'après Beker *et al.* (2010)

Maladies	Vecteurs principaux*	Zones géographiques
Paludisme	<i>An. gambiae</i> , <i>An. funestus</i>	Afrique, Pacifique occidental, Asie Sud-Est, Méditerranée, Amérique Centrale et Sud
Dengue	<i>Ae. aegypti</i> , <i>Ae. albopictus</i>	Afrique, Asie, Amérique Nord
Chikungunya	<i>Ae. aegypti</i> , <i>Ae. albopictus</i>	Afrique, Asie, Europe, Océan indien
Fièvre du Nil Occidental	<i>Cx. pipiens</i>	Afrique, Europe, Asie, Océanie, Amérique Nord
Fièvre jaune	<i>Aedes aegypti</i>	Afrique, Amérique Centrale et Sud
Fièvre de la Ross River	<i>Aedes</i>	Australie, Océanie
Fièvre de la vallée du Rift	<i>Aedes</i> , <i>Culex</i> ,...	Afrique, Moyen Orient
Encéphalites équine américaines	<i>Culex</i> , <i>Aedes</i> , <i>Culiseta</i>	Amérique
Encéphalite japonaise	<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	Extrême-Orient, Asie Sud-Est
Encéphalite de Saint Louis	<i>Culex</i>	Amérique Nord et Centrale

1.1 Exemples des maladies transmises par les moustiques en Algérie:

1.1.1 Paludisme :

Sur les 400 espèces d'Anophèles connues, une vingtaine étaient réputées vectrices du Paludisme (Mouchet et Carnevale, 1991). Elles sont passées à une **cinquantaine** d'espèces vectrices ces dernières années (Mouchet *et al.*, 2000).

En Algérie, le paludisme posait un problème de santé publique majeur, ce qui lui a valu un dicton des colons « *En Algérie, où il n'y a pas d'eau, on meurt de soif, où il y a de l'eau on meurt de fièvre* ». Depuis, des mesures de lutte anti-vectorielle ont été entreprises et ont permis d'éradiquer la maladie au nord du pays dès 1986. Cependant, selon les données de l'INSP, des cas de paludisme autochtones continuent à être signalés au sud du pays, la ville de Tamanghasset étant la plus touchée (fig.10). Dernièrement, entre Octobre et Novembre 2013, des cas de paludisme ont été signalés à Ghardaïa et Batna, causant des **décès** chez certaines des personnes atteintes.

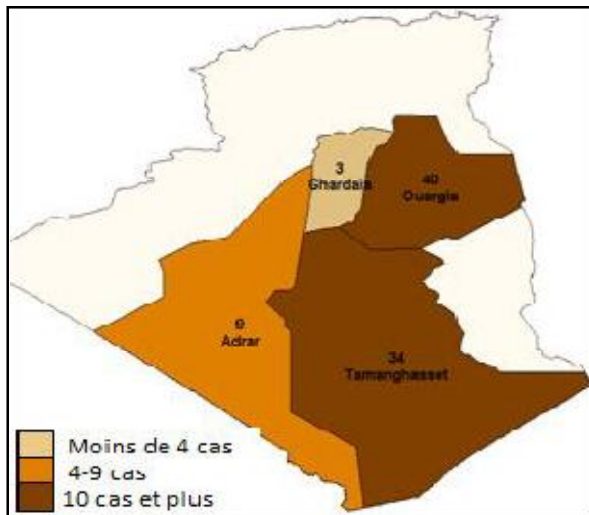


Figure 08: Cas de paludisme autochtone en Algérie (2000-2009), INSP.

1.1.2 Fièvre du Nil occidental (la West Nile):

Le virus West Nile (WN) est un arbovirus (ARthropod BORne VIRUS). Il a été isolé pour la première fois en 1937 en Ouganda, dans la province Ouest du Nil (d'où son nom) (Smithburn *et al.*, 1940).

Le vecteur est le plus souvent un moustique du genre *Culex* (*C. pipiens* [Linné] ou *C. modestus* [Ficalbi] en Europe). *Aedes albopictus* et *Ae. vexans* sont aussi suspectés de jouer ce rôle, car ils sont compétents pour ce virus (Balenghien, 2007a et Jourdain *et al.*, 2008).

En **Algérie**, Metallaoui (2008) et Ouadahi (2011) ont résumé les résultats des recherches sérologiques menées chez les humains entre 1973 et 1994. Ces enquêtes ont révélé la circulation du virus West Nile dans plusieurs villes du sud. La dernière mise en évidence du virus a été signalée en **1994**, dans la Wilaya d'**Adrar**, chez une cinquantaine de personnes dont **huit** sont **décédées**.

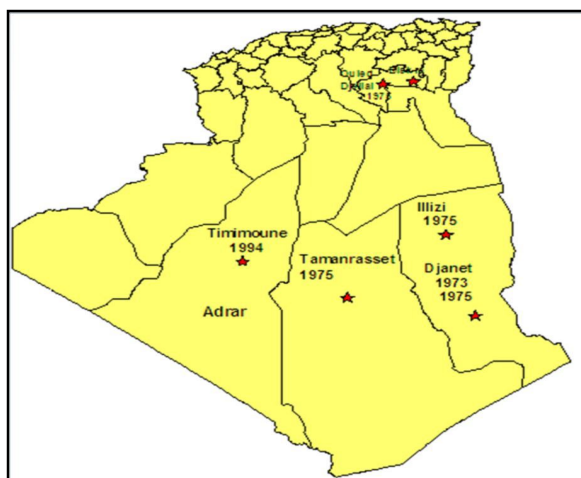


Figure 09: Répartition des cas humains séropositifs aux virus West Nile en Algérie depuis 1973 (Metallaoui, 2008 et Ouadahi, 2011).

En effet, en 1999, Brunhes et *al.* ont dressé une liste des maladies transmises par les moustiques dans les pays du bassin méditerranéen. La dengue ne figurait pas dans la liste des maladies qui touchent l'Algérie. Même de nos jours, aucun des documents et sites officiels consultés (OMS, IRD,...) au cours de ce travail, ne mentionne de cas de dengue en Algérie, malgré la présence du vecteur.

4. La lutte contre les moustiques :

Les principales méthodes de lutte antivectorielle contre les moustiques (d'après Carnevale et al, 1992), sont classées selon :

1. la technique de lutte:
 - physique, biologique, chimique, génétique
2. la cible:
 - larves, adultes
3. l'effet recherché pour réduire le contact hôte/vecteur:
 - port de vêtements longs
 - répulsifs cutanés
 - vêtements imprégnés (répulsifs-insecticides)
 - protection par usage domestique des pesticides (aérosols, serpentins, etc.)
 - moustiquaires de lit simples ou imprégnées d'insecticide
4. La densité de vecteurs:
 - réduction des gîtes larvaires par modifications de l'environnement
 - lutte anti-Larvaire avec des larvicides biologiques (poissons larvivores), biopesticides (*Bacillus thuringiensis*) ou larvicides chimiques
 - moustiquaires de lit imprégnées en utilisation à grande échelle (effet de masse)
 - pulvérisations spatiales
5. la longévité des vecteurs:
 - aspersions intradomiciliaires
 - moustiquaires de lit imprégnées en utilisation à grande échelle (effet de masse)

- **La lutte chimique :**

Cette forme de lutte a toujours le grand avantage de pouvoir bénéficier d'une gamme étendue d'insecticides appartenant à plusieurs familles (**organochlorés,**

organophosphorés, pyréthriinoïdes, carbamates) (Mouchet, 1980) dont le choix dépendra, entre autres, de trois paramètres clés relatifs aux vecteurs et aux produits :

- La résistance du vecteur considéré aux produits envisagés ou disponibles. Ces résistances doivent donc être précisément évaluées avant le début de toute campagne de lutte antivectorielle, mais aussi au cours de la campagne. Pour pouvoir effectuer les changements éventuels nécessaires, des comités d'experts de la lutte antivectorielle font le point de la situation (OMS, 1992).
- Le comportement du vecteur : ces produits chimiques peuvent induire des modifications de comportement des moustiques (phénomènes d'irritation ou d'excito-répulsivité) entraînant des processus d'évitement de la surface traitée et limitant alors l'efficacité réelle du produit.
- L'influence du produit sur l'environnement (biodégradabilité), flore, faune et bien sûr, son absence de toxicité pour l'homme dans le respect des conditions d'emploi, ainsi que la nature de la surface traitée et la rémanence du produit qui conditionnent le rythme des traitements.

- **La lutte biologique :**

C'est l'utilisation de procédés non chimiques. Plusieurs modes d'action sont retenus : la prédation, l'emploi de parasites (champignons, par exemple), d'agents pathogènes (virus et bactéries) et des modifications du potentiel reproducteur de l'espèce en agissant sur le matériel héréditaire de l'individu.

La lutte anti-larvaire classique avec des larvicides chimiques a été remplacée par l'usage de bio-larvicides (*Bacillus thuringiensis*) ou de **régulateurs de croissance** (ecdusoïdes, juvénoïdes) pour limiter la productivité des gîtes larvaires (Carnevale et Robert, 2009).

Une autre technique, qui consiste à rendre les males stériles est utilisé dans la lutte biologique, s'oriente vers des moustiques transgéniques qui, à l'issue de manipulations génétiques (Chapman, 1985).

Des substances régulatrices du développement ("growth regulators"), mimétiques de l'hormone juvénile, perturbent le développement des œufs et larves (Boulknaft, 2006).

- **La lutte physique :**

Il faut supprimer au maximum tout endroit où l'eau peut s'accumuler et former un réservoir d'eau stagnante. Il est essentiel d'aménager les zones marécageuses, notamment afin de restreindre les zones de ponte.

Collecter les eaux usées, goudronner les routes, éliminer les décharges sauvages et stockage à ciel ouvert

Il est possible d'utiliser des méthodes de protection individuelle et familiale. Ces méthodes comprennent des méthodes physiques ou chimiques (Carneval *et al.*, 1992), comme les grillages moustiquaires aux fenêtres, reprenant ainsi la méthode des maisons dites *Mosquito proof* (Bruce-Chwatt, 1985), ou différentes méthodes de protection personnelle telles que le badigeonnage de répulsifs sur la peau (Schreck *et al.*, 1978), le traitement des vêtements par des insecticides/insectifuges (Charlwood *et* Dagara, 1989), les tortillons fumigènes anti moustiques, dont l'efficacité est relative (Charlwood *et* Dagara ; 1989 ,Coen *et al.*, 1989), les plaquettes et plus récemment, les moustiquaires, préconisées dès 1911 par Ross comme méthode de prévention du paludisme, mais qui connaissent un regain d'intérêt avec mise au point des méthodes d'imprégnation de moustiquaires. En effet, les limitations physiques de la moustiquaire normale sont bien connues : mal bordées ou mal entretenues, elles laissent alors passer les moustiques (OMS, 1989) ; ceux-ci peuvent piquer si une partie du corps est au contact de la moustiquaire. Enfin, une moustiquaire normale n'empêche pas les moustiques de rentrer dans la maison et d'importuner les habitants par le bruit de leur vol.

