



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Blida 1  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie des Populations et des Organismes



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

THEME :

**Étude de la Biodiversité des Moustiques  
(Diptera : Culicidae)  
dans la région de Ghardaïa.**

**Test de sensibilité des larves (L4) de *Culex pipiens* Linné, 1758 vis à vis de deux pyréthrinoides de synthèse (Deltaméthrine, Cyperméthrine) en conditions contrôlées**

 HAMEL Noussaïba  
 BEGHDAOUI Fatma

soutenu le :  
28/10/2015

Membres du jury :

Président :	Dr Nebri R.	Maître de Conférence	B	UB1
Examinatrice :	Dr Outtar F.	Maître de Conférence	B	UB1
Promotrice :	Mme Saighi H.	Maître Assistante	A	UB1
Co-promotrice :	Dr Hammadi D.	Médecin Parasitologue		INSP

*Promotion 2014-2015*

## *Remerciement*

*Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudees en vers notre Créateur, pour sa clémence et pour nous avoir donné le courage, la volonté, l'espoir et surtout la santé pour réaliser ce mémoire.*

*Nous remercions respectueusement notre promotrice, **Mme Saighi H**, pour son aide précieuse, ses conseils judicieux et de son encadrement pour la réalisation de ce mémoire.*

*Nos sincères remerciements s'adressent à notre Co-promotrice **Mme Hammadi** de nous avoir accueilli dans son laboratoire.*

*Nos remerciements s'adressent aux membres du jury :*

***Mr Nebri R**, qui nous a fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.*

***Mme Outtar, F** qui a accepté de juger ce travail.*

*Nous remercions aussi à **Mr Bouchareb B**, technicien supérieur épidémiologiste à l'EPSP de Ghardaïa, pour son aide lors des sorties sur le terrain à Ghardaïa.*

*Nos sincères remerciements vont vers tout particulièrement à **Mlle Zakour N**, Biologiste à l'Institut National de Santé Publique, pour son aide, sa patience et sa disponibilité. Et toute L'équipe du laboratoire du Paludisme et des Maladies Parasitaires de l'INSP pour leur gentillesse et leur aide.*

*Nous remercions aussi **Mr El hamel H**, pour sa patience et leur soutien au voyage pendant les mois d'échantillonnage*

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire avec grand amour,  
Sincérité & fierté :*

*A mes chers parents, sources de tendresse,  
De noblesse & d'affection.*

*A mes frères & mes sœurs, en témoignage de la fraternité,  
avec mes souhaits de bonheur de santé & de succès.*

*Et à tous les membres de Ma famille.*

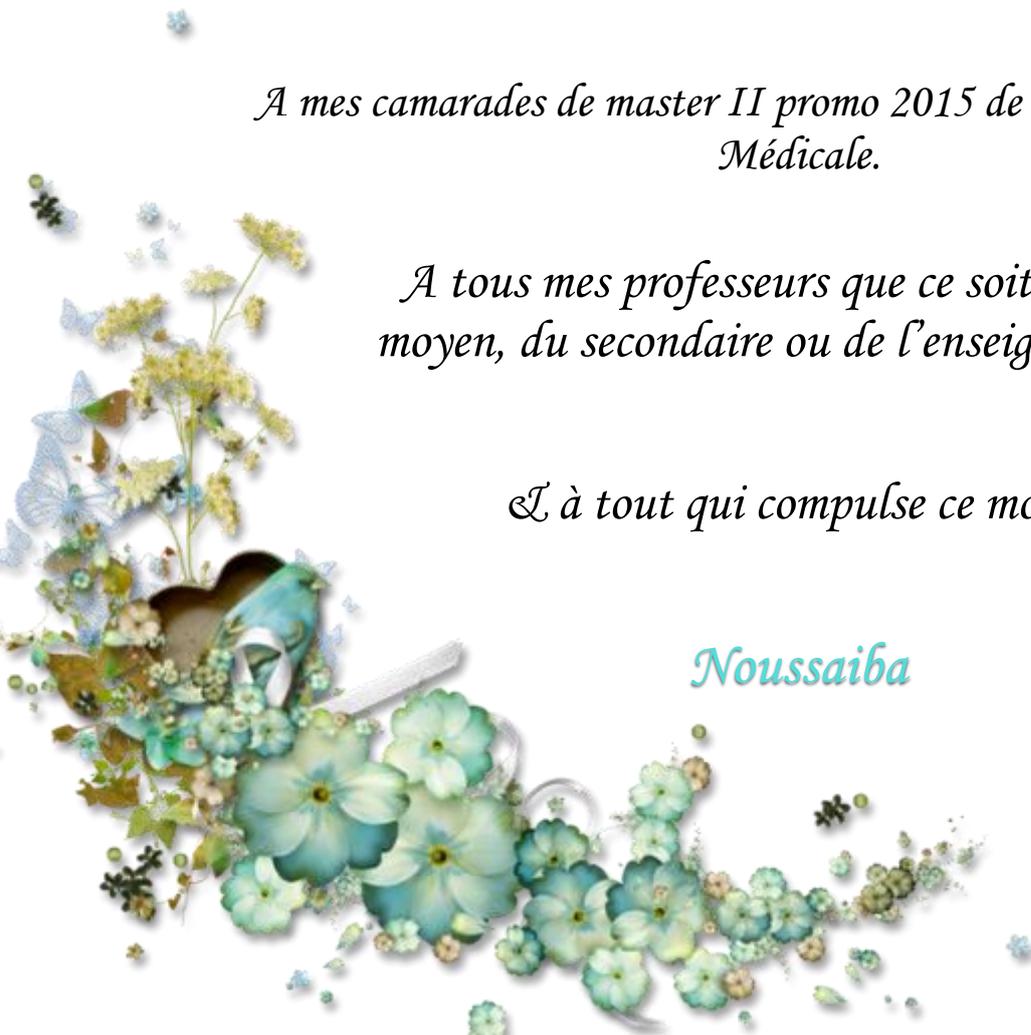
*A mes amis : [Lamia](#), [Fatima](#) et [Fyroze](#)*

*A mes camarades de master II promo 2015 de l'option Entomologie  
Médicale.*

*A tous mes professeurs que ce soit du Primaire, du  
moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.*

*& à tout qui compulse ce modeste travail.*

*Noussaiba*



# Dédicace

*Al Hamdou lillahi, qui m'a donné la force de réaliser ce modeste travail*

*Je dédie le fruit de ma patience, de ma persévérance :*

*À ma raison de vivre et ma fleur de vie ma mère, symbole d'amour  
D'affection de bienveillance, pour sa patience, ses sacrifices, sa conscience, ses conseils qui  
ont éclairé mon chemin.*

*À mon père en reconnaissance de tout ce qu'il a fait pour moi tout au long de mon  
Existence, pour son soutien moral, son encouragement continué, et pour sa  
Compréhension.*

*À mes très chers frères : Mouloud, Abdelkader, Boualem symbole d'ambiance et de gaieté  
qui je les souhaite une vie pleine de bonheur et une carrière pleine de gloire.*

*À mes très chères sœurs : **horia, Amina, Aicha, Nassima.***

*À toute ma famille.*

*À mes amis : **Farah, Fatima, Bahia, Aicha, Fadhila.***

*À toute la promotion Entomologie médicale 2015.*

*Fatma*



## **Liste des abréviations**

**INSP** : Institut National de Santé Publique.

**IRD** : Institut de Recherche pour le Développement.

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

**R.E.C.A.** : Réseau National des Chambres d'Agriculture

**A.N.R.H.** : Agence nationale de ressource hydrique

**D.P.S.B.** : Direction de la programmation et suivi budgétaire

**A.N.D.I.** : Agence Nationale de Développement de l'Investissement

**A. B. H.S.** : Agence du Bassin Hydrographique Saharienne

**A.N.S.E.S.** : Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé

## Liste des figure

<b>Figure 1</b> : Systématique des moustiques d'intérêt médical.....	4
<b>Figure 2</b> : Les œufs des différents genres de la famille de Culicidae.....	5
<b>Figure 3</b> : Morphologie larvaire.....	7
<b>Figure 4</b> : Positon des larves des Culicidae dans l'eau.....	7
<b>Figure 5</b> : Stades nymphales des Culicidae.....	8
<b>Figure 6</b> : Morphologie générale schématique d'un moustique adulte.....	9
<b>Figure 7</b> : Morphologie schématique de la tête chez les moustiques.....	10
<b>Figure 8</b> : Morphologie de la tête chez les male et les femelle de Culidicae.....	11
<b>Figure 9</b> : Vue dorsale de l'abdomen du moustique.....	12
<b>Figure 10</b> : Cycle de vie du moustique.....	13
<b>Figure 11</b> : Structure chimique de la Cyperméthrine.....	18
<b>Figure 12</b> : Structure moléculaire de la Deltaméthrine.....	19
<b>Figure 13</b> : Représentation schématique des mécanismes impliqués dans la résistance physiologique aux insecticides.....	21
<b>Figure 14</b> : Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa et ses communes.....	26
<b>Figure 15</b> : Coupe géologique et schématique de la vallée du M'ZAB.....	27
<b>Figure 16</b> : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Ghardaïa (2005-2014).....	32
<b>Figure 17</b> : Situation de la région de Ghardaïa dans le climagramme d'Emberger (2005-2014).....	33
<b>Figure 18</b> : Photos des gites de la station d'EL Atteuf.....	37
<b>Figure 19</b> : Photos des gites de la station de Oued Nechou.....	38
<b>Figure 20</b> : Photos des gites de la station de Zelfana.....	39
<b>Figure 21</b> : Récolte des larves des Culicidae à l'aide d'une louche.....	40
<b>Figure 22</b> : Plateau pour trier les larves.....	40
<b>Figure 23</b> : Récolte des larves par pipetage.....	41
<b>Figure 24</b> : Larves conservées dans des tubes d'alcool éthylique à 70°.....	42
<b>Figure 25</b> : Bouteilles contenant l'eau de gite.....	42

<b>Figure 26 :</b> Montage des larves des Culicidae.....	44
<b>Figure 27 :</b> Dispositif expérimental du test insecticide.....	47
<b>Figure 28 :</b> Distribution de la richesse totale dans les trois stations d'études.....	52
<b>Figure 29 :</b> Distribution de la richesse totale dans les gîtes prospectées.....	53
<b>Figure 30 :</b> Abondance relative des espèces Culicidienne dans la région de Ghardaia.....	55
<b>Figure 31 :</b> Critères d'identification d' <i>Aedes dorsalis</i> .....	58
<b>Figure 32 :</b> Critères d'identification d' <i>Aedes caspui</i> .....	58
<b>Figure 33 :</b> Critères d'identification d' <i>Anopheles multicolor</i> .....	59
<b>Figure 34 :</b> Critères d'identification d' <i>Anopheles cinereus</i> .....	59
<b>Figure 35 :</b> Critères d'identification d' <i>Anopheles sergentii-sergentii</i> .....	60
<b>Figure 36 :</b> Critères d'identification de <i>Culex pipiens</i> .....	60/61
<b>Figure 37 :</b> Critères d'identification de <i>Culex antennatus</i> .....	61
<b>Figure 38 :</b> Critères d'identification de <i>Culex laticinctus</i> .....	62
<b>Figure 39 :</b> Critères d'identification de <i>Culex perexiguus</i> .....	62
<b>Figure 40 :</b> Critères d'identification de <i>Culex modestus</i> .....	62
<b>Figure 41 :</b> Critères d'identification de <i>Culex hortensis</i> .....	63
<b>Figure 42 :</b> Représentation graphique du taux des moyens des mortalités corrigés des larves L4 de <i>Culex pipiens</i> exposées à la Deltaméthrine en fonction du temps.....	64
<b>Figure 43 :</b> Représentation graphique du taux des moyens des mortalités corrigés des larves L4 de <i>Culex pipiens</i> exposées à la Cyperméthrine en fonction du temps.....	66
<b>Figure 44 :</b> Mortalités cumulées après une heure de contact pour chaque insecticide.....	67
<b>Figure 45 :</b> Mortalités cumulées après 24h de contact pour chaque insecticide.....	68
<b>Figure 46 :</b> Droite de régression, probits de mortalité corrigé en fonction des logarithmes népériens des doses de Deltaméthrine après 60mn d'exposition.....	69
<b>Figure 47 :</b> Droite de régression, probits de mortalité corrigé en fonction des logarithmes népériens des doses de Cyperméthrine après 1h d'exposition.....	69
<b>Figure 48 :</b> Droites de régression, probits du taux de mortalité corrigé en fonction des logarithmes népériens du temps (Deltaméthrine).....	71

**Figure 49 :** Droites de régression, probits du taux de mortalité corrigé en fonction des logarithmes népériens du temps (Cyperméthrine).....71

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Températures mensuelles maximales, moyennes et minimales enregistrées sur une période de 9 mois (janvier-septembre) en 2015 de la région Ghardaïa.....	29
<b>Tableau 2 :</b> Valeurs des précipitations enregistrées sur une période de 9 mois (janvier-septembre) en 2015 et les dix dernières années (2005 à 2014) de la région de Ghardaïa.....	30
<b>Tableau 3 :</b> Valeurs de vent enregistrées sur une période de 9 mois (janvier-septembre) en 2015 dans la région de Ghardaïa.....	30
<b>Tableau 4 :</b> Données climatique de 2005 à 2014.....	31
<b>Tableau 5 :</b> Les différentes dilutions des insecticides choisis.....	46
<b>Tableau 6 :</b> Liste des Culicidae inventoriées dans la région de Ghardaïa.....	51
<b>Tableau 7 :</b> Abondances relatives des espèces de Culicidae dans les trois stations d'études.....	54
<b>Tableau 8 :</b> Taux des moyens des mortalités corrigés des larves de <i>Cx pipiens</i> exposé à la Deltaméthrine en fonction du temps.....	64
<b>Tableau 9 :</b> Taux des moyens des mortalités corrigés des larves de <i>Cx pipiens</i> exposées à la Cyperméthrine en fonction du temps.....	65
<b>Tableau 10 :</b> Taux des moyens des mortalités corrigés après une heure de contact par les deux insecticides testés.....	67
<b>Tableau 11 :</b> Les logarithmes népériens des doses d'insecticides et les probits des taux de mortalité corrigé .....	68
<b>Tableau 12 :</b> Tableau récapitulatif des DL50 obtenues.....	70
<b>Tableau 13 :</b> Les logarithmes népériens du temps et les probits des taux de mortalité.....	70
<b>Tableau 14 :</b> Tableau récapitulatif des TL50 obtenus.....	72

## **Liste des annexes**

**Annexes I :** Matériels et produits utilisés sur terrain et au laboratoire.

**Annexe II :** Préparation des dilutions des insecticides.

**Annexe III :** Table de probits.

# Table des matières

Introduction.....	1
-------------------	---

## Chapitre I: Synthèse Bibliographique

1. Généralités sur les moustiques d'intérêt médical et les maladies transmises à l'homme.....	4
1.1. Place des moustiques d'intérêt médical au sein du règne animal.....	4
1.2. Morphologie des moustiques.....	5
1.2.1. Œufs .....	5
1.2.2. Larve.....	5
1.2.3. Nymphe.....	7
1.2.4. Adulte.....	8
1.3. Cycle de vie et développement .....	12
1.4. Les maladies humaines transmises par les moustiques.....	14
1.5. Stratégies de lutte contre les moustiques.....	15
1.5.1. Lutte anti-larvaire.....	15
1.5.2. Lutte adulticide.....	17
1.5.3. Réduction du contact homme-vecteur .....	17
2. Généralités Sur les Pyréthrinoïdes .....	17
2.1. La Cypemethrine.....	18
2.1.1. Structure moléculaire de cypermethrine.....	18
2.1.2. Mode d'action de cypermethrine.....	18
2.2. La Deltaméthrine.....	19
2.2.1. Mode d'action de deltaméthrine.....	19
3. Les phénomènes de résistance aux insecticides.....	20
3.1. Définition.....	20

3.2. Mécanisme de la résistance.....	20
3.2.1. Résistance comportementale.....	20
3.2.2. Résistance physiologique.....	21
3.2.2.1. Modification de la cinétique de pénétration de l'insecticide.....	21
3.2.2.2. Excrétion.....	21
3.2.3. Résistance métabolique.....	22
3.3. Types de résistance.....	22
3.3.1. La résistance simple.....	22
3.3.2. La résistance de famille.....	23
3.3.3. La résistance croisée.....	23
3.3.4. La résistance multiple.....	23

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

1. Situation géographique .....	26
2. Facteurs abiotiques de la région d'étude.....	26
2.1. Facteurs édaphiques.....	27
2.1.1. Aspect géologique de la région d'étude.....	27
2.1.2. Caractéristiques pédologiques .....	27
2.1.3. Facteurs hydrologique.....	28
2.2. Facteurs climatiques.....	28
2.2.1. Température de la région d'étude.....	28
2.2.2. Précipitation.....	29
2.2.3. Vents.....	30
2.3. Synthèse climatique.....	31
2.3.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	31
2.3.2. Climagramme d'Emberger.....	32
3. Faune et Flore de la région du Ghardaïa .....	33
3.1. Faune .....	33

3.2. Flore.....	34
-----------------	----

### Chapitre III : Matériel et Méthodes

1. Lieu et période d'étude.....	36
2. Méthodologie suivie pour l'étude de la diversité de la faune Culicidienne de la région de Ghardaïa.....	36
2.1. Matériel.....	36
2.2. Méthodes.....	36
2.2.1. Partiterrain.....	36
2.2.1.1. Prospection des gites .....	36
2.2.1.1.1. Station d'EL Atteuf.....	37
2.2.1.1.2. Station de Oued Nechou.....	37
2.2.1.1.3. Station de Zelfana.....	38
2.2.1.2. Méthodes d'échantillonnages des larves.....	39
2.2.1.3. Conservation et transport des échantillons récoltés.....	41
2.2.2. Partie laboratoire.....	43
2.2.2.1. Eclaircissement et montage des larves.....	43
2.2.2.2. Déterminations des larves.....	44
2.2.3. Méthodes d'exploitations des résultats par des indices écologiques de composition.....	45
2.2.3.1. Richesse totale.....	45
2.2.3.2. Abondance relative.....	45
2.2.3.3. Fréquence d'occurrence.....	45
3. Méthodologie suivie pour la réalisation des essais insecticides.....	46
3.1. Matériel biologique.....	46
3.2. Matériel non biologique.....	46
3.3. Réalisation des tests insecticides.....	46
3.3.1. Préparation des dilutions.....	46
3.3.2. Test insecticide.....	47

3.4. Méthodes d'exploitation des résultats.....	47
3.4.1. Calcul du pourcentage de mortalité observé.....	47
3.4.2. Détermination des DL50 et TL50.....	48

## Chapitre IV : Résultats et Discussion

1. Structure de la faune Culicidienne dans la région de Ghardaïa.....	51
1.1. Inventaire systématique des Culicidae dans les trois stations d'étude.....	51
a) Résultats.....	51
b) Discussion.....	51
1.2. Analyse des Résultats par les indices écologiques de composition.....	52
1.2.1. Richesse totale stationnelle et par gîte larvaire.....	52
a) Résultats.....	52
b) Discussion.....	53
1.2.2. Abondance relative et Fréquence d'occurrence des Culicidae dans les trois stations d'études.....	54
a) Résultats.....	54
b) Discussion.....	55
1.3. Identification systématique des Culicidae inventoriés.....	57
2. Test de sensibilité.....	64
2.1. Evaluation de l'effet larvicide de la Deltaméthrine.....	64
2.2. Evaluation de l'effet larvicide de la Cyperméthrine.....	65
2.3. Détermination de la DL50.....	68
2.4. Détermination des TL50.....	70
2.5. Discussion.....	72
Conclusion Générale.....	74
Références bibliographiques.....	75
Annexe.....	78



## Résumé

Dans le but d'améliorer nos connaissances sur la biodiversité des culicidae, nous avons mené une série d'échantillonnage, dans différents gîtes larvaires de la région de Ghardaïa, au cours d'une période d'étude allant du mois de mai jusqu'au mois de septembre 2015, l'inventaire de la faune Culicidienne dans 08 gîtes larvaires répartis entre trois stations, a révélé la présence de 13 espèces de moustiques appartenant à 3 genres, *Culex*, *Aedes* et *Anopheles*. Le genre *Culex* est de loin le mieux représenté particulièrement avec l'espèce *Culex pipiens* (58,48%), suivi d'*Aedes dorsalis* avec 33,79%, et *Anopheles multicolor* avec 12,96%. Les larves du quatrième stade de *Culex pipiens* ont manifesté une sensibilité vis-à-vis de la Deltaméthrine et de la Cyperméthrine qui se traduit par un taux de mortalité de 100% après vingt quatre heures d'exposition pour toutes les doses appliquées. Les résultats des TL50 des deux pyréthrinoides, confirment que la Deltaméthrine (TL50 =1,09mn) est efficace par rapport à la Cyperméthrine (TL 50 = 12,82mn).

**Mots clés :** Ghardaïa, biodiversité, Culicidae, *Culex pipiens*, sensibilité, Deltaméthrine, Cyperméthrine.



## Abstract

In order to improve our knowledge in the biodiversity of Culicidae, we conducted a series of sampling in different breeding places in the Ghardaia region. During a study period from May 2015 to September 2015, the inventory of the Culicidae's fauna in 08 breeding places distributed between three stations, which revealed the presence of 13 species of Culicidae belonging to 03 genuses, *Culex*, *Aedes*, *Anopheles*. The *Culex* is by far the best represented particularly with *Culex pipiens* by 58.48%, it is followed by the *Aedes dorsalis* with 33.79%, and *Anopheles multicolor* with 12.96 %. The larvae of the fourth stage of *Culex pipiens* have shown a sensitivity toward the Deltamethrin and Cypermethrin which translates to a mortality rate of 100% after twenty four hours of exposure for all doses applied. The results of the TL50 of two pyrethroids, confirm that the Deltamethrin (TL50 = 1.09 mn) is effective compared to the Cypermethrin (TL 50 = 12.82 mn).

**Keywords:** Ghardaia, biodiversity, Culicidae, *Culex pipiens*, sensibility, Deltamethrin, Cypermethrin.



## ملخص

من اجل تحسين معرفتنا بشأن التنوع البيولوجي للبعوضيات, أجرينا سلسلة من أخذ العينات في مختلف مواقع الليرقات في منطقة غرداية.

خلال فترة بحث امتدت من ماي الى سبتمبر 2015 قمنا بإحصاء لمجموعة الـ Culicidae في 8 أماكن على 03 مناطق، الذي انتهى بتشخيص 13 نوع من الـ Culicidae، تنتمي إلى 03 أجناس: *Aedes*، *Anopheles*، *Culex* الجنس *Culex* هو الأكثر تمثيلا خاصة مع النوع *Culex pipiens* ب 58,48% متبوعا بالنوع *Aedes dorsalis* ب 33,79%، متبوعا بالنوع *Anopheles multicolor* ب 12,96%.

يرقات المرحلة الرابعة لـ *Culex pipiens* ابدت حساسية تجاه *Cyperméthrine* و *Deltaméthrine*، مما أدى إلى الوصول إلى معدل وفيات يعادل 100% بعد مرور أربعة و عشرين ساعة من التعرض للمبيدات لكل الجرعات المستخدمة. نتائج لـ TL50 بالنسبة للمبيدين، تاكد أن *Deltamethrine* (د TL50 = 1,09) فعالة مقارنة بـ *Cypermethrine* (د TL50 = 12,82).

**كلمات مفتاحية:** غرداية، تنوع بيولوجي، *Culex pipiens*، *Culicidae*، حساسية، *Deltamethrine*، *Cypermethrine*.



## Introduction

Les maladies à transmission vectorielle sont un des problèmes majeurs de santé publique à travers le monde. Transmises par les moustiques du genre Anophèles, la maladie la plus répandue et la plus meurtrière est le paludisme, avec un à deux millions de morts par an. Les filarioses lymphatiques touchent 100 millions d'individus (**Rodhain et Perez, 1985**). Par ailleurs, **P.O.M.S. (2007)** signale 100 millions d'infections dues à la dengue par an (virus transmis par *Aedes albopictus*). De nombreuses autres maladies à virus (arboviroses), telles que la fièvre jaune, le chikungunya, fièvre de la vallée du Rift et la fièvre du Nil occidental (West Nile Virus), sont également transmises par des moustiques (**O.M.S, 2007**). Le virus West-Nile (WN) et celui de la fièvre de la Vallée du Rift (FVR) sont deux agents d'arboviroses émergentes ayant un pouvoir de propagation très inquiétant vis-à-vis desquelles l'Algérie n'est pas épargné. En effet, Le virus West-Nile a été introduit en Algérie en 1994 à Tinerkouk, wilaya d'Adrar avec 50 cas confirmés et 8 décès (**Leguenno et al, 1996**). En 2011 une Enquête séroprévalence sur les échantillons de 165 sérum, 9,7% étaient positif (**Hannoun, 2015**).

L'identification précise et la connaissance de la biodiversité fonctionnelle des vecteurs est un pas essentiel pour la compréhension du risque de (ré)-émergence et la dynamiques des maladies vectorielles

Aujourd'hui Le moyen le plus efficace et le plus utilisé dans le monde pour lutter contre les moustiques reste l'utilisation des insecticides chimiques (**OMS, 2009**). Parmi les insecticides chimiques, les pyréthrinoïdes de synthèse. En effet, les phénomènes de résistances des populations des vecteurs vis-à-vis des insecticides en général et des pyréthrinoïdes en particulier, connaissent une certaine expansion, cette situation pourrait compromettre le succès d'interventions. Les pyréthrinoïdes étant actuellement, les insecticides les plus recommandés pour la lutte contre les vecteurs anthropophiles, il est primordial de recueillir des données de base sur la sensibilité des vecteurs ciblés avant de se lancer dans de grands programmes de lutte anti-vectorielle. Une surveillance de la dynamique de cette sensibilité est également à prévoir au fur et à mesure afin de mieux gérer les phénomènes de résistances (**Toto et al, 2011**).

C'est dans cette optique que se situe ce projet de fin d'étude dont les objectifs principaux peuvent se résumer ainsi

- Etablissement d'un inventaire systématique des Culicidae de la région de Ghardaïa



- L'étude de la sensibilité des larves du quatrième stade de *Culex pipiens*, espèce très commune dans les villes de la région d'étude et causant un véritable problème de nuisance vis-à-vis de deux insecticides chimique de la famille des pyréthrinoides de synthèse, la Cyperméthrine et la Deltaméthrine.

Le premier chapitre a été consacré à une synthèse bibliographique traitant les généralités sur les *Culicidae* et les pyréthrinoides de synthèse. Le deuxième chapitre décrit la région d'étude, le matériel et les méthodes utilisés lors du travail sont abordés dans le troisième chapitre. Les résultats et leurs interprétations sont développés dans le quatrième chapitre. Enfin nous terminerons ce travail par une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenus.



*Chapitre I*

*Synthèse bibliographique*



# 1. Généralité sur les moustiques d'intérêt médical et les maladies transmises à l'homme :

La famille des **Culicidae**, synonyme du terme courant **moustiques** (Carnevale *et al*, 2009), Jouent un rôle important dans la transmission d'un certain nombre de maladies tropicales comme le paludisme et plusieurs viroses : dengue fièvre jaune. Il existe environ 3000 espèces de moustiques, dont une centaine sont vectrices des maladies (OMS, 1999).

## 1.1. Place des moustiques d'intérêt médical au sein du règne animal :

Les moustiques sont des insectes de l'ordre des diptères (deux ailes), du sous-ordre des nématocère (antennes longues), et de la famille des *Culicidae* (corps fusiforme recouvert d'écailles). On dénombre plus de 3 300 espèces regroupées en 37 genres (Carnevale *et al*, 2009). Les moustiques qui ont un intérêt médical appartient au 2 sous famille : les *Culicinae* et les *Anophelinae*. Les trois genres constituent les principaux vecteurs sont *Anopheles*, *Aedes* et *Culex* (Delaunay *et al*, 2001).

La figure 1 résume la position systématique des moustiques d'intérêt médicale.

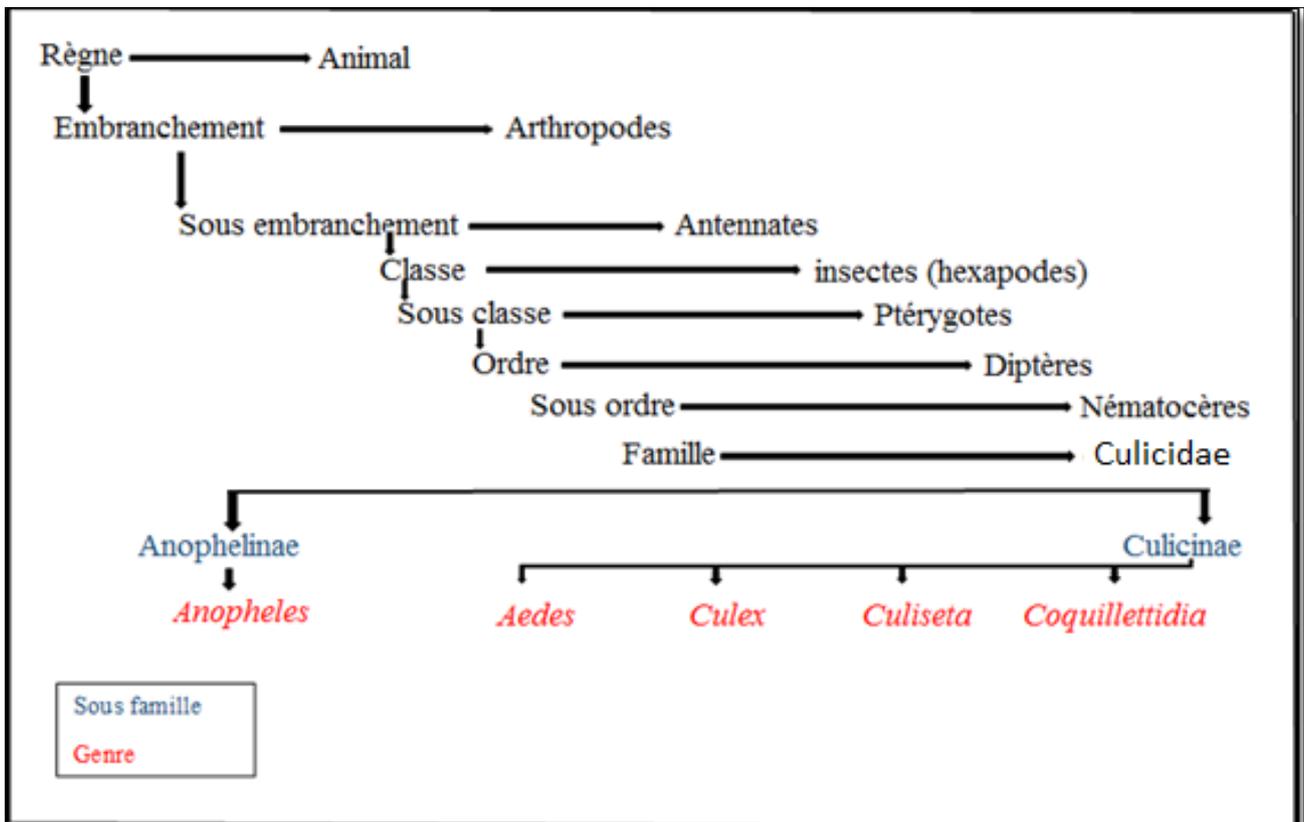


Figure 1 : Systématique des moustiques d'intérêt médical (Rodhain et Perez, 1985 ; Brunhes *et al*, 2000).

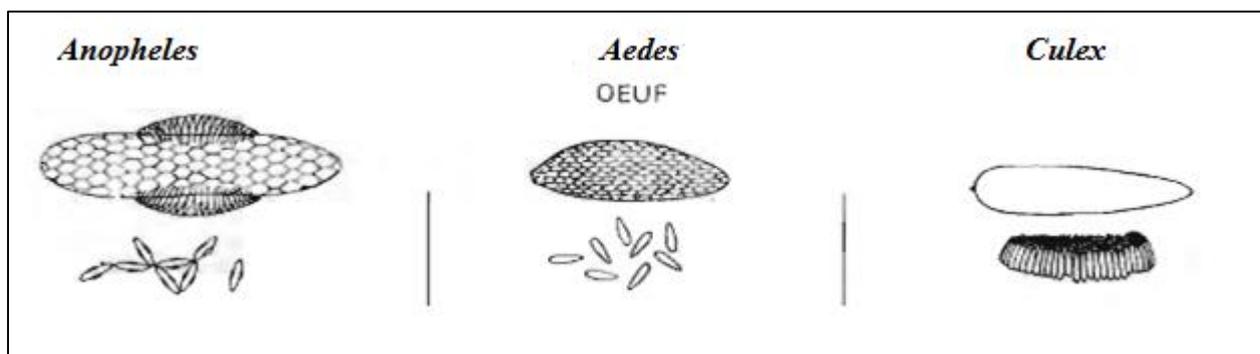


## 1.2. Morphologie des moustiques :

Les moustiques, comme tous les diptères, sont des insectes à métamorphose complète (holométaboles), car les larves ont un état de vie totalement différent de celle des adultes (Guillaumot, 2005). La morphologie externe des larves et des adultes permet la différenciation rapide au niveau de la sous-famille (*Anophelinae* et *Culicinae*) et des genres. Au niveau spécifique, la morphologie externe permet aussi de différencier les espèces entre elles. Cependant, dans le cas d'espèces jumelles, il faut souvent faire appel à des techniques complémentaires (Carnevale *et al*, 2009).

