



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche scientifique

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
Département de Biologie

## Mémoire de fin d'études

*En vue d'obtention du diplôme de Master II en Biologie*

*Option : Entomologie médicale*

### CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA RESISTANCE

DES LARVES DE *Culex pipiens* Linné.1758 (Diptera -Culicidae)  
AUX PERYTRINOIDES DE SYNTHESSES (ALPHA-CYPERMETHRINE,  
DELTA METHRINE) ET A L'ORGANOPHOSPHORE (TEMEPHOS)

EN LABORATOIRE

**Réalisé par :**

**Soutenu le 25/12/2013**

Mme **CHEBALLAH Lynda.**

**Soutenu devant les membres du jury :**

M <sup>me</sup> INAL D.	Maitre-assistant A	USDB	Présidente
M <sup>me</sup> KARA F/Z	Maitre de Conférences A	USDB	Examinatrice
M <sup>me</sup> SAIGHI H.	Maitre-assistant A	USDB	Examinatrice
M <sup>me</sup> TAIL G.	Maitre de Conférences A	USDB	Promotrice
M <sup>r</sup> Bitam I.	Maitre de Conférences A	Université de Boumerdés	Co promoteur

**Année universitaire 2012-2013**

---

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA RESISTANCE**  
**DES LARVES DE *Culex pipiens* L.1758 (Diptera -Culicidae) AUX**  
**PERYTRINOIDES DE SYNTHESES (ALPHA-CYPERMETHRINE, DELTA**  
**METHRINE) ET A L'ORGANOPHOSPHORE (TEMEPHOS)**  
**EN LABORATOIRE**

---

*« Si vous avez l'impression que vous êtes trop petit pour pouvoir changer quelque chose, essayez donc de dormir avec un moustique et vous verrez lequel des deux empêche l'autre de dormir. »*

*Dalai Lama*



---

## *DEDICACES*

***A la mémoire de mon père  
A ma mère qui m'a toujours encouragée  
pour aller de l'avant***

***A mes quatre bouts de choux  
DAMYA, LOUNIS, YUCEF, et NADIR***

***A mon mari,***

***Je dédie ce travail.***

---

## *REMERCIEMENTS*

Arrivée au terme de la rédaction de ce mémoire, il m'est particulièrement agréable d'exprimer ma gratitude et mes remerciements à tous ceux qui, par leurs enseignements, leur soutien et leurs conseils, m'ont aidé à sa réalisation.

Ma gratitude va d'abord à Madame TAIL GHANIA maître de conférence à l'université de Blida pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion puissent ces lignes être l'expression de ma plus profonde reconnaissance pour tout le temps qu'elle a consacré à ses multiples relectures et ses corrections.

Je remercie Mme INAL de l'honneur qu'elle me fait en Présidant le jury pour la soutenance.

Un grand merci à Mme SAIGHI, et à Mme Kara Maitres de conférences à l'université de Blida de bien vouloir accepter d'examiner ce travail.

Je tiens à témoigner ma reconnaissance, et ma gratitude à tous mes enseignants du M2 pour la qualité de leurs cours, leur disponibilité leur écoute et leur gentillesse.

Monsieur BITAM Idir Maitre de conférences à l'université de Boumerdes qui a été à l'origine de la conception de mon travail est ici remercié pour ses conseils et ses encouragements tout au long de mon travail.

Je tiens à remercier particulièrement Mr MAKHOUKH Mohand Ouamer, Le Directeur de l'établissement HURBAL qui m'a soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce travail.

Ma reconnaissance va également à Mme SAOUD zahia Maître assistante en hydrologie à l'institut Pasteur pour, ses conseils rigoureux et son sens critique.

M<sup>elle</sup> DOUKHANDJI enseignante à l'université de Bab Ezzouar est ici remerciée pour ses conseils et son aide pour la partie statistique de ce document.

Mr Ismail pour la partie identification des espèces sa gentillesse et sa rigueur scientifique m'ont été d'une aide précieuse.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance M<sup>me</sup> CHIKH Salima chef d'unité lutte anti-vectorielle de l'épic HURBAL qui m'a apporté son support matériel et moral tout au long de ma démarche.