Chapitre III

Partie expérimentale

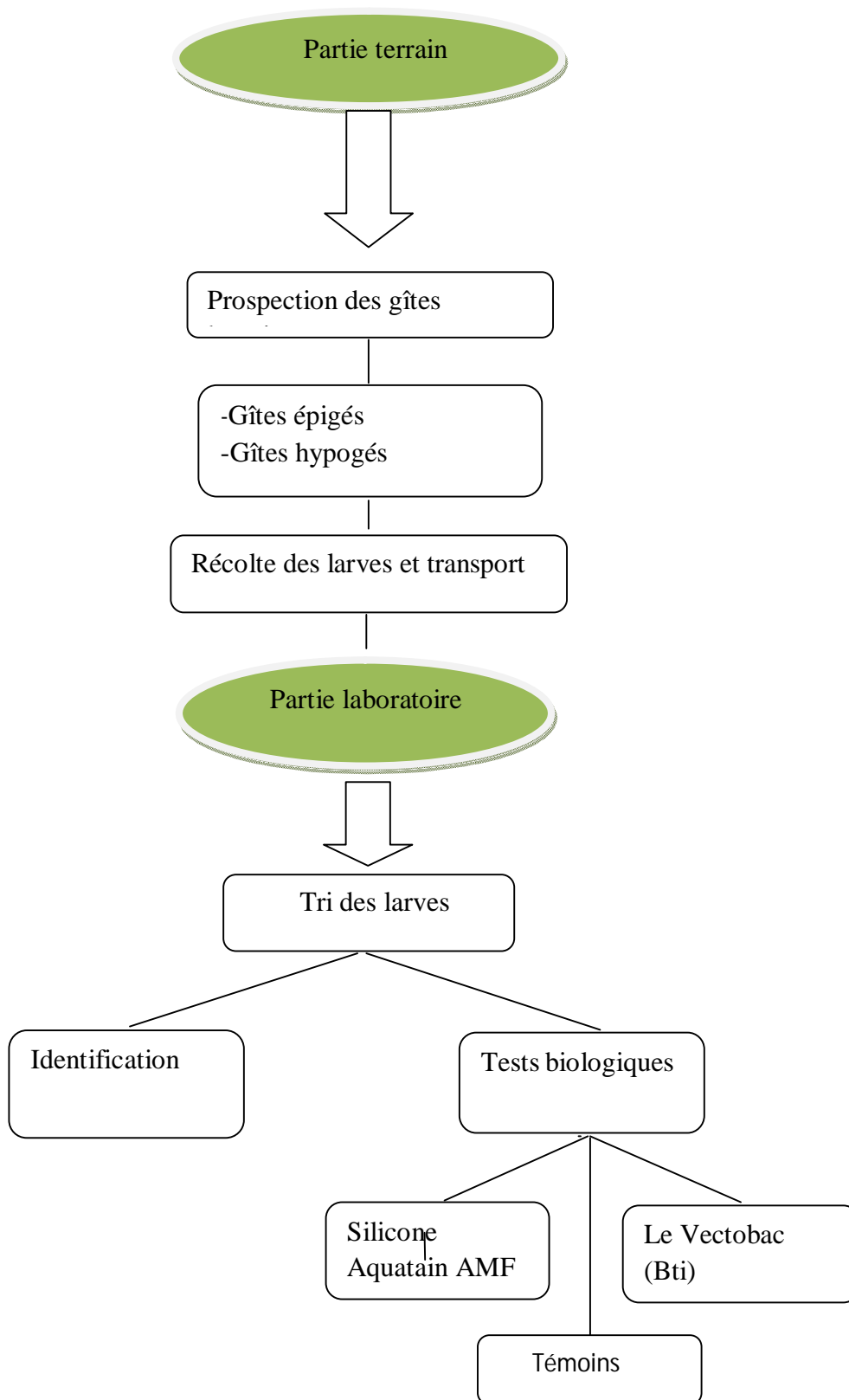


Figure 10 : Protocole expérimental.

1. Objectif :

Les moustiques restent à l'heure actuelle un problème pour les populations humaines et animales en tant que vecteurs de nombreuses maladies, ainsi qu'un facteur très nuisible.

L'objectif de notre travail est de rechercher dans un premier temps des gîtes larvaires dans plusieurs stations situées dans la wilaya d'Alger et le marais de Réghaia afin de récolter les larves. Si ces dernières sont présentes, on procède dans un second temps à les identifier puis évaluer l'efficacité biolarvicide de deux produits biologiques à savoir le **Silicone Aquatain AMF et Le Vectobac (Bti)**

Nos recherches se sont déroulées en alternance entre terrain et laboratoire, sur une période de cinq mois allant du mois d'Avril jusqu'au mois de Juillet 2014.

Sur le terrain : nous avons prospecté le maximum de gîtes larvaires (épigés, hypogés).

Au laboratoire : le tri des larves et l'identification ont été réalisés au niveau du laboratoire d'Entomologie de l'Institut National de Santé Publique (INSP). Tandis que les tests biologiques ont été effectués au sein du laboratoire à l'HURBAL (Hygiène Urbaine d'Alger).

2. Matériel et méthodes

2.1 Matériel :

2.1.1 Matériel biologique : pour réaliser nos expérimentations, nous avons utilisé le matériel biologique suivant :

2.1.1.1 Les Moustiques : récoltés des gites puis élevés au laboratoire

- **-Silicone Aquatain AMF et Le Vectobac (Bti), nous ont été aimablement fournis par Mme Chaballah de l'Hurbal d'Alger**

2.1.1.2 Silicone Aquatain AMF :

C'est une pellicule à base de silicone. Son efficacité provient du blocage total du cycle de vie des moustiques en phase aquatique. Une fois appliqué à la surface de l'eau, il se répand rapidement sur toute la surface (même autour des débris et de la Végétation) et empêche les moustiques à leur stade précoce de fixer leur tube respiratoire sous la surface de l'eau. Ainsi le tube respiratoire se noie dans l'eau et les larves et les pupes coulent.

Contrairement aux autres larvicides chimiques, Aquatain AMF est non toxique, il a une réaction physique plutôt que chimique (Anonyme, 2011).

Le silicone a été utilisé dans une large variété de produits quotidiens, depuis les lentilles de contact et appareils médicaux jusqu'aux shampoings, l'alimentation, les huiles lubrifiantes et les carreaux résistant à la chaleur.

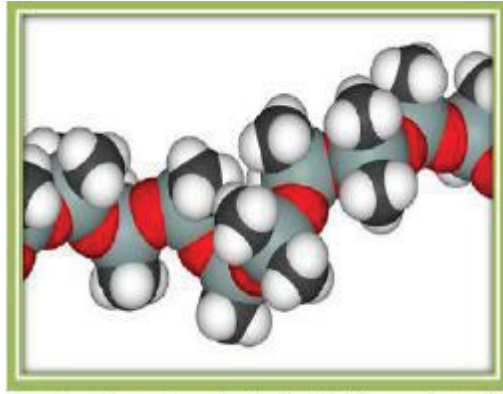


Figure 11 : Structure physique du polydiméthylsiloxane (PDMS)

Le produit ne se dissout pas dans l'eau ; il est naturellement supprimé de l'eau comme composant de la vase.

La dégradation naturelle provient du produit dérivé en silicate, déjà présent dans la nature, comme sable. Il ne contient aucun produit chimique, aucun alcool et aucun isopropanol (Anonyme, 2011).

2.1.1.3 Le Vectobac (Bti) :

C'est un biopesticide qui se présente comme un liquide à base d'eau, ou en granules de maïs concassés sur lesquels le *Bacillus thuringiensis israelensis* (B.t.i.) est adsorbé. Le Vectobac est appliqué dans les milieux où se développent les larves, juste avant qu'elles ne se métamorphosent en moustiques adultes (Anonyme, 2014).

2.2 Matériel non biologique :

Voir Annexe 1.

3. Méthodes :

3.1 Choix des gîtes :

Il s'agit de prospecter les lieux à la recherche de l'existence de collections d'eau, grandes ou petites, naturelles ou artificielles, potentiellement favorables au développement des larves de moustiques.

Toutes les collections d'eau stagnante ont été considérées comme des gîtes larvaires potentiels et ont été prises en considération.

Durant nos prospections, les différentes caractéristiques des gîtes potentiels à **ciel ouvert** (épigés) et des **gîtes fermés** (hypogés) ont été notées ; à savoir :

Gîtes épigés	Gîtes hypogés
<ul style="list-style-type: none"> -Mode de constitution : naturel ou artificiel ; - Pérennité: gîte permanent ou temporaire ; -Végétation: environnante, sur la bordure ou en surface, abondante ou absente ; -Faune aquatique potentiellement prédatrice de larves: poissons ou autres larvivores. -Le pH du milieu : pour mesurer le pH de l'eau nous avons utilisé des bandelettes de papier pH ; -Ensoleillement: milieu exposé au soleil ou ombragé ; -Présence de larves ou d'œufs de moustiques par observation directe. 	<ul style="list-style-type: none"> -Inondés ou séchés -Eaux de pluie ou infiltrations d'eau. -Eaux claires ou usées

3.2 Présentation de site d'étude :

L'étude a été réalisée au niveau de **la wilaya d'Alger et le marais de Réghaia.**

- a. La région d'Alger est** située au nord (36°46'34'' Nord 3°03'36'' Est), elle bénéficie d'un climat méditerranéen. Elle se caractérise par un climat tempéré et humide. Les étés sont longs, chauds et secs surtout de la mi-juillet à la mi-août.

Les hivers sont doux et pluvieux. Les températures moyennes enregistrées par l'ONM varient entre 29°C et 27°C pour la période de Juin à Septembre et de 16°C à 17°C pendant le période de Décembre à Février.

Les précipitations moyennes sont comprises entre 600-700 mm au niveau de la baie d'Alger ; elle dispose d'un réseau hydrographique relativement important tels que: l'Oued Mazafran, Oued Beni Messous, oued Birtouta, Oued El-Harrach et Oued El Hamiz.

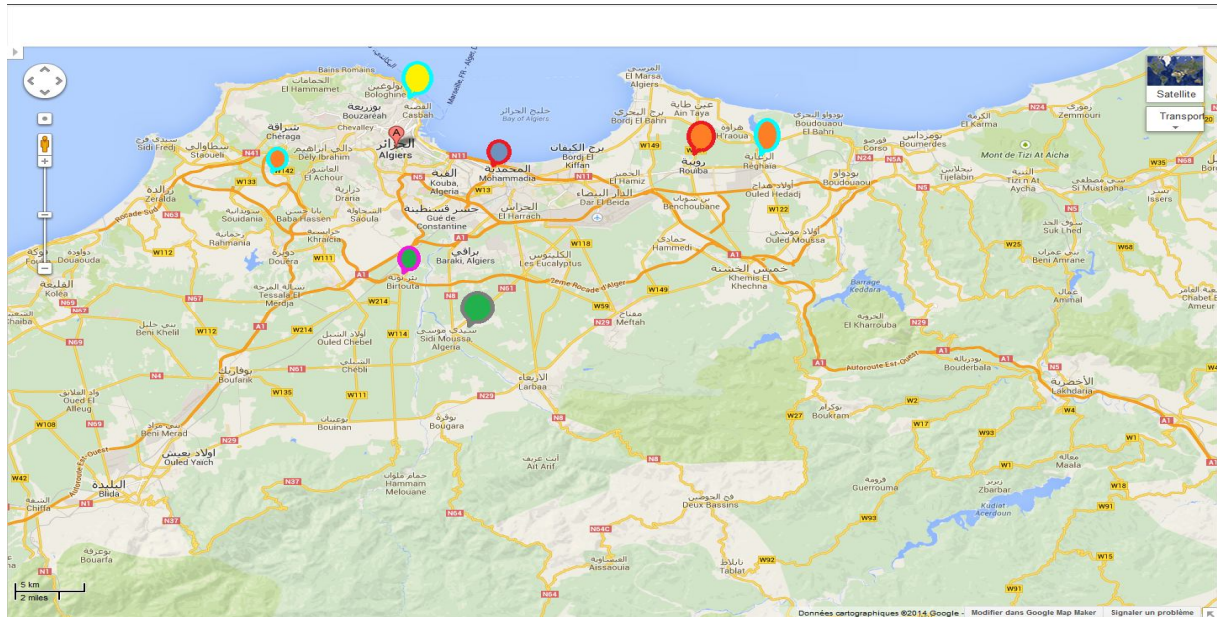


Figure 12: la carte de la wilaya d'Alger (Google Map Maker, 2014)