### 1.2.1. Œufs :

Ils mesurent environ 0.5 mm de long (Rodhain et Perez, 1985), sont déposés à la surface de l'eau par les femelles (fig.2), d'abord blancs puis deviennent bruns noirâtres. Selon les genres, ils peuvent être ovoïdes, chez les *Anophèles* sont pondus isolément, en vol, sur la surface de l'eau, et possèdent généralement deux flotteurs latéraux (Carnevale *et al*, 2009). Les œufs de *Culex* sont collés ensemble côte à côte pour former une sorte de petite barquette, Ceux des *Aedes* sont pondus isolément (Guillaumot, 2005). Les œufs de *Mansonia*, peuvent être pondus isolément ou sous forme de radeaux (David, 2006).



**Figure 2** : Les œufs des différents genres de la famille de Culicidae (OMS, 1973) (modifier)

### 1.2.2. Larve :

Les larves sont aquatiques sa taille maximum, de 8 à 12 mm, elle devra muer 3 fois. et respire l'air atmosphérique en surface grâce à son stigmates respiratoires (Guillaumot, 2005). Les larves apodes présentent 3 tagmes bien distincts : la tête, le thorax, l'abdomen (Claude, 2003).



➤ **La tête :**

Elle est bien dégagée du thorax, très mobile, porte dorsalement une paire d'antennes, deux paires d'yeux (yeux simple) et ventralement deux palpes maxillaires et les pièces buccales (**Boulkenafet, 2006**).

Les pièces buccales broyeuses, sont très différentes de celles de l'adulte elles sont courtes et épaisses. Le labre porte à sa base une paire de larges brosses très mobiles, constituées de soies pectinées et utilisées pour filtrer les microparticules alimentaires et les rabattre vers la cavité buccale. Les mâchoires et les mandibules sont puissantes et dentées (**Claude, 2003**).

➤ **Le thorax :**

Il est très volumineux et muni de nombreuses soies en touffes, utilisées pour la nage, il est formé de 3 segments soudés : le prothorax, le mésothorax, le métathorax (**Claude, 2003**).

➤ **L'abdomen:**

Il comprend 9 segments bien visibles, chacun portant différentes ornements, notamment la plaque tergale et les plaques accessoires, des soies, simples ou branchues ou palmées, etc. qui sont utilisées pour reconnaître les différentes espèces (fig. 3). Les 7 premiers segments sont morphologiquement comparables mais de grandes modifications apparaissent au niveau du 8e segment qui porte latéralement, un peigne de chaque côté portant des dents, utilisée en systématique, et La partie dorsale porte les stigmates respiratoires (**Carnevale et al, 2009**). La larve d'*Anophèles* ne possède pas de siphon, elles se collent à la surface pour respirer (**Guillaumot, 2005**), les stigmates respiratoires affleurent au niveau de la cuticule. Alors que chez les *Aedes* et *Culex* (et autres *Culicinae*), ils sont situés à l'extrémité d'un siphon respiratoire plus ou moins long ou plus ou moins trapu selon les espèces et le biotope (fig.4).

Mais chez les larves *Mansonia* ont un siphon modifié grâce auquel elles utilisent l'oxygène contenu dans les tiges de certaines plantes aquatiques (fig.4) et le 9<sup>ème</sup> segment (segment anal) n'est pas dans le prolongement du corps, qui porte de nombreuses soies utilisées en systématique, sert aux déplacements de la larve (**Carnevale, et al 2009**).

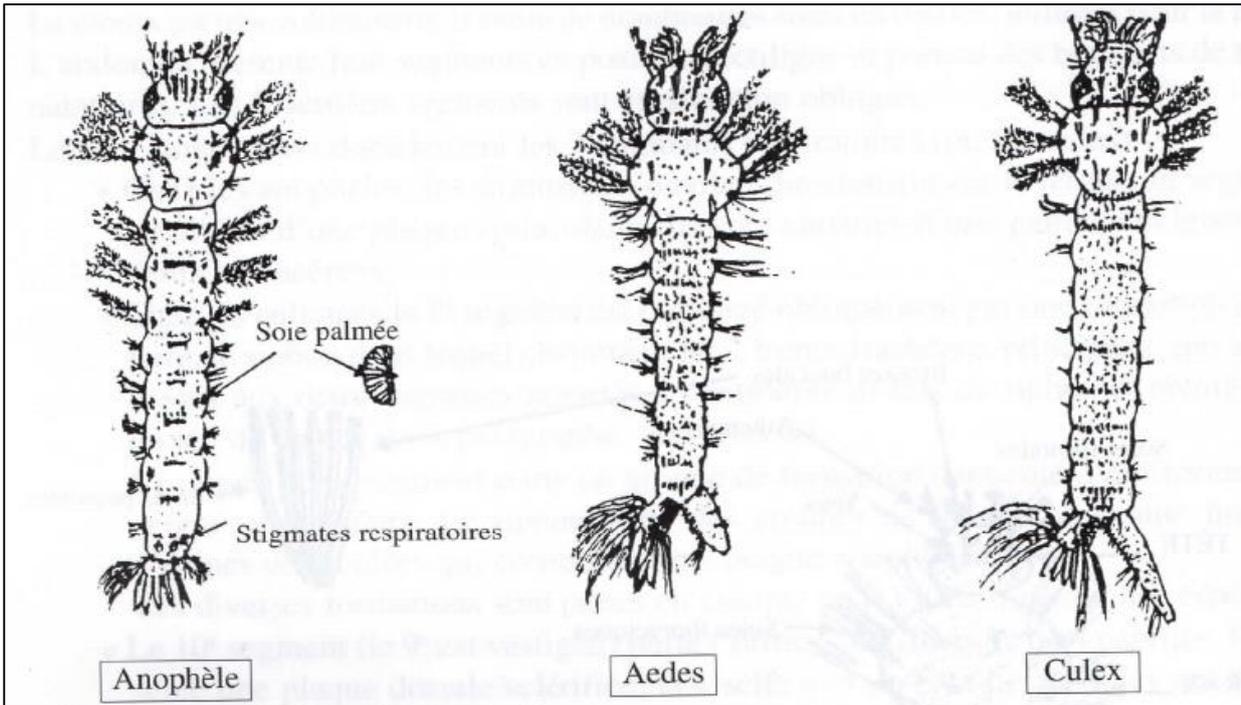


Figure 3 : Morphologie larvaire (Claude, 2003).

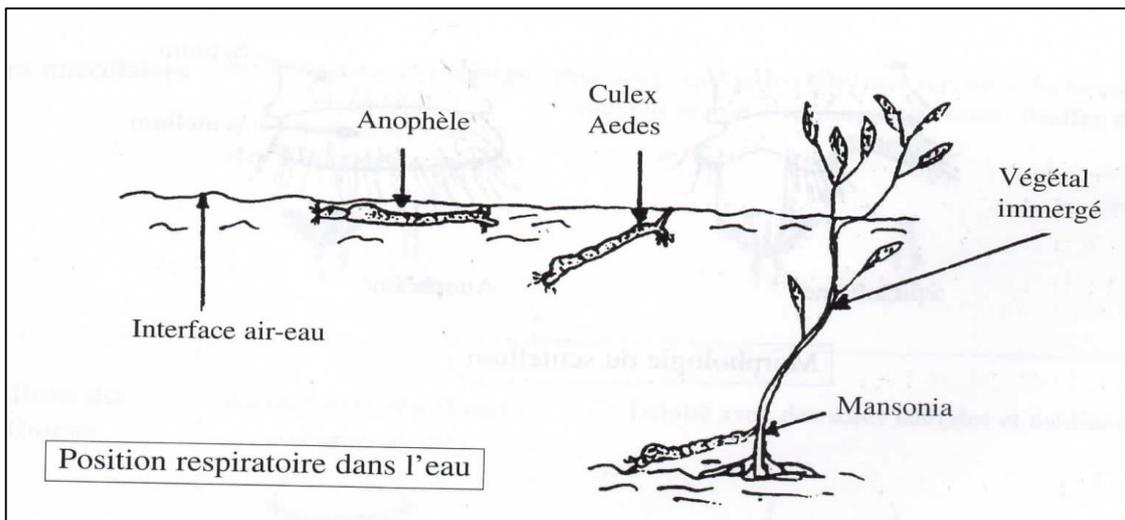


Figure 4 : Position des larves des Culicidae dans l'eau (Claude, 2003).

### 1.2.3. Nympe :

Elle est en forme de virgule ou de point d'interrogation (Rodhain et Perez, 1985), respire très fréquemment mais ne se nourrit plus. Elle présente une zone céphalothorax antérieure, sans orifice buccale, avec 2 ocelles et sur la face dorsale, une paire de cornets ou trempettes



respiratoires, qui abritent les troncs trachéens principaux et porte à leur extrémité les stigmates respiratoires, sont de morphologie variée selon les espèces :

- Longues et fines chez *Culex* et *Aedes*.
- Courtes et évasées chez les *Anophèles*.
- Longues et effilées et munies de denticulations chez les *Mansonia* (pour la fixation sur les végétaux).

L'abdomen incurvé de 8 segments distincts, le 9 et le 10 sont très réduits, mais les 9 portes deux larges et plates expansions, les palettes natatoires utilisées pour les déplacements (Claude, 2003) (fig. 5).

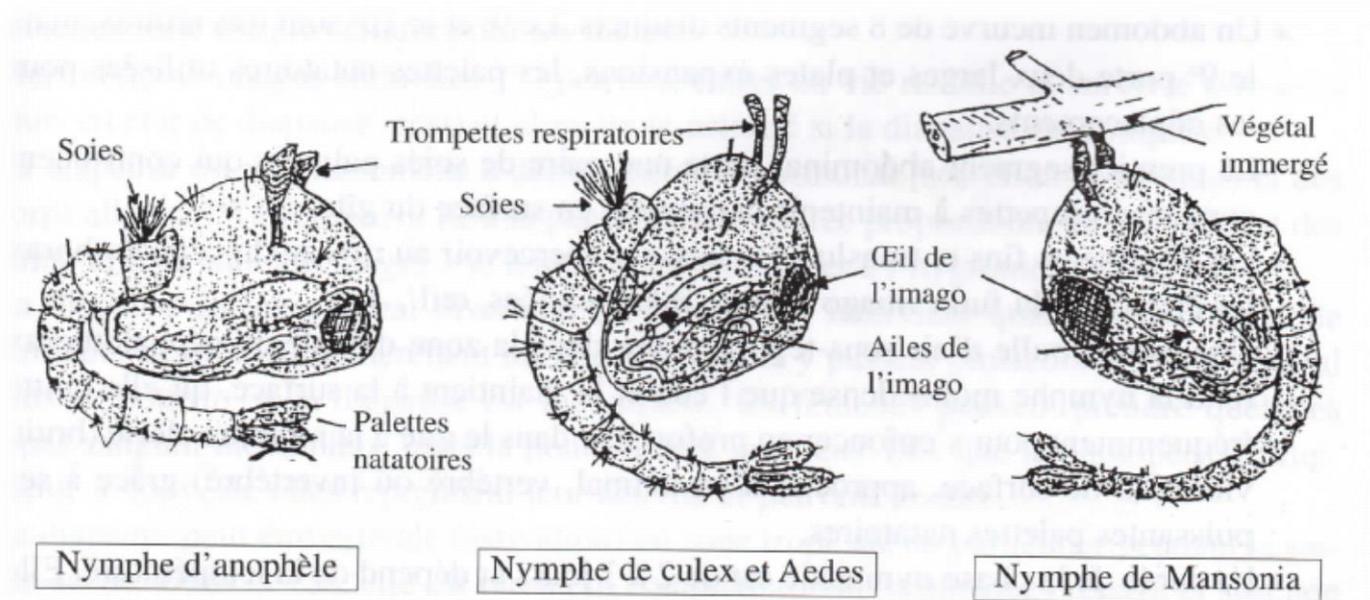


Figure 5 : Stades nymphales des Culicidae (Claude, 2003).

#### 1.2.4. Adulte :

Le corps du moustique adulte est composé de trois parties (fig. 6) : la tête, le thorax et l'abdomen (Gueye, 2013).

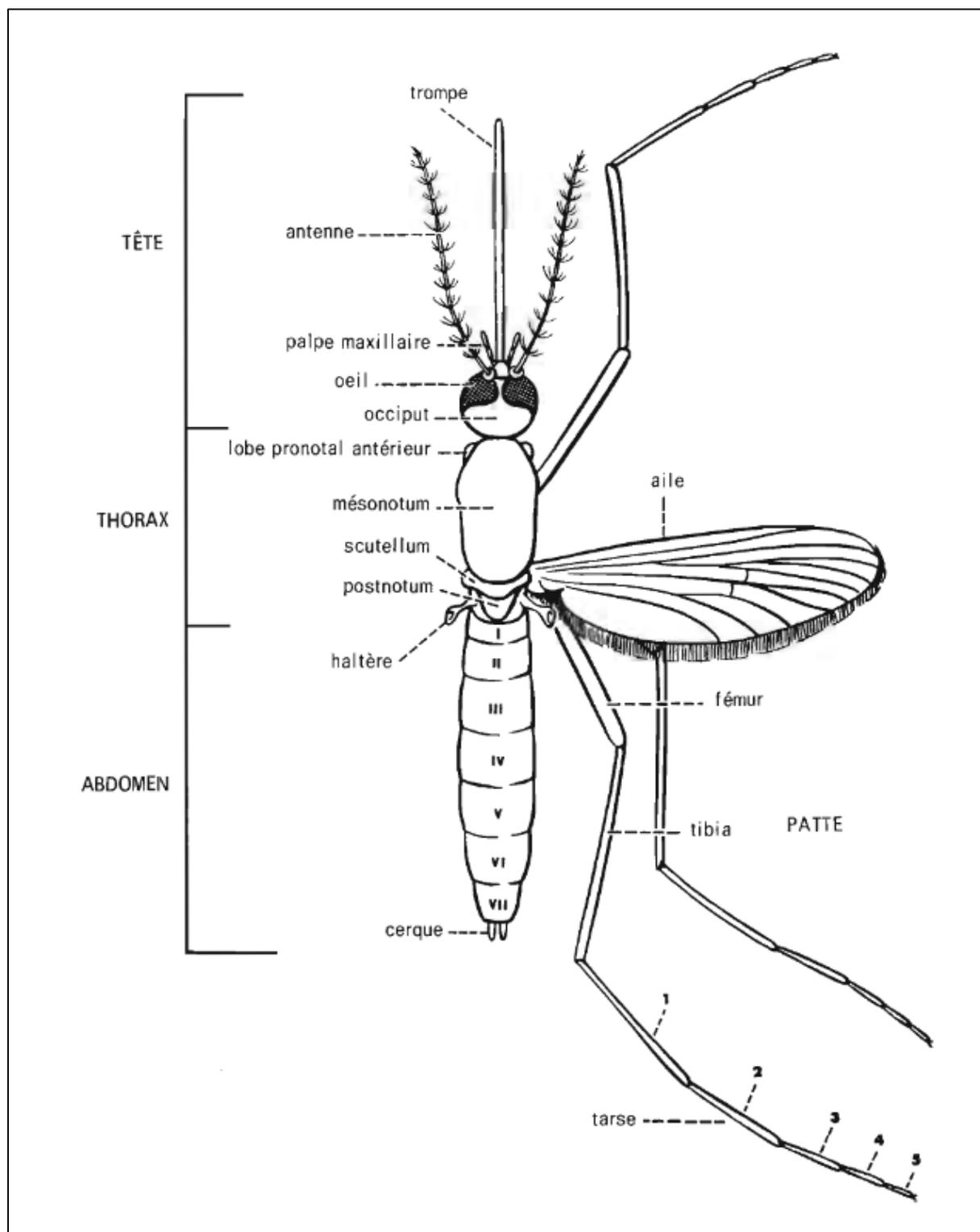


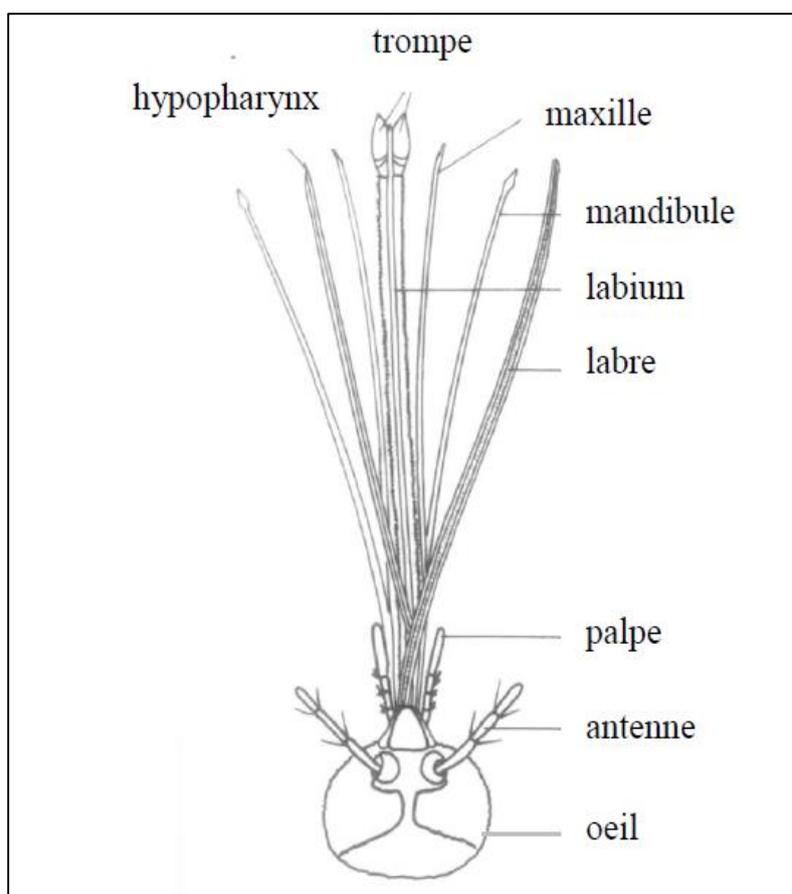
Figure 6 : Morphologie générale schématique d'un moustique adulte (OMS, 1973)



➤ **La tête :**

La tête globuleuse et bien dégagée du thorax est portée par un cou étroit (**Boulkenafet, 2006**). Deux yeux composés de nombreuses ommatidies s'étendant sur les faces latérales mais aussi sur une grande partie de la face dorsale et un peu sur la face ventrale (fig. 7). Ocelles absents. Parties antérieure et supérieure de la tête comprenant, de bas en haut et d'avant en arrière, le clypeus (au-dessus de l'insertion de la trompe), le front (qui port les antennes), le vertex (région juxta-oculaire) et l'occiput (partie postérieure)

Les antennes sont filiformes, s'insèrent dans les échancrures du champ oculaire, formé de 15 articles chez le mâle, et 16 articles chez la femelle, Les deux premiers articles (modifiés) sont : le scape et le torus, les articles suivants formant le flagellum, et portant à leur base des verticilles de soie. Celles-ci sont longues et nombreuses chez le mâle (antennes plumeuses), plus courtes et rares chez la femelle (antennes glabres) (**Rodhain et Perez, 1985**).

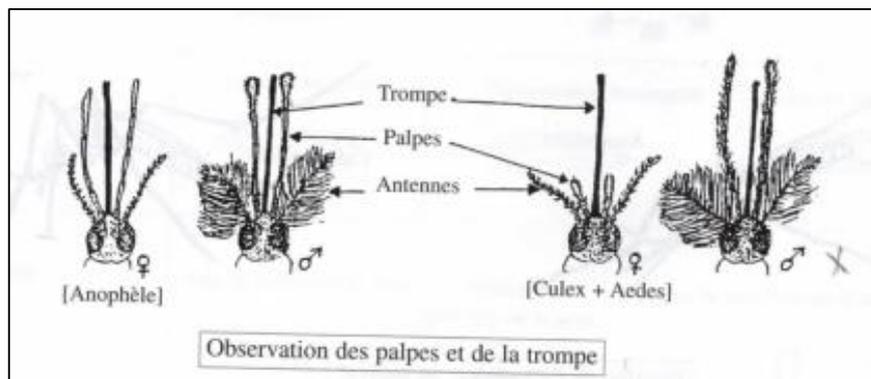


**Figure 7 :** Morphologie schématique de la tête chez les moustiques (**Guèye Fall, 2013**)

Les palpes maxillaires situent sous les antennes et formes de 4 et 5 articles, encadrent la trompe. Ils sont en générale plus longs chez le male. La longueur comparée des palpes et de la trompe



et la morphologie du segment distale du palpe permettent de différencier les individus des deux sous-familles (Claude, 2003), (fig. 8).



**Figure 8 :** Morphologie de la tête chez les mâles et les femelles de Culicidae (Claude, 2003)

Les pièces buccales sont styliformes et sclérifiées. Elles constituent un ensemble appelé trompe ou proboscis qui comporte le labium en forme de gouttière qui entoure et protège les pièces buccales, vulnérantes au nombre de six. On y distingue deux mandibules, deux maxilles, l'hypopharynx dans lequel passe le canal salivaire, et le labre qui forme un canal dans lequel remonte le sang. Chez le mâle, le proboscis n'est pas vulnérant (Guèye Fall, 2013).

➤ **Le thorax :**

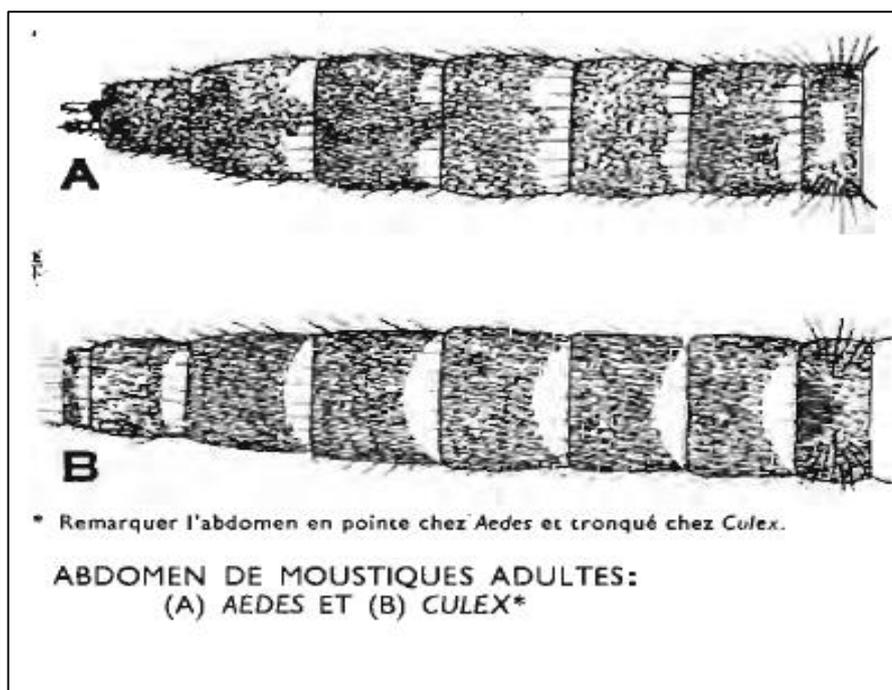
Il est formé de trois métamères fusionnés, de développement très inégal. Les métamères sont composés de plaques sclérifiées. Les plaques ventrales sont les sternites, les plaques latérales sont les pleurites et les plaques dorsales sont appelées tergites. Ces plaques sont reliées entre elles par des membranes souples. Il est formé, de 3 segments fusionnés (Guèye Fall, 2013) :

- **Le prothorax :**  
Est très réduit, et ne porte qu'une paire de pattes.
- **Le mésothorax :**  
C'est le métamère le plus développé des trois. Il porte une paire d'ailes, et une paire de pattes, et une paire de stigmates.
- **Le métathorax :**  
Il est très réduit, et porte une paire de pattes, une paire d'haltères, et une paire de stigmates. Les pattes s'insèrent à la face inférieure du thorax, et sont composées de 9 articles : le coxa, le trochanter, le fémur, le tibia et 5 tarsomères qui forment le tarse. Le dernier article du tarse (tarsomère 5) porte une paire de griffes, un empodium médian et une paire de pulvilles (Guèye Fall, 2013).



➤ **L'abdomen :**

Il est constitué de 10 segments (fig. 9). Les huit premiers sont distincts et constitués d'une plaque dorsale (tergite) et d'une plaque ventrale (sternite) reliées latéralement par une membrane pleurale souple qui porte les stigmates abdominaux. Les derniers segments constituant les appendices génitaux (**Rodhain et Perez, 1985**).



**Figure 9 :** Vue dorsale de l'abdomen du moustique (**OMS, 1973**).

### 1.3. Cycle de vie et développement :

Les moustiques, comme tous les diptères, sont des insectes à métamorphose complète (holométaboles), c'est-à-dire que la larve et l'adulte ont un aspect et un mode de vie très différents. Le cycle de vie des moustiques comprend quatre stades : œuf, larve, nymphe et adulte, cette métamorphose se déroule en deux phases ; une Phase aquatique (œuf, larve et nymphe) et une Phase aérienne (adulte) (**Guillaumot, 2013**), (Fig. 10).

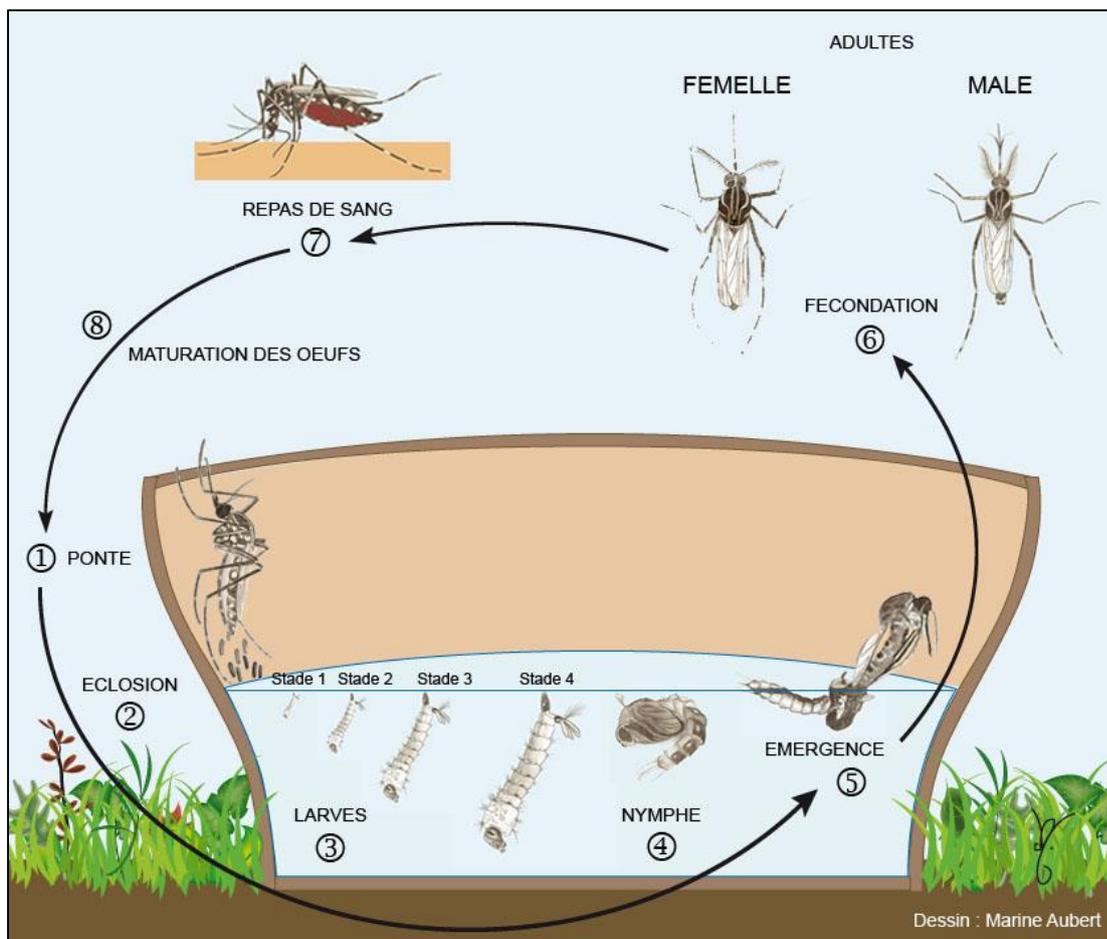


Figure 10 : Cycle de vie du moustique (Guillaumot, 2013)

Après accouplement qui se fait en vol ou dans la végétation (Seguy, 1950), 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, 2005).

Quelques jours plus tard, selon l'espèce, la femelle gravide prête à pondre ses œufs (La ponte a lieu généralement au crépuscule) dans une eau stagnants ou à faible courant, douce ou salé (Rloux, 1958 ; Ayitchedji, 1990).

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. 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 (**Rodhain et Perez, 1985**).

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, 2005). 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. A 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**).

#### 1.4. Les maladies humaines transmises par les moustiques :

Les maladies à transmission vectorielle sont des maladies pour lesquelles l'agent pathogène (qui peut être un virus, un parasite ou une bactérie) est transmis d'un individu infecté à un autre par l'intermédiaire d'un arthropode (vecteur) (moustique ou bien d'autre arthropode) hématophage (**Barré-Cardi, 2014**).

Les modalités de transmission des maladies humaines chez les culicidés sont par une piqûre infectieuse, cas des anophèles qui sont les vecteurs exclusifs de *Plasmodium* de mammifères, parasite responsable du paludisme. Quelque 30 espèces d'anophèles interviennent dans la transmission du parasite, avec chacune leurs particularités biologiques et écologiques (**Robert, 2012**).

On peut citer certaines espèces du complexe *Anopheles gambiae* en Afrique subsaharienne, qui sont des vecteurs très efficaces, *An. darling* en Amérique du Sud, qui prolifère dans les clairières de la forêt humide, *An. culicifacies* en Asie méridionale qui affectionne les mares d'eau stagnante ensoleillée, en particulier dans les réseaux d'irrigation, et enfin *An. dirus*, en Asie du Sud-Est, qui prospère dans les zones de forêt humide. Dans certaines régions du monde, les anophèles jouent également un rôle dans la transmission de la filariose de Bancroft ou filariose lymphatique (**Robert, 2012**).

La sous-famille des moustiques *Culicinae* comprend notamment des espèces appartenant aux genres *Culex* et *Aedes*. Parmi les espèces du genre *Culex*, *Cx quinquefasciatus* est un moustique essentiellement urbain qui constitue une forte nuisance et qui peut être vecteur de la filariose de Bancroft et un certain nombre d'affections virales, notamment la fièvre à virus West Nile.



Parmi les autres représentants importants du genre *Culex* figurent, *Cx vishnui* et *Cx tritaeniorhynchus* qui prolifèrent dans les rizières irriguées et transmettent le virus de l'encéphalite japonaise (**Robert, 2012**).

Les moustiques du genre *Aedes* sont les vecteurs des virus de la dengue, de la fièvre jaune et du chikungunya. Contrairement aux anophèles et aux *Culex*, les *Aedes* piquent principalement de jour, mais aussi de nuit. *Aedes aegypti* et *Ae. Albopictus* prolifèrent dans les petites collections d'eau situées aux alentours et à l'intérieur des habitations. C'est dans les zones défavorisées que leur densité est la plus forte mais les habitats avec jardin dans les zones résidentielles leur conviennent également. Les flambées épidémiques de ces maladies virales trouvent un large écho dans les médias (**Robert, 2012**).

### 1.5. Stratégies de lutte contre les moustiques :

La lutte antivectorielle comprend la lutte et la protection contre les arthropodes hématophages (insectes et acariens), vecteurs d'agents pathogènes à l'homme et aux vertébrés, et leur surveillance. Elle inclut la lutte contre les insectes nuisant quand ces derniers sont des vecteurs potentiels ou lorsque la nuisance devient un problème de santé publique ou vétérinaire (**Fontenille et al, 2009**). Les moyens de lutte sont variés : modifications de l'environnement, lutte biologique, lutte génétique, lutte mécanique, et lutte chimique.

