



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie
Département des sciences de la nature et de la vie

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Microbiologie appliquée

Réf. :

Présenté et soutenu par :
Roumaissa AMRI et Wafia Wiam TOBNI

Le : mardi 28 juin 2022

Thème

Les interactions moustiques et Bactéries

Jury :

| | | | |
|---------------------------|-----|----------------------|------------|
| Mme. BEN HARZALLAH Naouel | MCA | Université de Biskra | Président |
| M. MERABTI Ibrahim | MCA | Université de Biskra | Rapporteur |
| Mme. BENAMEUR Nassima | MCB | Université de Biskra | Examineur |

Année universitaire : 2021-2022

Remerciement

*Nous remercions tout d'abord Allah le tout puissant de nous avoir donné du courage, la santé, la patience, et la volonté de mener à bien ce modeste travail. Nous tenons à remercier notre encadreur monsieur «**Merabti Ibrahim**» qui nous aide pour finir ce travail Nous tenons aussi à exprimer nos sincères remerciements à tous les enseignants qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études. Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible.*

Dédicaces

Je dédie ce mémoire ;

Après un remerciement sincère au dieu.

De profond de mon cœur, je dédie ce travail à

Mes parents "Djaouida" et "Brahim" les plus chers dans mon cœur, Ceux qui m'ont donné la vie, qui sacrifie pour mon bonheur et ma réussite, merci pour votre présence dans les moments qui m'étaient les plus difficiles, pour votre soutien moral et matériel durant tous mes années d'études, que dieu mes les gardes, je vous aime plus que moi-même.

A ma chère sœur Mina, mon frère Smail et mes sœurette Nour, Serine et Saadia la source d'espoir et de motivation, je ne trouve pas des mots suffisants pour vous remercie et pour exprimer l'amour et la fidélité que je vous porte.

Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

Wiam

Dédicaces

Après un remerciement sincère au dieu.

De profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers.

A ma chère famille...

Je vous remercie pour tout le puissant amour que vous me portez depuis mon enfance ; que ce modeste travail soit le fruit de vos innombrables sacrifices.

Merci à ma chère mère Fatima : Celle qui m'a donné la vie, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, merci pour votre présence dans les moments qui m'étaient les plus difficiles, je vous aime plus que moi-même maman. . Merci à mon cher père Naoui qui m'a toujours soutenu, qui a sacrifié sa vie pour notre bien. A ma sœur Sali. Mes frères Mahdi, Iyade et Amir. A mes cousines Bouthaina, Wissal et Faten.

A mes amies, mes très chères amies Chourouk qui m'a aidé Nada, Chahira, Raounek et rania. A mon binôme Ouiam... je ne trouve pas des mots suffisants pour vous remercier et pour exprimer l'amour et la fidélité que je vous porte. Que le grand dieu garde notre forte relation jusqu'à l'infinie.

Roumaissa

Table des matières

| | |
|------------------------------|-----|
| Liste des Tableaux..... | I |
| Liste des Figures | II |
| Liste des Abreviations | III |
| Introduction..... | 1 |

PREMIERE PARTIE: partie experimentale

Chapitre1: Matériel et Méthode

| | |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 1.1 Le matériel biologique : | 2 |
| 1.1.1 Systématique des <i>Culicidae</i> : | 2 |
| 1.1.2 La répartition des moustiques dans le monde : | 3 |
| 1.1.3 Morphologie générale des Culicidés : | 4 |
| 1.1.3.1 L'œuf | 4 |
| 1.1.3.2 La larve | 5 |
| a) La tête | 6 |
| b) Le thorax | 6 |
| c) L'abdomen | 6 |
| 1.1.3.3 La nymphe | 6 |
| 1.1.3.4 L'adulte (l'imago) | 6 |
| 1.1.4 Cycle de développement | 8 |
| 1.1.4.1 Phase aérienne | 8 |
| 1.1.4.2 Phase aquatique : | 9 |
| 1.1.5 Nutrition, activité et nuisance | 10 |
| 1.1.5.1 Nutrition..... | 10 |
| 1.1.5.2 Activité | 10 |
| 1.1.6 Pouvoir pathogène des moustiques | 11 |
| 1.1.6.1 Le paludisme : | 11 |
| 1.1.6.2 La fièvre jaune : | 12 |
| 1.1.6.3 La dengue..... | 12 |
| 1.1.6.4 Chikungunya | 12 |

| | | |
|---------|-----------------------------------|----|
| 1.2 | Les Méthodologie de travail..... | 13 |
| 1.2.1 | L'attraction..... | 13 |
| 1.2.1.1 | Collecte des échantillons : | 14 |
| 1.2.2 | La lutte..... | 16 |
| 1.2.3 | Le traitement | 18 |

Chapitre 2: Résultats et Discussion

| | | |
|-------|-------------------------------------------|----|
| 2.1 | L'interaction avec la flore cutanée | 17 |
| 2.2 | La lutte biologique | 17 |
| 2.2.1 | La lutte antivectorielle | 17 |
| 2.2.2 | La lutte larvaire | 19 |
| | Conclusion | 22 |
| | Références Bibliographiques | 23 |
| | Résumé | 23 |

Liste des Tableaux

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1. Classification des moustiques (selon linné, 1758). | 2 |
| Tableau 2. Les maladies vectorielles transmis à l'homme par les moustiques (Smv, Sfp, 2010). | 11 |
| Tableau 3. Les bactéries et leurs substances volatiles (Schereck et James, 2010). | 17 |
| Tableau 4. Efficacité de la souche 1593-4 <i>Bacillus sphaericus</i> sur la 3 ème stade larvaire de trois espèces de moustiques (Said, 1987). | 19 |
| Tableau 5. Efficacité de deux souches de <i>Bacillus sphaericus</i> sur le stade 2 de <i>Culex pipiens</i> | 20 |
| Tableau 6. Efficacité de deux souches de <i>bacillus sphaericus</i> sur le stade 3 de <i>culex pipiens</i> (La lecture est effectuée après 48 h de contact). | 20 |

Liste des Figures

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1. Classification des <i>culicidae</i> de l'Afrique méditerranéenne (Brunches et al, 1990)..... | 4 |
| Figure 2. Les œufs des culicidés selon le genre (OMS, 2003)..... | 5 |
| Figure 3. Larve au 4ème stade (Brunches <i>et al.</i> , 2000). | 5 |
| Figure 4. Morphologie générale d'un adulte de <i>Culicidae</i> (Brunches <i>et al.</i> , 1999)..... | 7 |
| Figure 5. Cycle biologique des <i>culicidae</i> (Brunches <i>et al.</i> , 1999). | 9 |
| Figure 6. Olfacomètre (Verhulst et al., 2011). | 14 |
| Figure 7. Schéma simplifié du mode d'action des cristaux de <i>Bacillus thuringiensis</i> dans l'intestin de lépidoptères (Sanchis,2016). | 17 |

Liste des abréviations

BS: *Bacillus sphaericus*

BTI: *Bacillus thuringiensis israelensis*

COV : Composé organique volatile.

DL : dose lytique

Introduction

Introduction

L'étude des insectes à une importance médicale, vétérinaire et écologique est l'une des préoccupations actuelle chez les scientifiques, car ils sont responsables d'une multitude de maladies vectorielles. Pourtant, ils jouent un rôle utile et même essentiel dan la vie de nos lacs et cours d'eau, des milieux où, de la bactérie aux gros poissons prédateurs, la vie de chacun dépend de la présence de l'autre (Merabti, 2016).

Les maladies à transmission vectorielle sont des maladies humaines provoquées par des parasites, des virus ou des bactéries transmis par des vecteurs, ces derniers sont des arthropodes capables de transmettre des maladies infectieuses d'un hôte (animal ou humain) à un autre. Il s'agit souvent d'insectes hématophages qui lors d'un repas de sang ingèrent des micro-organismes (bactéries, parasites ou virus) pathogènes présents chez un hôte infecté pour les réinjecter dans nouvel hte a l'occasion du prochain repas de sang (Lacey et Undeen, 1986).

Les moustiques, constituant la famille des *Culicidae*, comptent plus de 3500 espèces différentes distribuées dans le monde entier, pour la plupart hématophages. Parmi ces espèces, certaines sont capables de transmettre des agents pathogènes aux vertébrés, faisant d'eux un problème important de santé publique. Les espèces les plus décrites appartiennent aux genres *Anopheles*, *Aedes* et *Culex* (Becker *et al.*, 2010).

Selon le rapport de l'OMS, les maladies à transmission vectorielle par pique de moustiques comme la dengue ; chikungunya, l'encéphalite japonaise ; virus de Nil occidental ou le paludisme representaient environ 17% des maladies infectieuses à l'échelle mondiale (O.M.S, 2003).