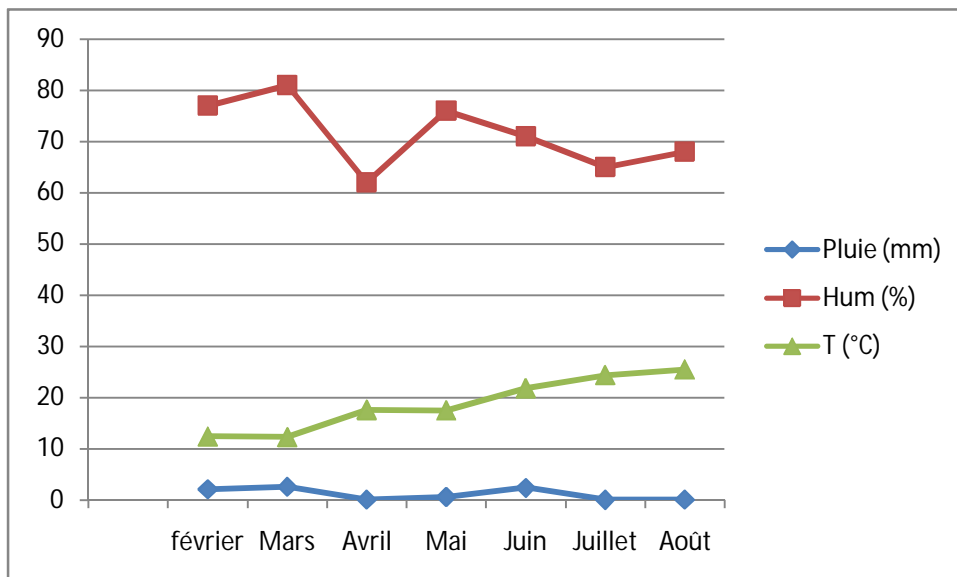


Figure 13 : Les données climatologiques de la wilaya d'Alger pour la période Février 2014 à Août 2014 (ONM).

b. La région de Réghaia qui est une zone humide du littoral algérois ($3^{\circ}10'E$, $36^{\circ}25'N$), correspondant à l'estuaire de l'oued de Reghaia qui se déverse dans la méditerranée à une trentaine de kilomètres à l'est d'Alger (LEDANT *et al.*, 1979). La région d'étude appartient à l'étage bioclimatique sub humide à hiver tempéré selon les données de 2000 à 2009. Les précipitations se répartissent généralement d'octobre à avril avec des pointes en décembre, janvier et février. La pluviométrie annuelle est de 636mm en 2009 et 641mm en 2010. La période sèche s'étale sur 3 mois. Le marais de Réghaia reçoit les eaux de l'oued réghaia, celui-ci collecte les eaux usées qui sont brunâtres et nauséabondes et riches en matières organiques provenant des villages limitrophes (Fig 14).

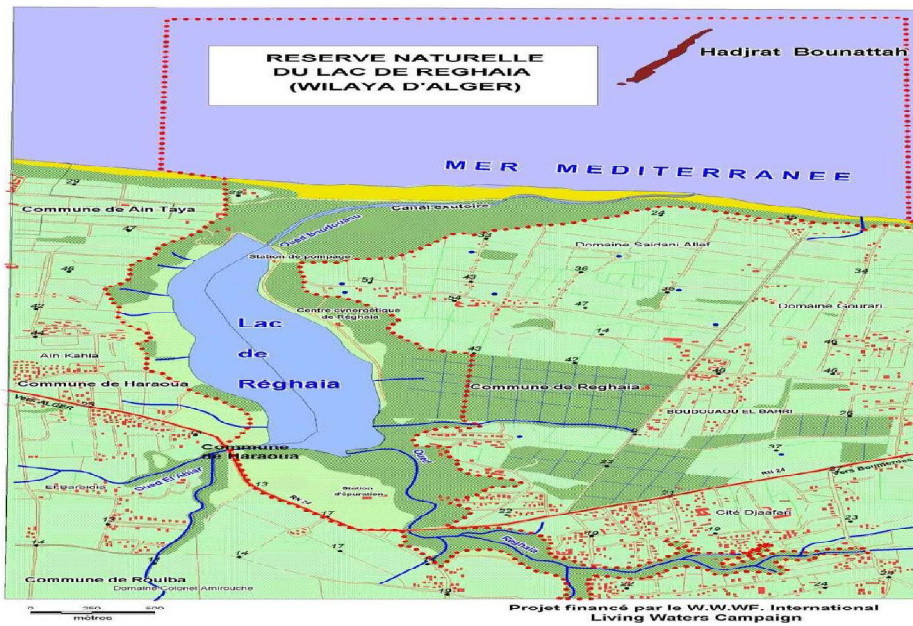


Figure 14 : Marais de Réghaia

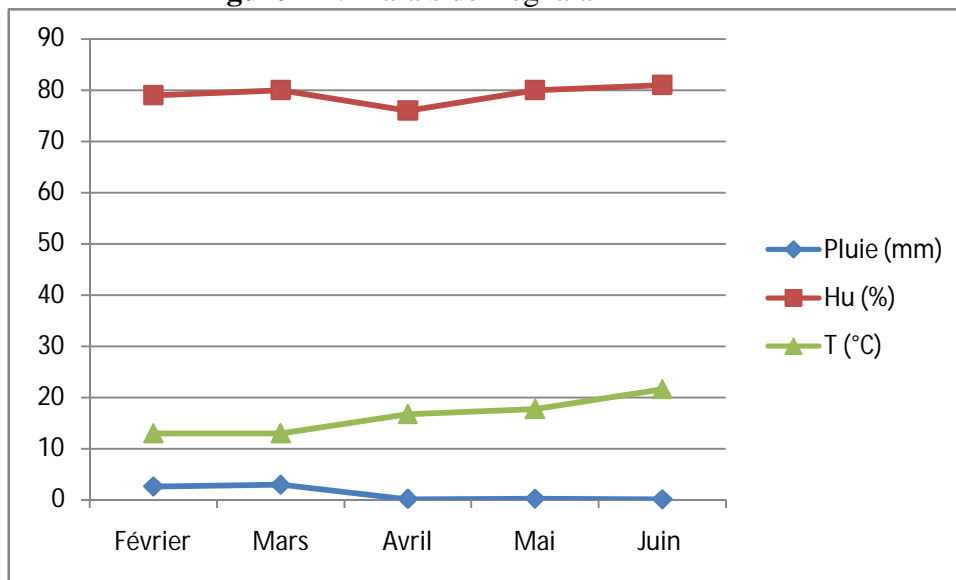


Figure 15 : Les données climatologiques de la station de Réghaia pour la période Février 2014 à Juin 2014 (ONM).

3.3 Description des gîtes larvaires :

3.3.1 Gîtes épigés :

- **Gîte 1** : situé au niveau de la commune de Ben Aknoun, au parc zoologique, c'est un oued à faible débit d'eau en été. Il est riche en matières organique dans lequel il existe une présence importante de la végétation (Fig.16).



Figure 16 : gîte épigé à Ben Aknoun (photo originale)

- **Gîte 2** : situé au niveau de la commune de Ben Aknoun, à proximité de l'hôpital de Ben Aknoun, c'est un oued à faible débit d'eau en été. Il est riche en matières organiques, dans lequel il existe et une présence importante de la végétation (Fig.17).



Figure 17 : gîte épigés à Ben Aknoun (photo originale)

- **Gîte 3** : situé au niveau de la commune de Sidi Moussa dans la route principale, trois marécages contenant l'eau de pluie récente. L'eau est très claire avec présence assez abondante de la végétation (Fig.18).



Figure 18 : Flaques d'eau à Sidi Moussa (photos originales)

- **Gîte 4** : le marais de Rhégaia (Fig.19) (déjà cité).



Figure 19 : Quai numéro 2 lac de Réghaia (photo originale)

3.3.2 Gîtes urbains hypogés :

Les gîtes urbains hypogés sont constitués par des caves inondées à savoir : AADL Ouled Fayet OULAM Ahmed, cité police Ben Aknou, 120 logements Ben Aknoun, Cité Bouguarra 1 et 2 à Sidi Moussa, cité 2540 logements Ain Naadja, cité AADL Bananier commune de Mohamadia, cité AADL 766 logement Birtouta. Ces gîtes sont souvent très pollués, parce qu'ils sont destinés à recevoir des eaux usées provenant des infiltrations d'eau qui sont dues, par exemple, à la rupture des canalisations d'eau usée qui les traversent, aux murs poreux et au non assèchement des caves (Fig.20)



Figure 20 : gîtes urbains hypogés (photos originales)

3.4 Échantillonnage des larves et des nymphes :

La technique utilisée pour la récolte des larves est la **technique des coups de louche** ou méthode du « *dipping* » et elle est préconisée par de nombreux auteurs (Carnevale et Robert, 2009 ; Coffinet et *al.*, 2009 ; Messai et *al.*, 2011).

Cette méthode consiste à plonger, en plusieurs endroits du gîte larvaire, une louche ou autre récipient muni d'un manche assez long pour pouvoir prélever dans des endroits difficiles d'accès. Le contenant doit être de préférence de couleur blanche afin de mieux visualiser les larves (Fig.21)



Figure 21 : La technique de *dipping* (photo original)

3.4.1 Méthode d'échantillonnage :

Une fois le gîte repéré, la récolte des larves a été faite selon les étapes suivantes :

- Se mettre en face du soleil pour éviter de créer une ombre qui va faire fuir les larves au fond du gîte (pour les gîtes épigés).
- Plonger la louche ou autre récipient doucement, avec un angle de 45°. Le mouvement doit être fluide et surtout pas brusque.
- Verser le contenu de la louche dans des bouteilles en plastique en prenant soin de prélever assez d'eau du gîte pour permettre l'élevage temporaire des premiers stades larvaires.
- Attendre quelques minutes, le temps que les larves remontent à la surface, et refaire le prélèvement, Akogbeto (1995) recommande de prélever une grande quantité d'eau du gîte pour qu'il y ait assez de nutriments pour l'élevage temporaire. Les bouteilles doivent être marquées (nom ou code du gîte), elles ne doivent pas être remplies entièrement, il faut laisser assez d'air aux larves pour respirer. Ne pas fermer hermétiquement si c'est possible (Fig.22).



Figure 22 : Bouteilles en plastique contenant l'eau de gîtes (photo originale)

- 3.5 Tri des larves :

Le tri des larves a été effectué au laboratoire dans un plateau en céramique, à l'aide d'une pipette pasteur (Fig.23).



Figure 23: plateau pour trier les larves et les nymphes de moustiques (photos originales)

Les larves ont été triées selon leur stade de développement et chaque stade est utilisé pour une étape spécifique comme repris dans le tableau ci-dessous :

Élevage	Identification	Tests biologiques
Tous les stades de développement (L1, L2, L3, L4 et Nymphe).	Les larves de stade 4 : Elles ont été tuées et conservées dans des tubes d'alcool à 70°.	Tous les stades de développement (L1, L2, L3, L4 et Nymphe).

3.5.1 Élevage :

Les larves et les nymphes ont été mises en émergence dans l'eau du gîte.

3.5.2 Étapes préalables à l'identification :

Les larves du stade 4 (issues directement du gîte ou de l'élevage temporaire) ont été conservées dans des tubes de 10 ml contenant de l'alcool (éthanol) à 70°, selon la technique recommandée par Wood (1984), El Ouali Lalami (2010) et Bourbonnais (2012). Les soies étant indispensables pour l'identification des larves, il est essentiel de les garder intactes durant la conservation et le transport. Pour cela, il faut essayer d'éliminer toutes les bulles d'air après avoir ajouté un bout de coton dans le tube. L'absence de bulles d'air ralentit le mouvement des larves à l'intérieur du tube, ce qui diminue le risque de les perdre ou de casser leurs soies. Tous les tubes doivent être étiquetés et hermétiquement fermés (Fig 24)



Figure 24: Des larves conservées dans des tubes d'alcool (photo originale)

3.5.2.1 Éclaircissement et montage :

Pour la détermination des genres et des espèces de *Culicidae*, les larves du quatrième stade sont utilisées, vu la facilité de leur manipulation et leur chétotaxie (Bouadiba et *al.*, 2012). Pour l'éclaircissement et le montage des larves, nous avons suivi les étapes citées par Grenier et Taufflieb (1952) et Messai et *al.* (2011) :

- ✓ **Réhydratation** des larves conservées dans l'alcool dans un bain d'eau distillée pendant quelques minutes ;
 - ✓ **Éclaircissement** dans une solution de potasse (KOH) à 10 % pendant 10 minutes ;
 - ✓ **Rinçage** à l'eau distillée (3 bains de 2 à 5 minutes) ;
 - ✓ **Déshydratation** par passage successif dans 3 bains d'alcool de concentration croissante (70°, 90° et 100°) pendant 15 minutes en tout ;
 - ✓ **Montage** entre lame et lamelle dans une goutte de Baume du Canada.
- Les lames sont posées sur une surface plane puis examinées au microscope (Fig.25).