Les stratégies de lutte contre les moustiques sont basées sur :

#### 1.5.1. Lutte anti-larvaire :

Selon **Pennetier (2008)** la plupart des méthodes de lutte visant à réduire la production de moustiques nécessitent le traitement des gîtes larvaires par :

##### ➤ Réduction de la source :

Se réfère à toute mesure empêchant la reproduction des moustiques ou visant à éliminer les gîtes larvaires. et sont une composante des mesures de l'aménagement de l'environnement dont le but est de modifier l'environnement pour priver la population vectorielle de ses moyens de survie, principalement la reproduction, le repos et la nourriture. La modification de l'environnement se fait par des changements permanents dans le sol, l'eau ou la végétation, par exemple : remblai, drainage, plantations d'eucalyptus, fermeture ou couverture des gîtes (**OMS, 2003**).



➤ **Lutte biologique :**

La lutte biologique contre les moustiques consiste à introduire dans leurs biotopes des espèces qui sont leurs ennemis naturels, nous citons :

- **Poissons larvivores:** qui se nourrissent de larves des moustiques. Les principales espèces utilisées sont *Gambusia affinis* et *Poecilia reticulata* (OMS,1999).
- **Bacillus thurigiensis:** bactérie entomopathogène aérobie gram-positif de sérotype H-14 (*B.t.* H-14), produit des toxines qui permettent de détruire très efficacement les larves de moustiques qui les ingèrent. Ces toxines sont inoffensives pour les poissons, les animaux supérieurs et l'Homme (Pintireau, 2009).
- **Moustiques prédateurs:** les larves du genre *Toxorhynchites* se nourrissent des larves d'autres moustiques.
- **Copépodes cyclopoïdes:** petits crustacés qui s'attaquent aux larves de moustiques du premier et du deuxième stade.
- **Nématodes :** qui parasitent les larves de moustiques.
- **Les champignons :** Parmi ceux qui manifestent une activité parasitaire intéressante, citons *Lagenidium giganteum*, *Culicinomyces clavosporus*, *Tolypocladium cylindrosporium* et plusieurs espèces de *Coelomomyce*, sont utilisés dans la lutte contre les moustiques (OMS, 1999).

➤ **Larvicides :**

Les larvicides sont des corps chimiques, des toxines tuant les larves et les pupes de moustiques. Ils sont utilisés sur des gîtes larvaires qui ne peuvent pas être drainés (OMS, 2003).

- **Pétrole et dérivés :** Ils sont utilisés pour les eaux stagnantes impropres à l'irrigation ou à la consommation par les animaux. Les huiles agissent principalement en formant un film à la surface de l'eau, empêchant les larves de respirer (OMS, 2003).
- **Régulateurs de croissance des moustiques :** Ce sont des composés chimiques hautement toxiques pour les larves de moustiques dont ils empêchent le développement en adultes, Ils peuvent être divisés en :
  - analogues de l'hormone juvénile empêchant le développement des larves en pupes viables ou de pupes en adultes (ils ne tuent pas les larves).
  - inhibiteurs de synthèse de la chitine qui, interfèrent avec le processus de mue, tuant les larves quand elles muent (OMS, 2003).



### 1.5.2. Lutte adulticide :

Les aspersions intradomiciliaires consistent à traiter à l'intérieur des maisons à l'aide d'insecticides moins rémanents, les insecticides utilisés actuellement dans le cadre de la santé publique sont les organophosphorés (malathion), les carbamates (bendiocarb) et les Pyréthriinoïdes (perméthrine).

### 1.5.3. Réduction du contact homme-vecteur :

Cette stratégie vise à établir une barrière (physique et/ou chimique) entre l'homme et le Moustique par :

- utilisations des moustiquaires imprégnées d'insecticides avec des pyréthriinoïdes (perméthrine deltaméthrine, bifenthrine) (**Aubry et Gaüzère, 2013**).
- utilisation de répulsifs qui existent sous forme de crème, Ils peuvent être appliqués directement sur la peau ou sur les vêtements.
- utilisation des Vêtements protecteurs qui couvrent la plus grande partie du corps (**OMS, 2003**).

## 2. Généralités Sur les Pyréthriinoïdes :

Les pyrèthriinoïdes sont des insecticides chimique synthétiques, produits par les fleurs des Chrysanthèmes (*Chrysanthènum cinèrariaefolium* et *Chrysanthènum cineum*: espèce retrouvé essentiellement en Afrique et en Australie) (**Aligon et al, 2010**).

Les pyrèthriinoïdes de synthèse prennent depuis une vingtaine d'années une place de plus en plus importante sur le marché des insecticides, cette famille regroupe maintenant des insecticides très actifs qui ne présentent aucun effet cumulatif sur l'environnement et pratiquement aucune action toxique sur les vertébrés supérieurs. La plupart de ces molécules montrent toutefois une toxicité assez élevée pour les animaux à sang froid, notamment les poissons et les batraciens (**Darriet, 1998**).

Les pyrèthriinoïdes se divisent en deux groupes, Le premier se compose de produits à base d'alcool phénoxybenzyl. Ces pyrèthriinoïdes, qui regroupent essentiellement la perméthrine et la bifenthrine, se caractérisent par des toxicités faibles vis-à-vis des mammifères et par une action rapide sur les insectes (effet knock-down = KD). Les chimistes ont par la suite greffé un radical cyano sur la position alpha de l'alcool, donnant ainsi naissance aux pyrèthriinoïdes alpha-



cyanés, dits de groupe 2. Cette catégorie de produits qui comprend entre autres la deltaméthrine, la lambda-cyhalothrine et l'alpha-cyperméthrine se révèle à la fois plus stable et plus active que les composés du groupe 1 (Darriet, 2007).

Les pyréthriinoïdes agissent sur le canal sodium ( $\text{Na}^+$ ), Les pyréthriinoïdes de type I augmentent la fréquence des décharges nerveuses, alors que Les pyréthriinoïdes de type II augmentent le temps d'ouverture des canaux (Salgado *et al*, 1983). L'action de ces insecticides se manifeste également par une perturbation des échanges en ions calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ) qui, normalement, circulent au travers des membranes cellulaires. Cette action neurotoxique provoque une transmission répétée ou continue de l'influx nerveux, qui aboutit à des convulsions puis à la tétanie de l'insecte (effet KD) (Darriet, 2007).

### 2.1. La Cyperméthrine :

La Cyperméthrine est un pyréthriinoïde photostable à large spectre d'activité, présentant une persistance d'action prolongée et des propriétés de biodégradabilité. Pour ces raisons, elle a été très largement utilisée à travers le monde pour la protection d'une grande variété de cultures (céréales, coton, café, etc.) (Anonyme a, 2015).

#### 2.1.1. Structure moléculaire de la Cyperméthrine :

Elle possède quatre caractéristiques physico-chimiques aux conséquences pharmacocinétiques et écotoxicologiques majeures. Elle est liposoluble, neutre, très peu volatile et instable chimiquement (Virlouvét, 2003) (fig. 11).

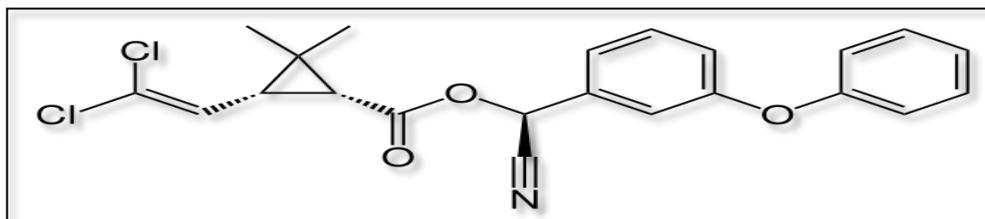


Figure 11 : Structure chimique de la Cyperméthrine (Anonyme b, 2015).



### 2.1.2. Mode d'action de la Cyperméthrine :

Cette matière active agit par contact et ingestion sur un grand nombre d'insectes à des doses très faibles, puis continue à protéger les cultures sur une période de 2 à 3 semaines même en conditions chaudes et ventées. Elle possède également un effet répulsif chez les adultes et un effet sur la nutrition des larves (R.E.C.A., 2013).

### 2.2. La Deltaméthrine :

La Deltaméthrine appartient à la famille des pyréthrinoïdes de type II, c'est un insecticide, acaricide utilisé pour lutter contre les arthropodes, développée en 1974 et constitue le premier pyréthrinoïde contenant un groupement  $\alpha$ -cyano (fig.12), (Elliot *et al*, 1974 ; A.N.S.E.S., 2010), commercialisé sous le nom de K-othrine. Elle agit par contact et par ingestion, c'est un insecticide répulsif et à action immédiate (Diarrassouba, 2002).

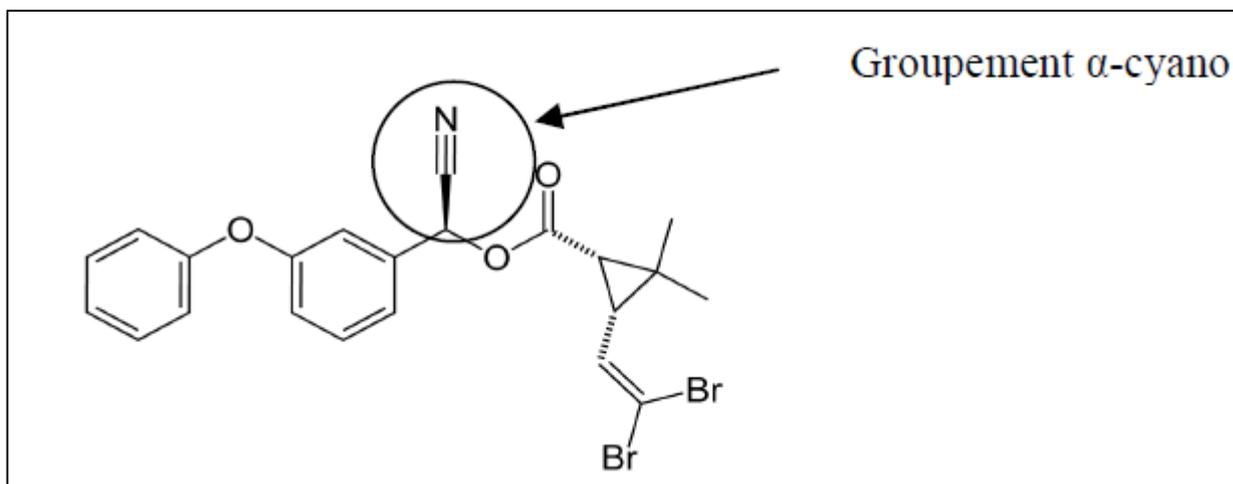


Figure 12 : Structure moléculaire de la Deltaméthrine (A.N.S.E.S., 2010).

#### 2.2.1. Mode d'action de la Deltaméthrine:

La deltaméthrine possède un groupement  $\alpha$ -cyano qui leur confère un potentiel insecticide plus important il ralentisse également l'inactivation des canaux sodium, mais sur une période beaucoup plus longue, entraîne une dépolarisation prolongée de la membrane et une transmission continue de l'influx nerveux. Les effets neurotoxiques observés chez l'insecte sont plutôt de type ataxie, hypersalivation, incoordinations motrices, convulsions ou mort de l'insecte (Goislard, 2012).



### 3. Les phénomènes de résistance aux insecticides :

#### 3.1. Définition:

Grace à l'utilisation intensive des insecticides pour lutter contre les vecteurs de maladies, de nombreuses résistances sont apparues chez les moustiques vis-à-vis de ces composés. Le phénomène de résistance a été défini par l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) comme « le développement d'une capacité de tolérer les doses de substances toxiques chez une souche résistante aux insecticides qui seraient létale pour la majorité des individus d'une population normale de la même espèce» (OMS, 1957).

Les facteurs induisant la résistance sont nombreux et le mécanisme adopté par un organisme dépend de la pression exercée et du mode d'action de l'insecticide utilisé. L'intoxication d'un insecte englobe différents niveaux d'interactions pharmacocinétiques : pénétration des barrières tissulaires, distribution, stockage, métabolisation dans les tissus internes et interaction moléculaire avec le site cible spécifique (OMS, 2014).

#### 3.2. Mécanisme de la résistance :

La toxicité des insecticides résulte de leur interaction avec leur cible biologique présente chez l'insecte. La molécule insecticide doit entrer en contact avec l'insecte, pénétrer dans l'organisme, dans certains cas être transformé en métabolite actif, puis être transporté jusqu'à sa cible. Tout mécanisme qui modifie l'une de ces étapes peut donc conduire à une résistance (Soderlund et Bloomquist, 1989 ; Pennetier, 2008). Trois types de mécanisme de résistance sont distingués:

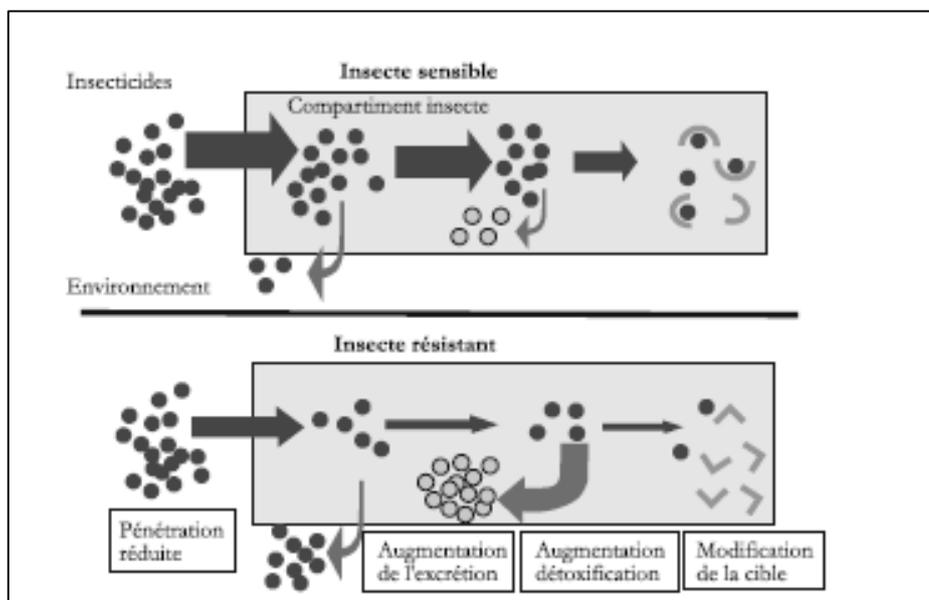
##### 3.2.1. Résistance comportementale :

Il s'agit de toute modification du comportement d'un insecte qui l'aide à éviter les effets mortels des insecticides. La propriété irritante de certains insecticides peut conduire une certaine proportion d'insectes à quitter les surfaces traitées avant d'avoir absorbé une dose létale, de sorte qu'il faudra des contacts répétés avant d'entraîner la mortalité (OMS, 2014). Ce type de mécanisme se rencontre essentiellement chez les diptères en augmentant leur irritabilité de manière à minimisé le temps de contact avec l'insecticide en particulier au contact des pyréthrinodies (Lockwood *et al*, 1984 ; Haubruge et Amichot, 1998).



### 3.2.2. Résistance physiologique :

Les modifications qui affectant la physiologie de l'insecte peuvent être remarqué par la cinétique de pénétration, la séquestration ou l'excrétion (Haubruge et Amichot, 1998). (fig. 13).



**Figure 13 :** Représentation schématique des mécanismes impliqués dans la résistance physiologique aux insecticides, d'après Poirié et Pasteur (1991).

#### 3.2.2.1. Modification de la cinétique de pénétration de l'insecticide :

Pour atteindre leur cible moléculaire les insecticides pénètrent à l'intérieur des insectes en traversant soit la cuticule, soit le tube digestif. Cette pénétration a lieu à une vitesse qui, pour un même toxique, varient d'une espèce à l'autre. Une diminution de la pénétration laisserait amplement le temps aux systèmes de détoxification de métaboliser le produit chimique qui serait alors moins efficace. Les insectes concernés seront sélectionnés par l'insecticide et donneront naissance à une population résistante (Haubruge et Amichot, 1998).

#### 3.2.2.2. Excrétion :

L'augmentation de l'excrétion est un des mécanismes de résistance développés par les insectes. Les larves de souches résistantes d'*Aedes aegypti* réagissent au DDT en excréant l'insecticide dans la membrane péritrophique. Ce comportement a été davantage mis en évidence chez certaines souches résistantes par rapport à d'autres et se produit bien moins souvent chez les larves de souches sensibles. Il semble constituer un mécanisme de résistance pour enlever le DDT du canal alimentaire et empêcher qu'il n'accède à l'organisme (OMS, 2014).



### 3.2.3. Résistance métabolique :

Consiste en une détoxification plus efficace de l'antiparasitaire. Elle résulte de la surexpression des enzymes de détoxification, ou de la substitution d'acides aminés sur ces enzymes à l'origine d'une modification de leur affinité avec les insecticides. Ce mécanisme est primordial dans la résistance aux organophosphorés, DDT, organochlorés, carbamates et pyréthrinoïdes (**Zerba, 1988 ; Ehrhardt, 2006**).

La résistance peut également consister en une **mutation de la cible**. Elle peut être liée à une modification du site sur lequel l'insecticide agit dans une souche résistante, de sorte que l'insecticide n'arrive plus à se lier efficacement et que l'insecte n'est donc plus affecté, ou est moins affecté, par le produit. Ce mécanisme de résistance peut se produire dans le canal sodique et aboutir à des canaux sodiques de différents types, des altérations structurelles du canal sodique, des canaux sodiques modifiés, des modifications des phospholipides des membranes nerveuses, une réduction de la densité des canaux sodiques et une affinité réduite du canal sodique. Les mutations de résistances, comme les mutations **kdr** (knock-down résistance) peuvent toucher l'acétylcholinestérase, qui est la cible moléculaire des organophosphorés et des carbamates, ou les canaux sodiques voltage dépendants (pour Les pyréthroïdes et le DDT (**OMS, 2014**)).

La modification des canaux chlore de la synapse codée par le gène Rdl est impliquée dans la résistance au lindane et à la dieldrine. La résistance peut de la même façon résulter de modifications des canaux **GABA** ou des acétylcholinestérases (**Ehrhardt, 2006**).

### 3.3. Types de résistance :

La résistance peut se manifester vis-à-vis de tous les insecticides de façon différente, 4 types de résistances que les moustiques peuvent développer après avoir sélectionné l'insecticide :

#### 3.3.1. La résistance simple :

C'est une résistance vis-à-vis d'une substance donnée. Cela correspond au premier stade de sélection d'individus chimiorésistants (**Ehrhardt, 2006**).



### 3.3.2. La résistance de famille :

Elle s'applique à un groupe d'antiparasitaires ayant le même mode d'action. Exemple : résistance aux pyréthrinoïdes et aux lactones macrocycliques. Il est ainsi recommandé de changer de famille d'insecticides lors de l'apparition de populations résistantes à un pyréthrinoïde (Ehrhardt, 2006).

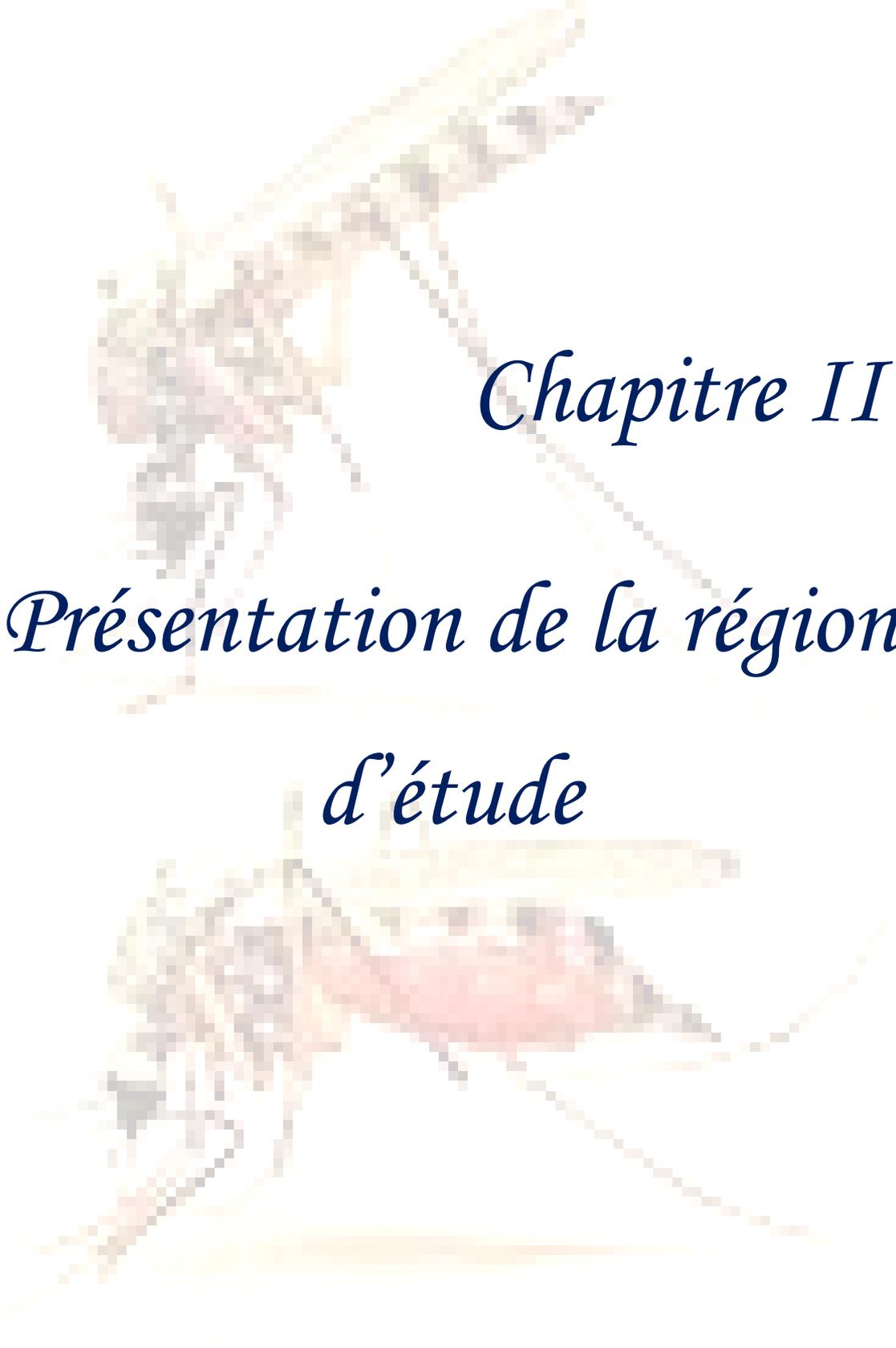
### 3.3.3. La résistance croisée :

Elle résulte d'un mécanisme de résistance unique, sélectionné par l'application d'un seul antiparasitaire. Elle peut concerner des substances d'une même famille ou de familles différentes. Exemple : résistance du type KDr résultant d'une mutation du gène para canal sodique, conférant une résistance au DDT et aux pyréthrinoïdes chez les populations d'*Anophèles gambiae*.

On parle de résistance croisée négative quand une population devenue résistante à un antiparasitaire présente une sensibilité accrue à un autre. Exemple : les souches d'*Haematobia irritans* résistantes aux pyréthrinoïdes présentent souvent une sensibilité accrue au diazinon, un organophosphoré (Cilek, 1993 ; Byford, 1988 ; Ehrhardt, 2006).

### 3.3.4. La résistance multiple :

Elle désigne une résistance vis-à-vis de plusieurs groupes d'antiparasitaires ayant des modes d'action différents. Plusieurs mécanismes de résistance évoluent ainsi en réponse à la sélection résultant de l'application de différents insecticides (Ehrhardt, 2006).



*Chapitre II*

*Présentation de la région*

*d'étude*



## **1. Situation géographique :**

La wilaya de Ghardaïa, se situe dans la partie septentrionale et centrale du Sahara (région programme Sud/Est) entre 4° et 7° de longitude Est et 35° et 36° de latitude Nord (**A.N.D.I., 2013**). Selon **D.P.S.B. (2012)**, son chef-lieu est positionné à 600 km au sud d'Alger. Elle est limitée administrativement (fig. 14) :

- Au Nord par la wilaya de Laghouat;
- Au Nord-Est par la wilaya de Djelfa;
- A l'Est par la wilaya d'Ouargla;
- Au Sud par la wilaya de Tamanrasset;
- Au Sud-Ouest par la wilaya d'Adrar;
- A l'Ouest par la wilaya d'El-Bayadh.

La wilaya couvre une superficie de 86.560 km<sup>2</sup> qui est répartie sur 13 communes et 9 daïras (**A.N.D.I., 2013**).

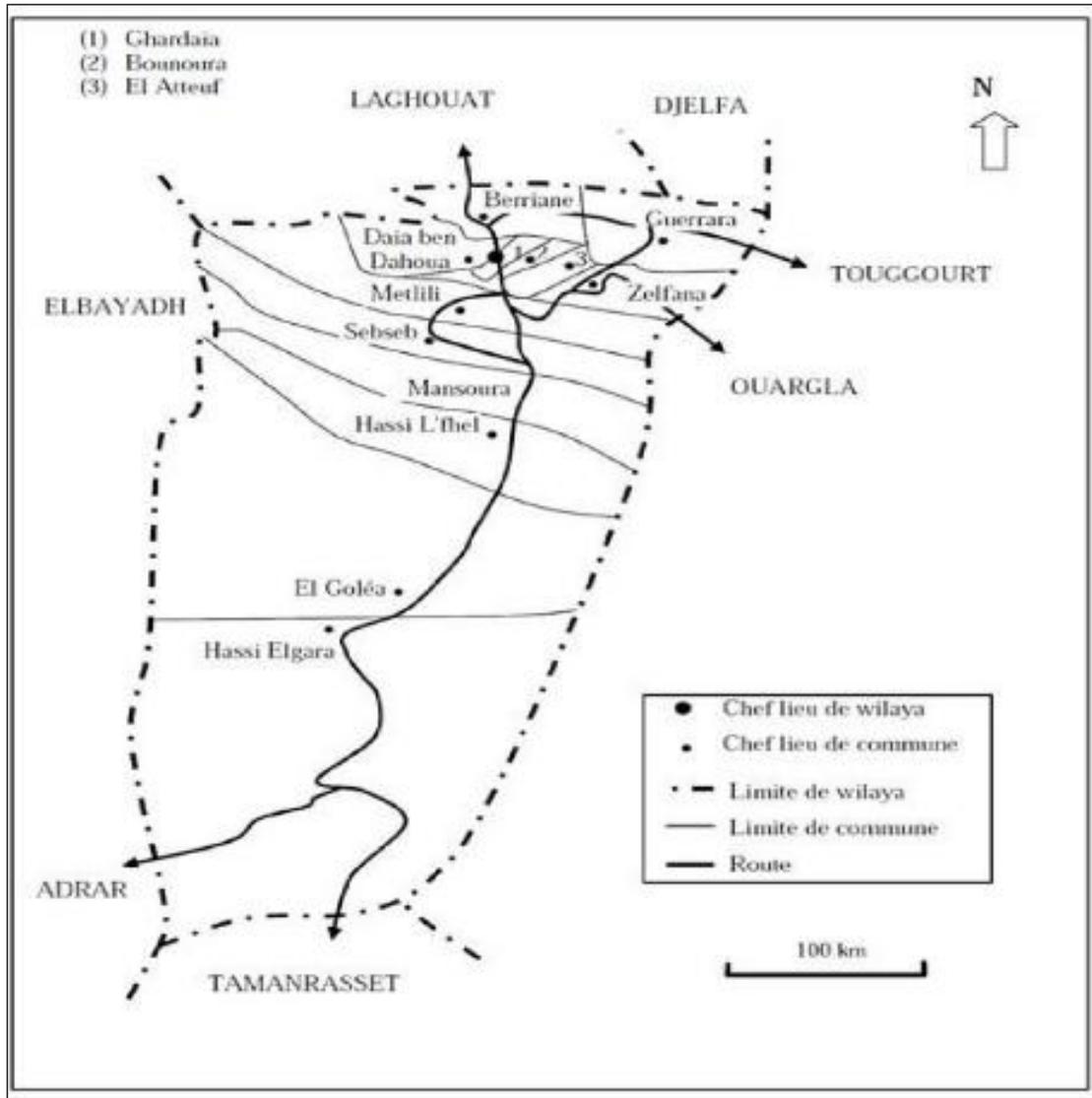


Figure 14 : Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa et ses communes (Ben kenzou *et al*, 2007)

## 2. Facteurs abiotiques de la région d'étude :

D'après Dreux (1980) tout être vivant est influencé par un certain nombre de facteurs dits abiotiques qui sont les facteurs climatiques (température, humidité, vent) et facteurs édaphiques autant physiques que chimiques.



### 2.1. Facteurs édaphiques :

Selon Dreux (1980) les facteurs édaphiques ont une action écologique sur les êtres vivants. Les caractéristiques géologiques, pédologiques et hydrologiques de la région d'études sont développées.

#### 2.1.1. Aspect géologique de la région d'étude :

Selon A.N.R.H. (2012), la région de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau sub-horizontale de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab". L'épaisseur de ses massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres. Sous les calcaires turoniens on recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite, est attribuée au Cénomaniens. L'étage de l'Albien est représenté par une masse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent des nappes superficielles (nappes phréatiques) (fig. 15).

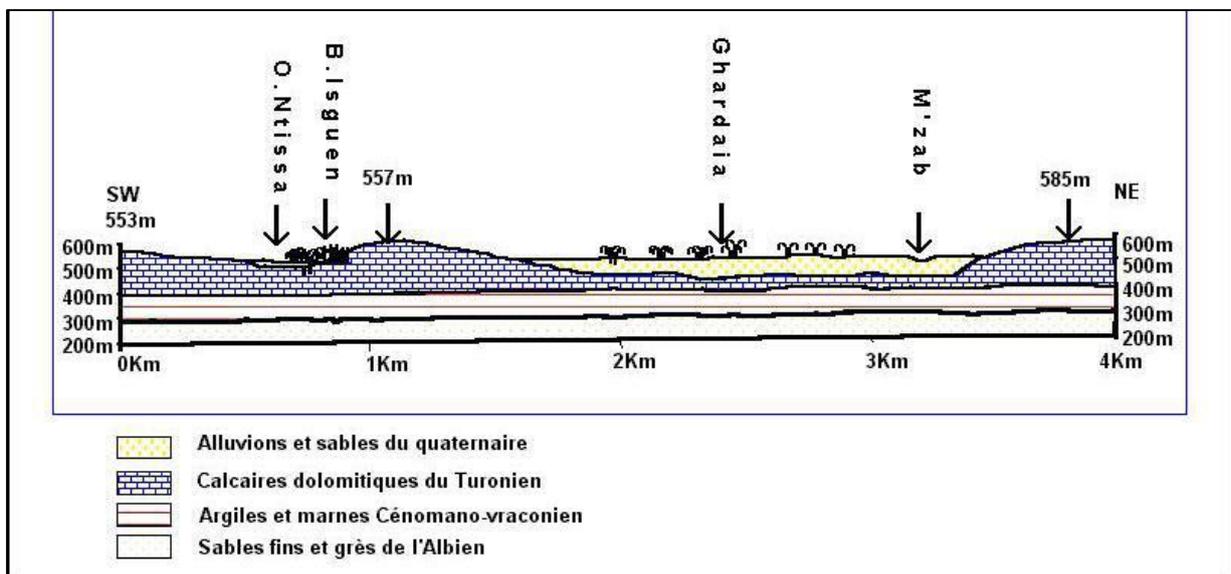


Figure 15 : Coupe géologique et schématique de la vallée du M'ZAB (A.N.R.H., 2012).



### 2.1.2. Caractéristiques pédologiques

Le concept sol désigne les horizons extérieurs des roches naturellement modifiées par l'influence conjuguée de l'eau, de l'air et des organismes vivants et morts (**Dokouchaev, 1883 cité par Soltner, 2005**). C'est un corps naturel indépendant et vivant. Les sols constituent l'élément essentiel des biotopes propres aux écosystèmes continentaux dont le pH conditionne la répartition des organismes (**Ramade, 1984**). La région de Ghardaïa est caractérisée par des sols en général squelettiques suite à l'action de l'érosion et souvent marqué par la présence en surface d'un abondant argileux, type « Hamada ». La dorsale du M'Zab et les bordures des oueds paraissent pauvres et sont formés de débris calcaro-siliceux ou argilo-siliceux (**Pavard, 1975; Abonneau, 1983**).