Le lien entre le monde bactérien et les moustiques est un domaine de recherche émergent. La diversité des moustiques, des microorganismes et la nature de leurs interrelations soulèvent la question de l'importance des interactions qui se déroule entre eux.

L'objectif de notre travail est base sur la présentation de l'interaction trouvée entre les moustiques et les bactéries en premier temps suite une synthèse des résultats de quelques études concernant ce sujet.

Première partie

Partie expérimental

Chapitre 1

Matériel et Méthodes

1 Matériels et méthodes

1.1 Le matériel biologique :

Les moustiques sont des arthropodes appartenant à la classe des insectes dans le règne animal. Ils forment le sous-ordre des Nématocères dans l'ordre des *Diptères*. Avec les pièces buccales de type piqueur suceur, les moustiques appartiennent à la famille des *Culicidae*, ils forment une grande famille homogène et spécifiquement très diversifiée (Rhodain et Perez, 1985).

Les moustiques sont des insectes à métamorphose complète, les œufs donnent naissance des larves aquatiques actives qui deviendront des nymphes mobiles avant de se transformer en imago volants (Villeneuve et Desire, 1965).

1.1.1 Systématique des *Culicidae* :

Les moustiques sont des Arthropodes, Antennates, appartenant à la classe des insectes (Hexapodes), ordre des Diptères possèdent une seule paire d'aile, et au sous-ordre des Nématocères. Les moustiques appartiennent à la famille des *Culicidae* (Tab1).

Tableau 1. Classification des moustiques (linné, 1758).

| | |
|----------------------|------------------|
| Règne : | Animalia |
| Sous-règne : | Metaoa |
| Embranchement : | Arthropoda |
| Sous-embranchement : | Xexapoda |
| Classe : | Insecta |
| Ordre : | <i>Diptera</i> |
| Famille : | <i>Culicidae</i> |

1.1.2 La répartition des moustiques dans le monde :

Environ 3000 espèces des *Culicidae* sont connues dans le monde (Knight et Stone, 1977), la faune de l'Afrique de nord est composé de 66 espèces appartenant à deux sous-familles, en 07 genres et en 17 sous-genres (Brunhes *et al.*, 1999) dont sa richesse spécifique varie considérablement d'un pays à l'autre (Brunhes *et al.*, 2000).

Ce groupe d'insectes se répartie dans les régions méditerranéennes, en Amérique, en Inde, en Europe septentrionale, en Europe méditerranéenne, en Asie et à Madagascar (Senevet et Andarelli, 1963).

En France, la faune culicidienne est d'une vaste répartition, elle comprend 7 genres et 54 espèces, représentées par les espèces montagneuses, les espèces méditerranéennes et nordiques (Rageau et Adam, 1952). Au Maroc, 50 espèces de moustiques réparties entre 7 genres et 15 sous genres, ont été signalées depuis le début de siècle 10 d'entre elles sont restées douteuses ou signalées d'une manière incertaine : *Aedes pullatus*, *Aedes vittatus*, *Anophèles hyrcanus*, *Anophèles gambiae*, *Culex territans*, *culiseta litorea* et *culiseta morsitans* (Trari *et al.*, 2003).

En Algérie seules les deux sous-familles *Culicinae* et *Anophelinae* sont représentées (Berchi, 2000) avec six genres répartis comme suit : la sous famille d'*Anophelinae* comprend un seul genre uniquement qui est le genre *Anophèles* (Meigen, 1818). Dans La sous famille du *Culicinae*, on compte cinq genres : *Culex* (Linné, 1758), *Aedes* (Meigen, 1818), *Culisieta* (Lemaire, 1902), *Orthopodomyia* et *Uranotaenia* (Theobald, 1904). Merabti *et al.* (2021) à déclarer la présence de 53 espèces réparties dans les quatres coins de notre pays, des travaux à rester pour confirmer une liste exacte des espèces culisidienne.

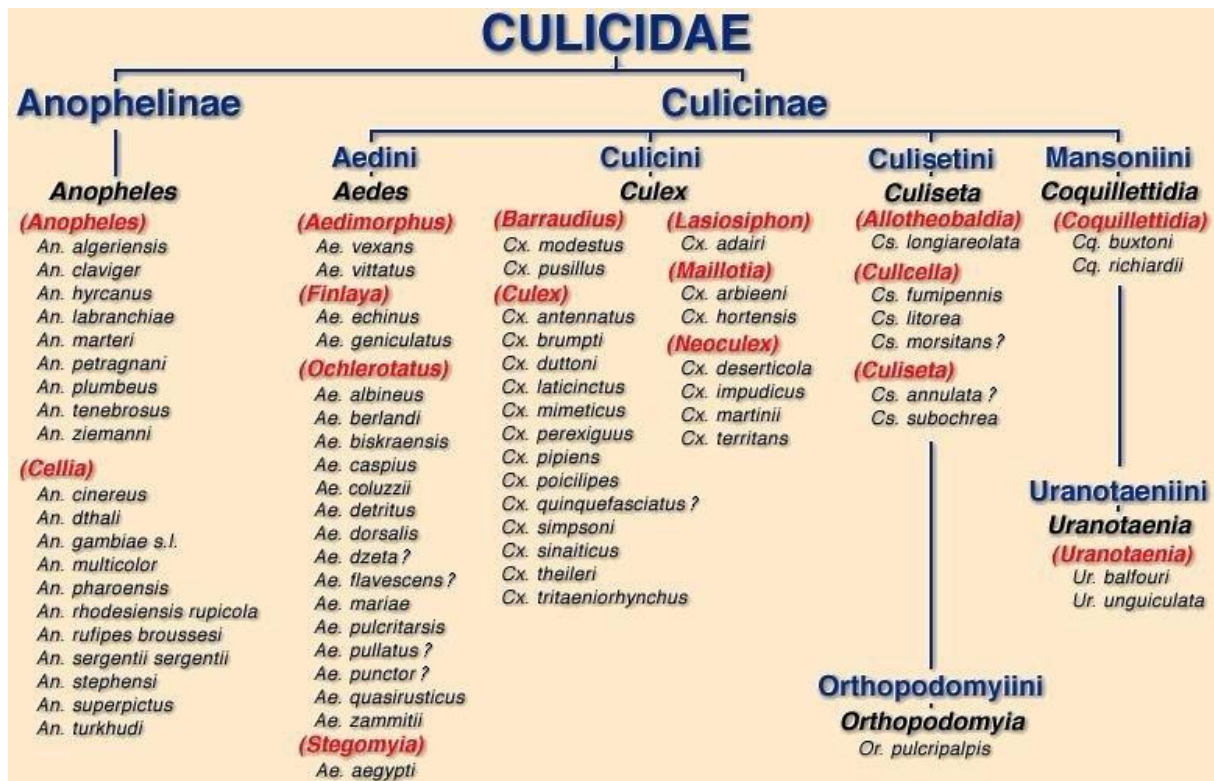


Figure 1. Classification des *culicidae* de l'Afrique méditerranéenne (Brunches *et al.*, 1990).

1.1.3 Morphologie générale des Culicidés :

1.1.3.1 L'œuf

L'œuf mesure environ 1 mm de long (Lane et Crosskey, 1993), est déposé par les femelles à la surface de l'eau, blanchâtre au début puis devient gris (Roth, 1980 ; Resseguier, 2011). La forme des œufs varie selon les genres, ils peuvent être ovoïdes et pourvus de flotteurs latéraux chez les *Anopheles* ou apicaux chez les *Culex*, subtriangulaires chez le genre *Aedes* (fig 2).



Figure 2. Les œufs des culicidés selon le genre (OMS, 2003).

1.1.3.2 La larve

Le stade larvaire est aquatique, les larves de *Culicidae* se différencient des autres insectes aquatiques par l'absence de pattes (Fig.3). On distingue quatre stades larvaires notés généralement L1, L2, L3, L4 ; dont les trois premiers ne présentent pas des caractères taxonomiques précis, seule la larve du 4^{ème} stade rend la dichotomie facile. Ces larves sont clairement constituées de trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen. (Dahl, 2000).