Figure 25: larves montées entre lame et lamelle (photo originale)

➤ La partie antérieure de la larve est montée face dorsale vers le haut et, la partie postérieure (qui porte le siphon respiratoire) est montée latéralement afin de voir de profil les 8ème et 9ème segments (Boulkenafet, 2006).

Une fois préparées, les lames ont été examinées au microscope photonique avec les objectifs **x10** et **x40**. L'identification des larves a été faite selon des critères morphologiques (point d'insertion des soies et leur nombre, forme du siphon, ...) à l'aide d'un logiciel « **Les Moustiques de l'Afrique méditerranéenne : Programme d'identification et d'enseignement** ». Ce logiciel a été réalisé par l'IRD de Montpellier en collaboration avec l'Institut Pasteur de Tunis (Brunhes et *al.*, 1999).

3.6 Analyse des résultats :

Pour l'analyse des résultats de l'étude de la biodiversité, nous avons utilisé les indices de composition définis par Dajoz (1971) et Ramade (1984):

$$A = ni \cdot 100 / N$$

$$F = Pi \cdot 100 / P$$

3.6.1 **L'abondance relative (A)**: elle correspond au nombre d'individus d'une espèce (**ni**) par rapport au total des individus collectés, toutes espèces confondues (**N**).

3.6.2 **La fréquence d'occurrence (F)**: elle correspond au nombre de prélèvements (**Pi**) contenant l'espèce étudiée par rapport au nombre total de prélèvements effectués (**P**).

Cet indice renseigne sur la catégorie de l'espèce :

- **F 50%** : l'espèce est dite « **Constante** » ;
- **25% ≤ F ≤ 50%** : l'espèce est dite « **Accessoire** » ;
- **F > 25%** : l'espèce est dite « **Accidentelle** ».

3.7 Tests biologiques :

Ces tests consistent à déterminer le taux de mortalité des larves de *Culex pipiens* traités par les biolarvicides ; le **Silicone Aquitain AMF** et le **Vectobac (Bti)** suivant une méthodologie inspirée du protocole expérimentale de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1985). La technique consiste à, prélever à l'aide d'une pipette pasteur 25 larves de chaque stade (L1, L2, L3, L4 et nymphe) et les mettre dans des gobelets de 5 cm de diamètre contenant chacun 99 ml d'eau du gîte en y incorporant une goutte de Silicone Aquitain AMF. Ou 10 gouttes de Vectobac (Bti) (1g/l).

Trois répétitions ont été réalisées pour chaque stade et pour chaque biolarvicide . Cinq gobelets contenant l'eau du gîte constituent le lot témoin ont été également utilisés

Pour estimer le taux de mortalité, les larves incapables de se déplacer sont comptées comme mortes (Fig.26).

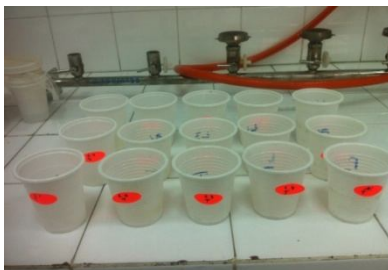


Figure 26 : Tests de biolarvicides réalisés sur les larves et les nymphes de moustiques (photo originale).

3.7.1 Les analyses statistiques

La méthode utilisée est celle de gaussio-logarithmique. Lorsque le taux de mortalité chez le témoin est compris entre 5 et 20 %, celui-ci est alors corrigé par la formule d'ABBOT (1925)

% de mortalité observé = Nbre de morts/Nbre total d'individus x 100 % de mortalité corrigé =
(M2- M1) / (100 - M1) x 100

M1 : mortalité dans les lots témoins.

M2 : mortalité dans les lots traités.

Si la mortalité du témoin dépasse 20 %, le test est annulé.

Chapitre IV

1. Résultats

1.1. Recherches de gîtes

Parmi les 41 gîtes prospectés (ciel ouvert et caves), 4 contenaient des larves et des nymphes de moustique, dont 1 gîte épigé et 3 gîtes hypogés (caves).

Les différents gîtes épigés et hypogés prospectés lors de notre travail sont cités dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 02 : Les différents gîtes épigés prospectés

	Gîtes positifs	Gîtes négatifs	
Sites d'étude	Marrais de Réghaia	Ben Aknoun	Sidi Moussa
Nombre de gîtes prospectés	1 seul Quai	2 Oueds	3 Flaques d'eau de pluie

Tableau 03 : Les différents gîtes urbains hypogés prospectés

	Gîtes positifs			Gîtes négatifs			
Sites d'étude	Sidi Moussa	Ain Naadja	Mohamadia	Ouled Fayet	Ben Aknoun	Birtouta	Beni Messous
Nombre de caves prospectées	5	6	8	6	4	4	2

Il faut noter que le pH de l'eau dans la plupart des gîtes est très proche de la neutralité, il a été mesuré avec le papier pH.

Les gîtes négatifs ont été traités par l'HURBAL qui offre des produits très performants en matière de démoustication (la lutte anti-larvaire). L'insecticide utilisé lors de traitement est bien le Téméphos qui est un organophosphoré.

1.2. Identification des larves :

Les prospections réalisées ont permis d'identifier au total **114** larves, appartenant à une seule sous-famille représentée en Algérie, à savoir les *Culicinae*.

Ces espèces appartiennent à un seul genre qui est celui des *Culex* avec 5 espèces (*Culex antennatus*, *Culex laticinctus*, *Culex modestus*, *Culex pipiens*, *Culex theileri*).

Les espèces identifiées sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 04 : Effectif et pourcentage des espèces trouvées dans chaque gîte

Espèces	Gîte épigés		Gîtes hypogés						Total
	Réghaia		Sidi Moussa		Ain Naadja		Mohamadia		
	ni	ni(%)	ni	ni(%)	Ni	ni(%)	ni	ni(%)	
<i>Culex antennatus</i>	4	36.3	11	16.9	4	22.2	6	30	25
<i>Culex laticinctus</i>	/	/	/	/	2	11.1	/	/	2
<i>Culex modestus</i>	2	18.1	/	/	/	/	1	5	3
<i>Culex pipiens</i>	2	18.1	50	76.9	12	66.6	13	65	77
<i>Culex theileri</i>	3	27.2	4	6.1	/	/	/	/	7
Total	11	100	65	100	18	100	20	100	114

ni : nombre d'individus d'une espèce

L'identification des genres est relativement simple. Elle a été faite par examen microscopique des lames préparées. La forme du siphon respiratoire et la position des touffes de soies ont permis de distinguer les genres de la famille des *Culicinae* (fig. ????????????)

La présence ou l'absence du siphon respiratoire indique **la sous-famille** :

- siphon absent chez les **Anophelinae** représenté par un seul genre (**Anopheles**);
- présence du siphon chez les **Culicinae**.
- Un siphon relativement long et fin avec **plusieurs touffes** chez les **Culex**.

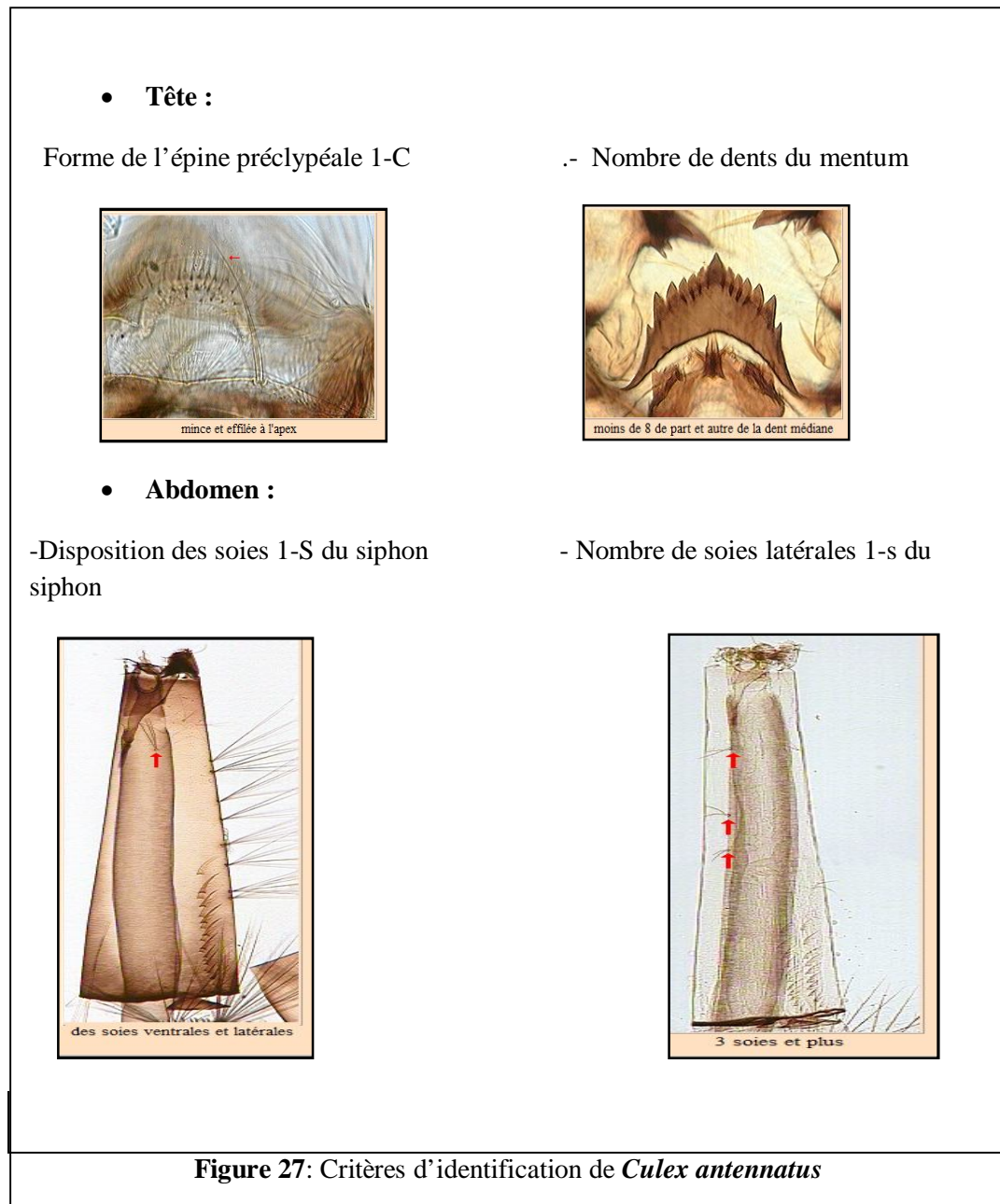
L'identification des espèces ne peut être possible sans le montage des larves et une clé de détermination. Plusieurs critères d'identification sont proposés par le logiciel (les moustiques de l'Afrique méditerranéenne). Le choix des caractères à étudier dépend de la qualité de la conservation, de l'éclaircissement et du montage des larves ainsi que du manipulateur.