### 2.1.3. Facteurs hydrologique :

Dans le désert, non seulement les précipitations sont rares et irrégulières mais l'évaporation est élevée et plus importante que le niveau des précipitations (**Khitri et Benkhakifa, 1994**). Pour ce territoire, les principales sources d'eau sont les nappes phréatiques et les nappes du continental intercalaire qui sont les aspects hydrogéologique de la région d'étude, mais les eaux superficielles sous forme de crues exceptionnelles prennent leurs importances du fait qu'elles soient la forme transitoire, indispensable au renouvellement des eaux phréatiques (**Dubief, 1953**). Actuellement l'alimentation en eau s'effectue, en grande partie, par des forages de profondeurs variables allant de 80 à 1200 mètres puisant l'eau fossile de la nappe albienne du Continental intercalaire dont les réserves sont estimées à 15.000 milliards de mètres cubes (**Ville, 1872 ; A.N.R.H., 2005; Bouchenga et Lahreche, 2006**).

## 2.2. Facteurs climatiques :

Les facteurs climatiques jouent un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants (**Faurie et al, 1984**). Parmi les facteurs climatiques la lumière et la température en tant que facteurs énergétiques, les précipitations comme facteurs hydrologiques et les vents en tant que facteurs mécaniques (**Ramade, 1984**).

### 2.2.1. Température de la région d'étude :

La température est considérée comme étant le facteur le plus important. Elle agit sur la répartition géographique des animaux et des plantes ainsi que sur la durée du cycle biologique des insectes tout en déterminant le nombre de générations par an (**Dreux, 1980 ; Ramade, 1984**). En particulier la température a un rôle déterminant dans l'évolution biologique des



Culicidae. Elle influence l'espérance de la vie et la fécondité des adultes ainsi que la maturation des œufs (Seguy, 1950). Les températures mensuelles maximales, moyennes et minimales pour les 9 mois (janvier-septembre) de la région d'étude sont mentionnées dans le tableau 1.

**Tableau 1 :** Températures mensuelles maximales, moyennes et minimales enregistrées sur une période de 9 mois (janvier-septembre) en 2015 de Ghardaïa (Infoclimat, 2015).

Températures	Mois								
	janv.	fév.	mars.	avr.	mai.	juin.	juil.	août.	sept.
M (°C)	16,4	16,6	22,8	29,9	34,8	37,2	40,1	39,9	35,4
Tempé. moy (°C)	11,0	11,7	16,5	23,0	27,9	30,6	33,5	33,7	29,4
m (°C)	5,6	6,9	10,2	16,0	20,9	24,1	26,8	27,5	23,5

M : moyennes mensuelles des températures maxima exprimées en °C ;

m : moyennes mensuelles des températures minima exprimées en °C ;

Tempé. moy : températures moyenne mensuelles exprimées en °C.

Les valeurs de la température affichées dans le tableau 1 caractérisent le climat d'une région saharienne, qui se distingue par une grande amplitude thermique entre le jour et la nuit, d'été et d'hiver. Les températures de la région sont élevées, ils pouvant dépasser les 40°C. La moyenne mensuelle des maxima du mois le plus chaud est notée en juillet avec 40.1°C et le minimum le plus froid est noté en janvier avec 5.6°C.

### 2.2.2. Précipitations :

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres (Ramade, 1984). La pluviométrie agit sur la vitesse du développement des animaux, sur leur longévité et sur leur fécondité (Dajoz, 1982). Ainsi, elle permet l'humidification du sol sur lequel se forment des gîtes favorables à la pullulation des moustiques. La pluie légère n'arrête pas les différentes activités des diptères, mais une forte pluie les supprime complètement (Seguy, 1950). Comme dans la majeure partie des régions sahariennes, les précipitations sont marquées par leur caractère faible et irrégulier (Rouillois-Brigol, 1975). Pour la région d'étude, les valeurs des précipitations mensuelles obtenues à Ghardaïa pour les 9 mois (janvier-septembre) en 2015 et les dix dernières années (2005 à 2014) exprimées en millimètres sont présentées dans le tableau 2.



**Tableau 2 :** Valeurs des précipitations enregistrées sur une période de 9 mois (janvier-septembre) en 2015 et les dix dernières années (2005 à 2014) de la région de Ghardaïa (**Infoclimat, 2015**).

	Mois												
Pluviométries (mm)	janv.	fév.	mars.	avr.	mai.	juin.	juil.	août.	sept.	oct.	nov.	déc.	totale
2015	3.0	11.0	0	0	0	0	0	13.0	11.0				38
2005 à 2014	17,4	4,2	15,0	11,2	5,8	4,8	6,2	5,5	24,7	11,3	5,6	9,7	121.4

Durant les 9 mois de l'année 2015, à Ghardaïa la somme totale des précipitations atteint 38 mm, les précipitations sont presque nulles dans les mois mars, avril, mai, juin et juillet. Le mois le plus pluvieux est août avec 13 mm. Par contre la somme totale des précipitations annuelles moyennes pour la période de 2005 à 2014 est égale à 121.4 mm, dont le mois de septembre est le mois le plus pluvieux avec 24.7 mm.

### 2.2.3. Vents :

Le vent agit soit directement par une action mécanique sur le sol et les végétaux, soit indirectement en modifiant l'humidité et la température (**Ozenda, 1982**). Il a parfois une action très marquée sur la répartition des insectes et sur leur degré d'activité (**Faurie et al, 1980**). Le vent est un phénomène continu au désert ou il joue un rôle considérable en provoquant une érosion intense grâce aux particules sableuse qu'il transporte. Les valeurs du vent enregistrées dans la région de Ghardaïa durant l'année 2015 pour les 9 mois (janvier-septembre) sont mentionnées dans le tableau 3.

**Tableau 3 :** Valeurs de vent enregistrées sur une période de 9 mois (janvier-septembre) en 2015 dans la région de Ghardaïa (**Infoclimat, 2015**).

	Mois								
V (m/s)	janv.	fév.	mars.	avr.	mai.	juin.	juil.	août.	sept.
	19.6	15.4	17.5	14.4	13.4	12.3	11.8	14.9	15.9

V (m/s) : Vitesse du vent exprimée en mètre par seconde.

A partir du tableau 3, nous remarquons que la valeur maximale du vent (19.6 m/s ) est enregistrée au mois de janvier, alors que la vitesse minimale (12.3 m/s ) est noté au mois de juin.



### 2.3. Synthèse climatique :

La température et les précipitations représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région donnée (**Faurie et al, 1980**). La synthèse des données climatiques est représentée par le diagramme ombrothermique de Gaussen et par le climagramme d'Emberger (**Dajoz, 1971**).

#### 2.3.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen :

Le diagramme Ombrothermique de Gaussen permet de déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (**Dajoz, 2003**). Selon **Frontier et al. (2004)**, les diagrammes Ombrothermiques de Gaussen sont constitués en portant en abscisses les mois et en ordonnées, à la fois, les températures moyennes mensuelles en (°C) et les précipitations mensuelles en (mm). L'échelle adoptée pour les pluies est double de celle adoptée pour les températures dans les unités choisies ( $P = 2T$ ). D'après Baygnols et al. (1970), un mois sec est celui où le total moyen des précipitations (mm) est inférieur ou égal au double de la température moyenne du même mois.

**Tableau 4 :** Données climatique de 2005 à 2014 (**Infoclimat, 2015**).

Températures	Mois											
	janv.	fév.	mars.	avr.	mai.	juin.	juil.	août.	sept.	oct.	nov.	dec.
M (°C)	16,9	18,4	23,0	27,8	32,7	37,7	41,7	40,5	35,3	29,5	22,2	17,3
Tempé.moy (°C)	11,7	13,0	17,2	21,5	26,2	31,0	35,1	34,0	29,3	23,8	16,9	12,3
m (°C)	6,4	7,6	11,3	15,2	19,6	24,2	28,6	27,6	23,2	18,1	11,4	7,4

M : moyennes mensuelles des températures maxima exprimées en °C ;

m : moyennes mensuelles des températures minima exprimées en °C ;

Tempé. moy : températures moyenne mensuelles exprimées en °C.

Selon le tableau 4 qui se base sur l'enregistrement des données de précipitations et des données de températures mensuelles sur une période de 10 ans (2005 à 2014) on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période sèche (fig. 16).

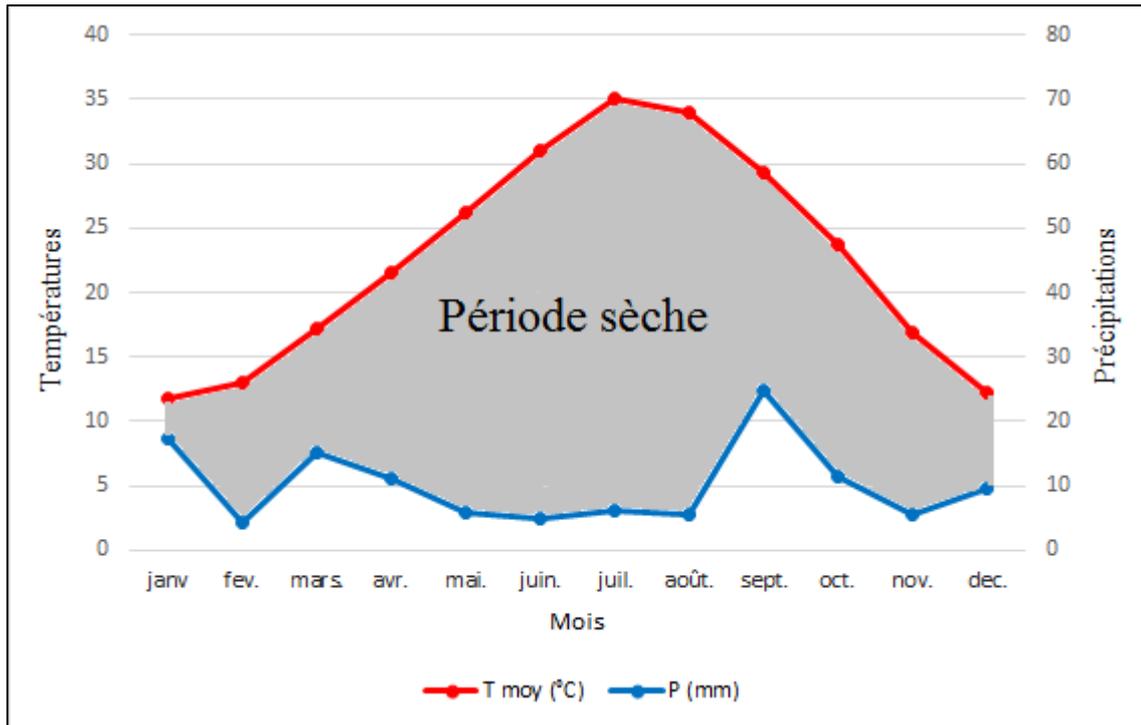


Figure 16 : Diagramme ombrothermique de Gausson de la région de Ghardaïa (2005-2014).

Le diagramme ombrothermique de la région de Ghardaïa indique que la période de sécheresse de 10 ans s'étale presque sur toute l'année.

### 2.3.2. Climagramme d'Emberger :

Le climagramme d'Emberger permet la classification des différents types de climats méditerranéens pour caractériser l'étage bioclimatique d'une région donnée (Dajoz, 1971 ; Dajoz, 1982).selon Stewart (1969) Le quotient pluviométrique d'Emberger est donné par la formule suivante :

$$Q_3 = \frac{3,34 \times P}{M - m}$$

**Q<sub>3</sub>** : Quotient pluviométrique d'Emberger ;

**3,43** : Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie ;

**P** : Somme des précipitations annuelles en mm ;

**M** : Moyennes des températures maximales du mois le plus chaud ;

**m** : Moyennes des températures minimales du mois le plus froid.



Le quotient pluviométrique  $Q_3$  de la région d'étude calculé à partir des données climatiques obtenues durant une période de 10 ans (2005 à 2014) est égal à 11,8. Les températures moyennes des minima des mois les plus froids, calculées pour la même période égales à  $6,4^{\circ}\text{C}$ . En rapportant ces valeurs sur le climagramme d'Emberger, on constate que la région de Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (fig. 17).

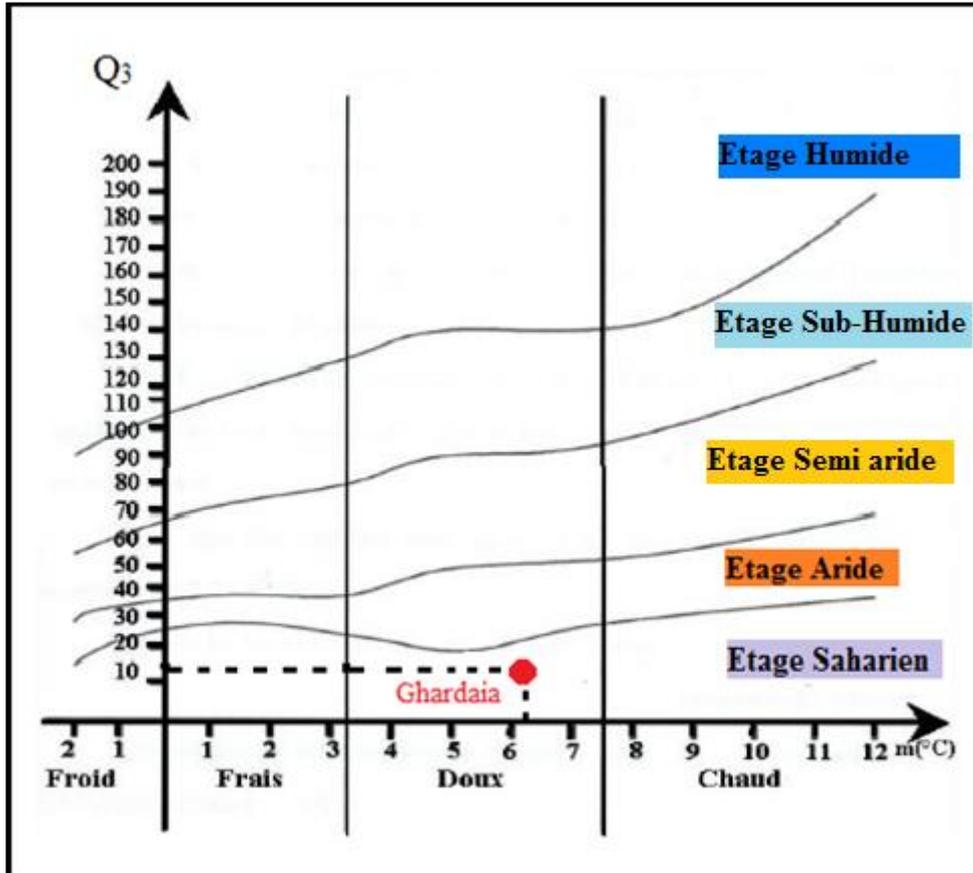


Figure 17 : Situation de la région de Ghardaïa dans le climagramme d'Emberger (2005-2014).

### 3. Faune et Flore de la région du Ghardaïa :

#### 3.1. Faune :

Le désert est un milieu apparemment simple où la sévérité des agressions du milieu vient limiter le développement de la vie. C'est l'un des rares milieux où la répartition de la plupart des êtres vivants se limite à la strate superficielle du sol et à la strate endogée, (Vial et Vial, 1974). La faune est riche dans la région de M'Zab mais se limite à des espèces adaptées au milieu saharien (Boukraa, 2008).



Les mammifères sont les plus répandus et sont au grand nombre, on peut citer l'hérisson de désert, la chauve souris trident et la petite gerbille du sable. Les oiseaux de la région d'étude sont aussi d'une importance considérable (Hirondelle de cheminée, dromaque de désert, traquet à tête blanche, bruant striolé, Moineau domestique, Moineau blanc, Tourterelle maillé, Pigeon biset, Grand corbeau. Les reptiles sont marqués par la vipère cornue, les lézards, les couleuvres Gecko des murailles (**Ben semaoune, 2008**).

Les arthropodes comprennent un grand nombre d'espèces, en particulier des myriapodes tel que le scolopendre (*Scolopendra* sp.), des arachnides comme les scorpions (*Androctonus australis* (L) *Hector* C. L. Koch, des solifuges (*Galeodes* sp.), des araignées, des tiques et surtout des insectes (**Boukraa, 2008**). **Chobaut (1898)** a recensé plus de 330 espèces de Coleoptera dont 49 signalées pour la première fois dans le monde, 124 espèces de Hymenoptera avec 24 espèces nouvelles pour la science et beaucoup d'autres espèces de Diptera, de Nevroptera et de Heteroptera. **Chopard (1943)** cite de nombreux Orthopteroidea comme des Dictyoptera (Mantodea et Blattodea), des Orthoptera lesquels ont fait l'objet de plusieurs études bioécologiques dans la région d'étude et des Dermaptera (Forficulidae). Précisément **Zergoun (1992)** à Beni Izguen, **Babaz (1992)**, et **Yagoub (1996)** à Ghardaïa et **Douadi (1992)** à Guerrara ont inventorié 31 espèces de criquets.

### 3.2. Flore :

La flore saharienne est considérée comme pauvre si l'en compare le petit nombre des espèces qui habitent ce désert à l'énormité de la surface qu'il couvre (**Ozenda, 1983**). Les conditions climatiques et géographiques font du M'Zab une région désertique à la limite Nord du désert absolu. C'est ce qui explique la rareté de la végétation (**Boukraa, 2008**). Elle est composée de plantes herbacées et d'arbustes appartenant tous à la flore saharienne (**Abonneau, 1983; Douadi, 1992**). Parmi les arbres, **Abonneau (1983)** cite *Pistacia atlantica* Desfontaines et *Tamarix gallica* Linné et comme arbustes *Ephedra fragilis* Desfontaines, *Calligonum comosum* L'Heritier, *Retama retam* Webb. et *Zizyphus lotus* (Linné) Desfontaines.

Au Sahara, la culture dominante est le palmier dattier ; l'Oasis est avant tout une palmeraie, entre ces palmiers dattiers on trouve les arbres fruitiers et les cultures maraichères. parmi les espèces comptée on note le casuarina, le faux poivrier, l'eucalyptus, le tamarix (dans les lits des oueds), le pin d'Alep et le cyprès (**Ben semaoune, 2008**).

En dehors des palmeraies on peut rencontrer des peuplements floristiques halophiles constituant un cas particulier important dans cette zone subdésertique (**Ben semaoune, 2008**).



*Chapitre III*

*Matériel et méthodes*



## 1. Lieu et période d'étude:

Le présent travail consiste d'une part à l'évaluation de la diversité Culicidienne de la région de Ghardaïa et d'autre part à l'évaluation de la sensibilité des larves du quatrième stade de *Culex pipiens* vis-à-vis de deux insecticides de la famille des pyréthrinoides à savoir, la Cyperméthrine et la Deltaméthrine. L'étude s'est déroulée en alternance entre le terrain et le laboratoire, sur une durée de cinq mois allant du mois de mai jusqu'au mois de septembre 2015. L'identification systématique des larves ainsi que les tests insecticides ont été réalisés au niveau du laboratoire d'Entomologie de l'Institut National de Santé Publique d'Alger (INSP).

## 2. Méthodologie suivie pour l'étude de la diversité de la faune Culicidienne de la région de Ghardaïa :

### 2.1. Matériel :

Tout le matériel et produits utilisés lors de notre travail (terrain et laboratoire) sont cités dans l'annexe I.

### 2.2. Méthodes :

Cette partie comprend la description des différents gîtes étudiés, la technique d'échantillonnage utilisée sur le terrain, les méthodes de laboratoire adoptées et enfin les méthodes d'exploitation des résultats.

#### 2.2.1. Partie terrain :

##### 2.2.1.1. Prospection des gîtes:

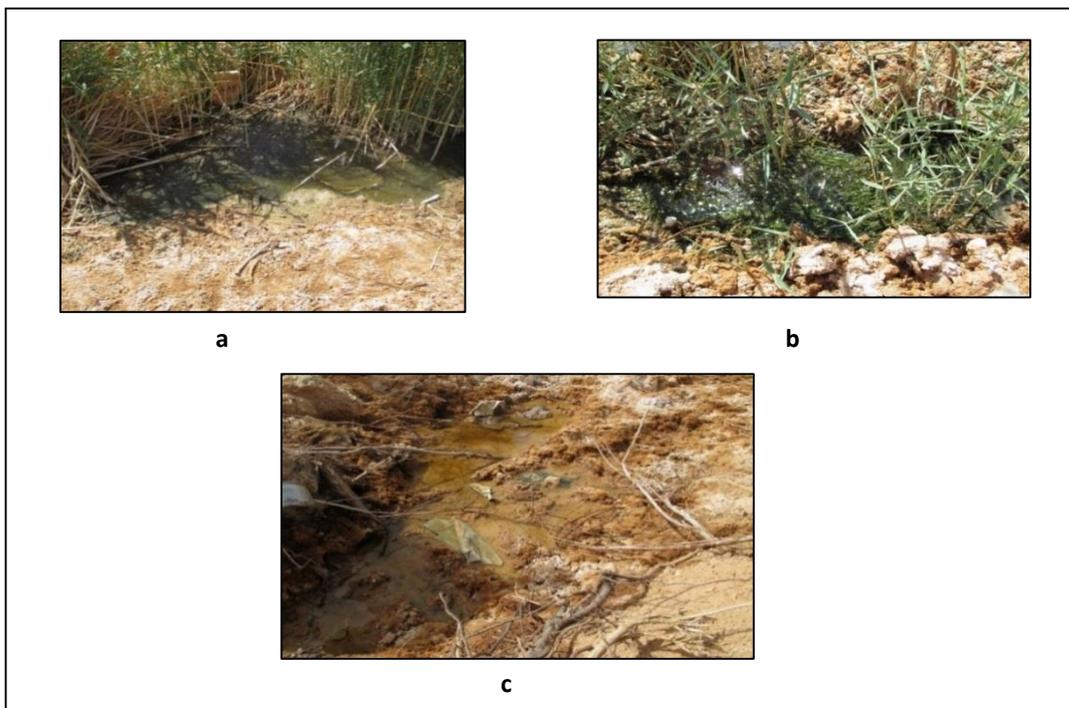
Il s'agit de prospector les lieux à la recherche de l'existence des collections d'eau, grandes ou petites, naturelles ou artificielles, potentiellement favorables au développement des larves des moustiques. Toutes les collections d'eau stagnantes ont été considérées comme des gîtes larvaires potentiels et ont été prises en considération. Les critères pris en compte dans le choix des gîtes larvaires sont la représentativité des larves de culicidae dans un lot de gîte productif, l'accessibilité, la pérennité et le non traitement des gîtes par les insecticides.



### 2.2.1.1.1. Station d'EL Atteuf :

EL Atteuf se situe en aval d'Oued M' Zab à 9 km du chef-lieu de la Wilaya. Elle s'étend sur une superficie de 750 km<sup>2</sup>, à 500 m d'altitude (**Anonyme c, 2015**). Sur 6 gîtes prospectés au niveau de la station d'EL Atteuf dans Oued M'Zab, 3 seulement étaient colonisés par les stades pré-imaginaux des moustiques (fig. 18).

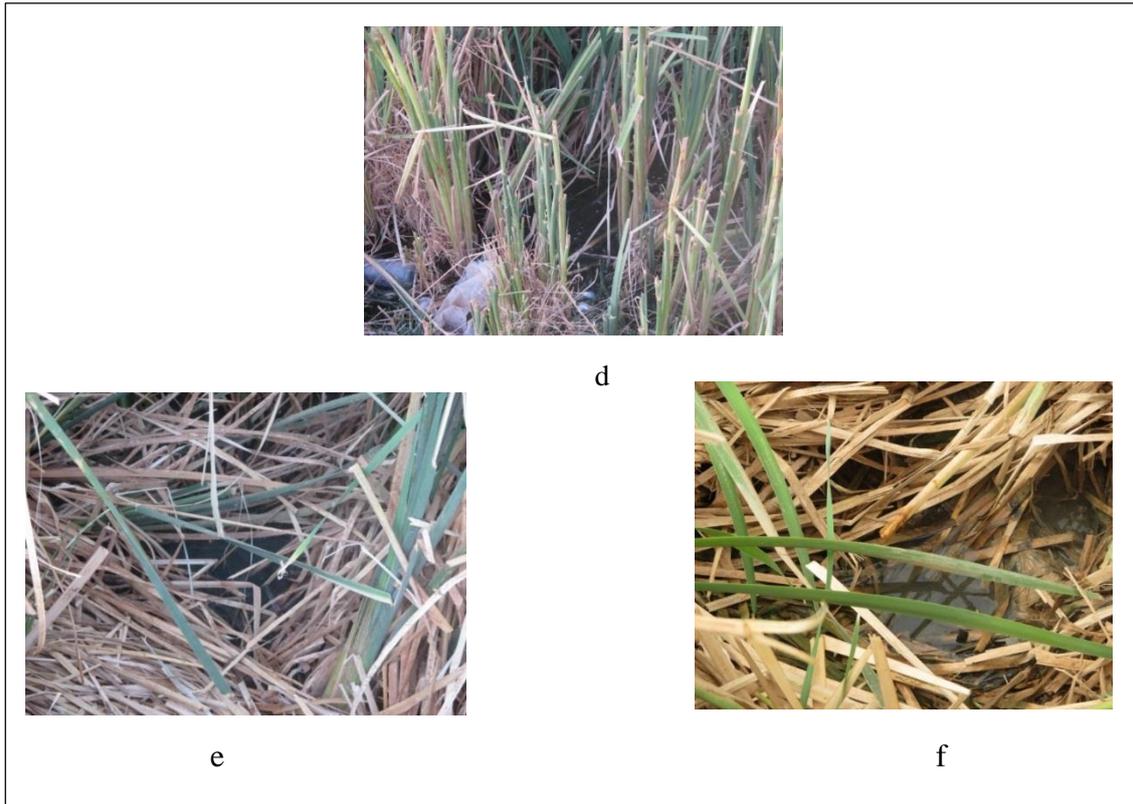
- Gite n°1 : Collection d'eau suite à la remontée de la nappe phréatique, avec présence de végétataux (fig. 18a).
- Gite n°2 : Collection d'eau suite à la remontée de la nappe phréatique, riche en algues vertes (fig. 18b).
- Gite n°3 : Collection d'eau suite à la remontée de la nappe phréatique, très peu végétalisé (fig. 18c).



**Figure 18** : Photos des gites de la station d'EL Atteuf (**photos originales**).  
a : G01, b: G02 , c: G03.

### 2.2.1.1.2. Station de Oued Nechou:

Oued Nechou est située au Sud-Est de Ghardaïa à 18 km du chef-lieu de la Wilaya. Elle s'étend sur une superficie de 10 hectares (**Anonyme d, 2015**). Un seul gîte est montré positif, il s'agit d'une vallée à faible courant, riche en végétation (fig. 19).



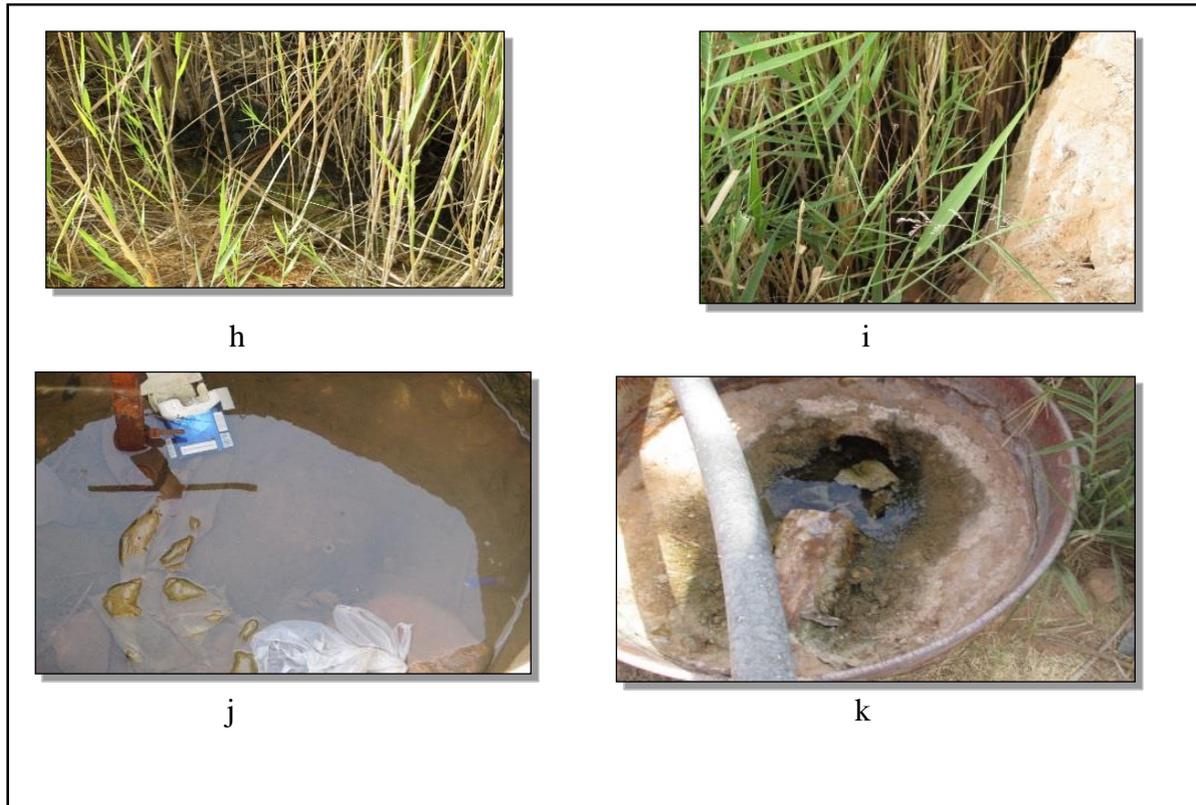
**Figure 19** : Photos des gites de la station de Oued Nechou (**photos originales**) d-e-f différents endroits de prélèvement

#### 2.2.1.1.3. Station de Zelfana :

Zelfana est située au Sud-Est de Ghardaïa à 100 km du chef-lieu de la Wilaya. Elle s'étend sur une superficie de 2220 km<sup>2</sup> et une altitude de 480 m (A.B.H.S., 2005).

Les gites de cette station sont des gites temporaires (fig. 20).

- Gite n°1 : Trou dans le sol riche en roseau contenant de l'eau grâce à la remontée de la nappe (fig. 20h).
- Gite n°2 : Chemins d'alimentation entre les fermes, riche en roseau (fig. 20i).
- Gite n°3 : Chambre à vanne d'irrigation (fig. 20j).
- Gite n°4 : Rigole d'irrigation (fig. 20k).



**Figure 20** : Photos des gîtes de la station de Zelfana (**photos originales**)

h: G01, i: G02, j: G03, k: G04.

#### 2.2.1.2. Méthodes d'échantillonnages des larves:

Des collections des larves de moustique ont été effectuées deux fois par mois à partir du mois de mai jusqu'au mois de septembre 2015, dans les 3 stations d'étude. Deux méthodes de capture sont utilisées, méthode de dipping et la récolte à la pipette.

##### ➤ Récolte des larves par « Dipping » :

L'échantillonnage des larves se fait en utilisant la méthode de coup de louche « Dipping » (**Rioux et al, 1965**). Cette méthode, simple a priori, consiste à plonger, en plusieurs endroits du gîte larvaire, un récipient de capacité connue. Le matériel utilisé est simple : une louche d'une capacité d'un litre, prolongée par une manche en bois. L'opérateur se déplace, face au soleil. A un mètre du prélèvement, il reste immobile pendant quelques secondes pour permettre aux larves de reprendre leur activité normale, nous plongeons la louche dans l'eau et nous la retirons d'un mouvement uniforme en évitant les remous (fig. 21).



**Figure 21 :** Récolte des larves des Culicidae a l'aide d'une louche (photo originale)

Les larves sont dénombrées directement à leur passage au bec verseur lors du rejet de l'eau du gîte (fig. 22).



**Figure 22 :** Plateau pour trier les larves (photo originale)



➤ **Récolte des larves par pipetage :**

Cette méthode est utilisée pour recueillir des larves et des nymphes dans des gîtes de petite taille (**Williams, 2012**) (fig. 23).



**Figure 23 :** Récolte des larves par pipetage (photo originale).

**2.2.1.3. Conservation et transport des échantillons récoltés :**

Les larves de stade 4<sup>ème</sup> (issues directement du gîte) ont été conservées dans des tubes de 10ml contenant de l'alcool éthylique à 70° selon la technique recommandée par **Wood (1984)**, **Bourbonnais (2004)** et **El Ouali Lalami (2010)**.

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 perdre ou de casser leurs soies. Tous les tubes doivent être étiquetés et hermétiquement fermés (fig. 24).

Les œufs et les larves des stades 1, 2 et 3 ont été remis dans des bouteilles en plastiques de deux litres et transporté au laboratoire. Portant le code du gîte et recouverts de voile contenant l'eau de leur gîte pour un élevage temporaire (fig. 25a), jusqu'à ce qu'ils atteignent le stade 4. Il n'était pas nécessaire de les nourrir. **Akogbeto (1995)** recommande de prélever une grande quantité d'eau du gîte pour qu'il y ait assez de nutriments pour l'élevage temporaire conservé.