Figure 3. Larve au 4^{ème} stade (Brunches *et al.*, 2000).

a) La tête

Elle est formée de trois plaques chitineuses unies par des sutures : une plaque dorso-médiane unique aussi appelée le fronto-clypeus, deux plaques latérales symétriques nommées Les épicroâniennes. La tête porte dorsalement une paire d'antennes, deux paires d'yeux et ventralement, deux palpes maxillaires et les pièces buccales qui sont de type broyeur (Himmi, 2007).

b) Le thorax

Il est subdivisé en: pro, méso et métathorax. Le thorax porte des soies, ces derniers sont raides et disposées en éventail (Himmi et Trari ,1998). Leurs arrangement permettant de reconnaître les espèces (Senevet et Andarelli, 1955 ; Rijoux, 1958).

c) L'abdomen

L'abdomen est allongé sub-cylindrique, est composé de neuf segments individualisés, dont le huitième possède un intérêt majeur en taxonomie (Sinerge, 1974) et où se détache le siphon respiratoire caractérisant la sous-famille des Culicinae. Chez les *Anopheles*, le siphon est totalement absent. (Rioux, 1958).

1.1.3.3 La nymphe

La tête fusionne avec le thorax pour constituer un ensemble très développé appelé céphalothorax. Elle puise dans les réserves stockées au stade larvaire. Elle respire par l'intermédiaire de deux trompettes situé sur le céphalo- thorax (Himmi *et al.*, 1995). Est de forme d'une virgule.

1.1.3.4 L'adulte (l'imago)

La moustique adulte a un corps allongé, de 5 à 20 millimètres de long (Rhodain et Perez, 1985). Le corps comporte trois parties : la tête, le thorax, l'abdomen. (Bendalisaoudi, 1989).

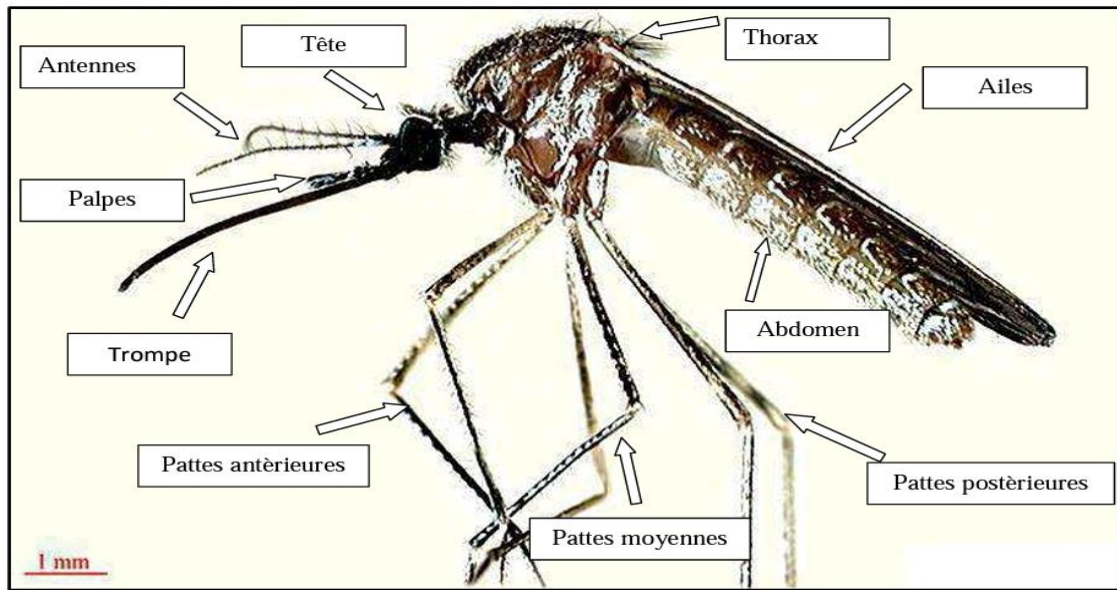


Figure 4. Morphologie générale d'un adulte de *Culicidae* (Brunches *et al.*, 1999).

a) La tête

sa forme est globuleuse, elle porte deux yeux à facettes, volumineux et presque jointifs, de couleur bleue ou vert métallique ; une paire d'antennes à quinze segments, plumeuses chez le mâle, presque glabres chez la femelle. Elle porte aussi des appendices buccaux de type piqueur-suceur (Himmi *et al.*, 1995).

b) Le thorax

Il est globuleux, composé de trois segments soudés : prothorax, mésothorax et métathorax. Il est recouvert de poils allongés, le second segment, qui est le plus développé, porte une paire d'ailes recouvertes de nombreuses écailles, et dont la nervation est assez simple ; sur cet anneau, on observe également une paire de cuillerons, petites écailles membraneuses, épaisses sur les bords, que l'on considère comme des dépendances des ailes. Le troisième segment, peu visible, ne possède pas d'ailes, mais il est pourvu d'un riche réseau nerveux (Villeneuve et Desire, 1965).

c) L'abdomen

L'abdomen possède dix segments, mais seuls les huit premiers sont différenciés et visibles extérieurement. 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). Les deux derniers segments sont modifiés pour les fonctions reproductrices (Berchi, 2000). Le dixième segment porte le génitalia pour le mâle (phallosome) et les cerques pour les femelles. (Lane et Crosskey, 1993).

1.1.4 Cycle de développement

Les moustiques sont des insectes holométaboles 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 dont les stades de l'œuf de la larve et de la nymphe sont aquatiques, alors que l'adulte est aérien. Le cycle de développement des moustiques dure environ douze à vingt jour (Adisso et Alia, 2005).

1.1.4.1 Phase aérienne

Les adultes s'accouplent en vol ou sur la végétation et ont une distance de dispersion 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 (spermathèque). Elle ne s'accouple donc qu'une seule fois (Darriet, 1998).

Après la fécondation, les femelles partent en quête d'un repas sanguin ; duquel, elles puisent 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 et calme (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 selon les espèces (Ayitchedji, 1990).

1.1.4.2 Phase aquatique :

Selon les espèces, les œufs sont pondus par la femelle dans différents milieux. La ponte est souvent de l'ordre de 100 à 400 œufs. 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. A maturité, les œufs éclosent et donnent naissance à 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). La larve (L1) se transforme en L2 et ainsi de suite jusqu'au stade L4. Au bout de six (6) à dix (10) jours et plus, selon la température de l'eau et la disponibilité en nourriture, la larve (L4) mue et donne naissance à une nymphe : c'est la nymphose (Guillaumot, 2006).

Sous forme de virgule, la nymphe est mobile et se nourrit pas durant tout le stade nymphal (phase de métamorphose). Ce stade dure entre un (1) à cinq (5) jours. A la fin, la nymphe s'étire et son tégument se fend dorsalement, 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 (Rhodain et Perez, 1985). Les larves de *Culicidae* passent par les quatre stades mais seules les larves ayant atteint le quatrième stade font l'objet d'une identification fiable. Les nymphes sont élevées jusqu'à l'émergence et l'identification est faite sur l'imago (Lounaci, 2003).

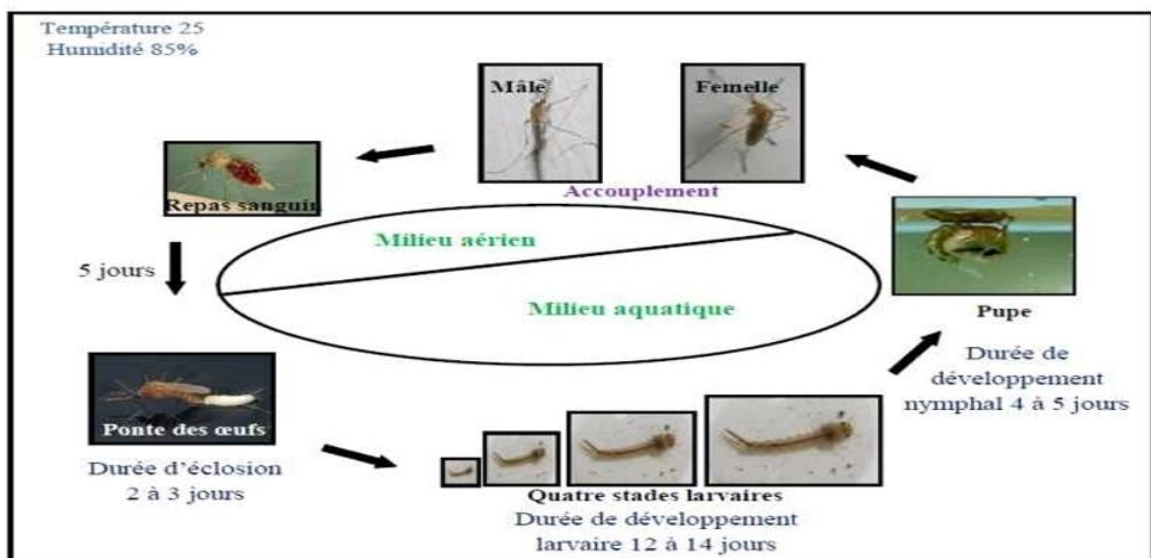


Figure 5. Cycle biologique des *culicidae* (Brunches *et al.*, 1999).