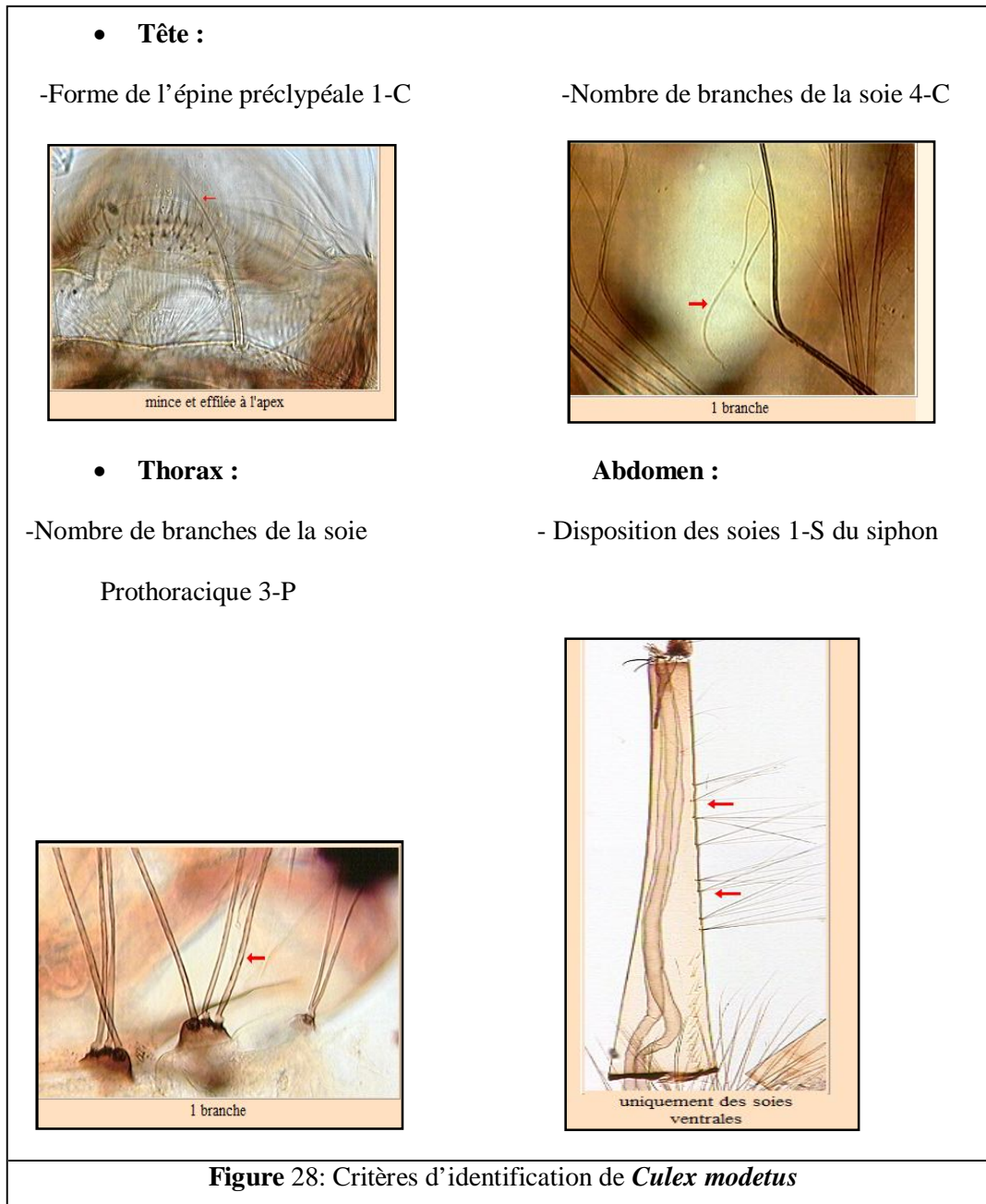
Dans certains cas, quand les larves montées étaient intactes, l'identification de l'espèce a été très rapide, elle s'est faite en passant par quatre caractères au maximum.

Cependant, dans la plupart des cas, les larves ne disposaient pas de toutes leurs soies, faute d'expérience (soies perdues lors de la manipulation) et à cause de la conservation. En effet, selon Wood (1984), l'alcool déshydrate les larves, ce qui rend leurs soies très fragiles.

Plus elles étaient abimées, plus l'identification était longue et fastidieuse. Dans ces cas, la distinction entre les espèces n'était possible qu'après étude de nombreux autres caractères.

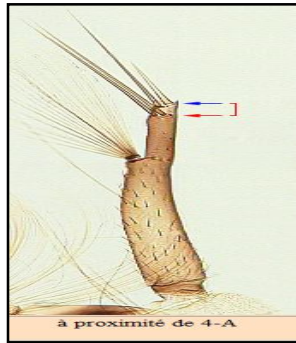
Les figures 27, 28, 29, 30, 31 et 32 montrent les différents critères d'identification des cinq espèces étudiées.





• Tête :

- Insertion de la soie antennaire

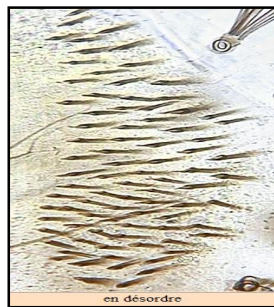


- Nombre de dents du mentum



• Thorax :

-Disposition des écailles du 8^{ème} segment

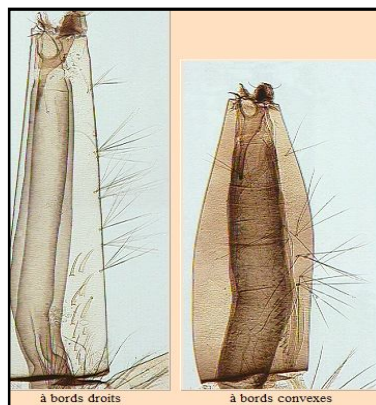


-Forme des épines du 8^{ème} segment



• Abdomen :

-Forme générale du siphon



Nombre de soies latérales (1-s) du siphon

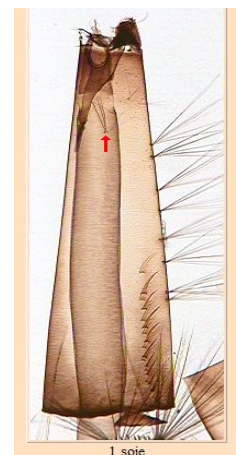
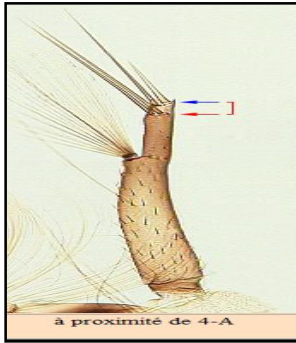


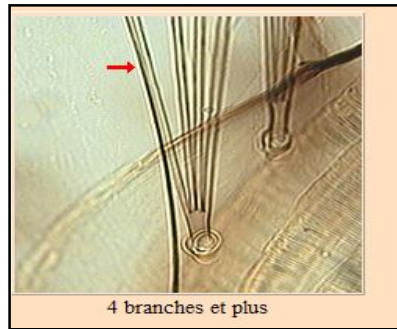
Figure29 : Critères d'identification de *Culex pipiens*

- Tête

-Insertion de la soie antennaire 3-A



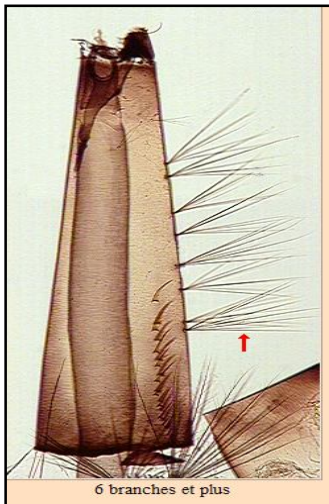
-Nombre de branche de la soie 5-C



- Abdomen

-Nombre de branches de la soie 1a-S

Du siphon



- Forme générale du siphon

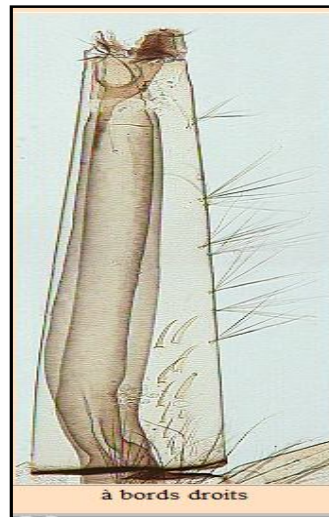
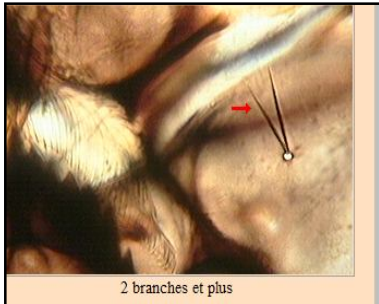


Figure 30: Critères d'identification de *Culex laticinctus*

• Tête :

-Nombre de branches de la soie 14-C

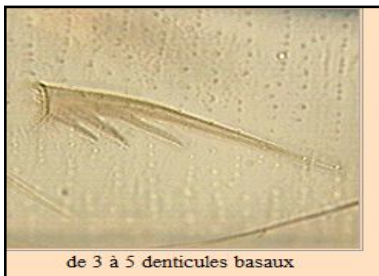


-Nombre de dents du mentum



Abdomen :

-Ornementation de la dent distale du peigne siphonal



-Disposition des soies 1-S du siphon

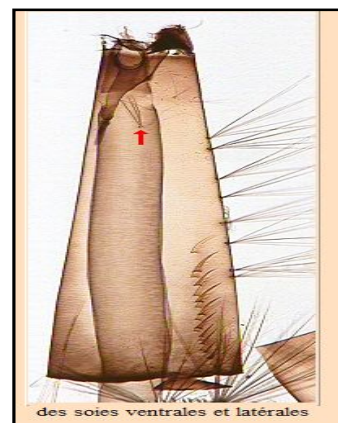


Figure 31: Critères d'identification de *Culex theiliri*

1.2.1 Indices écologiques de composition :

Les résultats de l'identification ont été exploités par des indices écologiques de composition. Méthode d'analyse utilisée par plusieurs auteurs dans des travaux similaires (Boulkenafet, 2006 ; Damerdji, 2008 ; Messai et *al.*, 2011 ; Bouadiba et *al.*, 2012 ; Brahmi et *al.*, 2013). Les deux indices sont calculés dans le tableau 05.

Tableau 05 : Abondance relative (A) et fréquence d'occurrence (F) des espèces de *Culicidae* récoltées

Espèces	Réghaia	Sidi Moussa	Ain Naadja	Mohamadia	Total	A (%)	Pi	F (%)	Catégorie
<i>Culex antennatus</i>	4	11	4	6	25	22	4	50	Constante
<i>Culex laticinctus</i>	/	/	2	/	2	1.8	1	10	Accidentelle
<i>Culex modestus</i>	2	/	/	1	3	2.6	2	15	Accidentelle
<i>Culex pipiens</i>	2	50	/	13	77	67.5	4	80	Constante
<i>Culex theileri</i>	3	4	12	/	7	6.1	2	20	Accidentelle
Total	11	65	18	20	114	100	/	/	/

/ : Absence

À partir de ce tableau, nous pouvons remarquer que deux espèces sont **constantes à savoir** *Culex pipiens* et *Culex antennatus*.

L'abondance relative montre que l'espèce *Culex pipiens* est dominante avec un taux de 67.5%, bien qu'ayant la fréquence d'occurrence la plus élevée avec un taux de 80% (elle a été retrouvée dans tous les gîtes).

L'espèce *Culex theileri* récoltée dans 20% des gîtes est une espèce **accidentelle**, son abondance relative est très inférieure à celle de *Culex pipiens*. Elle occupe la troisième place en abondance.