Les larves qui seront utilisé pour le test insecticide, elles sont transportées dans des grandes bouteilles ou flacons à large ouverture (fig. 25b) (OMS, 2003).

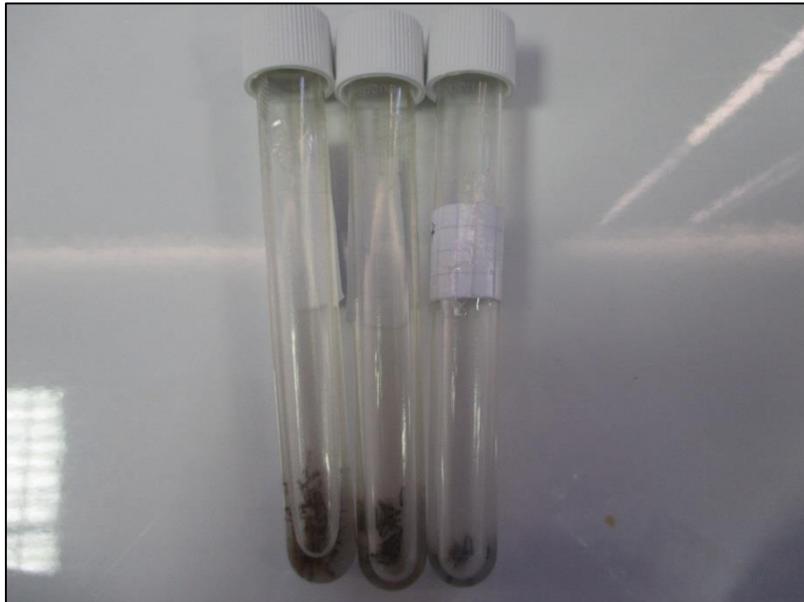


Figure 24 : Larves conservées dans des tubes d'alcool éthylique à 70° (Photo originale)



Figure 25 : Bouteilles contenant l'eau de gite (Photo originale)



## 2.2.2. Partie laboratoire :

### 2.2.2.1. Eclaircissement et montage des larves :

Pour l'identification des larves, nous avons utilisés les larves de 4<sup>ème</sup> stade vue leur facilité de manipulation et leur chétotaxie (**Bouabida et al, 2012**).

Selon **Messai et al (2012)**, Le montage des larves se fait selon les étapes suivantes :

- **Réhydratation** des larves conservées dans l'alcool dans un bain d'eau distillée pendant quelques minutes.
- **Eclaircissement** des larves dans une solution de potasse (KOH) à 10% pendant environ 10 minutes.
- **Rinçage** des larves à l'eau distillée (3 bains de 2 à 5 minutes).
- **Déshydratation** des larves par passage dans l'alcool à concentrations croissantes (70°, 90° et 100°) pendant 15 minutes pour éliminer l'eau contenue dans l'échantillon.
- **Montage** entre lame et lamelle dans une goutte de lactophénol, en sectionnant à l'aide d'une fine aiguille la larve au niveau du 7<sup>ème</sup> segment abdominal en deux parties, la partie antérieure est montée face dorsale et la partie postérieure est montée latéralement. Les lames sont posées sur une surface plate puis d'examinées au microscope photonique (la date et le lieu de la récolte doivent être mentionnées sur la lame) (fig. 26).

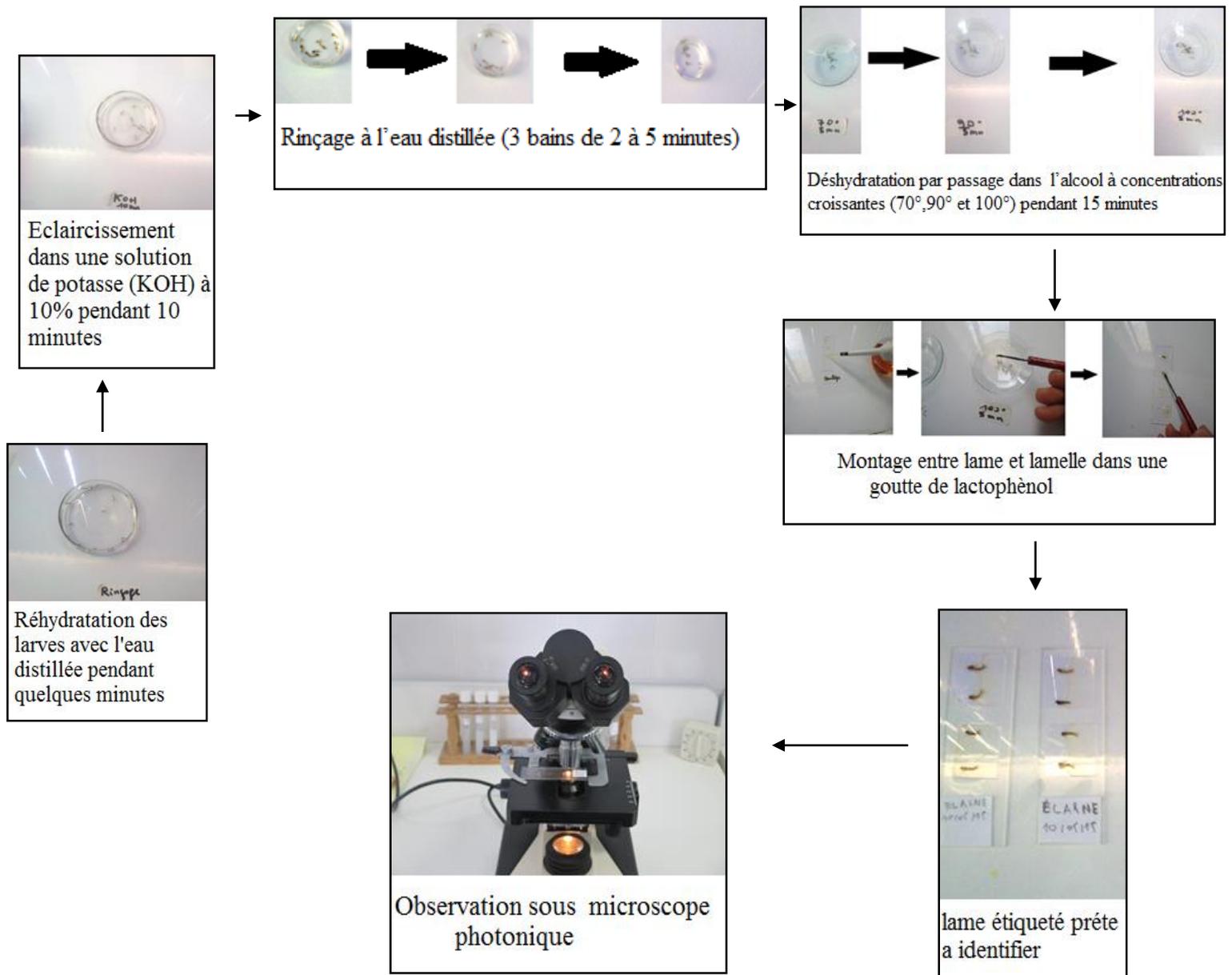


Figure 26 : Montage des larves des Culicidae (Photo originale)

#### 2.2.2.2. Déterminations des larves :

Les lames ont été examinées au microscope photonique avec les grossissements **x10** et **x40**. La détermination des larves a été faite selon des critères morphologiques (point d'insertion des soies et leur nombre, forme du siphon, etc.) à l'aide d'un logiciel d'identification des Culicidae de l'Afrique Méditerranéenne réalisé par **Brunhes et al. (1999)**.



### 2.2.3. Méthodes d'exploitations des résultats par des indices écologiques de composition :

Les indices écologiques de composition employés sont, la richesse totale, la fréquence centésimale ou abondance relative (AR) et la fréquence d'occurrence (F.O).

#### 2.2.3.1. Richesse totale :

La richesse est l'un des paramètres fondamentaux caractéristiques d'un peuplement (**Ramade, 1984**). D'après **Blondel (1979)** la richesse totale S est le nombre des espèces du peuplement pris en considération.

#### 2.2.3.2. Abondance relative :

L'abondance relative correspond au pourcentage des individus d'une espèce ( $n_i$ ) par rapport au nombre total des individus N, toutes espèces confondues (**Dajoz, 1971**). Selon **Fontier (1983)**, l'abondance relative des espèces dans un peuplement ou dans un échantillon, caractérise la diversité faunistique d'un milieu donné. Elle est calculée par la formule suivante :

$$AR (\%) = n_i \times 100/N$$

$n_i$  : Nombre des individus de l'espèce prise en considération.

N : Nombre total des individus de toutes les espèces confondues

#### 2.2.3.3. Fréquence d'occurrence :

Elle représente le nombre de prélèvements qui contient l'espèce étudiée ( $P_i$ ) par rapport au nombre total des prélèvements (P) (**Dajoz, 1982**). Elle est calculée comme suit :

$$F. O. (\%) = P_i \times 100/P$$

$P_i$  : le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

P : le nombre total de relevés effectués.

Pour déterminer le nombre de classe de constance (N.c), nous avons utilisé l'indice de Sturge (**Scherrer, 1984 cité par Diomande et al, 2001**).

$$N.c = 1 + (3, 3 \log 10 P')$$

P' représente le nombre total des espèces inventoriés dans la région d'étude.



Selon le pourcentage de la fréquence d'occurrence, nous déduisons le statut de chaque espèce :

- $0 < \text{F.O.} \leq 16,7 \%$ , les sont dites espèces rares,
- $16,7 \% < \text{F.O.} \leq 33,4 \%$ , les sont dites accidentelles,
- $33,4 \% < \text{F.O.} \leq 50 \%$ , les sont dites accessoires,
- $50 \% < \text{F.O.} \leq 66,7 \%$ , les sont dites régulières,
- $66,7 \% < \text{F.O.} \leq 83,3 \%$ , les sont dites constantes
- $83,3 \% < \text{F.O.} \leq 100 \%$ , les sont dites omniprésentes

### 3. Méthodologie suivie pour la réalisation des essais insecticides :

#### 3.1. Matériel biologique :

Les larves de *Culex pipiens* soumises aux tests insecticides proviennent du gîte (vallée à faible courant) (station de Oued Nechou). Ce gîte est colonisé par une forte densité larvaire de l'espèce *Cx.pipiens*. De même il n'a reçu aucun traitement chimique préalablement

#### 3.2. Matériel non biologique :

Le matériel non biologique utilisé pour la réalisation des essais insecticides est détaillé dans l'Annexe I

#### 3.3. Réalisation des tests insecticides :

##### 3.3.1. Préparation des dilutions :

Une gamme de trois dilutions (Annexe II) a été préparée à partir de la Deltaméthrine et de la Cyperméthrine concentrés comme l'indiqué le tableau 5.

**Tableau 5 :** Les différentes dilutions des insecticides choisis

Insecticides	Dilutions (%)		
Déltaméthrine	0.2	0.4	0,8
Cyperméthrine	0.2	0,4	0,8



### 3.3.2. Test insecticide :

Les expérimentations ont été réalisées dans des gobelets de 5 cm de diamètre, avec des lots de 10 larves de moustiques (fig. 27). Dans chaque gobelet, a été versé un mélange d'eau distillée (99ml) et de solution diluée d'insecticide (1ml) totalisant un volume de 100 ml, exception pour les gobelets témoin qui ne contenait que de l'eau distillée.

Trois répétitions ont été réalisées pour chaque dilution. Les gobelets ont été placés dans une salle du laboratoire dans des conditions standards (Température à 27 °C – Humidité à 80%).

La lecture du test s'est faite à des intervalles de temps fixés de 05 minutes à 24 heures.

L'efficacité de chaque dose a été déterminée en relevant dans chaque gobelet le nombre de larves mortes, le pourcentage de mortalité est calculé. Toutes les données recueillies et les observations faites après le temps de contact avec l'insecticide sont également notées.

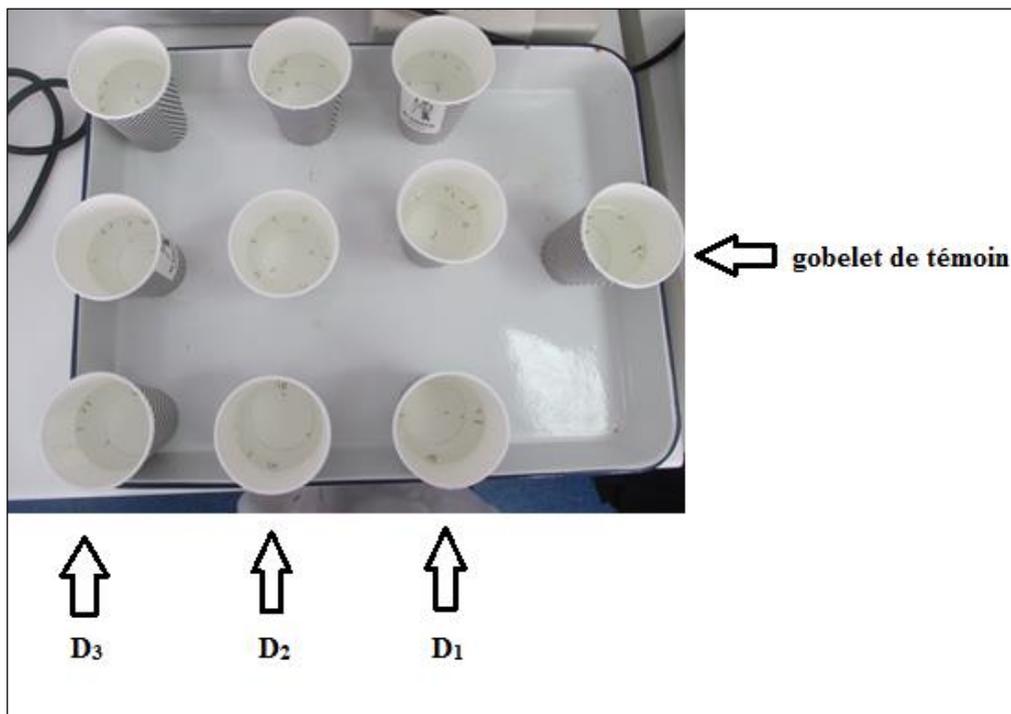


Figure 27 : Dispositif expérimental du test insecticide (photo originale)

### 3.4. Méthodes d'exploitations des résultats :

#### 3.4.1. Calcul du pourcentage de mortalité observé :

Le taux de mortalité est calculé en termes de moyennes de trois répétitions portant chacune sur 10 individus. Le pourcentage est calculé chez les larves témoin et traitées par la formule suivante :



$$\text{Mortalité observer} = \frac{\text{Nombre d'individus morts}}{\text{Nombre total des individus}} \times 100$$

Le test est valide si le pourcentage de mortalité des témoins est inférieur à 5%. Lorsque la mortalité chez les témoins est comprise entre 5% et 20%, la mortalité, devra être corrigée en utilisant la formule **d'Abott (1925)** :

$$\text{MC} = \frac{\text{M2} - \text{M1}}{100 - \text{M1}} \times 100$$

Où :

**M1** : Pourcentage de mortalité dans le témoin.

**M2** : Pourcentage de mortalité dans le lot traité.

**MC** : Pourcentage de mortalité corrigé.

Si la mortalité chez les témoins dépasse 20%, l'expérience n'est pas valide (**OMS, 2003**).

### 3.4.2. Détermination des DL50 et TL50 :

- La dose létale 50 (**DL50**) correspond à la dose d'insecticide nécessaire pour que périssent 50% de (n) individus pendant un temps donné (**Ramade, 2007**). Pour estimer la DL50, une transformation en probit des pourcentages de mortalité est nécessaire

L'analyse des données se fait par la méthode **gausso-logarithmique** habituellement utilisée pour les tests insecticides, elle permet de tracer des **droites de régression probit** (Annexe III) en dressant le taux de mortalité (en probit) en fonction de la concentration en insecticide (en logarithme népérien). L'équation de droite est de type :  $y = ax + b$

Où : y = probit 5 pour rechercher DL50

**a** = la pente

**x** = logarithme de dose

**b** = valeur de l'axe des données

Les DL50 sont déterminées directement par la droite de régression sur le graphe, la valeur de x qui correspond au probit de 50% est obtenu en remplaçant y par 5 pour déterminer la **DL50**.



- Le temps létal 50 (**TL50**) correspond au temps nécessaire pour que périssent 50% des (n) individus exposés à une dose ou à une concentration déterminée d'insecticide (Ramade, 2007). Il est calculé à partir de la droite de régression des probits correspondant aux pourcentages des mortalités corrigées en fonction du temps de contact (pris en logarithme népérien). On Nous procédons de la même manière que pour le calcul de la DL50.



*Chapitre IV*  
*Résultats et discussion*



## 1. Structure de la faune Culicidienne dans la région de Ghardaïa :

### 1.1. Inventaire systématique des Culicidae dans les trois stations d'études :

#### a) Résultats :

Durant une période d'étude étalée sur cinq mois, nous avons établi une liste systématique des espèces de Culicidae récoltées et déterminées (tableau 6).

**Tableau 6 :** Liste des Culicidae inventoriées dans la région de Ghardaïa.

Famille	Sous famille	Genre	Espèces	S1	S2	S3
<i>Culicidae</i>	<i>Culicinae</i>	<i>Aedes</i>	<i>Aedes dorsalis</i> Pallas,1771	+	-	-
			<i>Aedes caspius</i> Pallas,1771	+	-	-
		<i>Culex</i>	<i>Culex laticinctus</i> Edwards,1913	+	+	-
			<i>Culex antennatus</i> Becker,1903	+	+	+
			<i>Culex modestus</i> Ficalbi,1889	-	+	+
			<i>Culex hortensis</i> Ficalbi,1889	-	+	-
			<i>Culex pipiens</i> Linnaeus,1758	+	+	-
			<i>Culex perexiguus</i> Theobald, 1903	+	-	+
			<i>Culex sp</i>	-	+	-
	<i>Anophelinae</i>	<i>Anopheles</i>	<i>Anopheles sergentii-sergentii</i> Theobald,1907	+	-	-
			<i>Anopheles multicolor</i> Cambouliu,1902	+	-	-
			<i>Anopheles cinereus</i> Theobald,1903	+	-	-
			<i>Anopheles sp</i>	+	-	-

S1 : Station d'El Atteuf, S2 : Station de Oued Nechou, S3 : Station de Zelfana

+ : Présence

- : Absence

#### b) Discussion :

L'analyse de la composition du peuplement des culicidae des trois stations d'études dans la région de Ghardaïa (tableau 6), révèle l'existence de 13 espèces appartenant à deux sous familles : les *Culicinae* et les *Anophelinae*. La sous famille des *Culicinae* est représenté par deux genres, il s'agit d'*Aedes* et *Culex*. Quant à la sous famille des *Anophelinae* nous avons noté la présence d'un seul genre, il s'agit d'*Anopheles*. La station d'El Atteuf est la plus riche en espèces, elle totalise dix espèces. Elle est suivie par la station de Oued Nechou avec six espèces et la station de Zelfana avec trois espèces. Le genre *Aedes* est représenté par deux espèces, il s'agit d'*Aedes dorsalis* et d'*Aedes caspius*. Tandis que 7 espèces appartiennent au genre *Culex*, qui sont *Culex laticinctus*, *Culex antennatus*, *Culex modestus*, *Culex hortensis*, *Culex pipiens*, *Culex perexiguus* et *Culex sp*. Enfin le genre *Anopheles* est représenté par *Anopheles sergentii-sergentii*, *Anopheles multicolor*, *Anopheles cinereus* et *Anopheles sp*.



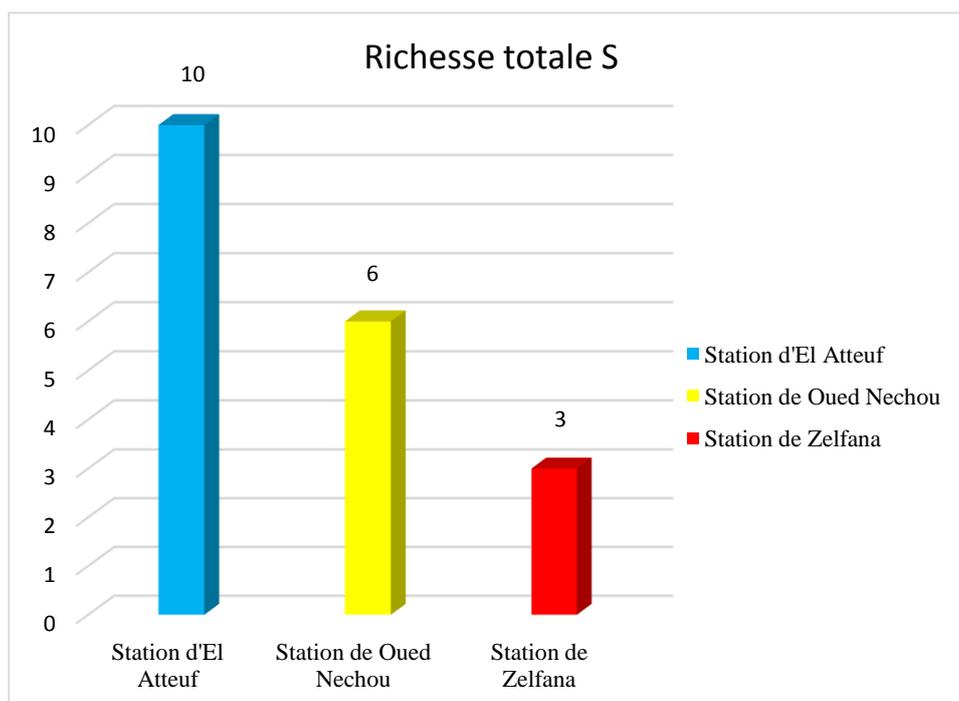
Nous avons trouvé une seule espèce commune entre les 3 stations d'études il s'agit de *Culex antennatus*. Tous les moustiques cités font partie de la faune des Culicidae déjà signalés d'Algérie. Durant les années allant de 2008 à 2012, Les résultats de l'étude morphotaxonomique des Culicidae inventoriés par **Boukraa et al. (2013)** dans la région de Ghardaïa ont montré la présence de dix espèces réparties en cinq genres (*Culex*, *Culiseta*, *Ochlerotatus*, *Anopheles* et *Uranotaenia*. Alors que **Benhissen et al (2014)** signalent 11 espèces de moustiques dans la région d'Ouled Djellal (Biskra) appartenant au genre *Aedes*, *Anopheles*, *Culex* et *Culiseta*. **Senevet et Andarelli (1960)** ont recensé sur une période de trente années de travail sur le terrain, un total de 27 espèces de Culicidae dans la région d'Alger, appartenant à deux sous-familles, celles des *Anophelinae* et celle des *Culicinae*. De son côté, **Brunhes et al. (2000)**, rapportent que la faune Culicidienne d'Algérie est riche de 48 espèces. Cette diversité réside dans la climatologie et la diversité des biotopes offerts au développement des Culicidae.

## 1.2. Analyse des Résultats par les indices écologiques de composition :

### 1.2.1. Richesse totale stationnelle et par gîte larvaire :

#### a) Résultats :

Les résultats de la richesse totale stationnelle et par gîte larvaire sont illustrés par les figures 28 et 29.



**Figure 28** : Distribution de la richesse totale dans les trois stations d'études

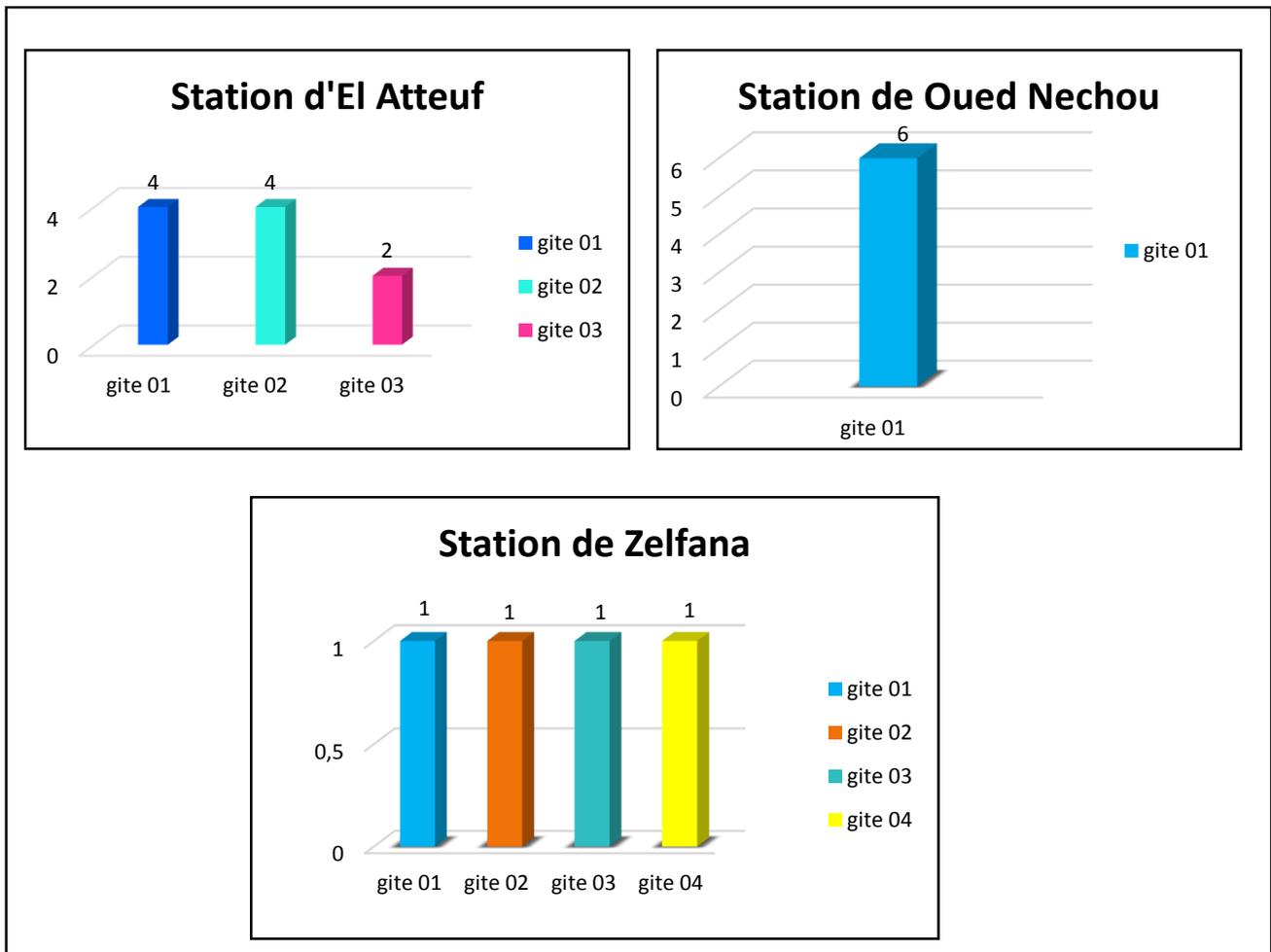


Figure 29 : Distribution de la richesse totale dans les gites prospectées

**b) Discussion :**

Selon la figure 28 et 29, la richesse totale est variable d’une station à l’autre. La station d’ El Atteuf abrite le plus grand nombre d’espèce Culicidienne (10), suivie par la station de Oued Nechou avec six espèces, alors que la station de Zelfana n’est colonisée que par trois espèces. La variation de la richesse totale présente également des fluctuations qui sont en relation avec la nature du gîte. C’est ainsi que la richesse totale est faible (2 espèce) dans le gite 03 de la station d’El Atteuf et (1 espèce) pour les gites de la station de Zelfana. Alors qu’elle atteint le maximum pour le gite 01 de la station de Oued Nechou ( 6 espèces).

Les quatre espèces appartenant au genre *Anopheles* n’ont été collecté qu’au niveau du gite 02 de la station d’El Atteuf. Ce gite se caractérise par une eau propre et la présence des algues,



En effet **Himmi (2007)** affirme que les *Anopheles* ne se retrouvent que dans les gîtes non pollués (très propres).

Ces différences de richesse stationnelle et par gîte larvaire peuvent être expliquées par les différents facteurs climatiques. En effet, **Macan (1981)** rapporte que tout réchauffement ou refroidissement du milieu peut perturber le cycle de développement de plusieurs insectes aquatiques notamment chez les Culicidae. De même **Berchi (2000)**, affirme que la composition physico-chimique d'une eau joue un rôle primordial dans la biologie d'une espèce.

**1.2.2. Abondance relative et Fréquence d'occurrence des Culicidae dans les trois stations d'études :**

**a) Résultats :**

Les résultats de l'abondance relative (AR) et de la fréquence d'occurrence des Culicidae dans les trois stations sont notés dans le tableau 7, et la figure 30.

**Tableau 7 :** Abondances relatives des espèces de Culicidae dans les trois stations d'études.

Famille	Stations	El Atteuf				Oued Nechou				Zelfana			
	Espèces	ni	AR%	FO%	C	ni	AR %	FO%	C	ni	AR%	FO%	C
<i>Culicidae</i>	<i>Aedes dorsalis</i>	73	33,79	<b>31,25</b>	At	0	0	/	/	0	0,00	/	/
	<i>Aedes caspius</i>	2	0,92	<b>9,37</b>	Ra	0	0	/	/	0	0,00	/	/
	<i>Culex laticinctus</i>	24	11,11	<b>3,125</b>	Ra	0	0	<b>5,40</b>	Ra	0	0,00	/	/
	<i>Culex antennatus</i>	14	6,48	<b>6,25</b>	Ra	8	2,63	<b>5,40</b>	Ra	3	7,69	<b>9,09</b>	Ra
	<i>Culex modestus</i>	0	0	/	/	12	3,94	<b>27,02</b>	At	5	12,82	<b>45,45</b>	As
	<i>Culex hortensis</i>	0	0,00	/	/	4	1,31	<b>5,40</b>	Ra	0	0,00	/	/
	<i>Culex pipiens</i>	51	23,61	<b>12,5</b>	Ra	273	89,80	<b>54,05</b>	Ré	0	0,00	/	/
	<i>Culex perexiguus</i>	2	0,92	<b>0</b>	/	0	0,00	/	/	31	79,48	<b>45,45</b>	As
	<i>Culex sp</i>	0	0,00	/	/	2	0,65	<b>2,7</b>	Ra	0	0,00	/	/
	<i>Anopheles sergentii-sergentii</i>	2	0,92	<b>3,125</b>	Ra	0	0,00	/	/	0	0,00	/	/
	<i>Anopheles multicolor</i>	28	12,96	<b>15,62</b>	Ra	0	0,00	/	/	0	0,00	/	/
	<i>Anopheles cinereus</i>	11	5,09	<b>12,5</b>	Ra	0	0,00	/	/	0	0,00	/	/
	<i>Anopheles sp</i>	9	4,16	<b>6,25</b>	Ra	0	0,00	/	/	0	0,00	/	/
Total		216	100	/	/	299	100	/	/	39	100	/	/

C : classe ou catégorie; Ra. : Espèce rare; At : espèce accidentelle ; As : espèce accessoire ; Ré : espèce régulière.