1.1.5 Nutrition, activité et nuisance

Mâles et femelles se nourrissent de nectar. Ce sont les femelles qui piquent. Le repas sanguin est nécessaire pour la maturation des œufs. Il existe un zoo tropisme avec une préférence pour les vertébrés et pour une classe ou une famille donnée (hommes, mammifères, mais aussi oiseaux ou batraciens). Dans ce qui suit la nutrition, l'activité et la nuisance et problèmes de santé dû aux moustiques vont être illustré (Roubaud, 1933).

1.1.5.1 Nutrition

Les moustiques femelles essentiellement hématophages, le repas de sang conditionne la ponte et stimule l'activation d'une cascade d'hormones provenant du cerveau et des ovaires.

Les mâles se nourrissent de sucs d'origine végétale. Les larves s'alimentent des débris organiques et des micro-organismes (algues, bactéries, etc...) grâce aux battements de leurs soies buccales qui créent un courant suffisant pour aspirer ces éléments.

Les adultes présentent des préférences trophiques diverses vis-à-vis des hôtes et de l'environnement. Ainsi, dans la nature il existe des espèces zoophiles (piquent les animaux), anthropophiles (piquent l'homme) et, zoo-anthropophile (piquent les animaux et l'homme), certaines espèces sont exophiles (piquent à l'extérieur) et d'autres endophiles (piquent à l'intérieur des maisons) (Himmi, 2007).

1.1.5.2 Activité

La plupart des espèces de moustiques possèdent un ou plusieurs pics d'agressivité dans la journée. Les femelles de sous famille des Anophelinae ont une agressivité presque toujours nocturne, toujours vis-à-vis de vertébrés homéothermes. Les *Culicinae* ont une activité crépusculaire (*Aedes africanus*), nocturne (*Culex pipiens*) et diurne (*Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*) (Kittile, 1995).

1.1.6 Pouvoir pathogène des moustiques

Les *Culicidae* sont responsables de la transmission de plusieurs virus, protozoaires et nématodes qui causent des maladies plus ou moins graves comme le paludisme, la dengue, la fièvre jaune, les encéphalites et les filarioses (Rhodain et Perez, 1985 ; Becker *et al.*, 2003).

Tableau 2. Les maladies vectorielles transmis à l'homme par les moustiques (Smv, Sfp, 2010).

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

1.1.6.1 Le paludisme :

Le paludisme appelée aussi malaria, est une maladie infectieuse due à un parasite du genre plasmodium propagée par la piqueur des certaines espèces des moustiques , les Anophèles avec plusieurs centaines des millions des personnes malades chaque année et entre un et trois million des décès par année, le paludisme touche majoritairement les enfants de moins cinq et les femmes enceintes, 80 % des cas sont enregistrés en Afrique subsaharienne (Schafner, 2001).

1.1.6.2 La fièvre jaune :

La fièvre jaune, parfois appelée vomir noir est une maladie virale aigue, transmise entre les individus humains par piqueur d'un moustique de l'espèce « *Aedes egypti* », Elle se tire son nom jaunissement de la peau et des yeux (jaunisse) qui servent lorsque le virus attaque le fois, on les retrouve dans les zones intertropicale d'Asie et d'Amérique et quelque cas a été noté dans les ports des pays tempérés (Schaffner,2001)

1.1.6.3 La dengue

Elle était appelée « grippe tropical » est un infection virale, est transmise à l'homme par la piqueur des moustiques *Aedes egypti* et en des rares cas *Aedes albopictus* . On la trouve en Asie du sud, en Afrique, en Polynésie Française et surtout l'Amérique du sud (Wandscheer et al., 2004).

1.1.6.4 Chikungunya

Le Chikungunya, du Makondé (dialecte de Tanzanie) « l'homme qui marche courbé », est une arbovirose transmise à l'homme par les moustiques du genre *Aedes* (Ae. Spp. Dont *Ae.Aegypti* et *Ae. Albopictus*). Ce nom illustre la posture caractéristique des patients atteints de chikungunya, en raison des douleurs articulaires qu'il entraîne (Duvant et Robillard, 2007).

1.2 La Méthodologie de travail

Les méthodes dans ce travail sont présentées par les interactions trouvées entre les moustiques et les bactéries d'après des travaux antérieures qui sont : l'attraction, la lutte et le traitement.

1.2.1 L'attraction

Les communautés microbiennes sur la peau jouent un rôle clé dans la production des odeurs corporelles humaines. la composition du microbiote cutané affecte le degré d'attractivité des êtres humains pour cette espèce de moustique. (Verhulst *et al.*, 2011)

Selon Schreck et James (1968), les bactéries cutanées peuvent jouer un rôle dans la production de substances volatiles de la peau qui attirent les moustiques. Ils ont étudié cette hypothèse en cultivant *Bacillus cereus* dans un bouillon et en testant l'attractivité des substances volatiles du bouillon pour *Aedes aegypti* dans un olfactomètre.

D'autres études sur le rôle des substances volatiles bactériens de la peau dans la recherche d'un hôte par les moustiques ont toutes été réalisées avec *Anopheles coluzzii* (anciennement *A. gambiae*).

Marieta A. H. Braks et ses collègues examinent l'effet de l'incubation de la sueur humaine en l'absence de micro-organismes et quelles bactéries de la peau sont présentes.

Toutes les expériences sont réalisées à l'aide d'un Olfactomètre à double port à triple cage pour examiner la réponse d'*Anopheles gambiae* aux composés organiques volatiles (COV).

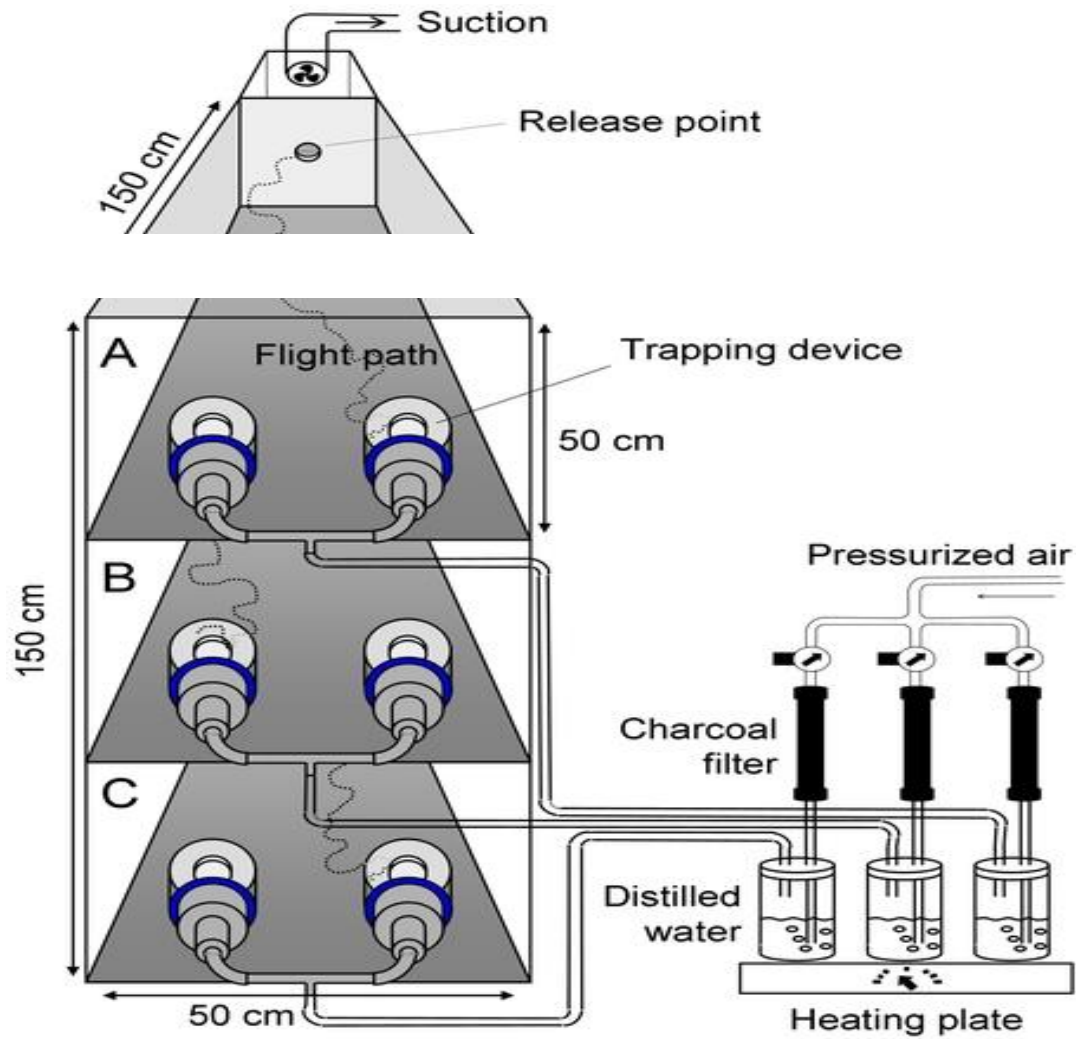


Figure 6. Olfacomètre (Verhulst et al., 2011).