Un grand merci à Mr BELKADI Ahmed chef de secteur à l'EPIC HURBAL pour son aide inestimable et pour sa gentillesse.

Enfin, je tiens à remercier Oulhadj, mon mari et meilleur ami pour son soutien au quotidien et son aide précieuse dans la mise en forme de ce document.

---

## RESUME

La lutte contre les moustiques est incontournable dans les stratégies de contrôle des maladies vectorielles, animales et humaines.

Après avoir présenté brièvement la biologie des moustiques, nous avons fait l'identification des espèces rencontrées à Alger, cet inventaire montre que l'espèce la plus répondue au niveau de la capitale est *Culex pipiens* et que *Culiseta longiariolata* vient en seconde place. Les autres espèces *Culex hortensis* et *Aedes detritus* sont en proportions insignifiantes dans nos échantillons.

Par une série d'expériences au laboratoire nous avons testé les effets de trois insecticides sur des larves à différents stades afin de voir si parmi la population larvaires prélevées dans les gîtes fixés il y en a qui présentent des résistances.

Pour les tests deux perythrinoides l'alpha cyperméthrine et la deltamethrine ainsi qu'un organophosphoré le temephos ont été utilisé.

Les mesures de mortalités obtenues confirment l'efficacité de la deltamethrine et révèlent une résistance pour l'alpha cyperméthrine. Cet insecticide longtemps utilisé dans la lutte anti larvaire par le passé a peut-être crée une pression de sélection qui fait qu'une proportion de la population larvaire échappe aux traitements grâce au phénomène de résistance.

Le temephos bien qu'ayant donné de meilleurs résultats que l'alpha cyperméthrine donne des mortalités moyennes.

Il est impératif de déterminer la sensibilité des moustiques aux produits insecticides appliqués à grande échelle, car s'il s'avère que nous sommes en phase d'une résistance débutante cela compromettrait toute la stratégie de lutte anti vectorielle avec les lourdes conséquences sur la santé publique que cela sous-tend.

Mots clés : moustique, larve, résistance

## Abstract

The fight against mosquitoes can't be avoided in the control strategies of vector-borne, animal and human diseases.

After a brief introduction to mosquito's biology, we made an identification of species found in Algiers.

This inventory shows that the species almost existing in the capital are *Culex pipiens* and that *Culiseta longiariolata* followed them.

Other species like *Culex hortensis* and *Aedes detritus* are in significant balance in ours samples. Dealing with experiment series in laboratory, we have tested the effects of three insecticides applied on larvae at different stages.

By a series of experiments in the laboratory, we tested the effects of three insecticides on larvae at different stages in order to see if any of the larval population sampled in cottages set it they are people who developed a resistance . For tests we used the peritrynoide, the apha cypermethrine, the organophosphorés and the deltamethrin.

The mortality measures obtained confirm the efficiency of delthametrine and reveal a resistance to alpha cypermethrine .

This insecticide used for a long time ago in the larvae control may have created a selection pressure that a proportion of larval population escaped from treatment.

Temephos although had given best results than alpha cypermethrine gave mean mortalities.

It's required to establish the mosquitoes sensitivity to insecticides products widely applied because if it has proved that we are in the beginning resistance stage at the control strategy, it would be compromised with serious consequences for public health.

Key word : insecticide, larvae, résistance

#### ملخص.

مكافحة البعوض أمر لا مفر منه في استراتيجيات مكافحة الأمراض المتنتقلة عن طريق الحيوان و الإنسان. بعد تقديم عرض وجيز بيولوجيا البعوض بتشخيص أصناف الموجودة في الجزائر

يبين هذا الجرد أن الأصناف المتواجدة بالعاصمة تتمثل في *Culex pipiens* و أن ال *Culiseta longiariolata* تتبعها.

و الأصناف الأخرى مثل *Culex hortensis* و *Aedes détritius* تمثل بنسبة ضئيلة في العينات التي لدينا.