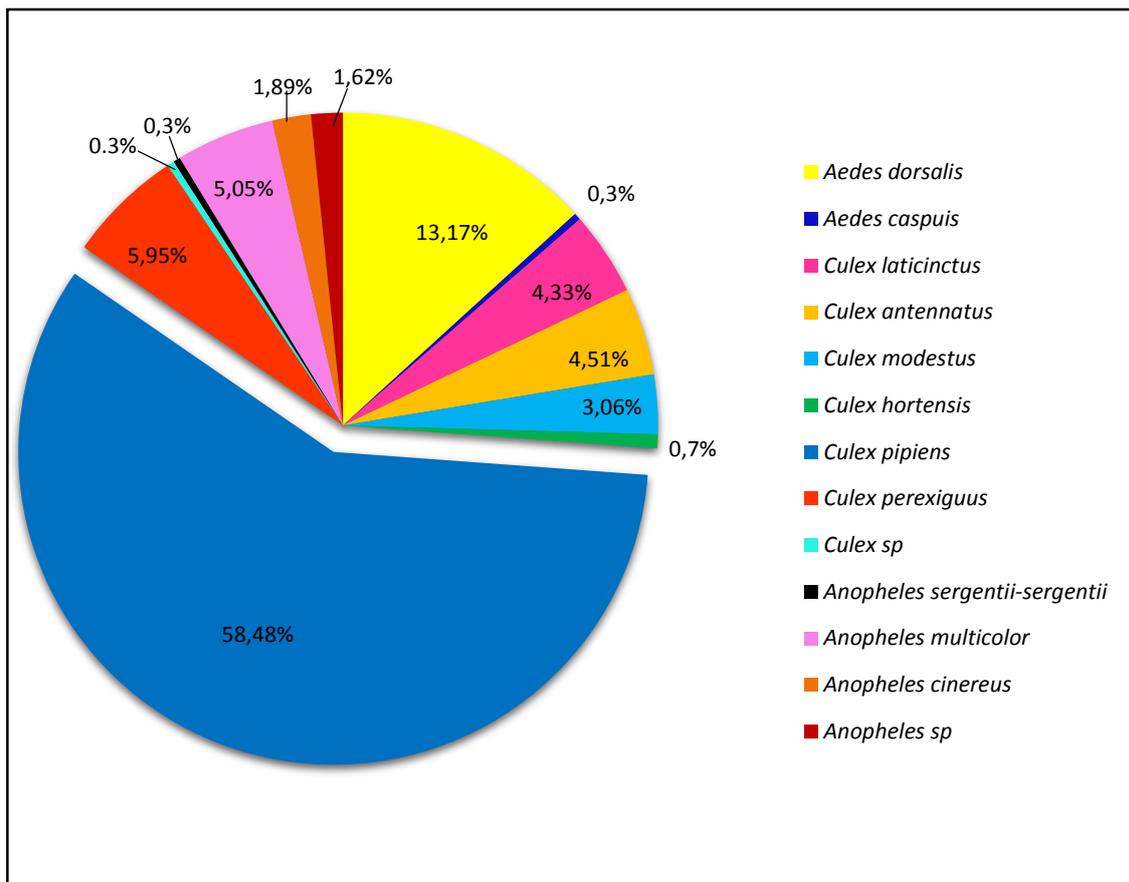


Figure 30 : Abondance relative des espèces Culicidienne dans la région de Ghardaïa

**b) Discussion :**

Les résultats cumulés dans le tableau 7 montrent les valeurs des abondances relatives qui varient d'une espèce à l'autre et d'une station à l'autre. Selon les effectifs, nous remarquons que l'espèce la plus fréquente dans les deux stations est *Culex pipiens* avec un taux de 23.61 % dans la station d'El Atteuf et 89.80 % dans la station de Oued Nechou

Les valeurs des abondances relatives affichées dans les trois stations de la région de Ghardaïa montrent que les espèces les plus fréquentes après *Culex pipiens* sont : *Aedes dorsalis* avec 33,79%, *Anopheles multicolor* avec 12,96% et *Culex laticinctus* avec 11,11%

D'après la figure 43 nous remarquons que l'espèce de culicidés la plus abondante dans la région de Ghardaïa est *Culex pipiens* avec 324 individus représentant 58,48% de la totalité de l'effectif.

Les autres espèces (*Aedes dorsalis*, *Culex perexiguus*, *Anopheles multicolor*, *Culex antennatus* et *Culex laticinctus*) sont moins dominantes avec des effectifs de 73, 33, 28, 25 et 24 individus représentant 13,17%, 5,95%, 5,05%, 4,51% et 4,33% respectivement



Les espèces les plus rares sont : *Culex modestus*, *Anopheles cinereus*, *Anopheles sp*, *Culex hortensis*, *Aedes caspius*, *Anopheles sergentii-sergentii* et *Culex sp* avec respectivement 17, 11, 9, 4, 2, 2 et 2 représentant 3,06%, 1,89%, 1,62%, 0,7%, 0,3%, 0,3% et 0,3% respectivement.

Ces résultats se rapprochent de ceux de **Merabeti et Oukaid (2011)** dans l'Oasis de la région de Biskra où ils ont trouvé que l'espèce de *Culex pipiens* est la mieux représentée avec un totale de 484 individus, soit 28,66%, dont *Anopheles multicolor*, *Culex modestus*, *Culex hortensis*, et *Aedes dorsalis* sont les espèces les moins dominées avec 7,22%, 4,97%, 1,48% et 1,24% respectivement. La forte abondance de *Culex pipiens* par rapport aux autres moustiques inventoriés est probablement due à sa large valence écologique, elles affectionnent des gîtes très variés, permanents ou temporaire. **Boulkenaft (2006)** signale que *Cx.pipiens* est l'espèce la plus fréquentée en Algérie et au Maghreb. **Brunche et al (1999)** et **Bossin et al (2008)** rapportent que les larves de *Cx.pipiens* ne sont pas exigeantes, elles peuvent-être trouvées dans des gîtes très pollués.

En Algérie, *Culex.pipiens* est le moustique qui présente le plus d'intérêt en raison de son abondance et de sa nuisance réelle dans les zones urbaines (**Berchi, 2000 ; Berchi et al, 2012**).

Il est le vecteur majeur de la filariose de Bancroft en Égypte, il est aussi responsable de la transmission du virus West Nile (**Brunhes et al, 1999**), qui a provoqué une épidémie importante dans la région de Timimoune en 1994 (**Leguenno et al, 1996**).

L'espèce qui vient en deuxième position est *Aedes dorsalis*. Cette espèce est présente dans toute l'Europe septentrionale, elle a été signalée aussi au Maroc et en Égypte (**Brunhes et al, 1999**). En Algérie, l'espèce a été trouvée dans la région de Biskara (Sidi Okba) avec une faible abondance (**Merabeti et Ouakid, 2011**). Elle a été également signalée par le service de laboratoire d'Écologie des Systèmes vectoriels de l'institut Pasteur d'Algérie dans la région de Ghardaïa lors d'une mission de prospections et de surveillance en 2011.

En Algérie *Aedes dorsalis* n'est pas considéré comme vecteur de maladies. Tandis qu'au Canada dans la province Colombie-Britannique ils ont noté que cette espèce est un vecteur positif de Virus du Nil occidental avec une compétence élevée (**Belton, 2002**).

*Anopheles multicolor* et *Anopheles sergentii-sergentii* sont rencontrés dans les régions arides et subdésertiques de toute l'Afrique Méditerranéenne. Leur rôle de vecteur de paludisme est réel mais peu important pour l'*Anopheles multicolor* alors que *Anopheles sergentii-sergentii* joue un rôle important dans la transmission du paludisme dans toutes les régions arides et



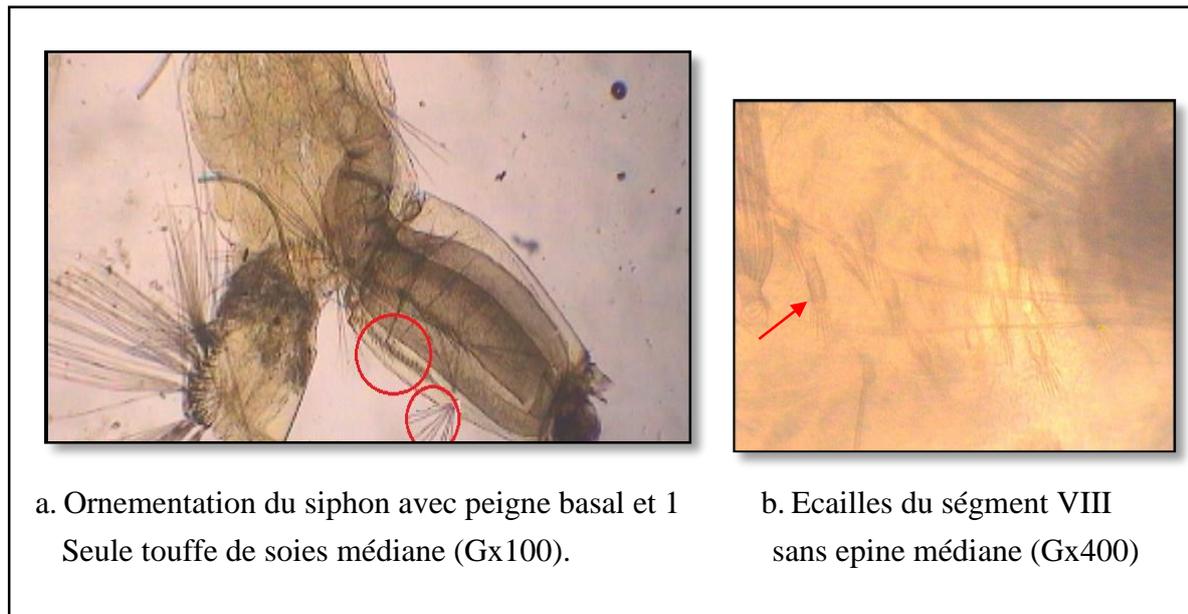
sahariennes de l'Afrique méditerranéenne (**Brunhes et al, 1999**). Les travaux de **Hamadi et al. (2009)**, ont montré que les deux espèces sont impliqués dans la transmission du paludisme dans la région de Ghardaia. *Culex laticinctus* présente une aire de répartition essentiellement Méditerranéenne. Ses larves sont capables de se développer dans des gîtes artificiels ou naturels (**Brunhes et al, 2001**).

**Senevet et Andrelli (1960)** montre que c'est une espèce Saharienne. **Hamadia (2004)** l'a trouvé au niveau des gîtes temporaires et permanents dans la région de Souk Ahras et Tébessa. Nous avons récoltés cette espèce dans le gîte 01(permanents) de la station d'Oued Nechou et le gîte 01 (temporaire) de la station d'El Atteuf.

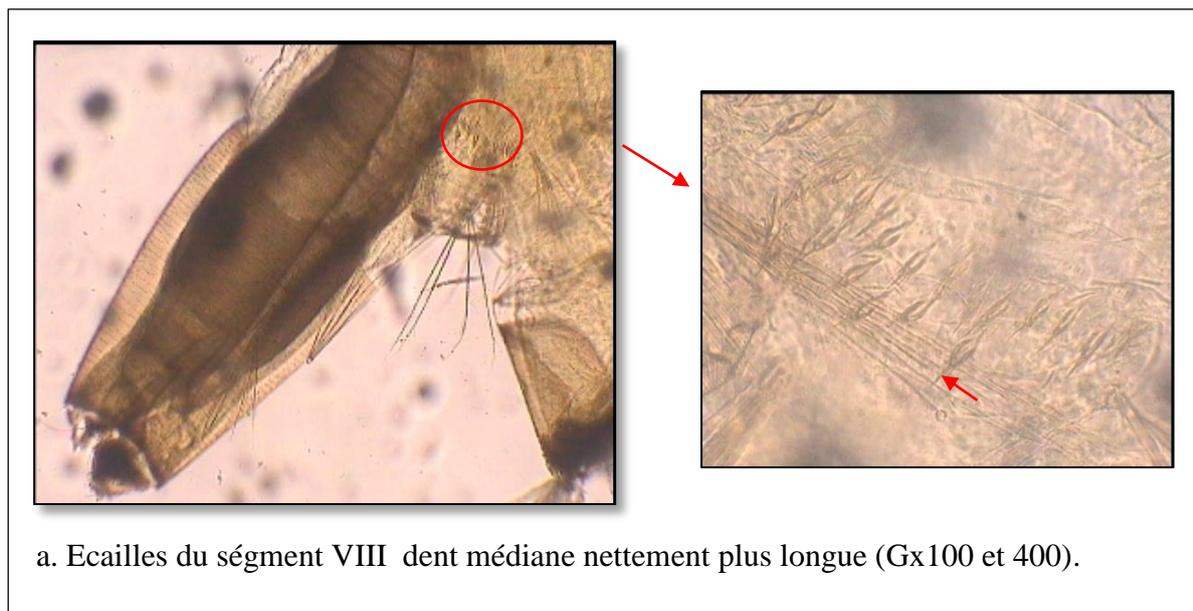
Concernant la fréquence d'occurrence dans les trois stations d'étude, quatre catégories de classes sont déterminées, celles des espèces rares, des espèces accidentelles, des espèces accessoires et des espèces régulières. La station d'El Atteuf montre que parmi les 10 espèces inventoriées, une seule espèce est qualifiée accidentelle, il s'agit d'*Aedes dorsalis*, alors que *Aedes caspui*, *Culex laticinctus*, *Culex antennatus*, *Culex pipiens*, *Culex perexiguus*, *Anopheles sergentii-sergentii*, *Anopheles multicolor*, *Anopheles cinereus* et *Anopheles sp* sont qualifiées régulières. Dans la station de Oued Nechou quatre espèces sont qualifiées d'espèces rares, il s'agit de *Culex laticinctus*, *Culex antennatus*, *Culex hortensis* et *Culex sp*, alors que *Culex pipiens* (54.05 %) est qualifiée régulière et *Culex modestus* (27.02%) est qualifiée accidentelle. Au niveau de la station de Zelfana *Culex perexiguus* et *Culex modestus* sont qualifiées accessoires avec une fréquence de 45.45%. Une seule espèce rare est noté, il s'agit de *Culex antennatus* (9.09%). Ces résultats diffèrent de ceux de **Boukraa (2008)** qui a travaillé dans la même station d'étude, ou il note que la plupart des espèces de *Culicidae* récoltés étaient classées dans la catégorie des espèces rares.

### 1.1.3. Identification systématique des Culicidae inventoriés :

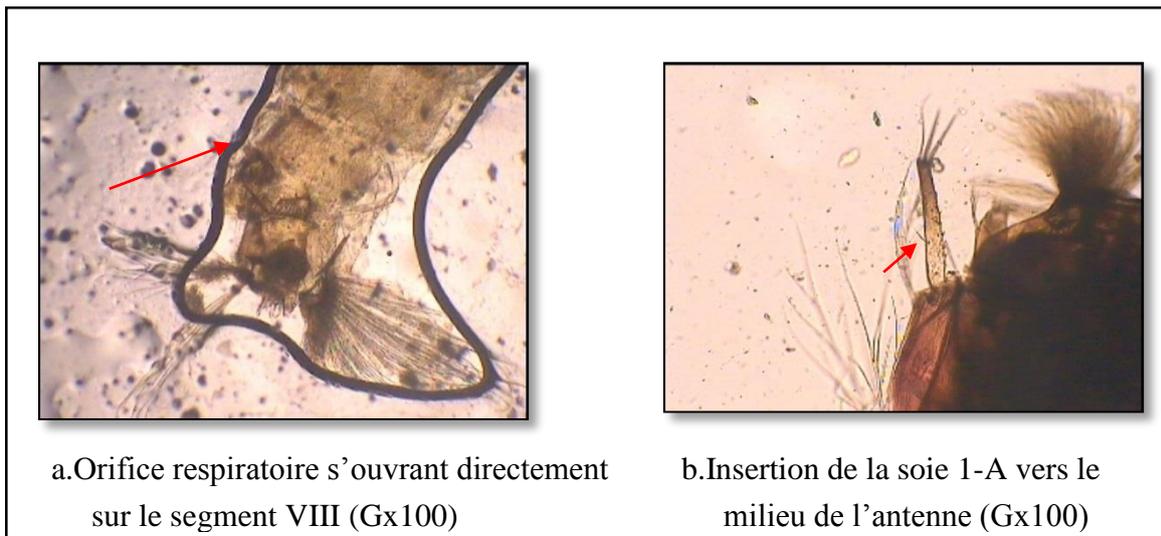
Pour l'identification des moustiques, nous nous sommes basés sur les critères morphologiques des larves du quatrième stade. Nous avons utilisé le logiciel d'identification des *Culicidae* de l'Afrique Méditerranéenne mis au point par **Brunhes et al (1999)**. Les figures ci-dessous illustrent les critères morphologiques permettant l'identification de chaque espèce.



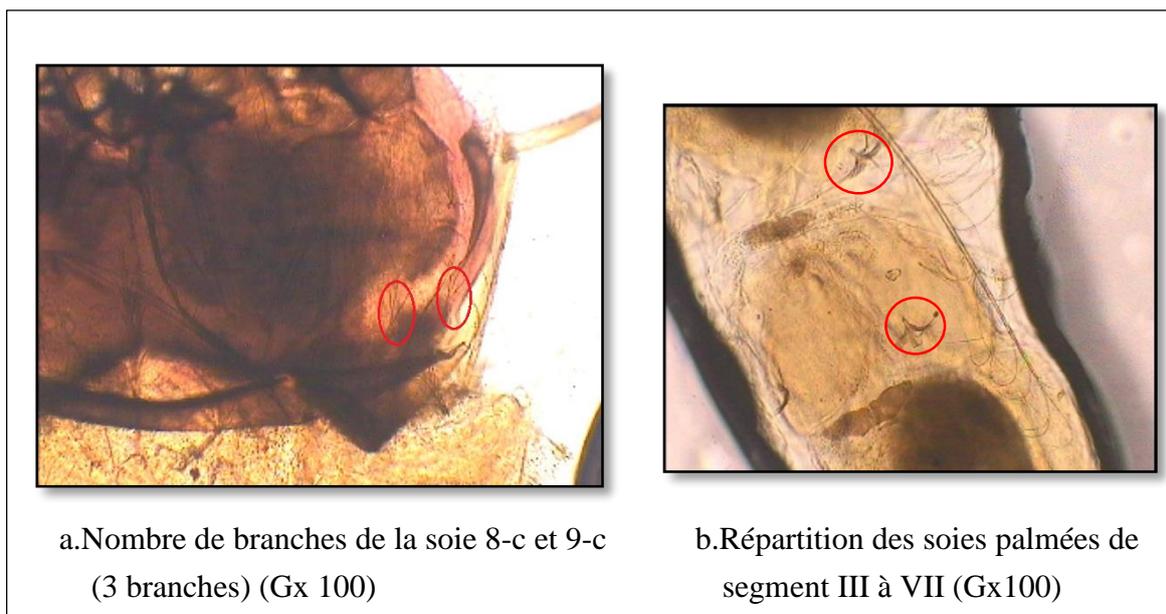
**Figure 31** : Critères d'identification d'*Aedes dorsalis* (Photos originales)



**Figure 32** : Critères d'identification d'*Aedes caspui* (Photos originales)



**Figure 33:** Critères d'identification d'*Anopheles multicolor* (Photos originales)



**Figure 34 :** Critères d'identification d'*Anopheles cinereus* (Photos originales)

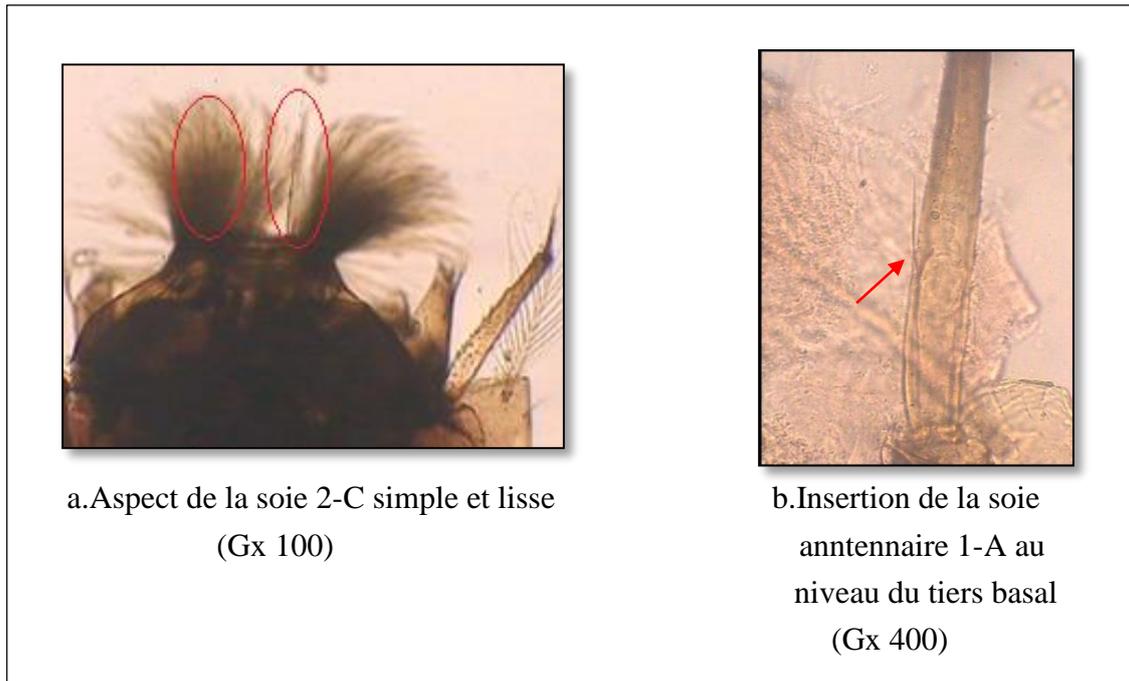


Figure 35 : Critères d'identification d'*Anopheles sergentii-sergentii* (Photos originales)

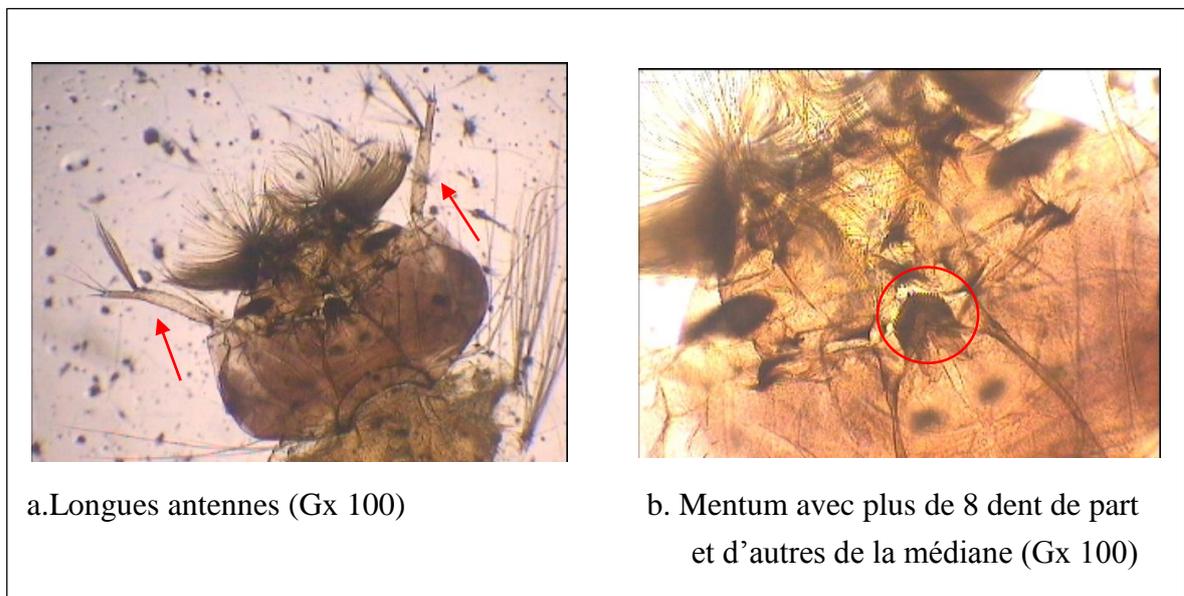


Figure 36 : Critères d'identification de *Culex pipiens* (Photos originales)

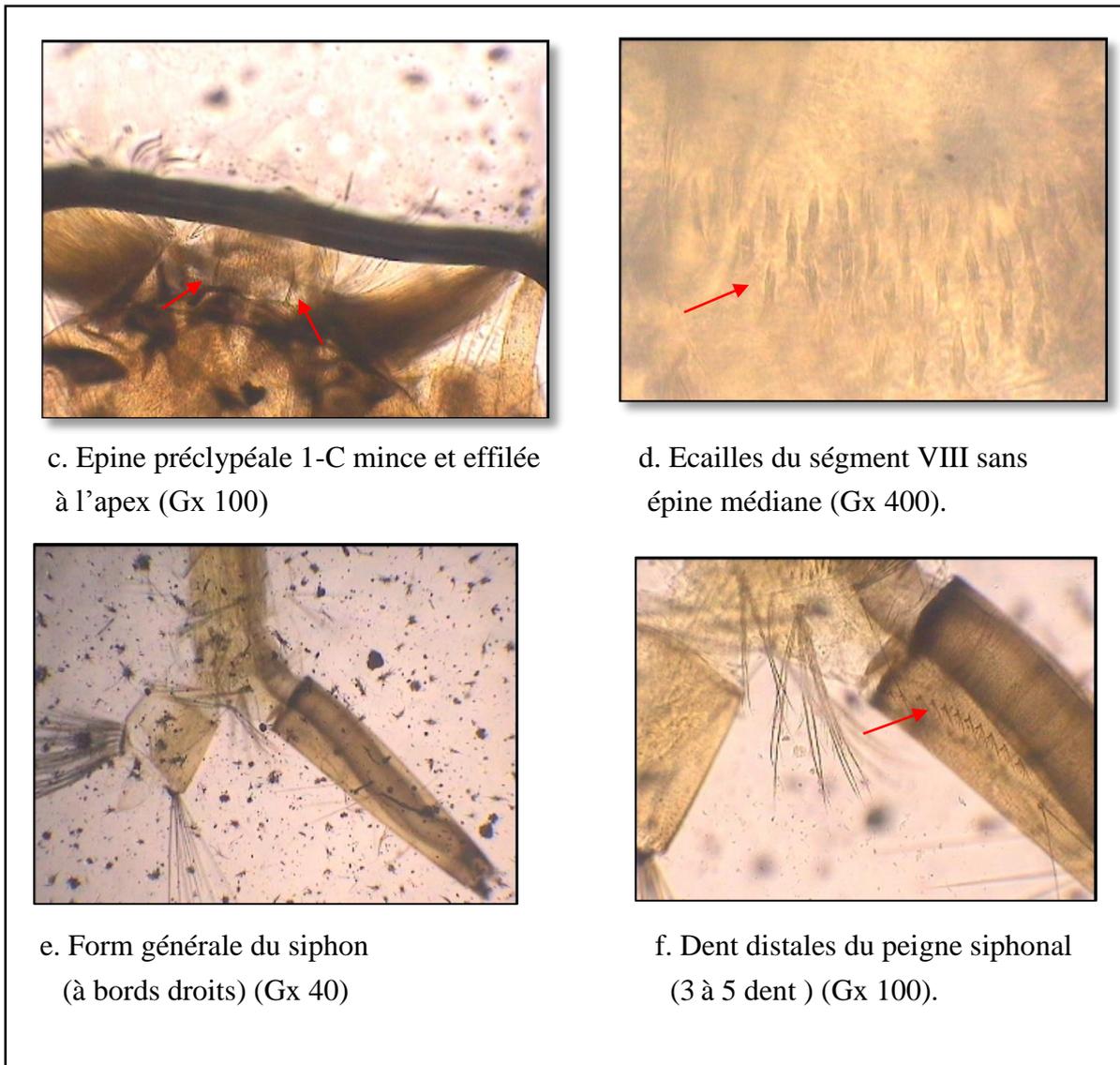


Figure 36 : Critères d'identification de *Culex pipiens* (Photos originales) (suite)

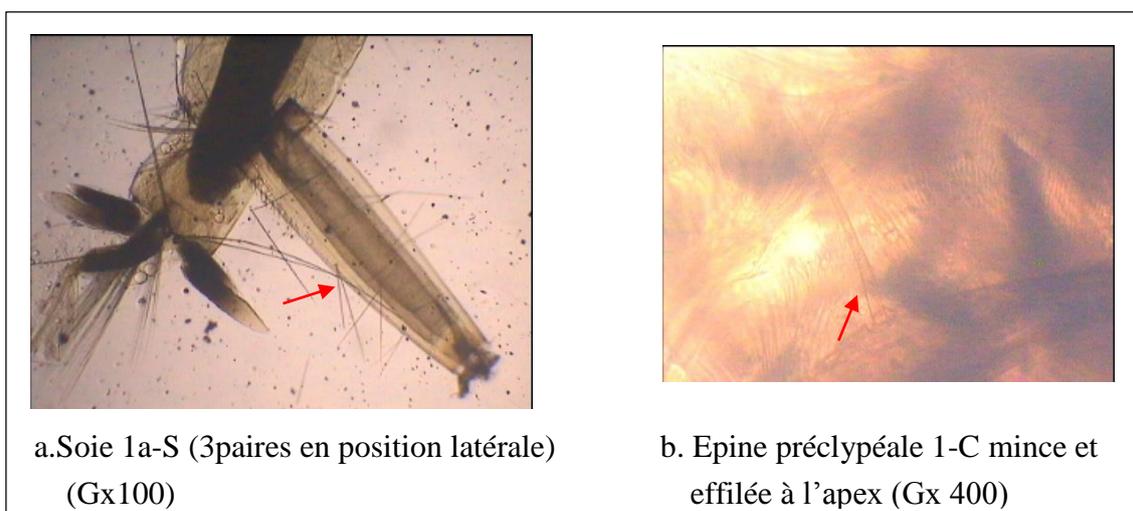
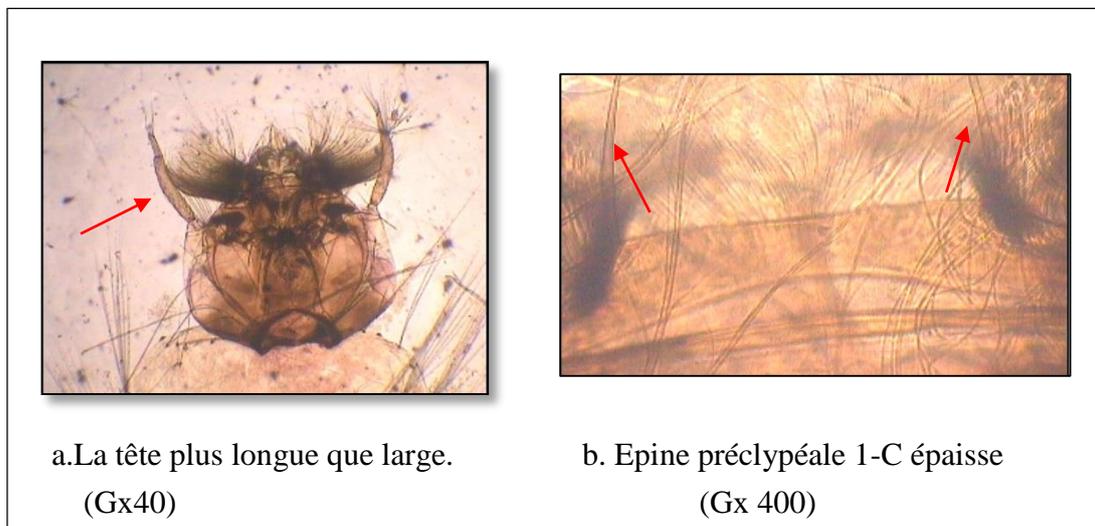
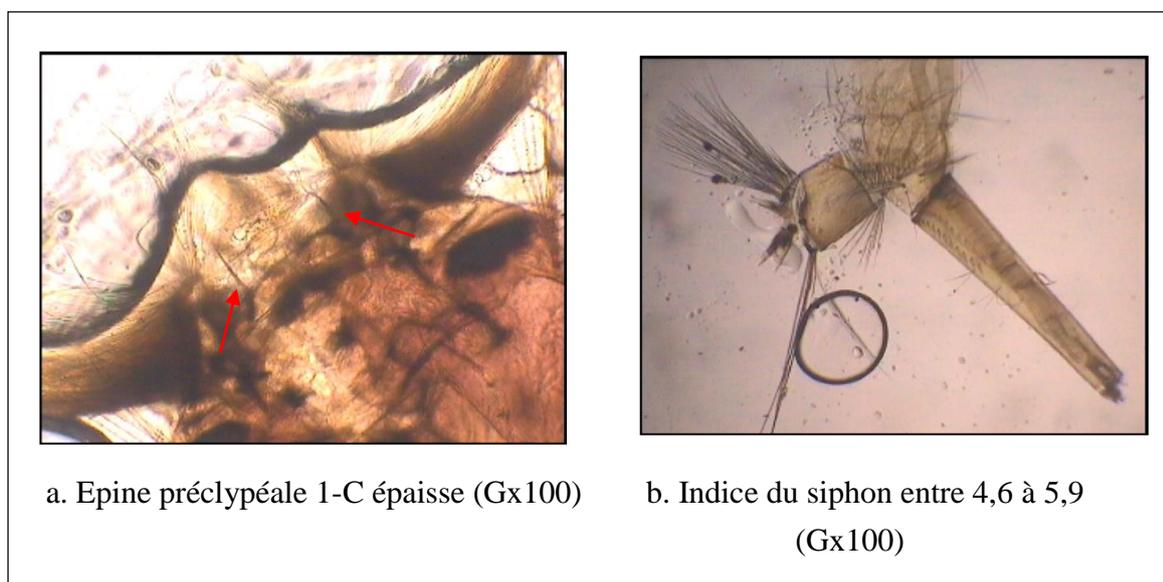