1.2.1.1 Collecte des échantillons :

Les expériences ont été préparées et réalisées selon les méthodes décrites par Smallegange et al.

a) Les moustiques

Les mêmes méthodes de préparation des échantillons des moustiques ont été faites par l'équipe de Verhulst l'équipe de Marieta.

La culture d'*Anopheles gambiae* est originaire de Suakoko, au Libéria et est cultivée dans le laboratoire de Wageningen depuis 1988. Les moustiques étaient nourris sur des bras humains deux fois par semaine avec du sang humain (obtenu auprès de la banque de sang à température de 38°C)

Les moustiques adultes ont été maintenus dans des cages recouvertes de gaze cubique de 30 cm dans une chambre climatisée 27°C. Ils avaient accès à une solution de glucose 6 % sur papier filtre. Les œufs ont été pondus sur du papier filtre humide et placés dans de l'eau du robinet dans des plateaux en plastique. Les larves ont été nourries quotidiennement avec de la nourriture Tetramin (baby fish food). Les pupes ont été collectées quotidiennement et placées dans des cages cubiques de 30 cm pour l'éclosion.

Dans l'essai biologique, les moustiques femelles de 4 à 8 jours qui n'avaient pas reçu de repas sanguin ont été utilisés.

b) Les bactéries

Selon l'équipe de Verhulst, et al. (2011) :

Cinq espèces bactériennes (*Bacillus subtilis*, *Brevibacterium epidermidis*, *Corynebacterium minutissimum*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus epidermidis*). Toutes les espèces ont été initialement cultivées dans des milieux spécifiques à l'espèce pour permettre une croissance exponentielle, puis en utilisant les bouillons qui contiennent des composants volatiles.

Selon Marieta A. H. Braks, Ernst Jan Scholte, Willem Takken et Teun Dekker :

Des gouttelettes de sueur ont été prélevées sur le front de huit volontaires caucasiens (cinq hommes et trois femmes âgés de 25 à 41 ans) à l'aide de pipettes Pasteur en verre stériles et placées dans des flacons en verre (5 ml). Pour chaque volontaire, 3 ml de sueur ont été recueillis. La production de sueur a été stimulée par un exercice physique dans une pièce chaude et humide (30°C, 90% d'humidité relative). Immédiatement après le prélèvement,

chaque échantillon de sueur a été divisé en deux sous-échantillons de 1,5 ml. Un sous-échantillon a été directement conservé à 20°C et l'autre a été incubé dans des conditions aérobies à 37°C pendant deux jours. Ensuite, 1,0 ml des sous-échantillons de chaque volontaire a été regroupé, ce qui a donné 8 ml de sueur fraîche regroupée et 8 ml de sueur incubée regroupée. Deux tiers de la sueur fraîche regroupée ont été stérilisés à l'aide d'un filtre bactérien (Millipore, Millex GS, taille des pores 0,22 µm). La moitié de la sueur fraîche stérilisée a été directement stockée à 20°C ; l'autre moitié stérile a été incubée dans des conditions aérobies à 37°C pendant deux jours, après elle a également été stockée à 20°C. La moitié de la sueur incubée a également été stérilisée à l'aide d'un filtre bactérien similaire, puis stockée à 20°C. La valeur du pH de 0,8 ml de sueur fraîche (pH 4,9) a été augmentée artificiellement en ajoutant de petites quantités (1±2 ml) d'une base (total de 13 ml, NaOH 0,1 N) jusqu'à atteindre la valeur de la sueur incubée (pH 8,4). De même, 0,8 ml de sueur incubée mélangée (pH 8,4) a été acidifiée par un procédé artificiel (16 ml, HCL 0,5 %) jusqu'à ce que la valeur du pH de la sueur fraîche mélangée (pH 4,9) soit atteinte. Pendant ces traitements, la valeur du pH de la sueur a été constamment surveillée à l'aide de la micro-électrode de pH.

1.2.2 La lutte

La lutte biologique a fait l'objet d'une nouvelle méthode lutte alternative, plus sûre, plus sélective et moins toxique. Elle est représentée par l'utilisation de micro-organisme.

L'utilisation de micro-organismes entomopathogènes est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante de par l'ubiquité naturelle des agents microbiologiques dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile, leur spécificité, d'action et aussi leur persistance dans l'environnement (Ahmed et Leather, 1994).

Une nouvelle approche du contrôle de la dengue a récemment été proposée, qui cible la longévité des moustiques plutôt que leur abondance, par l'introduction d'une souche de la bactérie *Wolbachia pipientis* réduisant la durée de vie des populations d'*A. aegypti* (Sinkins et O'Neill, 2000 ; Brownstein et al., 2003 ; Rasgon et al., 2003; Cook et al., 2008).

Les *Wolbachia* sont des alpha-protéobactéries de la famille des Rickettsiaceae. C'est une bactérie Gram négatif endosymbiotique. Elle est localisée dans le cytoplasme des cellules de leurs hôtes. Elle est présente chez environ 70 % des espèces arthropodes et certaines

espèces nématodes. Ces bactéries sont trouvées au niveau des cellules germinales ou somatiques. La transmission se fait par le cytoplasme des ovocytes, elle est donc maternelle. *Wolbachia* est capable d'agir sur leur reproduction et de réduire la transmission de certains agents pathogènes.

Wolbachia est une bactérie intracellulaire héréditaire, dont on prévoit qu'elle infecte naturellement plus de 60 % de toutes les espèces d'insectes dans le monde (Hilgenboecker *et al.*, 2008 ; Jeyaprakash et Hoy, 2000).

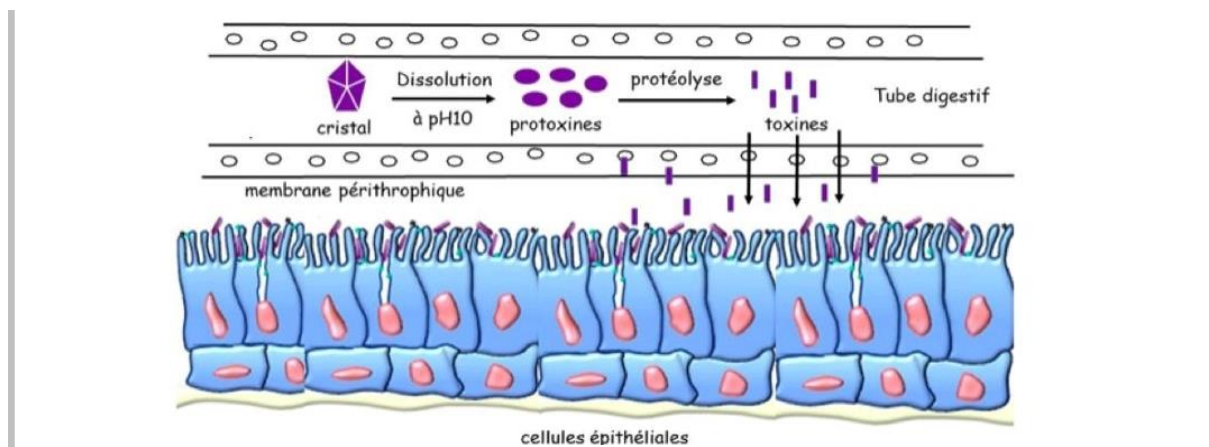


Figure 7. Schéma simplifié du mode d'action des cristaux de *Bacillus thuringiensis* dans l'intestin de lépidoptères (Sanchis, 2016).

Luciano A. Moreira, *et al* étudié l'impact de l'infection de moustiques *Aedes aegypti* avec la souche *wMelPop* de *Wolbachia* sur la capacité de transmission du DENV (le virus de dengue).

La résistance au virus de la dengue chez *Aedes albopictus* dépend de la densité de *Wolbachia* dans les cellules du moustique. Plus *Wolbachia* est présente dans les cellules, moins la dengue augmente.