L'abondance relative la plus faible est celle de *Culex modestus* avec un taux de 2.6%, et *Culex laticinctus* avec un taux de 1.8%. Ces dernières sont des espèces **accidentelles**.

1.4 Résultats des tests biologiques :

1.4.1 Détermination de l'effet larvicide des deux produits biologiques Silicone Aquatain AMF et Vectobac Bti contre les stades immatures de *Culex pipiens*:

Deux séries de tests de sensibilité ont été effectuées pour chaque stade larvaire (L1, L2, L3, L4 et Nympe) des deux produits biolarvicide (Silicone Aquatain AMF et le Vectobac).

En abscisse nous avons le temps (par heure) d'observation et en ordonnées le pourcentage de mortalité (faut noter que les pourcentages de mortalité n'ont pas été corrigés par la formule d'Abott (1925) car aucune mortalité n'a été enregistré dans les lots témoins.

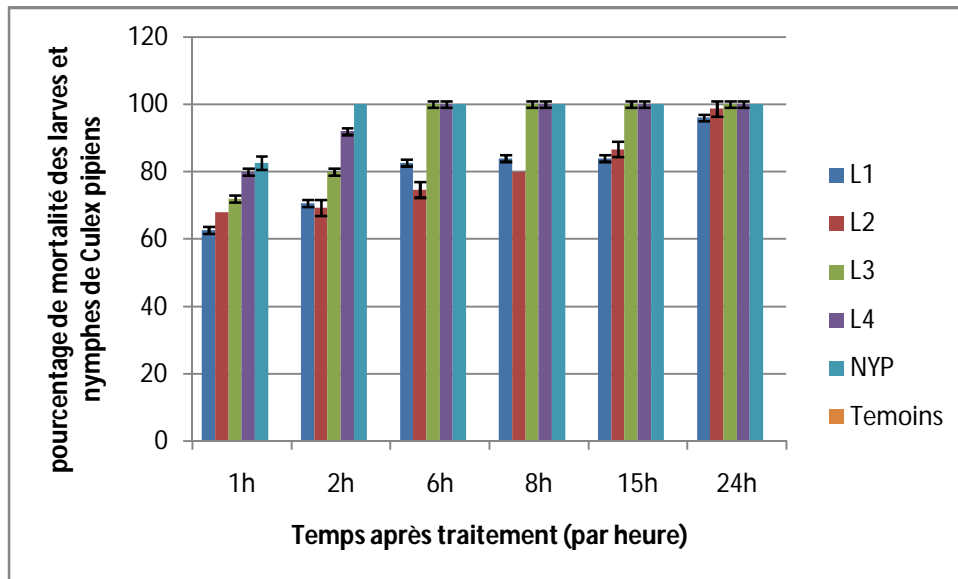


Figure 32 : Taux de mortalité des larves et nymphes de *Culex pipiens* traitées avec le **Silicone Aquatain AMF** (N= 25, m±s)

D'après les résultats mentionnés sur la figure 32, nous constatons que les nymphes sont les plus sensibles au Silicone Aquatain. Le produit a provoqué 100% de mortalité après 2 heures de contact. Pour ce qui est des stades larvaires avancés : L3 et L4, le 100% de mortalité a été obtenu 6 heures suivant le traitement. En revanche, chez les stades les plus jeunes, L1 & L2, la mortalité de 100% n'a pas été atteinte même après 24 heures de contact, les taux sont respectivement : 96% et 98%.

On constate que le Silicone Aquatain AMF agit rapidement sur les stades les plus avancés (L3, L4 et le stade nymphal), ceci peut être expliqué par le fait de la présence massive de ces derniers à la surface de l'eau (Fig.32).

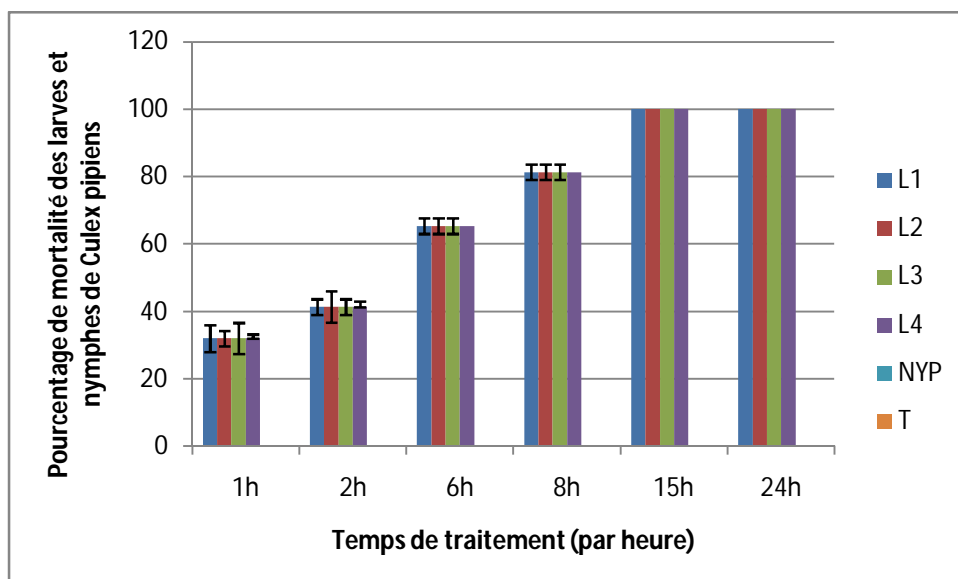


Figure 33 : Taux de mortalité des larves et nymphes de *Culex pipiens* traitées avec le Vectobac (Bti) (N= 25, m±s)

Les résultats représentés sur la figure 33 montre que le taux de mortalité augmente en fonction du temps comparativement aux témoins. Le produit provoque un taux de mortalité de 30%, dans la première heure qui suit le traitement et ceci pour les quatre stades larvaires (L1, L2, L3 et L4) .La toxicité du produit évolue d'une manière régulière pour atteindre 100% au bout de 15 heures. Cependant aucune mortalité n'a été notée chez les nymphes (Fig.33).

Nous avons constaté également, que l'effet biolarvicide est plus rapide chez les sujets traités avec une goutte Silicone comparativement à ceux traités avec 10 gouttes du Vectobac (Bti).

L'impact des deux biolarvicides testés, Silicone Aquatain AMF et Vectobac sur le cycle de vie de *Culex pipiens* peut être récapitulé dans le tableau ci-dessous.

Tableau 06 : Impact sur le cycle de vie *Culex pipiens* Aquatain vs Vectobac

Stade	Impact	
	Aquatain AMF	Vectobac (Bti)
Premiers stades larvaires (L1 & L2)	le stade le plus sensible peut prendre quelques jours pour être efficace.	sans effet impact rapide
Derniers stades larvaires (L3 & L4)	Stades les plus sensibles	Impact rapide
Nymphe	Mortalité rapide de la nymphe	sans effet

Adulte	Les femelles adultes se noient pendant la tentative de ponte	Pas d'effet
---------------	--	-------------

2. Discussion :

2.1 Gîtes trouvés :

Parmi les 41 gîtes prospectés ne contenaient pas de larves de moustique. Ceci peut être expliqué par le traitement de ces gîtes par les équipes d'HURBAL, dans le cadre de la lutte anti-larvaire. L'opération est souvent engagée en mois de février. L'absence des larves dans les trois gîtes à ciel ouvert au niveau de Sidi Moussa, prospectés au mois de mai, est due probablement aux pluies durant cette période et aussi au passage d'engins vu que le terrain est agricole. Toutes ces conditions sont défavorables au développement des larves de moustiques. Pour ce qui est des immeubles AADL au niveau de la région de Birtouta, l'absence des larves est due au fait que la plupart des caves sont entretenues par les habitants, en les asséchant et en les traitant par des huiles dérivées du pétrole.

2.2. Moustiques inventoriés :

Au terme de notre travail, 114 larves de Culicidae issues de quatre gîtes larvaires ont été identifiées. L'inventaire a révélé la présence de cinq espèces avec des abondances différentes (Fig.34).

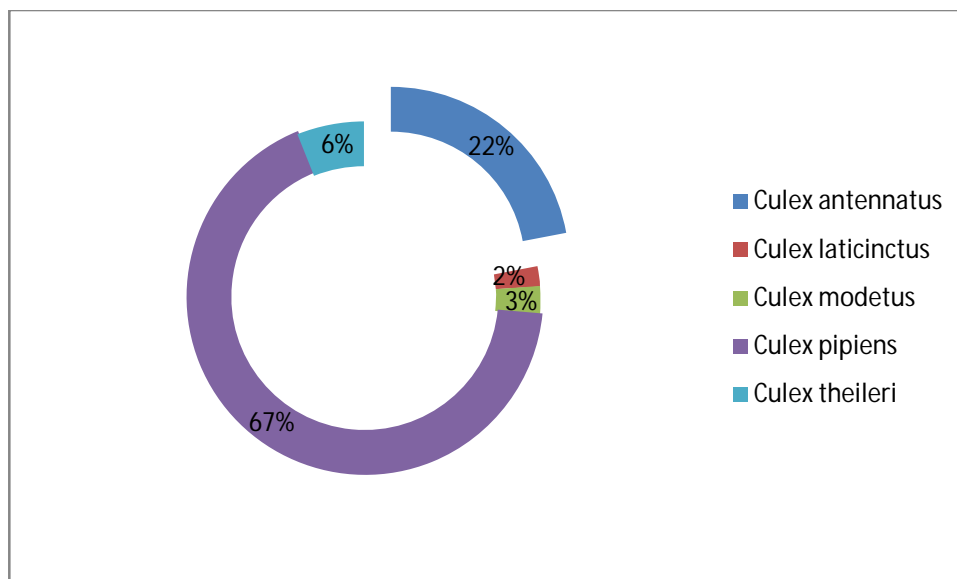


Figure 34 : Abondance relative des espèces de Culicidae dans les différents sites d'étude dans la wilaya d'Alger et le marais de Réghaia.

Selon les espèces identifiées lors de notre étude, nous constatons que *Culex pipiens* est l'espèce la plus abondante, elle est signalée dans tous les gîtes prospectés. Elle est suivie par *Culex antennatus*. Par contre *Cx. lactinctus*, *Cx. Modetus* et *Cx. theileri* ont une répartition très limitée et des fréquences faibles.

Cx. pipiens, est l'espèce la plus fréquente en Algérie, au Maghreb et en Afrique du Nord (Boulkenafet, 2006).. ses larves ne sont pas exigeantes. Elles peuvent être trouvées dans des gîtes très pollués (Brunhes et al., 1999 ; Da Cunha Ramos et Brunhes, 2004 ; Bossin et al., 2008).

Les larves de cette espèce sont rencontrées dans les gîtes les plus divers comme, les gîtes permanents à eau douce pauvre et riche en végétations, gîtes temporaires à eau douce riche en végétations. Cette espèce montre une plasticité au niveau de tous les gîtes prospectés, elle a été rencontrée par plusieurs auteurs dans les mêmes types de gîtes dont l'eau est fraîche et pure, encombrés en végétation (Senevet et Andarelli., 1960 ; Berner, 1974 ; Cousserans et al, 1976 ; Mas, 1977 ; Brunhes et al, 1999).

Berchi (2000), affirme l'existence de cette espèce dans les milieux urbains et sub-urbains de Constantine et plus particulièrement dans les gîtes riches en matière organique. Il est de même pour Karboua et Merniz (1997), Boudrihem (2001), Lounaci (2003), Hamaidia (2004) et Bebbba (2004) qui ont trouvés cette espèce dans des gîtes très divers.

Cx.pipiens est le vecteur majeur de filariose de Bancroft en Egypte. Ce moustique est aussi, responsable de la transmission du virus West Nile ainsi que d'autres arbovirus (Brunhes et al., 1999).