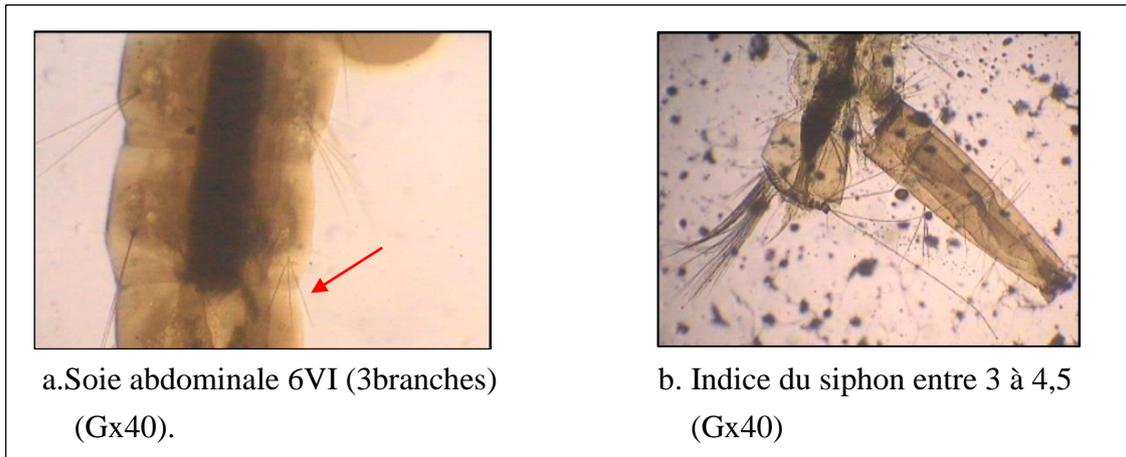
Figure 37 : Critères d'identification de *Culex antennatus* (Photos originales)



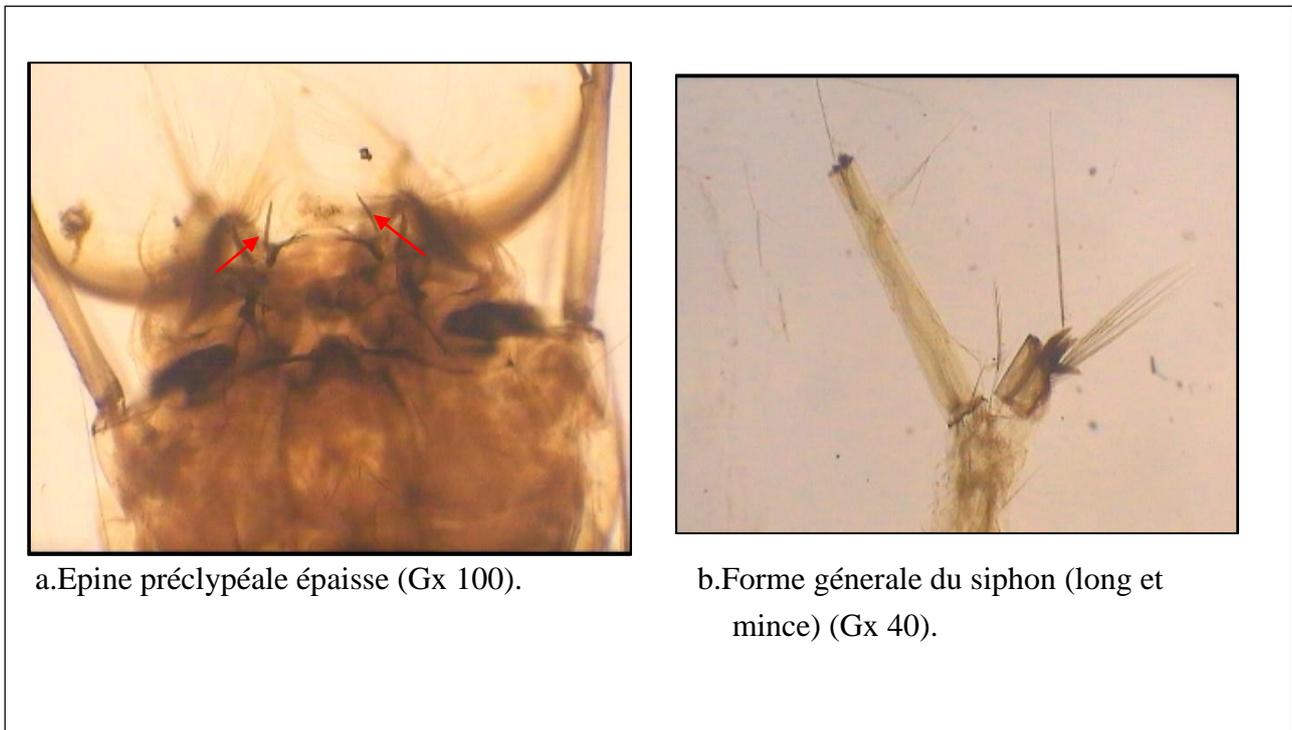
**Figure 38 :** Critères d'identification de *Culex laticinctus* (Photos originales)



**Figure 39 :** Critères d'identification de *Culex perexiguus* (Photos originales)



**Figure 40** : Critères d'identification de *Culex modestus* (Photos originales)



**Figure 41** : Critères d'identification de *Culex hortensis* (Photos originales)



## 2. Test de sensibilité :

### 2.1. Evaluation de l'effet larvicide de la Deltaméthrine :

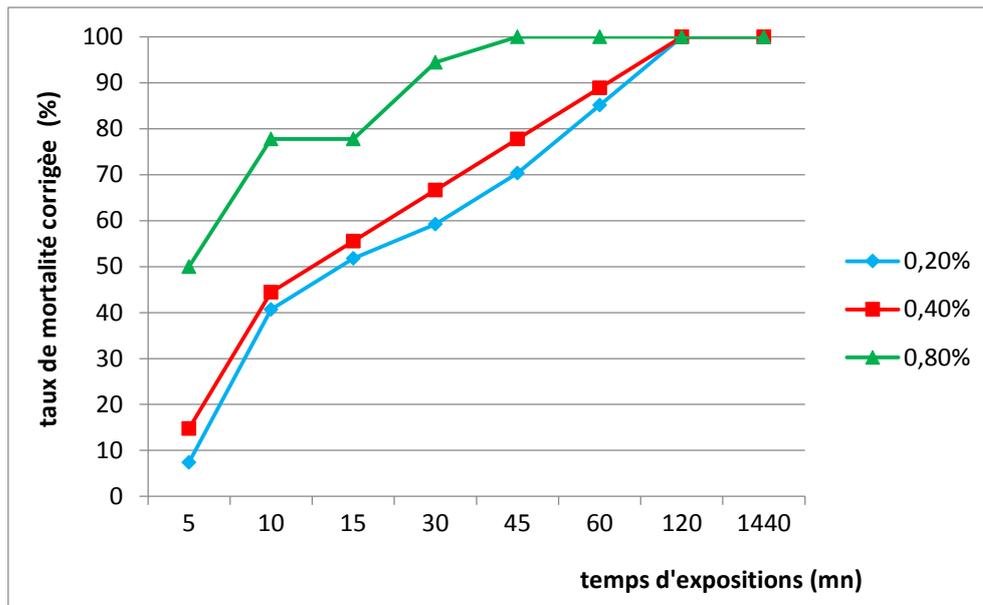
#### ❖ Résultat :

Les résultats de l'évaluation de l'effet larvicide de la Deltaméthrine sur les L4 de *Cx pipiens* sont reportés sur le tableau 8 et la figure 42

**Tableau 8 :** Taux des moyens des mortalités corrigés des larves de *Cx pipiens* exposées à la Deltaméthrine en fonction du temps.

Temps d'exposition (mn)	Taux des moyens des mortalités corrigés (%)			M/E
	0,2 %		0,8 %	
05	7,4	24,05 ± 22,76	50	24,05 ± 22,76
10	40,66	54,29 ± 20,42	77,77	54,29 ± 20,42
15	51,77	61,69 ± 14,04	77,77	69,10 ± 26,82
30	59,22	73,44 ± 18,56	94,44	75,29 ± 21,71
45	70,33	82,7 ± 15,43	100	82,71 ± 5,43
60	85,11	91,33 ± 7,74	100	91,33 ± 7,74
120	100	100	100	100
1440	100	100	100	100

M=moyenne E= écart type



**Figure 42 :** Représentation graphique du taux des moyens des mortalités corrigés des larves L4 de *Culex pipiens* exposées à la Deltaméthrine en fonction du temps.

La lecture du graphe (fig. 42) révèle que la mortalité des larves de *Culex pipiens* évolue dans le temps pour les trois doses testées. La mortalité débute à partir de la 5<sup>ème</sup> mn pour les concentrations 0.2%, 0.4% et 0.8% avec des taux de 7,4%, 14,77% et 50% respectivement.

Après 45mn de contact avec la Deltaméthrine, le taux de mortalité atteint 70,33%, 77,77% et 100%. Pour les doses 0.2% ,0.4% et 0,8% respectivement. Avec les doses 0,2% et 0,4%, le 100% de mortalité des larves n'a été obtenu qu'après deux heures d'exposition à l'insecticide.

## 2.2. Evaluation de l'effet larvicide de la Cyperméthrine :

### ❖ Résultat :

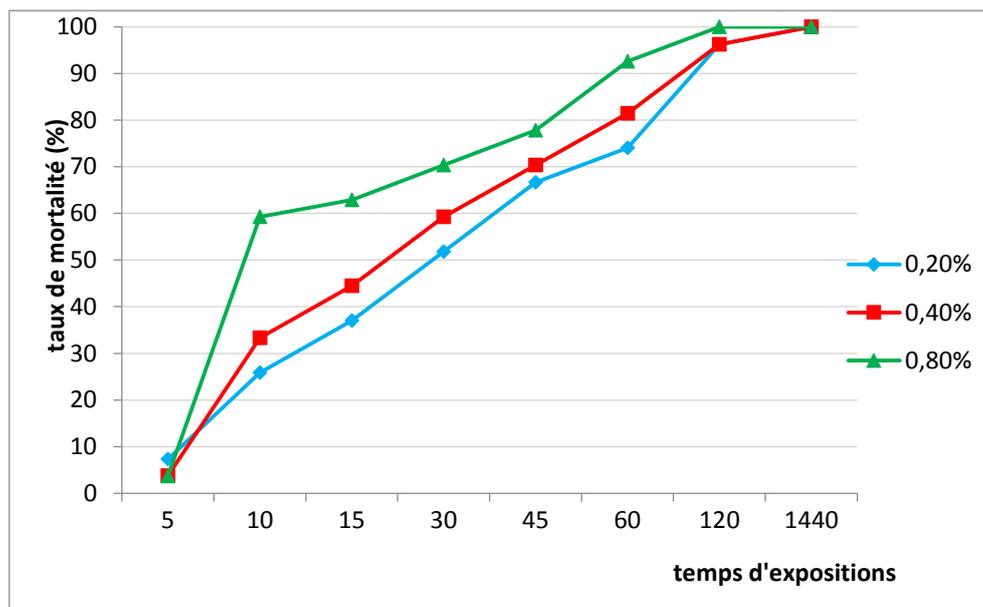
Les résultats de l'évaluation de l'effet larvicide de la Cyperméthrine sur les L4 de *Culex pipiens* sont reportés sur le tableau 9 et la figure 43.



**Tableau 9 :** Taux des moyens des mortalités corrigés des larves de *Cx pipiens* exposé à la Cyperméthrine en fonction du temps.

Temps d'exposition (mn)	Taux des moyens des mortalités corrigés (%)			M/E
	0,2%	0,4%	0,8%	
05	7,33	3,77	3,66	4,92 ± 2,08
10	25,88	33,33	59,22	42,55 ± 23,57
15	37	44,44	62,88	49,94 ± 18,29
30	51,77	59,22	70,33	61,05 ± 13,12
45	66,66	70,33	77,77	72,21 ± 7,85
60	74	81,44	92,55	83,27 ± 13,11
120	96,22	96,22	100	98,11 ± 2,67
1440	100	100	100	100

M=moyenne E= écart type



**Figure 43 :** Représentation graphique du taux des moyens des mortalités corrigés des larves L4 de *Culex pipiens* exposées à la Cyperméthrine en fonction du temps.

La lecture du graphe (fig43) révèle que la mortalité des larves de *culex pipiens* évolue dans le temps pour les trois doses testées. La mortalité débute à partir de la 5<sup>ème</sup> mn pour les concentrations 0.2%, 04% et 0.8% avec des taux de 7,33% et 3.77% et 3.66% respectivement. Après 60mn de contact avec la Cyperméthrine, le taux de mortalité atteint à 74% et 81,44% et 92,55% pour les concentrations 0.2% et 0.4% et 0.8% respectivement.

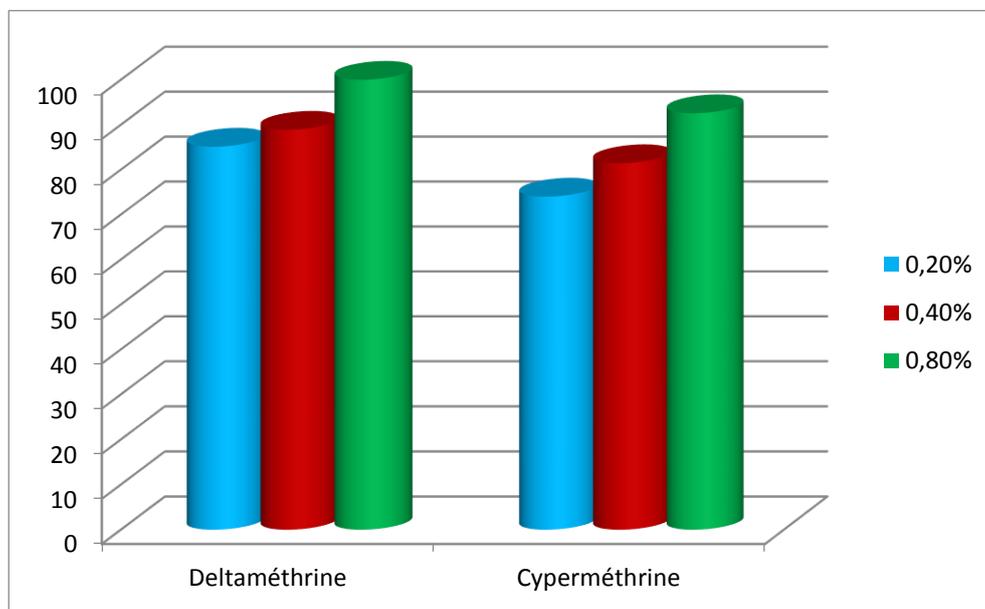


Au bout de 120 mn d'exposition, le taux de mortalité est de 96,22% pour les doses 0,2% et 0,4%, alors qu'à dose 0,8% atteint 100% de mortalité. Après 24h d'exposition 100% de mortalité enregistré dans les trois doses testé.

Le tableau 10 résume les taux de mortalité obtenue de chaque insecticide après 60mn d'exposition.

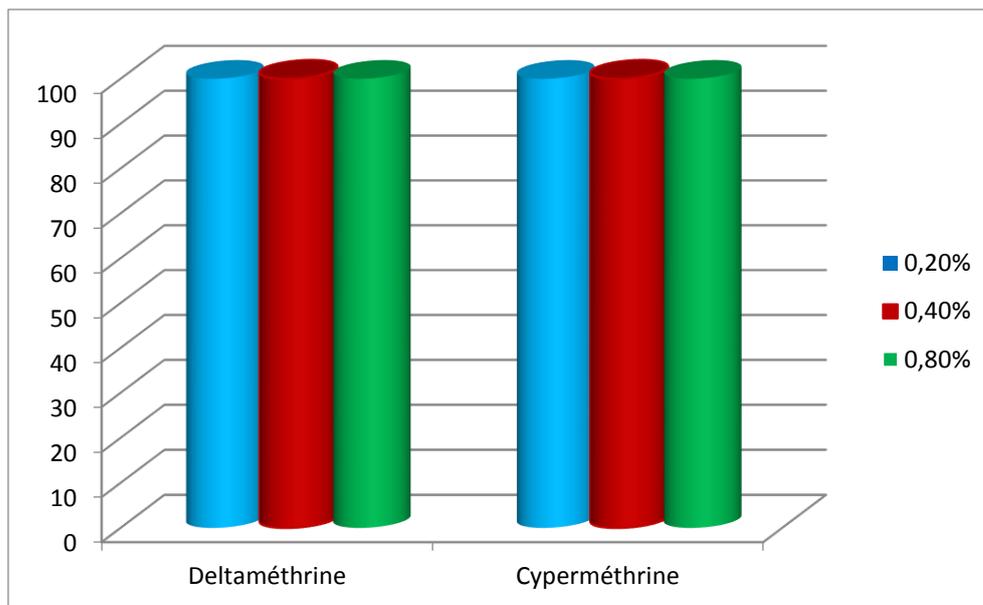
**Tableau 10:** Taux des moyens des mortalités corrigés après une heure de contact par les deux insecticides testés.

		taux des moyens des mortalités corrigés (%)		
Doses(%)		0,2	0,4	0,8
Insecticides				
Déltaméthrine		85 ,11	88,88	100
Cyperméthrine		74	81,44	92,55



**Figure 44 :** Mortalités cumulées après une heure de contact pour chaque insecticide.

Une heure après traitement, nous notons un taux de mortalité moyen des larves nettement supérieur avec la Déltaméthrine pour les trois doses (fig. 44).



**Figure 45 :** Mortalités cumulées après 24h de contact pour chaque insecticide.

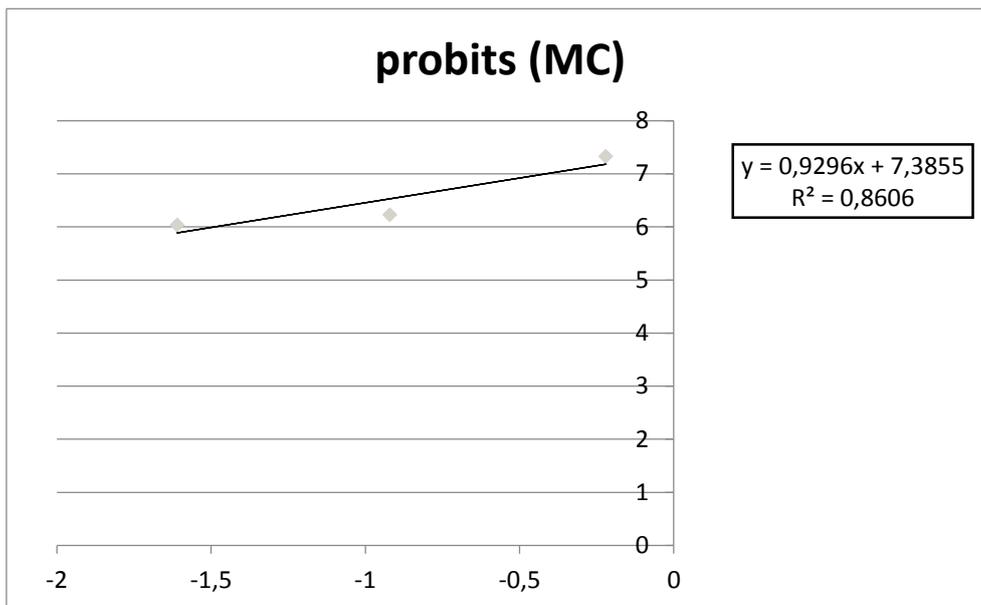
Après 24 heures d’exposition, 100% de mortalité des larves a été obtenu avec tous les doses testées (fig. 45).

**2.3. Détermination de la DL 50 :**

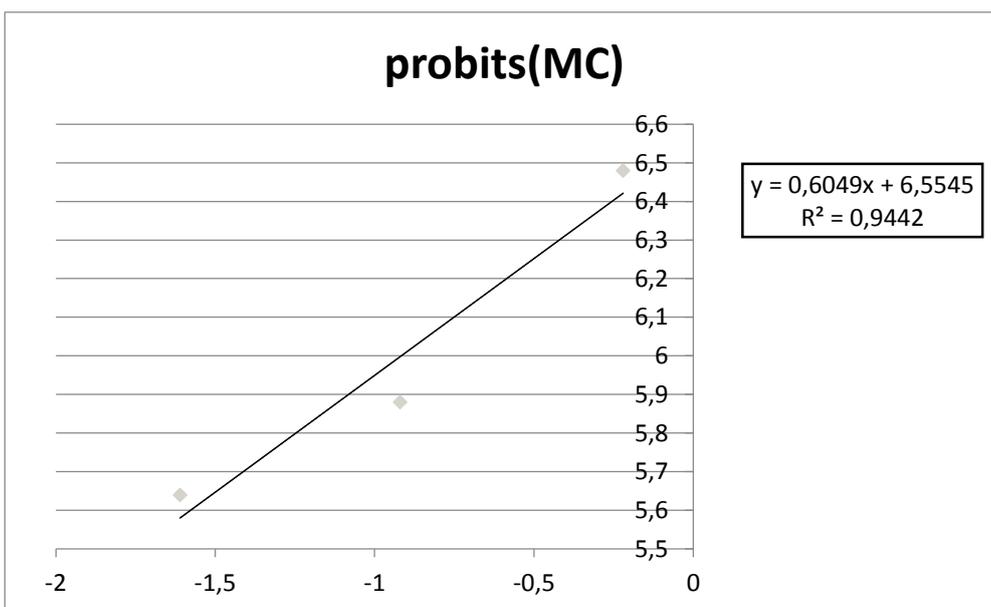
Le tableau 11 résume les probits des mortalités corrigées après 60mn d’exposition de chaque insecticide en fonction les logarithmes népérien des doses.

**Tableau 11:** Les logarithmes népériens des doses d’insecticides et les probits des taux de mortalité après 60mn.

Ln dose	Déltaméthrine	Cyperméthrine
	Probits	Probits
	1h	1h
-1,7	6,04	5,64
-0,92	6,23	5,88
-0,22	7,33	6,48



**Figure 46 :** Droite de régression, probits de mortalité corrigé en fonction des logarithmes népériens des doses de Deltaméthrine après 60mn d'exposition.



**Figure 47 :** Droite de régression, probits de mortalité corrigé en fonction des logarithmes népériens des doses de Cyperméthrine après 60mn d'exposition.

Selon les Droites de régression probits de mortalité corrigée en fonction des logarithmes népériens des doses de Deltaméthrine et la Cyperméthrine nous avons déterminé la DL50 de chaque insecticide (fig. 46, fig. 47).

**Tableau 12** : Tableau récapitulatif des DL50 obtenue.

Insecticide	Temps d'exposition	Equation	DL50(%)	R <sup>2</sup>
Deltaméthrine	1h	$Y = 0,9296x + 7.3855$	<b>0,077</b>	0,8606
Cyperméthrine	1h	$Y = 0,6049x + 6.5545$	<b>0,077</b>	0,9442

#### 2.4. Détermination des TL50 :

Le calcul des temps TL50 des deux insecticides utilisés se fait à partir des droites de régression pour chaque dose, Les logarithmes népériens des temps ont été portés en abscisse et les probits des pourcentages de mortalité corrigés en ordonnées, ils sont consignés dans le tableau 13. Les valeurs des TL50 relatives à chaque dose pour chaque insecticide sont tirées directement des équations de régression.

**Tableau 13** : Les logarithmes népériens du temps et les probits des taux de mortalité.

Temps (mn)	Ln de temps	Deltaméthrine			Cyperméthrine		
		Probits			Probits		
		0.2%	0.4%	0.8%	0.2%	0.4%	0.8%
5	1.60	-	3.25	5	3.52	3.25	3.25
10	2.30	4.77	4.85	5.77	4.36	4.56	5.23
15	2.70	5.05	5.15	5.77	4.67	4.85	5.33
30	3.40	5.23	5.44	6.55	5.05	5.23	5.52
45	3.80	5.52	5.77	7.33	5.44	5.52	5.77
60	4.09	6.04	6.23	7.33	5.64	5.88	6.48
120	4.78	7.33	7.33	7.33	6.75	6.75	7.33
1440	7.27	7,33	7,33	7,33	7,33	7,33	7,33

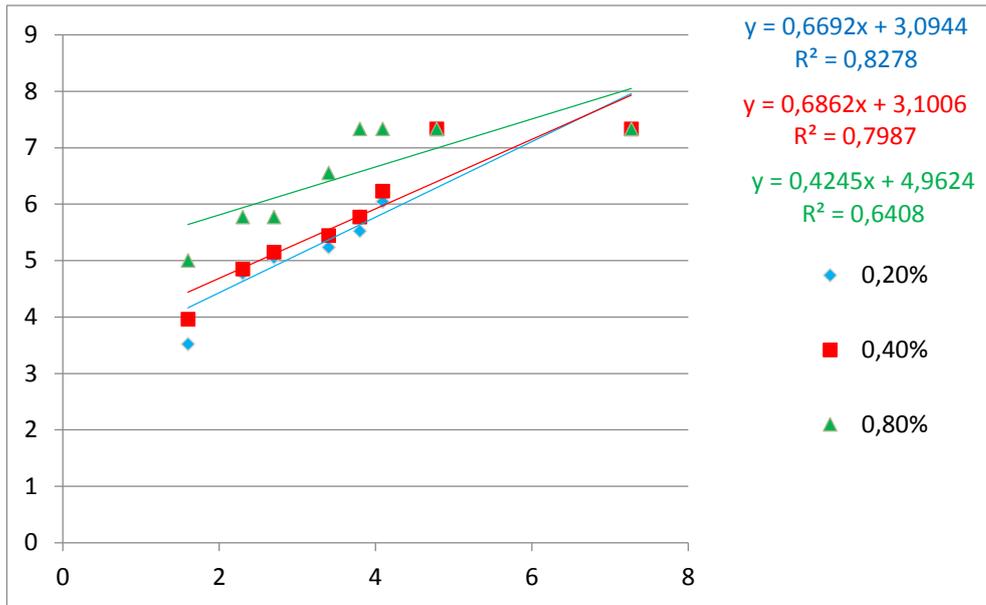


Figure 48 : Droites de régression probits du taux de mortalité corrigé en fonction des logarithmes népériens du temps (Deltaméthrine)

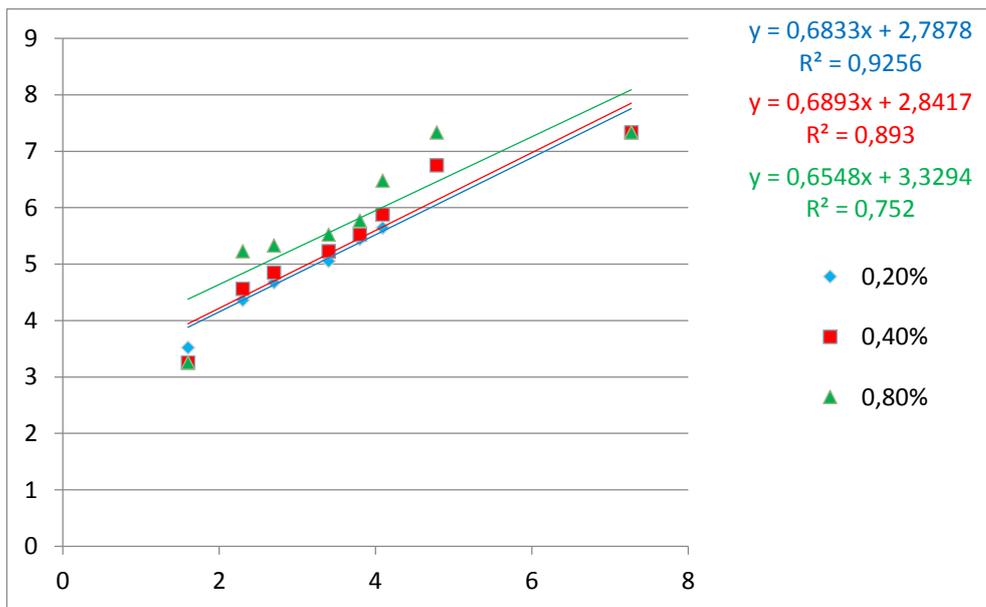


Figure 49 : Droites de régression probits du taux de mortalité corrigée en fonction des logarithmes népérien du temps (Cyperméthrine)

Le calcul de valeurs se fait à partir des droites de régression pour chaque dose en cherchant à déterminer l'inconnue x pour un probit = 5 qui correspond à 50% de mortalité.



Tableau 14 : Tableau récapitulatif des TL50 obtenu

Insecticide	Dose(%)	Equation	TL50 (mm)	R <sup>2</sup>
Deltaméthrine	0,2	$y = 0,6692x + 3,0944$	17,25	0,8278
	0,4	$y = 0,6862x + 3,1006$	15,93	0,7987
	0,8	$y = 0,4245x + 4,9624$	1,09	0,6408
Cyperméthrine	0,2	$y = 0,6833x + 2,7878$	25,47	0,9256
	0,4	$y = 0,6893x + 2,8417$	22,90	0,893
	0,8	$y = 0,6548x + 3,3294$	12,82	0,752

### 2.5. Discussion:

Afin d'évaluer la sensibilité des larves de 4<sup>ème</sup> stade de *Culex pipiens* vis-à-vis de la Deltaméthrine et de la Cyperméthrine, nous nous sommes basés sur les recommandations de l'OMS (2003) qui évaluent l'effet de l'insecticide après la mise en observation de 24h en se basant sur les critères de classement ci-après :

- Résistant si la mortalité < 80%
- Résistance probable à confirmer (ou baisse de sensibilité) si la mortalité est entre 80% et 97%
- Sensible si la mortalité > 97%.

Les mortalités moyennes enregistrées avec les deux pyréthrinoides de synthèse (Deltaméthrine et Cyperméthrine) après 24 h d'exposition sont toutes supérieures à 97% (fig. 45), ceci traduit nettement une sensibilité des larves de *Cx pipiens* vis-à-vis des deux insecticides. **Chaballah (2013)** affirme que la sensibilité des larves de moustiques vis-à-vis de la Deltaméthrine est due au non utilisation de cet insecticide dans les traitements anti larvaire et dans les traitements de fumigation dans la wilaya d'Alger.

Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par **Zakour (2014)** affirmant la sensibilité des larves de *Cx pipiens* vis-à-vis de la Deltaméthrine et de la Cyperméthrine. Cependant **Chaballah (2013)** dénote une résistance des larves de *Cx pipiens* à la Cyperméthrine dans la



wilaya d'Alger. Une étude sur deux Culicidés de la province de Khémisset au Maroc, montre que *Anopheles labranchiae* est sensible à la Permethrine (0,75 %), alors que *Culex pipiens* est sensible à la Deltaméthrine à 0,05 % (**Larhballi et al, 2010**).

Au Mali, **Diarrassouba (2002)** montre que toutes les populations d'*An. Gambiae* testées étaient totalement sensibles à la Deltaméthrine en zone inondée.

Les premiers tests normalisés de l'OMS effectués sur les moustiques collectés entre 2003 et 2005 dans la ville portuaire de Lobito en Angola ont permis de déterminer la sensibilité d'*Anopheles gambiae* et de *Culex quinquefasciatus* vis-à-vis de la Permethrine 1 %, et la Deltaméthrine 0,05 % (**Toto et al, 2010**). **Ratovonjato et al (2003)** montre que *An. arabiensis* est généralement sensible aux pyréthrinoïdes à Madagascar. Une étude en Tunisie a montré que tous les échantillons de *Culex pipiens* étaient résistants à la perméthrine (**Krida et al, 2010**). Cependant, en absence de données concernant la susceptibilité des larves de *Culex pipiens* en Algérie vis-à-vis des produits insecticides, il est difficile de comparer nos résultats à d'autres travaux. Les valeurs similaires des doses léthales (DL50=0.077 %) de la Deltaméthrine et de la Cyperméthrine, calculées 24 h après traitement montre clairement que les insecticides testés ont le même degré de toxicité.

Les TL50 obtenus avec la Deltaméthrine sont nettement plus courts (TL50 = 1,09 mn) que ceux enregistrés avec la Cyperméthrine (TL50 = 12,82 mn). Ce qui laisse supposer que les larves (L4) de *Cx pipiens*, sont très sensibles à la Deltaméthrine et moins sensibles à la Cyperméthrine. En effet, **Kofflet et al (2012)** rapportent que l'allongement du Kdt avec une mortalité de 98% est un signe précurseur de l'apparition de la résistance d'une population donnée.