Les bactéries *Wolbachia* appartenant au groupe *wMel* (*wMel*, *wMelPop*, *wAlbB*) ont été particulièrement étudiées car elles interfèrent avec une large diversité de pathogènes tels que les virus du Chikungunya ou de la Dengue mais également contre des nématodes filaires (Kambris *et al.* 2009 ; Andrews *et al.* 2012) et des *Plasmodium* (Moreira *et al.*, 2009 ; Bian *et al.*, 2013).

1.2.3 Le traitement

Bacillus thuringiensis a été découvert en 1901 par un bactériologiste japonais S. Ishiwata, après avoir été isolé à partir du ver à soie. Il a découvert que ce bacille infecte le ver à soie puis le tue. Une dizaine d'année après, c'est l'allemand Ernst Berliner qui décrit scientifiquement *Bacillus thuringiensis*. Ce bacille appartient au groupe Cereus. Il a la forme d'un bâtonnet de 5 µm de long sur 1 µm de large, pourvu de flagelles. Il se caractérise des autres bacilles par sa capacité à synthétiser et excréter des δ-endotoxines. Ces δ-endotoxines sont des inclusions de cristaux composées d'une ou plusieurs protéines (Cry) et de protéines cytolytiques (Cyt) qui sont toxiques pour un grand nombre d'insectes. C'est seulement en 1933 que *Bacillus thuringiensis* est utilisé dans l'environnement et dans les années 1950 que les agriculteurs et les viticulteurs commencent à l'utiliser.

Son mode d'action a été élucidé. Le *Bacillus thuringiensis* détruit des parasites à l'état larvaire. Les cristaux protéiques toxiques fabriqués par le bacille sont d'abord ingérés par les parasites. L'intestin des larves étant un milieu alcalin, les cristaux se dissolvent. Ensuite, les cristaux protéiques se transforment en protéines toxiques, ce qui engendre la destruction des cellules de la paroi de l'intestin des insectes. En à peine quelques heures, les insectes ne peuvent plus s'alimenter et l'organisme est envahi par les bactéries. La prolifération des *Bacillus thuringiensis* entraîne une septicémie et la mort du parasite dans les jours qui suivent. (Eid-Med, 2017).

Les larvicides biologiques sont des agents infectieux ayant un effet pathogène sur les larves de moustiques. *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (BTI) et *Bacillus sphaericus* (BS) sont des bactéries qui, en sporulant, produisent un cristal protéique toxique pour les cellules de l'intestin moyen de la larve de certains diptères.

Des formulations de BTI et BS sont largement utilisées dans de nombreux programmes de lutte anti larvaire par biocide. Elles ne sont pas nocives pour l'environnement et sont utilisables sur tous les types de gîtes larvaires et lieux de ponte qui ne pourraient pas être éliminés mécaniquement. (Fiuza, 1996).

Chapitre 2

Résultats et Discussion

2 Résultats et discussions

2.1 L'interaction avec la flore cutanée

Schreck et James (1968), ont montré que ces substances volatiles étaient attractives, bien que le degré d'attractivité dépende de la période d'incubation et non de la concentration bactérienne. Ils ont également conclu que le CO₂ produit par les bactéries pouvait expliquer cet effet et non les autres substances volatiles produites par le bouillon bactérien.

Lorsque les pieds humains sont lavés avec un savon antibactérien, *A. coluzzii* commence à piquer d'autres parties du corps, ce qui indique que les bactéries sur la peau produisent des odeurs attractives (Jong et Knols, 1995)

L'abondance de certaines bactéries sur la peau est fortement corrélée avec l'intensité et le type d'odeur dégagée (Dixon *et al.*, 2007). L'odeur apocrine est principalement produite par les *Corynebacteria* (Leyden *et al.*, 1981) tandis que l'odeur des pieds est associée aux espèces *Bacillus* (Cardé, 2010)

Tableau 3. Les bactéries et leurs substances volatiles (Schreck et James, 2010).

| Overview of skin bacteria that are attractive to mosquitoes and the volatiles identified that caused attractiveness | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Skin bacterial species | Volatiles attractive to mosquitoes |
| <i>Bacillus cereus</i> | Not identified |
| <i>Bacillus subtilis</i> | Butyl acetate, butyl 2-methylbutanoate, butyl isobutyrate, dimethyldisulfide |
| <i>Brevibacterium epidermidis</i> | Butyl acetate, butyl 2-methylbutanoate, butyl isobutyrate, dimethyldisulfide |
| <i>Corynebacterium minutissimum</i> | Butyl acetate, butyl 2-methylbutanoate, butyl isobutyrate |
| <i>Staphylococcus epidermidis</i> | Butyl acetate, butyl 2-methylbutanoate, butyl butyrate, 3-methyl-1-butanol, 3-methylbutanoic acid, dimethyldisulfide |

2.2 La lutte biologique

2.2.1 La lutte antivectorielle

La présence de souche de *Wolbachia* chez les femelles d'*Aedes aegypti* réduit significativement la répllication virale au sein des glandes salivaires, ce qui diminue fortement la capacité des femelles à transmettre le virus de la Dengue (Moreira *et al.*, 2009).

Selon Buratti (2020) ; l'utilisation de cette bactérie comme agent de suppression est réalisable grâce à son phénomène d'incompatibilité cytoplasmique, où la mort des embryons est observée lors de croisement entre femelles non infectées et mâles infectés.

D'après Nicolas la plupart des espèces de *Culex* sont très sensibles à cette bactérie, alors qu'elle ne présente pas, ou très peu, de toxicité pour la plupart des espèces d'*Aedes*, en particulier *Aedes acgypti* (Nicolas, 1986).

Selon Katy Heu et Mathilde Gendrin (2018), *Wolbachia* est considérée comme un outil de lutte par sa capacité d'induire l'incompatibilité cytoplasmique, ou par sa capacité de limiter l'infection virale. Dans le premier cas, des mâles porteurs de cette souche qui est absente de la population cible, induisant une forte incompatibilité cytoplasmique, sont libérés régulièrement en très grande quantité afin de suppression de la population. Dans le cas d'*Ae. aegypti*, les femelles s'accouplent une fois. Elles deviennent stériles si elles s'accouplent avec un mâle porteur de *Wolbachia*. Cette espèce est naturellement non infectée par *Wolbachia* mais peut être infectée en laboratoire par des souches de *Wolbachia* provenant d'autres insectes. La libération de mâles porteurs de *Wolbachia* induit donc une diminution temporaire de la population de moustiques.

Dans le second cas, les mâles et les femelles porteurs de *Wolbachia* sont dispersés en très grande quantité, pour la colonisation de population par cette bactérie, un processus rendu possible par l'incompatibilité cytoplasmique favorisant les femelles infectées au sein de la population. *Wolbachia* ayant un effet protecteur relativement généraliste sur les arbovirus, la population de moustiques pose ainsi un risque réduit de transmission vectorielle.

Selon Pierson *Wolbachia* a la capacité d'induire la production d'enzymes anti-oxydantes et de dérivés réactifs de l'oxygène. Ceux-ci entraînent une réponse immunitaire sévère chez les mammifères. Les protéines de *Wolbachia* WSP sont présents sur la surface de cette bactérie peuvent induire la réponse immunitaire innée. (Pierson, 2020).

En Algérie (Alouani et al., 2009) ont réalisées des tests sur des larves et nymphes de *culex pipiens* avec des extraits d'*Azadirachta indica* 1980 dans les conditions de laboratoire. Ils rapportent une diminution remarquable de la fécondité des adultes, associée à une augmentation de la stérilité et une prolongation de la période larvaire.

2.2.2 La lutte larvaire

Bacillus thuringiensis (variété nommée *Israelensis*) et *Bacillus sphaericus* sont les bactéries les plus connues et les plus utilisées pour lutter contre les larves de moustiques (Zahiri *et al.*, 2002 ; Monnerat *et al.*, 2004) .

Ces bactéries produisent des substances toxiques effectuent des altérations sont rapidement observables au niveau des cellules de l'intestin moyen des larves (Fiuza *et al.*, 1996)

Karch (1987), travail sur *Culex pipiens*, il utilise de larvicide des deux souches les plus actives de *Bacillus sphaericus* 2297 (B.s. 40) et 2361 (B.s. 48) a été également évaluée sur des larves de stades 2 et 3 de *Culex pipiens*.

La nature de la toxine de *Bacillus sphaericus* n'est pas encore connue ; elle est présente dans la bactérie pendant toute la durée de sa croissance (FAST, 1982) et notamment à la phase de sporulation. Il ressort que les larves de *Culex pipiens* sont les plus sensibles à la souche standard 1593-4 de *Bacillus sphaericus*, les larves d'*Anopheles stephensi* sont moyennement sensibles alors que les larves d'*Aedes aegypti* sont très peu sensibles. De plus, il est à noter que les larves d'*Aedes easpius* ne sont pas sensibles à une dose de 5 mg/li il a fallu une forte dose de 10 mg/l, pour obtenir une légère mortalité (6 %) après quatre jours de contact.