Nous avons observé cette espèce durant toute la durée de nos prospectionset qu'elle a été retrouvée dans tous les gîtes prospectés. *Cx. antennatus*, récolté dans les quatre gîtes (Ain Naadja, Sidi Moussa, Mohamadia et Réghaia). Cette espèce existe en Algérie et au Maroc (Hassain, 2002). Hamaidia (2004) l'a signalé dans la région de Souk-Ahras et dans la région de Tébessa.

Dans nos prospections *Cx modestus*, a été récolté dans le marais de Réghaia au mois de juin.

Cette même espèce a été signalé dans le Maghreb, mais sa présence y est toujours discrète (Brunhes et al, 1999). Lounaci (2003) affirme l'existence de *Cx modestus* dans le gîte du parc d'Institut agronomique d'El harrach . Hamaidia (2004) a signalé cette espèce dans la région de Tebessa au mois de décembre 2001, au niveau des gîtes pollués. Elle a été également signalée par Bebbba (2004) dans la région de Oued Righ.

Cx.theileri a été récoltée au niveau de lac de Réghaia et au gîte de Sidi Moussa. Cette espèce s'étend de l'Afrique du nord à la Russie, de l'Europe et du Maroc à l'Inde et au Népal (Brunhes et al, 1999). Elle est fréquente dans des gîtes variés, comme les gîtes pollués, les gîtes permanents riche en végétation et les gîtes temporaires à eau stagnante avec ou sans végétation.

Cx. theileri a été trouvé dans plusieurs région d'Algérie ; Senevet et Andarelli (1960) ont signalé l'existence de cette espèce à Alger et à Oran . Berchi (2000), l'a récolté à Constantine. Clastrier et Senevet (1961) ont signalé l'existence de cette espèce dans deux régions du Sahara algérien, Lounaci (2003) affirme que cette espèce préfère les gîtes naturels. Hamaidia (2004) l'a rencontré dans les régions de Souk-Ahras et Tébessa et Bebbba (2004) dans la région de Oued Righ.

Lors de notre travail, nous avons récolté *Cx laticinctus* dans une cave inondée au niveau d'Ain Naadja au mois de Mai. Elle présente une aire de répartition essentiellement méditerranéenne. Ses larves sont capables de se développer dans les gîtes les plus souvent artificiels mais aussi naturels (Brunnhes *et al.*, 2001). Hamaidia (2004) l'a signalé au niveau des gîtes temporaires et permanents dans la région de Souk-Ahras et Tébessa.

2.3 Efficacité biolarvicide des produits testés :

Le Vectobac (Bti), a montré un effet biolarvicide très intéressants, les résultats du test réalisé ont révélé un taux de mortalité de 100% chez les larves des quatre stades (L1, L2, L3 et L4) après 15h de traitement comparativement aux témoins. Cependant aucune mortalité n'a été enregistrée chez les nymphes.

Ceci peut être expliqué par le fait que le Vectobac (Bti), est un biolarvicide qui agit par voie intestinale, il est sans effet sur les nymphes vu que ces dernières ne se nourrissent pas. Selon Boisvert *et al.*, (2004), pour obtenir un effet toxique occasionné par des cristaux de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*, les larves de moustiques doivent :

1. ingérer le cristal de *Bti*, donc le capturer et l'avalier,
2. posséder un tube digestif à pH hautement alcalin,
3. posséder les enzymes protéolytiques capables de transformer les protoxines en molécules toxiques et finalement,
4. posséder les récepteurs membranaires adéquats, c'est-à-dire compatibles avec les toxines libérées par les enzymes (Boisvert *et al.*, 2004).

Le *Bti* a démontré un effet larvicide important sur de nombreuses espèces de moustiques. En 1985, les travaux de Margalit et Dean (1985), ont rapporté que 72 espèces de moustiques étaient sensibles à l'action du *Bti*. Treize ans plus tard, ce nombre s'établissait à plus de 115 espèces de moustiques (Glare et O'Gallaghan, 1998).

Le silicone Aquatain AMF a montré un effet biolarvicide sur tous les stades biologiques, plus importants contre les nymphes(100% de mortalité après 2h de contact)et les stades les plus avancés (L3 et L4) (avec 100% de mortalité au bout de 6h de traitement) du *C.pipiens*. En effet, ce produit agit uniquement par contact, en formant une pellicule très fine de Silicone à la surface de l'eau, ce qui affecte le cycle de vie des moustiques de deux façons : elle décourage les femelles de déposer des œufs à la surface et se noient lors de tentative de ponte. Aussi, elle empêche les larves de se fixer à la surface et d'émerger (Anonyme, 2011).

De ce fait, le Silicone Aquatain AMF exerce une action physique plus que chimique (Anonyme, 2011)

Ces résultats sont similaires à ceux qui ont été obtenus lors des essais réalisés par Webb et al.,(2011) ce qui confirme l'efficacité du produit dans le blocage du cycle de reproduction du moustique dans la phase aquatique.

Des résultats similaires ont été trouvés par plusieurs chercheurs à travers le monde. Webb et Russell, in Anonyme (2011), signalent qu'après 48 heures de traitement avec le silicone, une grande différence a été ressentie dans la quantité d'œufs déposés et l'élimination des

moustiques adultes dans les récipients d'oviposition traités et non traités, sans pose d'œufs dans les récipients traités. Ces auteurs rajoutent que la mortalité moyenne de pupes de *Cx. Quinquefasciatus* dans des conteneurs traités a atteint 94.7% après 60 minutes atteignant les 100% 120 minutes plus tard en Vinizuela. De meme, Grizzle et Huntley, in Anonyme (2011), affirment que Les résultats en laboratoire comme les résultats sur le terrain en Jamaïque, indiquent l'efficacité du produit dans l'élimination des moustiques *Aedes aegypti* et *Culex*. Reyes-Lugo et Agregado, in Anonyme (2011), révèlent que la pellicule de liquide AMF Aquatain contient un contrôle physique efficace sur les larves du moustique de type *Aedes aegypti*, engendrant 100% de mortalité au cinquième jour de traitement avec le silicone en Srilanka.

Conclusion

Notre étude comporte deux axes de recherche : la première partie concerne l'étude de la biodiversité de *Culicidae* dans quelques stations d'étude de la wilaya d'Alger et le marais de Réghaia.

L'étude de la biodiversité dans les différents gîtes prospectés, a révélé la présence de cinq espèces de moustiques appartenant à une seule sous famille, qui est celle des Culicinae et à un seul genre : *Culex* avec des abondances relatives différentes. *Culex pipiens* est l'espèce la plus abondante avec 67,5%, suivie par *Culex antennatus* 22%, *Culex theileri* (6.14%), *Culex modestus* 2,63% et enfin *Culex laticinctus* (1,77%).

La seconde partie de notre travail, est consacrée à l'étude de l'effet larvicide d'un produit biologique Silicone Aquatain AMF sur une population de *Culex pipiens* en le comparant avec un autre biolarvicide, le Vectobac (Bti). Les résultats obtenus démontrent que le Silicone Aquatain AMF est très efficace vis-à-vis des nymphes et les stades larvaires les plus avancés (L3 et L4). En effet, ce produit a provoqué la mortalité de 100% des nymphes traitées au bout de 2h et des larves (L3 et L4) au bout de 6h.

Selon Anonyme (2011), ce produit agit sur le blocage total du cycle de vie des moustiques en phase aquatique au bout de 24h. Une fois appliqué il se répand rapidement sur toute la surface. Peut être utilisé, en toute sécurité, aux endroits où les moustiques se reproduisent parce qu'il exerce une action physique plus que chimique. Son application ne nécessite aucun équipement. La dose préconisée est de un (1) litre pour 1000 mètres carrés (Anonyme, 2011).

En revanche, le **Vectobac (Bti)**, a causé un taux mortalité de 100% de tous les stades larvaires après 15h de traitement. Cependant aucune mortalité n'a été notée chez les nymphes. Le Bti est un larvicide biologique qui agit exclusivement par ingestion. Pour cela, il n'a aucun effet sur les nymphes car ces dernières ne se nourrissent pas.

Comme perspectives, nous recommandons au Ministère de la santé via l'HURBAL de programmer rapidement l'utilisation de Silicone Aquatain AMF pour le contrôle de la lutte antilarvaire au vu de préserver l'environnement et assurer la santé et le confort publique.

References Bibliographiques :

1. ABBOTT A., 1925- A Method For computing effectiveness an insecticide. J. Econ. Ent, 18 :267p.
2. AKOGBETO M. 1995- Etude entomologique sur la transmission du paludisme côtier lagunaire : Dans d'un village construit sur un lac d'eau saumâtre. *Annales de la Société Belge de Médecine Tropicale*, 75 : 219-227.
3. Anonym (2011). Gren Flow Ltd. Advanced water tech. Aquatain AMF Liquid Mosquito Film- Un nouveau moyen de combattre la malaria en Afrique.
4. AYITCHEDJI, A.M. 1990- Bioécologie de *Anopheles melas* et de *Anopheles gambiae* s.s. Comportement des adultes vis-à-vis de la transmission du paludisme en zone côtière lagunaire, République du Bénin. *Mémoire de fin de formation en TLM-DETS-CPU-UNB, Cotonou*. 76p
5. Becker, N. *et al.*, 2010- *Mosquitoes and Their Control, Second edition* (Springer; 2nd ed. edition).
6. Berchi S., 2000 - Bioécologie de *Culex pipiens* L. (Diptera : Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de luttés. Thèse doc. Es – science, Université de Constantine, Algérie : 133p.
7. Berner L., 1974 – Listes des moustiques provençaux. Bulletin du Muséum d'histoire Naturelles de Marseille, Tome XXXIV : 285-296.
8. Boisvert, Jacques, Lacoursière, Jean O., 2004- *Le Bacillus thuringiensis israelensis et le contrôle des insectes piqueurs au Québec*, Québec, ministère de l'Environnement, Envirodoq no ENV/2004/0278, 101 p., document préparé par l'Université du Québec à Trois-Rivières pour le ministère de l'Environnement du Québec.
9. Bouabida H., Djebbar F. et Soltani N. 2012- Étude systématique et écologique des moustiques (Diptera : Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). *Faunestic Entomology*, 65 : 99-103.
10. Boudrihem R., 2001 – Contribution à l'étude d'un inventaire systématique des Culicidae (Diptera, Nematocera) dans quelques gites situés dans la région de Touggourt. Mém. De DES Univ. Constantijne, 20p.
11. Boulkenafet F. 2006- *Contribution à l'étude des Phlébotomes* (Diptera : Psychodidae) *et appréciation de la faune Culicidienne* (Diptera : Culicidae) *dans la région de Skikda*. Mémoire de Magister, Université de Constantine, 190 p.
12. Bourbonnais G. 2012- *Directives pour la collection d'insectes et d'arthropodes*. Cours. Collège d'Enseignement Général et Professionnel, Québec.
13. BRUCE-CHWATT L.J. 1985- *Esse/rticcl Mdmfdogy*, W. Heinemann Med. Books Ltd., 2nd ed. 452.
14. BRUCE-CHWATT L.J. 1985- *Esse/rticcl Mdmfdogy*, W. Heinemann Med. Books Ltd., 2nd ed., 452.