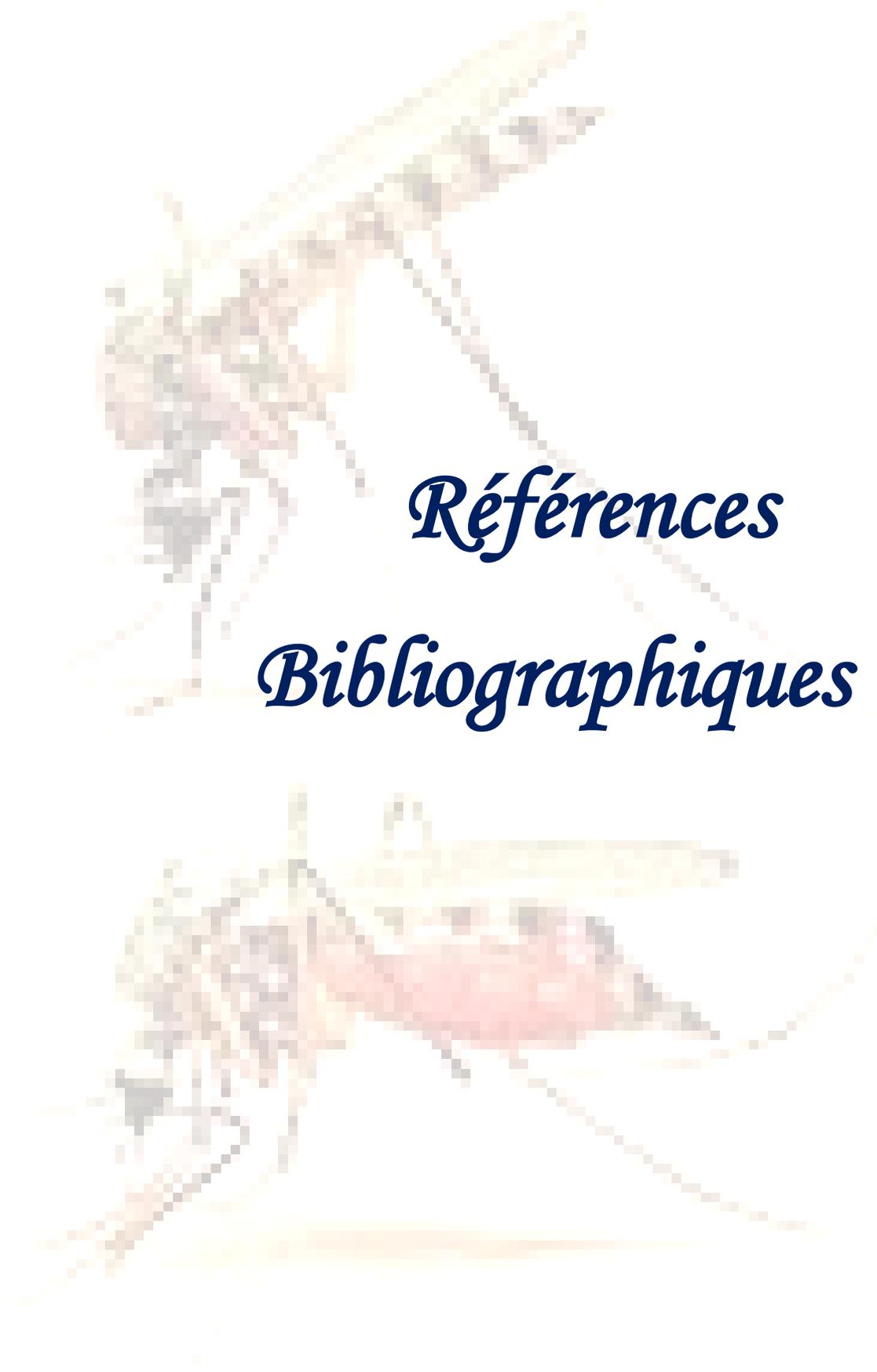


## Conclusion Générale

À l'issue de cette étude consacrée essentiellement à l'évaluation de la faune culicidienne de la région de Ghardaïa et à l'évaluation de la sensibilité des larves (L4) de *Culex pipiens* vis-à-vis de deux pyréthrinoides de synthèse (Deltaméthrine, Cyperméthrine).

Il ressort que :

- La région de Ghardaïa est composée de 13 espèces de moustiques réparties en deux 2 sous familles (la sous familles de *Culicinae*, et la sous familles d'*Anophelinae*).la sous familles de *Culicinae* est la mieux représenté en espèces, elle totalise 9 espèces réparties en 2 genres (*Culex* et *Aedes*).Les *Anophelinae* ne sont représenté que par un seul genre, *Anopheles*.
- L'espèce la plus abondante dans la région de Ghardaïa est *Culex pipiens* avec une abondance de 58,48%.
- Les espèces récoltées au niveau des stations d'études de la région de Ghardaïa appartiennent à quatre catégories (rares, accidentelles, accessoires et régulières).
- La région de Ghardaïa héberge des vecteurs du paludisme (genre *Anopheles*) de filariose (genre *Culex*) et d'arbovirus (genre *Aedes*).
- Les tests insecticides relatifs à l'évaluation de la sensibilité des larves (L4) de *Culex pipiens* vis-à-vis de la Deltaméthrine et de la Cyperméthrine ont montré clairement que ce moustique est sensible en vers ces deux insecticides, en effet, le 100% de mortalité a été atteint 24h après traitement avec toutes les doses testés. Les valeurs similaires des doses létales (DL50=0,077%) de la Deltaméthrine et de la Cyperméthrine, calculées 24h après traitement montre clairement que les insecticides testés ont le même degré de toxicité.
- Les résultats préliminaires obtenus lors de cette étude peuvent être utiles pour l'élaboration d'un programme de lutte et en évaluer l'efficacité.
- Ce travail mériterait d'être approfondi par de nouvelles voies d'approche (Enzymologie et biologie moléculaire).



*Références*

*Bibliographiques*



## Références bibliographiques

- ☐ A.B.H.S. (2005). Colloque international sur les ressources en eau dans le Sahara. Ed. Agen. Bass.Hydr. Saha., (A.B.H.S.), 194 P.
- ☐ A.N.D.I. (2013). Agence Nationale de Développement de l'Investissement de Ghardaia.19p
- ☐ A.N.R.H. (2005). Note relative aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaïa. Rapport de l'Agence Nati. Res. Hyd. Ghardaia, 19 p.
- ☐ A.N.R.H. (2012). Agence Nationale de Ressource Hydrique de la wilaya de Ghardaïa. Rapport, 12p.
- ☐ A.N.S.E.S. (2010). Co-exposition des professionnels de la lutte anti-vectorielle au DEET et aux insecticides. Ed, scientifique, 71p.
- ☐ Abonneau J. (1983). Préhistoire du M'Zab (Algérie-Wilaya de Laghouat). Thèse Doctorat de 3ème cycle en Art et Archéologie, Univ. Paris I, 268 p.
- ☐ Aligon D, Bonneau J, Garcia J, Gomez D, et Le Goff D. (2010). Estimation des expositions de la population générale aux insecticides : les Organochlorés, les Organophosphoés et les Pyréthriinoïdes. E.H.E.S.P, 78p.
- ☐ Anonyme a. (2015). Fournisseurs et conseils en biocides. < <http://www.envirochem-europe.com/produits/cypermethrine.html#>>, 11/09/2015
- ☐ Anonyme b.(2015).Cyperméthrine.  
<<http://fr.wikipedia.org/wiki/Cyperm%C3%A9thrine#>>, 11/09/2015.
- ☐ Anonyme c. (2015). El Atteuf. <[https://fr.wikipedia.org/wiki/El\\_Atteuf#](https://fr.wikipedia.org/wiki/El_Atteuf#)>, 2/10/2015
- ☐ Anonyme d.(2015).Traveling Luck for Oued Nechou, Algeria  
<[http://travelingluck.com/Africa/Algeria/Algeria+%28general%29/\\_2486296\\_Oued+Nechou.html#](http://travelingluck.com/Africa/Algeria/Algeria+%28general%29/_2486296_Oued+Nechou.html#)> 2/10/2015.
- ☐ Aubry P et Gaüzère B. A. (2013). La Lutte Antivectorielle. Médecine Tropicale, 1-7
- ☐ 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.



- ▣ Babaz Y. (1992). Etude bioécologique des Orthoptères dans la région de Ghardaïa. Mémoire Ingénieur, Inst. Agro. Univ. Sci. Tech., Blida, 91 p.
- ▣ Barré-Cardi H. (2014) Les Risques Sanitaires Liés Aux Moustiques En Corse. Collection Corse d'hier et de demain, Corse, 5 : 13-26.
- ▣ Belton P. (2002). British Columbia Mosquitoes as Vectors of West Nile Virus. Simon Fraser University 4p.
- ▣ Benhissen S., Habbachi W., Masna F., Mecheri H., Ouakid M L et Bairi A. (2014). Inventaire Des Culicidae Des Zones Arides : Cas Des Oasis D'Ouled-Djellal (Biskra ; Algérie), ElWahat pour les Recherches et les Etudes, 7 (2) : 86-91.
- ▣ Benkenzou D., Chegma S., Merakchi F et Zidane B. (2007). Monographie de la wilaya de Ghardaïa, Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (D.P.A.T.). Statistiques au 31 décembre 2006. 122 p.
- ▣ Ben-Semaoune Y. (2008). Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale : contribution à la mise en place d'un schéma d'aménagement et de gestion de l'espace (S.A.G.E.). Cas de la région de Ghardaïa. Thèse Magister. I.A.S.Ouargla, 21p.
- ▣ Berchi S. (2000). Bioécologie de Culex pipiens. (Diptera, Culicidae) dans la région de constantine et perspective de lutte. Thèse Doc. Es. Science. Université de constantine.
- ▣ Berchi S, Aouati A et Louadi K. (2012). Typology of favorable biotopes to the larval development of Culex pipiens L. 1758 (Diptera : Culicidae) source of nuisance at Constantine (Algeria). *Ecologia Mediterranea*, 38 (2) : 5-16.
- ▣ Blondel J. (1979). Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173 p.
- ▣ Bossin H, Marie J, Faarua M, Tetuanu A et Frogier H. (2008). Les Moustiques. Institut Louis Malardé, Polynésie Française. <<http://www.ilm.pf/infomoustiques>>, 5/10/2015.
- ▣ Bouabida H, Djebbar F, Soltani N. (2012). Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). *Faunistic Entomology* 65 : 99-103
- ▣ Bouchenga S. et Lahreche A. (2006). Etude de la qualité microbiologique des eaux de puits, zones urbaine et agricole (Beni Isguen, W. Ghardaïa). Mémoire Ingénieur, Dép. biol., Univ. Amar Telidji, Laghouat, 83 p.



- ☞ Boukraa S. (2008). Biodiversité des nématocères (Diptera) d'intérêt agricole et Médico-vétérinaire dans la région de Ghardaia. Thèse Ingénieur, Inst.Nati.Agro.El Harrach,161p.
- ☞ Boukraa S, Baba-Aissa N, Abdelaziz B, Lounaci Z, Doumandji S, et Frédéric F. (2013). Les moustiques (Diptera : Culicidae) de la région du M'Zab-Ghardaïa, Algérie : biodiversité et importance médico-vétérinaire. Agro. Bio. Tech. Univ de liège, 1p.
- ☞ 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, 190p.
- ☞ Brunhes J, Hassain K, Rhaim A et Hervy J.P. (2000). Les espèces de l'Afrique méditerranéenne : Espèces présentes et répartition (Diptera, Nematocera). Bull. Ent. France, extrait : 105(2) : 195-204.
- ☞ Brunhes J, Rhaim A, Geoffroy A, Angel G et Hervy J-P. (1999). Les moustiques de l'Afrique méditerranéenne : Programme d'identification et d'enseignement. Ed, IRD, Montpellier.
- ☞ Brunhes J, Rhaim A, Geoffroy B, Angel G et Hervy J-P. (2001). Les moustiques de l'Europe. Logiciel d'identification et d'enseignement. IRD édition.
- ☞ Byford R.L, Craig M.E, DeRouen S.M, Kimball M.D, Morrison D.G, Wyatt W.E et Foil L.D. (1999) : Influence of permethrin, diazinon and ivermectin treatments on insecticide resistance in the horn fly (Diptera : Muscidae). International Journal for Parasitology, 29 (1): 125-135.
- ☞ Carnevale P, Robert V, Manguin S, Corbel V, Fontenille D, Garros C et Rogier C. (2009). Les Anophèles biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle ed Institut de recherche pour le développement (IRD) Marseille,402p.
- ☞ Chebballah L. (2013). Contribution à l'étude de la résistance des larves de *Culex pipiens* Linné.1758 (*Diptera: Culicidae*) aux pyréthrinoides de synthèses (Alpha-cyperméthrine, Deltaméthrine) et à l'Organophosphore (Temephos) en laboratoire. Thèse de Master II Entomologie Médicale. Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Saad Dahleb, Blida1.
- ☞ Chobaut A. (1898). Voyage chez les Beni – M'Zab (Contribution à l'étude de la faune entomologique du Sahara Algérien). Ed, Avignon, Paris, 108 p.



- ☐ Chopard L. (1943). Les Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. Ed. Larose, Paris, Coll. Faune de l'empire français I, 450 p.
- ☐ Cilek J.E et Knapp F.W. (1993) : Enhanced diazinon susceptibility in pyrethroid resistant horn flies (Diptera, Muscidae) Potential for insecticide resistance management. Journal of economic entomology, 86 (5) : 1303-1307.
- ☐ Claude M. (2003). Parasitologie et mycologie médicale , éléments de morphologie et de biologie. Ed, Médicales internationales, 796p.
- ☐ Corbel V, Stankiewicz M et Pennetier C. (2010). Co-exposition des professionnels de la lutte anti-vectorielle au DEET et aux insecticides. l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé. 72p.
- ☐ D.P.S.B. (2012). Direction de la Programmation et Suivi Budgétaire de la wilaya de Ghardaïa. Rapp. 131p.
- ☐ Dajoz R. (1971). Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 343 p.
- ☐ Dajoz R. (1982). Précis d'écologie. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 503 p.
- ☐ Dajoz R. (2003). Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 615 p.
- ☐ Darriet F. (1998) La Lutte Contre Les Moustiques Nuisants et Vecteurs de Maladies. Ed, Karthala, 124p.
- ☐ Darriet F. (2007). Moustiquaires imprégnées et résistance des moustiques aux insecticides Ed, Institut De Recherche Pour Le Développement (IRD), 117p.
- ☐ Delaunay P, Fauran P, Marty P. (2001). Les moustiques d'intérêt médical Revue Française des Laboratoires 338 : 27-36.
- ☐ Diarrassouba F. (2002). Sensibilité des vecteurs du paludisme aux DDT et aux pyréthrinoides de synthèse préconisés pour l'imprégnation au Mali. Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie, Université de Bamako, 93p.
- ☐ Diomande D, Gourene G et Tito De Morais L. (2001). Stratégies alimentaires de *Synodontis bastiani* (Siluriformes : Mochokidae) dans le complexe fluvio-lacustre de la Bia. Côte d'Ivoire. Cybium, 25 (1) : 7-21.
- ☐ Douadi B. (1992). Contribution à l'étude bioécologique des peuplements Orthoptérologiques dans la région de Guerrara (Ghardaïa), développement ovarien



- chez *Acrotylus patruelis* (H.- S., 1838). Mémoire Ingénieur, Inst. nati. Agro. El Harrach, 75 p.
- ▣ Dreux P. (1980). Précis de l'écologie. Ed. Presses Univ. France (P.U.F.), Paris, 231 p.
- ▣ Dubief J. (1953). Les vents de sable au Sahara. Proceeding colloques internationaux du centre national de la recherche scientifique. «Actions éoliennes - Phénomènes d'évaporation et d'hydrologie superficielle dans les régions arides», Alger, 27-31
- ▣ Ehrhardt, N. (2006). Etude de l'activité d'une formulation à 50% de deltaméthrine sur *Stomoxys calcitrans* à la Réunion: résistance et rémanence, 90. these de doctorat. I Université Paul-Sabatier de Toulouse. 90p.
- ▣ Faraj C, Adlaoui E, Brengues C, Fontenille D, et Lyagoubi M (2008). Résistance d'*Anopheles Labranchiae* au DDT au Maroc : Identification Des Mécanismes et Choix d'un Insecticide de Remplacement. Santé de La Méditerranée Orientae, 14 (4) : 776-783.
- ▣ Faurie C, Ferra C et Medori P. (1980). Ecologie. Ed, Baillière J.B, Paris, 1091 p.
- ▣ Faurie C, Ferra C. et Medori P. (1984). Ecologie. Ed, Baillière J. B, Paris, 168 p.
- ▣ Fontaine M, Bellen G, Ramade F, Ancellini J, Lelourd M, Michel P, Gauthier M, Soudane F. et Bella-Santini D. (1976). La pollution de l'eau marine. Gauthier-Villars, Paris, 230 p.
- ▣ Fontenille D, Lagneau C, Lecollinet S, Lefait-Robin R, Setbon M, Tirel B et Yébakima A (2009). La lutte antivectorielle en France Ed Institut de Recherche Pour Le Développement (IRD) Marseille, 1179p.
- ▣ Frontier S. (1983). L'échantillonnage de la diversité spécifique. In Stratégie d'échantillonnage en écologie, Ed, Paris (Coll. D'Ecologie), XVIII : 494 p.
- ▣ Goislard C. (2012). Les répulsifs anti-moustiques à l'officine. Thèse de Doctorat, Département de Pharmacie, Université Angers, 121p.
- ▣ Guèye Fall A. (2013). Techniques de Capture et d'identification des moustiques (Diptera : Culicidae ) vecteurs de la fièvre de la vallée du Rift. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, 31p.
- ▣ Guillaumot L. (2005). Les moustiques et la dengue. Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie 22p.



- Guillaumot L. (2013). Les Moustiques Et La Dengue. Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie <<http://www.institutpasteur.nc/les-moustiques-et-la-dengue/#generalites#>>, 10/03/2015.
- 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.
- Hammadi D, Boubidi S C, Chaib S E, Saber A, Khechache Y, Gasmi M, et Harrat Z (2009). Le Paludisme Au Sahara Algérien. Ed, Bull Soc Pathol Exot, 102 (3) : 185-192
- Hannoun D. (2015). Arboviroses Quels risques pour l'Algérie 8ème Journée internationale d'infectiologie de Sétif Institut National de Santé Publique 34p.
- Haubruge E et Amichot A. (1998). Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. Biotechnol. Agron. Soc. Environ, 2 (3): 161-174.
- Himmi O. (2007). Les culicides (insectes, diptères) du Maroc : systématique, écologie et étude épidémiologique pilotes. Thèse de doctorat université V-AGDL, Rabat, 334p.
- Kezzal K, Bach F, Boucif F. (2011). Rapport d'Activité. Institut Pasteur d'Algérie 242p.
- Khitri et Benkhakifa. (1994). Y-a-il une agriculture dans la région du M'Zab. Enquête, Inst. Nati. Form. Sup. Agro. Sah. (I.N.F.S.A.S.), Ouargla, 52 p.
- Konan Y.L, Koffi A.A, Doannio J. M. C et Darriet F. (2003). Résistance de *Culex quinquefasciatus* (S A Y, 1823) à La Deltaméthrine et l'utilisation de La moustiquaire imprégnée en milieu urbain de Bouaké, Côte d'Ivoire. Entomologie Médicale, 128-29.
- Krida G, Diancourt L, Bouattour A, Rhim A, Chemiti B et Failloux A B (2010). Estimation du risque d'introduction du virus de la fièvre de la vallée du Rift en Tunisie par le moustique *Culex pipiens*. Société de pathologie exotique et Springer-Verlag, 104p.
- Leguenno B, Bougermouh A, Azzam T et Bouakaz R. (1996). West Nile: a deadly virus? The Lancet, 348, 1315.
- Lockwood J.A, Byford R.L, Story R.N, Sparks Th.C et Quinsberry S.S (1985). Behavioral resistance to the pyrethroids in the horn fly, *Haematobia irritans* (Diptera Muscidae). Environmental Entomology, 14 : 873-880.
- Lounaci Z et Doumandji S E. (2010). Biodiversité des Culicidae (Diptera, Nematocera) d'intérêt médical et vétérinaire du marais de Réghaia et Tizi Ouzou



- (Algérie). Univ. M. Mammeri Tizi-Ouzou. Algérie École National Supérieure Agronomique El Harrach.
- ▣ Macan T. T. (1981). Modification of populations of aquatic invertebrates and the quality of water. In : HoestlandH. Ed, Dynamique de population et qualité de l'eau. Paris, Gauthier Villars : 161-192.
- ▣ Merabeti B et Ouakid M.L. (2011). Contribution à l'étude des moustiques (diptera : culicidae) dans les oasis de la region de Biskra (nord-est d'Algerie). Actes du Séminaire International sur la Biodiversité Faunistique en Zones Arides et Semi-arides, 185-188
- ▣ Messai N, Berchi S, Boulkenafed F et Louadi K. (2010). Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera : Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). Faunistic Entomology, 63 (3): 203-206.
- ▣ OMS. (1957) Comité d'experts des insecticides septieme rapport Ed, Organisation mondiale de la Santé, Genève, 125 : 1-36.
- ▣ OMS. (1973). Lutte Antivectorielle En Santé Internationale. Ed, Organisation mondiale de la Santé, Genève, 165p.
- ▣ OMS. (1999). La lutte antivectorielle - Méthodes à usage individuel et communautaire. Ed, Organisation mondiale de la Santé, Genève, 540p.
- ▣ OMS. (2003). Entomologie du paludisme et contrôle des vecteurs Guide du Stagiaire Rev.1 Partie I. Ed, Organisation mondiale de la Santé, Genève, 104p.
- ▣ OM.S.(2007). La mobilisation sociale pour la prévention et la lutte contre les arboviroses (la dengue). Colloque "Chikungunya et autres arboviroses en milieu tropical, 3 et 4 Décembre 2007, Saint Pierre (Réunion), 25 p.
- ▣ OMS. (2009). World Malaria Report 2009. Ed, Organisme Mondial de la Santé, Geneva.
- ▣ OMS. (2014). Entomologie du paludisme et lutte antivectorielle guide du participant. Ed, Organisation Mondiale de la Santé, Genève, 200p.
- ▣ Ouedraogo T.D. A, Baldet T, Skovmand O, Kabre G, et Guiguemde T. R. (2005). Sensibilité de Culex quinquefasciatus aux insecticides à Bobo Dioulasso (Burkina Faso). Entomologie Médicale, 406-10.
- ▣ Ozenda P. (1982). Flore du Sahara. Centre Nationale des Recherches Scientifique, Paris, 39p.
- ▣ Ozenda P. (1983). Flore du Sahara. Centre nati. rech. sci. (C.N.R.S.), Paris, 622 p.



- ▣ Pavard C. (1975). *Lumière du M'Zab*. Ed, Delroisse, Paris, 67 p.
- ▣ Pennetier C. (2008) *Interactions Entre Insecticides Non-Pyréthroïdes et Répulsifs Pour La Lutte Contre Anopheles Gambiae: Mécanismes, Efficacité et Impact Sur L'évolution de La Résistance*, These De Doctorat Univ Montpellier I, 1-194.
- ▣ Pintireau B. (2009). *la lutte biologique*. Ed, Ellipses, 115p.
- ▣ Poirié M., Pasteur N. (1991). *La résistance aux insecticides*. *La recherche*, 22 (234) : 874- 881.
- ▣ R.E.C.A. (2013). *Fiche conseil pour la matière active : Cyperméthrine (insecticide) Famille : pyréthroïdes*. Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger, 5p
- ▣ Ramade F. (1984). *Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale*. Ed, Mc Graw-Hill, Paris, 397 p.
- ▣ Ramade F. (2003). *Elément d'écologie*. Ed, Dunod, Paris, 690 p.
- ▣ Ratovonjato J, Le Goff G, Rajaonarivelo E, Rakotondraibe E.M, et Robert V (2003). *Données récentes sur la sensibilité d'Anopheles Arabiensis et d' Anopheles Funestus Aux Pyréthroïdes et au DDT sur les hautes terres centrales de Madagascar résultats préliminaires montrant une absence de la mutation kdr chez An.Arabienensis*. *Arch Inst Pasteur de Madagascar*, 69 (1 et 2) : 63-69.
- ▣ Rioux J A. (1958). *Les Culicides de « Midi méditerranéen », enc. Ent., XXX, P.Lechevalier, Paris: 1-303.*
- ▣ Rioux J.A, Golvan Y.J, Croset H, Tour S, Houin R, Abonnec E, Petitdidier M, Volhardt Y, Dedet J.P, Albert J.L, Lanotte G et Quilici M. (1965). *Epidémiologie des leishmanioses dans le Sud de la France*. Paris. Ed Inserm, Montpellier, (37) : 223p.
- ▣ Robert. (2012). *Introduction aux arthropodes nuisants, aux vecteurs et aux maladies à transmission vectorielle*. Ed, Institut de Recherche Pour Le Développement (IRD), 25-49p.
- ▣ Rodhain F et Perez C. (1985). *Précis d'entomologie médicale et vétérinaire*. Ed, Maloine S. A., Paris , 458 p.
- ▣ Rouvillois-Brigol. (1975). *Le pays d'Ouargla (Sahara algérienne)*. Département géographique, Université de Sorbonne, 390p.



- Salgado V. L., Irwing S. N. et Miller T. A. (1983). The importance of nerve terminals depolarization in pyrethroid poisoning insect. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 20 : 169-182.
- Seguy E. (1950). La biologie des diptères. *Encycl. Entomo.* XXVI. Ed. Paul Le chevalier, Paris.
- Senevet G. et Anderlli L. (1960). Contribution à l'étude de la biologie des moustiques en Algérie et dans le Sahara algérien. *Arch. Inst. Pasteur Algérie*, t. XXXVIII (2) : 305-326.
- Soderlund D. M et Bloomquist J. R. (1989) Molecular mechanisms of insecticide resistance. In ; n: Roush, R.T., Tabashnik, B. E. (eds) *Pesticides resistance in arthropods*. Chapman and Hall, New York, 58-96.
- Soltner D. (2005). Les Bases de la production végétale (le sol – le climat – la plante), le sol et son amélioration. Ed. Science Tech. Agri. Paris, T.I, 472 p.
- Stewart P. (1969). Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. Soc.Hist. Nat. Agro.* : 24 -25.
- Toto J C, Besnard P, Le Mire J, Almeida D S, Dos Santos M A, Fortes F, Foumane V. et Simard F. (2011). Premiers tests OMS d'évaluation de la sensibilité aux insecticides chez *Anopheles gambiae* et *Culex quinquefasciatus* à Lobito, Angola. *Bull Soc Pathol Exot*, 104: 307-12.
- Vial Y. et Vial M. (1974). Sahara milieu vivant. Ed, Hatier, Paris, 223 p.
- Ville L. (1872). Exploration géologique de Béni-M'Zab, du Sahara et de la région des steppes de la province d'Alger. Imprimerie Nationale, Paris, 540 p.
- Virlouvet G. (2003). Etude de l'élimination fécale et urinaire de la cyperméthrine chez les bovins coprophages. Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine de Nantes, Nantes ,71p.
- Williams J. (2012). Manuel de Formation à l'entomologie du paludisme a l'intention des techniciens en entomologie et lutte anti-vectorielle (Niveau de base).Ed Research Triangle Institute (RTI), Etats-Unis, 86p.
- Yagoub I. (1996). Bioécologie des peuplements Orthoptérologiques dans trois milieux, cultivé, palmeraie et terrain nu à Ghardaïa. Mémoire Ingénieur, Inst. nati., agro., El Harrach, 97p.



- ☞ Zakour N. (2014). Étude de la Biodiversité des Moustiques (Diptera : Culicidae) Dans le Marais de Réghaia. Efficacité comparée de deux pyréthrinoides de synthèse (Déltaméthrine, Cyperméthrine) sur une population de Culex pipiens en laboratoire ; Thèse de Master II Entomologie Médicale. Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Saad Dahleb, Blida1.
- ☞ Zerba E. (1988) : Insecticidal activity of pyrethroïds on insects of medical importance. Parasitology Today, 4 : 3-7.
- ☞ Zergoun Y. (1992). Bioécologie des Orthoptères dans la région de Ghardaïa-Régime alimentaire d'Acrotylus patruelis (Herrich-Schaeffer, 1838) (Orthoptera- Acrididae). Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 110 p.

### *Références électroniques*

- ☞ <http://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2015/ghardaia/valeurs/60566.html>  
15/06/2015.
- ☞ <https://www.google.dz/maps.5/10/2015>.



*Annexes*



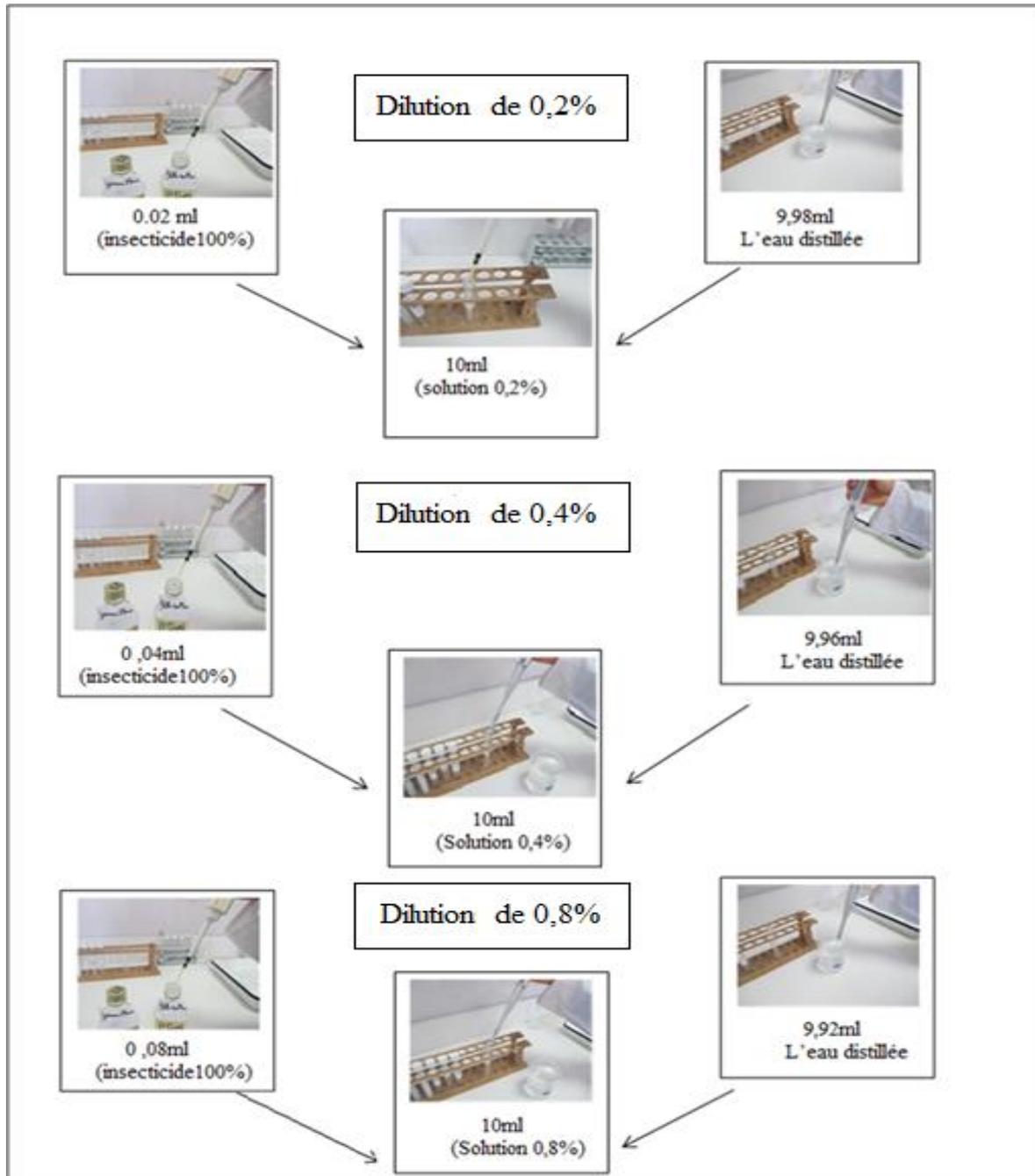


**Annexes I : Matériels et produits utilisés sur terrain et au laboratoire.**

<b>Produits</b>	<b>Matériel</b>	<b>Appareillages</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Eau distillée.</li><li>- KOH (10%).</li><li>- Alcool (70, 90 et absolu).</li><li>- Deltaméthrine</li><li>- Cyperméthrine</li><li>- Lactophénol</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Papier PH.</li><li>- Verrerie.</li><li>- Pipette en plastique.</li><li>- Lame et lamelle.</li><li>- Trousse à dissection.</li><li>- Tube de 10ml.</li><li>- Bac blanc.</li><li>- Louche et passoire.</li><li>- Bouteille en plastique</li><li>- Gobelets.</li><li>- Micropipettes (1000µl, 500µl, 20µl).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Microscope photonique.</li><li>- Loupe.</li><li>- Ordinateur (logiciel d'identification).</li><li>- Appareil photo.</li></ul>



Annexe II : Préparation des dilutions des insecticides.





## Annexe III : Table de probits.

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
30	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
40	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
50	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33
—	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
99	7.33	7.37	7.41	7.46	7.51	7.58	7.65	7.75	7.88	8.00