L'activité larvicide des deux souches les plus actives de *Baeillus sphaericus* 2297 (B.s. 40) et 2361 (B.s. 48) a été également évaluée sur des larves de stades 2 et 3 de *Culex pipiens* "souche Montellier".

Tableau 4. Efficacité de la souche 1593-4 *Bacillus sphaericus* sur la 3 ème stade larvaire de trois espèces de moustiques (Said, 1987).

| Espèce | 48h | | 72h | |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | DL 50 | DL90 | DL 50 | DL90 |
| <i>Culex pipiens</i> | 0.0051 | 0.0265 | 0.0025 | 0.0092 |
| <i>Anopheles stephensi</i> | 0.64 | 0.296 | 0.041 | 0.164 |
| <i>Aedes aegypti</i> | 4.81 | 44.65 | - | - |

Sur le stade 2 : la mortalité observée sur ce stade a été remarquablement significative après 24 h de contact, ce qui nous oblige à nous fonder sur une seule lecture, qui est celle après 24 h de contact, pour le calcul de la DL 50 et la DL 90. La comparaison entre ces DL (tableau 2) pour les deux souches montre que la souche 2362 (B.s. 48) est relativement deux fois plus active que la souche 2297 (B.s. 40).

Tableau 5. Efficacité de deux souches de *Bacillus sphaericus* sur le stade 2 de *Culex pipiens*

(la lecture est effectuée après 24h de contact)

| Souche | DL 50 (mg /l) | DL 90 (mg/l) |
|----------------|---------------|--------------|
| 2297 (B.S. 40) | 0.0029 | 0.0119 |
| 2362 (B.S. 48) | 0.0014 | 0.0064 |

Sur le stade 3 : la mortalité de larves de stade 3 n'est effective qu'après 48 h de contact à un taux voisin ou identique à celui obtenu après 24 h avec le stade 2.

Les larves de stade 3 et 4 qui subit les doses DL50 et DL90 de deux souches sont sensibles identiquement. Cette observation permet de utiliser le stade larvaire 3 ou le stade 4 jeune pour le titrage biologique, car les larves les plus jeunes de *Culex pipiens* sont très sensibles et difficilement maniables, alors que l'utilisation des stades 3 et 4 jeunes, facilite la manipulation. Cependant, le problème posé est que l'action de *Bacillus sphaericus* est lente, ce qui oblige à poursuivre les expériences jusqu'à 48 h ou même 72 h.

Tableau 6. Efficacité de deux souches de *bacillus sphaericus* sur le stade 3 de *culex pipiens*

(La lecture est effectuée après 48 h de contact).

| Souche | DL 50 (mg /l) | DL 90 (mg/l) |
|----------------|---------------|--------------|
| 2297 (B.S. 40) | 0.0023 | 0.0172 |
| 2362 (B.S. 48) | 0.0019 | 0.0053 |

Les résultats trouvés par Heu et Gendrin, (2018): des méthodes utilisant des microbes.

Des probiotiques anti transmission : microbes bloquant l'infection du moustiques par le pathogène (*Pseudomonas stutzeri*, *chromobacterium*) .

Insecticide dérivé du microbiote : toxine Cyt produite par *Bacillus thuringiensis israelensis*.

Endosymbiontes : bactéries transmises verticalement qui limitent les populations de vecteurs par manipulation de la reproduction et diminuent la longévité du moustique ou sa compétence vectorielle (*Wolbachia Spiroplasma*)

Entomopathogènes : microbes tuent la moustique ou stade larvaire (bactérie *Bacillus thuringiensis*).

Conclusion

Conclusion

Les moustiques sont des diptères qui posent un problème de santé humaine et animale. Ils causent des maladies infectieuses vectorielles par la transmission des agents pathogènes capables d'infecter l'homme tels que le virus de dengue, zika et le Plasmodium qui causent des maladies peuvent être mortelles. Leurs diversité vis-à-vis les bactéries ouvre un domaine de recherche très vaste pose la question de la présence des interactions entre eux.

Dans ce cadre, ce travail est réalisé pour déterminer les relations détectées entre les moustiques (les *Culicidae*) et les bactéries environnementales.

Les moustiques vecteurs d'arbovirus de genre *Aedes* et *Anophèles* sont attirées par l'odeur corporelle du corps humain qui contient des molécules sécrétée par les bactéries de la peau (la flore cutanée)

D'autre interaction est présente, la lutte antivectorielle par l'intermédiaire d'une bactérie appelée *Wolbachia* qui a un système de blocage de la transmission des agents pathogènes.

Dans le concept des bactéries entomopathogènes , une lutte larvaires par les microorganismes du genre *Bacillus* a engendré une réduction dans le potentiel reproducteur chez les femelles.

En perspectives

- Les résultats obtenus nécessitent des recherches complémentaires, pour les rendre une bonne plateforme dans le domaine de l'écologie et l'entomologie
- Développement des méthodes d'utilisation des bactéries contre les moustiques afin de les lutter sans détruire l'intérêt écologique

Etudier les effets des larvicides sur des souches de moustiques résistantes et assurer un suivi de l'évolution de cette résistance.

Références Bibliographiques

1. Ahmed, S. I. (1994). Suitability and potential of entomopathogenic microorganisms for forest pest management—some points for consideration. *International Journal of Pest Management* (40), 287-292.
2. Alouani, A., Rehim, N., & Soltani, N. (2009). Larvicidal activity of a neem tree extract (Azadirachtin) against mosquito larvae in the Republic of Algeria. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 2(1), 15-22.
3. 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
4. Becker N , & Al. (2010). *Mosquitoes and Their Control* (Springer ; 2nd ed. edition)
5. Becker, M. (2011). *Systematische Personalentwicklung-Planung. Steuerung und Kontrolle im Funktionszyklus*. Ed. Schäffer-Poeschel.472p.
6. Berchi S., 2000. Bio écologie de *Culex pipiens* L. (Diptera, culicidae) dans la région de Constantine et perspective de lutte. Thèse de Doctorat En Science, Univ. De Constantine. 133p
7. Braks MAH, Scholte EJ, Takken W, Dekker T : Microbial growth enhances the attractiveness of human sweat for the malaria mosquito, *Anopheles gambiae sensu stricto*. *Chemoecology* 2000, 10 :129-134.
8. Brownstein , J., Hett , E., & O'Neill , S. (2003). The potential of virulent *Wolbachia* to modulate disease transmission by insects. (Vols. 84 : 24–29.). *J Invertebr Pathol*.
9. Brunhes I., Rhaim A., Geoffroy B., Angel G. & Hervy J. P., 1999.- Les moustiques de l'Afrique méditerranéenne, Logiciel d'identification et d'enseignement, I.R.D.
10. Brunhes, J., Hassaine, K., Rhaim, A. & Hervy, J. P., 2000. *Les Culicidae de l'Afrique*
11. Buratti, A.2020 Les relations entre les moustiques du genre *Aedes* et les bactéries symbiotiques *Wolbachia*.
12. Cardé, R. T., & Gibson, G. (2010). Host finding by female mosquitoes: mechanisms of orientation to host odours and other cues. *Olfaction in vector-host interactions*, 2010, 115-142.
13. Darriet F. (1998). *La lutte contre les moustiques nuisant et vecteurs de maladies*. Ed. Khartala- orstom, Paris. 111: 91 p.