15. Brunhes J., Rhaim A., Geoffroy B., Angel G. et Hervy J-P. 1999- *Les moustiques de l'Afrique méditerranéenne : Programme d'identification et d'enseignement*. Ed. IRD, Montpellier.
16. Brunhes J., Rhaim A., Geoffroy B., Angel G., Hervy J-P., 2001 – Les moustiques de L'Europe. Logiciel d'identification et d'enseignement. IRD édition
17. Carnevale P., LE GOFF G., TOTO J.-C., R OBERT V. 1992 - *Anopheles nili* Theobald 1904-as main vector of human malaria in villages in South Cameroon. *Med. Vet. Entomol.* ; 6 : 135-13-
18. Charlwood J.D., Dagoro H.1989- Collateral effects of bednet impregnated with permethrin in against bedbugs (*Cimicidce*) in Papua-New Guinea. *Trciris. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*; 83: 261.
19. Clements, A. N., 1999- *The Biology of Mosquitoes: Sensory, Reception, and Behaviour*. (CABI Publishing, Eastbourne).
20. Coene J., NGIMBI N.P., MULUMBA M.P., WERY M. 1989 – Ineffectiveness of mosquito coils in Kinshasa, Zair. *Trans. R. Soc. Trop.Med.Hyg.* 1989; 83 : 568-569.
21. Coffinet T., Rogier C. et Pages F. 2009- Évaluation de l'agressivité des anophèles et du risque de transmission du paludisme : méthodes utilisées dans les Armées françaises. *Médecine Tropicale*, 69(2) : 109-122.
22. Combemalle P, Deruaz D, Villanova D, Guillaumont Ph. 1992- Les insectifuges ou les repellents. *Ann Dermatol Venerol* ; 119 : 411-34.
23. Coosmans M, Van Compel A.1998- Les principaux arthropodes vecteurs de maladies. Quels risques pour le voyageur d'être piqué ? d'être contaminé ? *Bull. Soc. Pathol. Ex.* 91 (5-5bis) 467-473.
24. Dajoz R. 1971- *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 434p.
25. DARRIET, F. 1998- La lutte contre les moustiques nuisants et vecteurs de maladies, Khartala-orstom, Paris. 91 p.
26. Delaunay P., Fauran P. et Marty P. 2001- Les moustiques d'intérêt médical. *Revue Française des Laboratoires*, 338 : 27-36.
27. Dieng. 1995 – Les moustiques et la transmission du paludisme en 1995 dans la zone de Niakhar (Sénégal). Mémoire de D.E.A de Biologie Animale, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 129p.
28. Dye C., 1992 - The analysis of parasite transmission by bloodsucking insects. *Annu. Rev. Entomol*, 37: 1-19.
29. El Ouali Lalami, El Hilali O., Benlamlih M., Merzouki M., Raiss N., Ibensouda Koraichi S. et Hommi O. 2010- Étude entomologique, physicochimique et bactériologique des gîtes larvaires de localités à risque potentiel pour le paludisme dans la ville de Fès. *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat*, 32(2) : 119-127.
30. Fontaine R.E., Rosen P. 1973 - *Evaluation of abate insecticide formulations as larvicides against Anopheles gambiae*, in Northern Nigeria. *Mosq. News*; 33: 428-440.

31. Fradin MS. 1998- Review Mosquito Reppellents. A clinical's Guide. Ann intern Med; 128: 931-40.
32. Frolet C. 2006 –Rôle des voies de signalisation de type I κ B /NF κ B dans la réponse immunitaire du moustique *Anopheles gambiae*. Thèse Doctorat. Ecole Doctorale Sciences de la Vie et de la Santé ; Université Louis Pasteur Strasbourg I , 158p.
33. Grassé P., Raymond A. et Odette T. 1970-zoologie I, 2 Edition revues et complétée .Ed Masson, Paris : 718-722 pp.
34. Guillaumot, L. 2006- Les moustiques et la dengue. Institut Pasteur de Nouvelle Calédonie. 15 p. Article. Site: Institut Pasteur. Date de consultation : 04.07.2008. Hyperlien (url) : http://www.institutpasteur.nc/article.php?id_article=78
35. Hamaidia H., 2004 – Inventaire et biodiversité des Culicidae (Diptera, Nematocera) dans la région de Souk-Ahras et de Tebessa (Algérie). Mém Mag. Université de Constantine.152p.
36. Hassain K., 2002 – Biogéographie et biotypologie des Culicidae (Diptera – Nematocera) de l'Afrique méditerranéenne. Bioécologie des espèces les plus vulnérantes (*Aedes caspius*, *Aedes detritus*, *Aedes mariae* et *Culex pipiens*) de la région occidentale d'Algérie.
37. Henrique R. 2004- les Toxorhynchites Theobald de Madagascar (Diptera : Culicidae) –Ann. Soc. Entomol.Fr. 40 (3-4) : 243-257 pp.
38. IROKO, F. A. 1994- Une histoire des hommes et des moustiques en Afrique. Côte des esclaves (XVI^e - XIX^e siècle). *L'harmattan, 1994. Racines du présent. 169 p.*
39. Jacquemin P. et Jacquemin J.L. 1980- *Parasitologie clinique*. 2e édition. Ed. Masson, Paris, 247p.
40. Jetten, T. H. and Takken, W., 1994- *Anophelism without malaria in Europe: a review of the ecology and distribution of the genus Anopheles in Europe*. (Wageningen agricultural university press, Wageningen).
41. Kerboua F., Merniz N., 1997 – Contribution à l'impact de quelques paramètres physicochimiques des eaux, sur la prolifération des Culicidae(Diptera) en zone préurbaine (Wilaya de Constantine). Cas particulier de *Culex pipiens* L. Mém d'Ing D'Etat en écologie, Univ. De Constantine, 72 p.
42. Lane, P. R. & Crosskey, R. W., 1993- Medical insects and arachnids. *Chapman and Hall*, 723p.
43. LINDSAY S.W., GIBSON M.E.1988 - Bednets Revisited. Old Idea, New Angle. *Parasitology Today*; 4, 10: 270-272.
44. Lord C. c., Woolhouse M. E., Heesterbeek J. A., Mellor P. S., 1996 - Vector-borne diseases and the basic reproduction number: a case study of African horse sickness. *Med. Vét. Entomol.*, 10 : 1928.
45. Maire A. 1977- Identification des biotopes à larves de moustiques des tourbières de la Basse-Mauricie (Québec Méridional). *Le Naturaliste Canadien*, 104 : 429-440.
46. Mas J-P, 1977 – Les moustiques et leur biotopes. Ann. Soc. Nat. Charente Maritime : 153-259.

47. Metallaoui A. (2008). Fièvre du Nil occidental : Historique et situation épidémiologique en Algérie. *Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO)*. □ <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak151f/ak151f00.pdf> □ 14/04/2013.
48. Mouchet J., Faye O. et Handschumacher P. 1995- les vecteurs de maladies dans les mangroves des Rivières du Sud. 117è123 p.
49. MOUCHET J. 1980 - Lutte contre les vecteurs et nuisances en Santé Publique. *Eircycl. méd. Cltir.*, Paris, *Maladies infectieuses*, 8120B.. 10 : 1-16.
50. Nowak J. 2012- Les arthropodes. *EntomoLOGIC : l'entomologie à la portée de tous*.
51. O.M.S. 1992 - Résistance des vecteurs et pesticides. *Ser. Rap. Tech.*, n°818.
52. O.M.S. - The use of impregnated bednets and other materials for vector- borne disease control. *Doc. WHONBC* 1989, 861.
53. Ouadahi F. 2011- West Nile : Fièvre du Nil occidental en Algérie. *Atelier régional sur la surveillance et le contrôle de la West Nile*, 16-20 Mai, Direction des services vétérinaires, Italie.
54. Ramade F. 1984- *Eléments d'écologie-Ecologie fondamentale*. Ed. Mc Graw-Hill, Paris, 397p.
55. Rodhain F, Perez C., Précis d'entomologie médicale et vétérinaire, Maloine éditeur, 1985, Paris, 458 p.
56. Senevet G., Andarelli L., 1960 – Contribution à l'étude de la Biologiu des moustiques en Algérie et dans le Sahara Algérien *Arcn. Inst. Pasteur d'Algérie*, T. XXXXVIII, № 1 : 305-326.
57. Sérandour J. 2007- *Contribution à l'étude des moustiques anthropophiles de France : le cas particulier du genre Coquillettidia*. Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble I, 212p
58. Sholdt L.L., Ehrhardt D.A., Michael A.C. 1972- A guide to the use of the mosquito fish, *Gambusia affinis*, for mosquito control. *Navy Envir. Prev. Med. Univ.*; 2 : 18.
59. Schreck C.E., Posey K., Smith D. 1978- Durability of permethrin as a potential clothing treatment to protect against blood-feeding arthropods. *J. Econ Entomol* 71: 397-400.
60. WEISER J.1991 - *Biology control of vectors*. J. Wiley and sons, n°188.
61. Wood D.M. 1984- Clé des genres et des espèces de moustiques du Canada. Institut de Recherche Biosystématique, Ottawa (Ontario), 92 p.

Annexe I

Matériel et produits utilisés.

Matériels utilisés sur terrain	Matériels utilisés au laboratoire
Une Louche Un bidon Bouteilles Les Étiquète Antonoire Une torche Des bandelettes de pH Bloc note Appareil photo.	Un Plateau pour trier les larves récoltées Une Pipette pasteur Une poire Des tubes, alcool (70°, 90° et 100°) et glycérol Le potasse (KOH), l'eau distillée, baume du canada, chronomètre. Lame et lamelle Un microscope photonique Loupe binoculaire. Des gobelets Le Silicone Aquatain AMF Le Vectobac (Bti)

Quelques photos.



Annexe II

Tableau comparatif des deux biolarvicides Silicone Aquatain AMF vs Vectobac (Bti)

Article	Aquatain AMF	Vectobac (Bti)	Supériorité d'Aquatain
Matière active	Silicone	<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>	Non applicable
Méthode d'application	Peut être versé directement sur la surface de l'eau.	Seulement par pulvérisation, en utilisant un matériel de pulvérisation spécifique	+
Coût des équipements	Pas d'équipement exigé	Seulement par pulvérisation, en utilisant un matériel de pulvérisation spécifique	+
Coût du produit	Similaire au Bti	Similaire à l'aquatain	Similaire
Uniformité de l'application	Sera répandue à travers la surface de l'eau pour former un film uniforme	Doit être appliquer également dans chaque partie de l'eau afin d'assurer une couverture homogène	+
Coût total par un ha pour 1 mois	Moins cher en raison de la faible dose d'application et de la faible fréquence d'application exigée	Coûteux en raison de la fréquence élevée d'application et du dosage	+
Taux élevé de matière organique	Pas d'effet : le film est répandu autour de la végétation et autres obstacles. Pas besoin d'augmenter le dosage si l'eau a un taux élevé d matière organique	Le dosage doit être augmenté substantiellement dans l'eau contenant un fort taux de matière organique, étant donné que le Bti doit concourir	

		avec la matière organique comme nourriture pour les larves	+
Mode d'action	Film très fin qui rompe le cycle de vie du moustique	Ingestion des Bti par les jeunes larves	Non applicable
Population de larve élevée	Pas d'augmentation nécessaire du dosage	Un dosage élevé est recommandé si la population de larve est élevée	+
Résistance	Il n'est pas possible pour le moustique de développer une résistance au produit, étant donné qu'ils doivent utiliser la surface de l'eau pour leur cycle de reproduction	S'il est utilisé avec répétition, les larves peuvent développer une résistance	+
Impact sur l'environnement	Minimal	Minimal	+
Rémanence	4 semaines	Réappliquable autant nécessaire (généralement chaque 7-14 jours).	+
Stockage	Durée de vie en moins 2 ans même dans des conditions de température élevée	Doit être stocké dans un endroit frais et sec (au dessous de 24°) tout le temps. Sinon les Bti se détérioreront.	+
Classification d dangerosité	Pas dangereux	Pas dangereux	Similaire
Aquaculture	Usage sûr	Usage pas sûr	+

Toxicité	Pas toxique. Certification NSF aux Etats-Unis	Pas-toxique	+
Espèces non ciblées	Effet temporaire sur quelques espèces non ciblées comme les notoectes, mais un recouvrement complet après la dégradation du film	Plusieurs espèces de chironomidés sont susceptibles aux Bri	+
Distribution aux habitants	Peut être distribué à travers le réseau de la ville et être appliqué par les habitants, n'étant pas toxique et ne nécessite aucun équipement pour son application.	En général, non disponible pour application par le publique parce que les doses d'application doivent être calculé pour chaque volume d'eau.	+