14. Duvant C et Robillard , 2007.- Transmission materno-foetale du Chikungunya expérience l'épidémie réunionnaise Réunion.Thes.Doc.Fac.Meci.Uni.Paris2.p105.
15. Fast, P. S. (1982). Chemistry and biochemistry of biocides. Basic biology of microbial larvicides of vectors of human diseases. Doc. Mimeo. OMS, UNDP/WB/WHO. Genève, 3, 21-27.
16. Fiuza, L., Nielsen-Leroux, C., Gozé, E., Frutos, R., & Charles, J. (1996). Binding of *Bacillus thuringiensis* Cry1 toxins to the midgut brush border membrane vesicles of *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae): evidence of shared binding sites. *Applied and Environmental Microbiology*, 62(5), 1544-1549.
17. 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.
18. Hancock , P, & Godfray, H. (2007). Application of the lumped age-class technique to studying the dynamics of malaria-mosquito-human interactions. *Malaria Journal*.
19. Hendry and Godwin 1988, Linley et al 1988, & Lehane 2005. (n.d.).
20. Heu, K., & Gendrin, M. (2018). Le microbiote de moustique et son influence sur la transmission vectorielle. *Biologie Aujourd'hui*, 212(3-4), 119-136.
21. Himmi O. (2007). Les Culicidae (Insectes, Dipteres) du Maroc: Systématique, Ecologie et Etudes Epidémiologiques Pilotes.Thèse de doctorat d'état en Biologie spécialité ecologie.Univ. Mohamed V- Agdal, Faculté des sciences Rabat.
22. Karch, S. (1987). *Études au laboratoire et dans les conditions naturelles de l'activité larvicide de Bacillus sphaericus Neide, 1904, pour la lutte contre les moustiques* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE DE PARIS).
23. KITILE D. S., 1995. *Médical and veterinary Entomology*. 2nd Ed. Wallingforde: CAB International. 725p
24. Lacey L. A. et Undeen A. H. (1986).Microbial control of black flies and mosquitoes. *Ann. Rev. Entomol.* 31 : 265-296.
25. Leyden, J. J., McGinley, K. J., Hölzle, E., Labows, J. N., & Kligman, A. M. (1981). The microbiology of the human axilla and its relationship to axillary odor. *Journal of Investigative Dermatology*, 77(5), 413-416.
26. Linné C. (1758). *Systemanaturae per regna frianaturae*. Edition 10.Holmia, (1) : 82p.
27. Lounaci Z. (2003). Biosystématique et bioécologie des Culicidae (Diptera, Nematocera) en milieux rural et agricole. Thèse Mag. INA, El-harach: 324p.

28. Luciano , A., Moreira, I.-O., Jason , A., Guangjin , L., & Jeffery, J. (24 décembre 2009). « A Wolbachia Symbiont in Aedes aegypti Limits Infection with Dengue, Chikungunya, and Plasmodium (Vols. 139, no 7p. 1268–1278). Cell.
29. Lu P, Bian G, Pan X, Xi Z. Wolbachia induces density-dependent inhibition to Dengue virus in mosquito cells . PLoS Negl Trop Dis. 2012
30. Meijerink , J., Braks, M., Brack, A., Adam, W., Dekker , T., Beek , T., & Loon , J. (2000). Identification de stimulants olfactifs pour Anopheles gambiae à partir d'échantillons de sueur humaine (Vols. 1367-1382. 10.1023/A :1005475422978.). J Chem Ecol 26.
31. Merabti. (2016). identification, composition et structure des populations culicidiène de la région de biskra (sud-est algerien). effet des facteurs écologiques sur l'abondance saisonnière essais de lutte. biskra.
32. Moreira , L., Iturbe-Ormaetxe , I., & Jeffery , J. (2009). A Wolbachia symbiont in Aedes aegypti limits infection with Dengue, Chikungunya, and Plasmodium (Vols. 139 : 1268–1278). Cell.
33. Nicolas, L. (1986). Potentialité de Bacillus sphaericus dans la lutte antivectorielle en Afrique tropicale. Cah ORSTOM, sér Ent Méd Parasitol, 24, 265-273.
34. O.M.S. (2003). Entomologie du paludisme et contrôle des vecteurs Guide du Stagiaire Rev.1 Partie I.
35. O.M.S. (2014). World Malaria Report 2014, 142p.
36. Pierson, É. (2020). Occurrence du moustique tigre en France et les risques de transmission d'agents pathogènes: efficacité et toxicité des méthodes de lutte (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
37. P. J. Rennie, D., B. Gower, K., & T. Holland. (1991). In-vitro and in-vivo studies of human axillary odour and the cutaneous microflora.
38. Rageauj., ADAM J.P., 1952 . Pupa de Glossina caliginea Aust. Bull. Soc. Path. exot. 45, 10-11.
39. Ramirez , J., Souza-Neto , J., Torres Cosme, R., Rovira , J., Ortiz, A., Pascale , J., & Dimopoulos, G. (2012). Reciprocal tripartite interactions between the Aedes aegypti midgut microbiota, innate immune system and dengue virus influences vector competence.

40. Roubaud E., 1933. Essai synthétique sur la vie du moustique *Anopheles maculipennis messeae* en Dombes, au cours de la belle saison et de l'hibernation. Cahier des naturalistes. Bull. Soc. Ent. France : 35-36.
41. Rhodain, F., & Perez , C. (1985). Précis d'entomologie médicale et vétérinaire – Notions d'épidémiologie des maladies à vecteurs. (Vol. Pp 458). Paris.
42. Karch, S. (1987). Études au laboratoire et dans les conditions naturelles de l'activité larvicide de *Bacillus sphaericus* Neide, 1904, pour la lutte contre les moustiques (Doctoral dissertation, UNIVERSITE DE PARIS).
43. Schafner, F. (2001). Les Culicidea de l'Europe méditerranéenne (logiciel). Institut des recherches pour le développement. France.
44. Schreck CE, James J : Broth cultures of bacteria that attract female mosquitoes. Mosq. News 1968, 28 :33-38.
45. Senevet , G., & Andarelli , L. (1956). Présence en Algérie de *Theobaldia litorea* (SHUTE) (Vols. 34 : 400-402). Algerie : Arch.Ins.Pasteur.
46. Servia, M. J., Cobo, F., & Gonzalez, M. A. (1998). Deformities in larval *Procladius olivaceus* (Meigen, 1818)(Diptera, Chironomidae) and their use as bioindicators of toxic sediment stress. *Hydrobiologia*, 385(1), 153-162.
47. Trari B., Dakki M., Himmi O. & AL Agbani M.A., 2003. Les moustiques (Diptera Culicidae) du Maroc. Revue bibliographique (1916-2001) et inventaire des espèces. Bulletin de la Société de Pathologie Exotique 95(4), p. 329-334.
48. Villeneuve , F., & Desire, C. (1965). Zoologie. (Vol. 355p). 1 ère M'.Edition : Edi BORDAS.
49. Wandscheer, C. B., Duque, J. E., da Silva, M. A., Fukuyama, Y., Wohlke, J. L., Adelman, J., & Fontana, J. D. (2004). Larvicidal action of ethanolic extracts from fruit endocarps of *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* against the dengue mosquito *Aedes aegypti*. *Toxicon*, 44(8), 829-835.
50. Willem Takken, Niels O Verhulst, Chemical signaling in mosquito–host interactions : the role of human skin microbiota 2017
51. Xu, Y., Dixon, S. J., Brereton, R. G., Soini, H. A., Novotny, M. V., Trebesius, K., ... & Penn, D. J. (2007). Comparison of human axillary odour profiles obtained by gas chromatography/mass spectrometry and skin microbial profiles obtained by denaturing

gradient gel electrophoresis using multivariate pattern recognition. *Metabolomics*, 3(4), 427-437.

52. Zahiri 2002, A., & Monnerat 2004, A. (n.d.).

ملخص

يلعب البعوض دورًا مهمًا في نقل الأمراض التي تصيب الإنسان والتي تحمل العوامل المعدية (الفيروسات والبكتيريا وغيرها) التي تسبب أمراضًا أكثر أو أقل خطورة. بالإضافة إلى الأهمية البيئية لديهم علاقات مع الكائنات الحية الأخرى مثل البكتيريا. ويهدف هذا العمل إلى إظهار العلاقات الموجودة بين البعوض (كيليبيدي) و البكتيريا بما في ذلك الجذب و المكافحة بواسطة باسيلوس و فولباكيا على التوالي من خلال تحليل أعمال سابقة و ذلك بعرض النتائج التي تم العثور عليها.

الكلمات المفتاحية : علاقة, بكتيريا, بعوض, مكافحة, جذب .

Résumé

Les moustiques jouent un rôle important dans la transmission des maladies humaines qui sont des porteurs des agents infectieux (virus, bactéries...) causant des maladies plus au moins graves. Outre d'avoir une importance écologique elles ont des relations avec d'autres êtres vivants tels que les bactéries .Ce travail vise à montrer les interactions trouvées entre les moustiques (les *Culicidae*) et les bactéries dont lesquelles : l'attraction et la lutte par *Bacillus* et *Wolbachia* respectivement, à travers une synthèse des travaux antérieurs on présentant des résultats trouvées.

Mots clé : interaction, bactéries, moustique, lutte, attraction

Abstract

Mosquitoes play an important role in the transmission of human diseases as they are carriers of infectious agents (viruses, bacteria...) causing more or less serious diseases. Besides having an ecological importance, they have relationships with other living beings such as bacteria. This work aims to show the interactions found between mosquitoes (*Culicidae*) and bacteria, including: attraction and fighting by *Bacillus* and *Wolbachia* respectively, through a synthesis of previous work and presentation of the results found.

Key word: interaction, bacteria, mosquitoes, fighting, attraction