من خلال سلسلة من التجارب على مستوى المخبر ، قمنا باختبار تأثير ثلاثة مبيدات الحشرات على اليرقات في مراحل مختلفة. من أجل مشاهدة ما اذا كانت فصيلة عينات اليرقات المأخوذة مأوي محددة ، وجدنا أن هناك من تبدي مقاومة.

فيما يخص الاختبارات فان المواد المستعملة تتمثل في *peritrynoide* و *alpha cypermethrine* و *deltamthrine* الديلتاميثرين و ايضا. *Organophosphorés (temephos)*

مقدار الوفيات المتحصل عليه يؤكد نجاعة الديلتاميثرين و تظهر مقاومة ل *alpha cypermethrine* هذه المبيدات المستخدمة في مكافحة اليرقات لمدة طويلة في الماضي تكون قد خلقت ضغطا في التصنيف مما يؤدي الى فرار نسبة من اليرقات من العلاج. التيميفوس بالرغم من أنه قدم نتائج أحسن من ل *alphacypermethrine* لكن مقدار الوفيات يبقي متوسط.

لا بد من تحديد حساسية البعوض للمبيدات الحشرية على نطاق واسع لأنه إذا ما أننا أمام ظاهرة مقاومة أولية التي تخل استراتيجية كاملة في مكافحة نواقل الأمراض مع عواقب وخيمة على الصحة العمومية.

كلمة مفتاح: مبيدات الحشرات, اليرقات, مقاومة

---

# SOMMAIRE

---

RESUME .....	V
LISTE DES FIGURES.....	X
LISTE DES TABLEAUX.....	XII
LISTE DES GRAPHES .....	XIII
INTRODUCTION.....	1
PROBLEMATIQUE .....	3
<b>CHAPITRE I : LES CULICIDAE</b> .....	<b>5</b>
1. GENERALITES SUR LES CULICIDAE.....	6
1.1 MORPHOLOGIE EXTERNE DU MOUSTIQUE .....	6
1.1.1 DIFFERENCE ENTRE MALE ET FEMELLE .....	7
1.1.2 CARACTERES DISTINCTIFS DES GENRES ANOPHELINAE ET CULICINAE .....	8
1.2 POSITION SYSTEMIQUE .....	10
1.3 CYCLE DE DEVELOPPEMENT .....	11
1.3.1 LA BIO ECOLOGIE DES MOUSTIQUES.....	11
1.3.2 LA PHASE AQUATIQUE.....	11
1.3.3 LES ŒUFS : .....	12
1.3.4 LA LARVE : .....	13
1.3.5 LA NYMPHE : .....	14
1.3.6 STADE AERIEN .....	14
1.4 LES GITES LARVAIRES.....	15
1.5 MALADIES VECTORIELLES TRANSMISES PAR LES MOUSTIQUES.....	17
1.5.1 DEFINITION DES ARBOVIROSES.....	17
1.5.2 MODE DE TRANSMISSION DES ARBOVIROSES.....	17
1.5.3 LA DENGUE .....	19
1.5.4 LA FIEVRE JAUNE .....	21
1.5.5 FIEVRE DE LA VALLEE DU RIFT.....	22
1.5.6 LE WEST NILE .....	23
1.5.7 LE CHIKUNGOUNIA.....	24
1.5.8 LE PALUDISME.....	24
1.5.9 LES FILARIOSES .....	26



<b>CHAPITRE II : LA RESISTANCE DES MOUSTIQUES AUX INSECTICIDES.....</b>	<b>29</b>
2.1 LES MOYENS DE LUTTE CONTRE LES MOUSTIQUES .....	29
2.2 LA LUTTE CHIMIQUE.....	29
2.2.1 LA LUTTE ANTILARVAIRE.....	29
2.2.2 LA LUTTE IMAGOCIDE.....	30
2.2.3 IMPREGNATIONS DE MOUSTIQUAIRE.....	30
2.2.4 LA STERILISATION DES MALES.....	30
2.3 LA LUTTE BIOLOGIQUE .....	31
2.4 LES INSECTICIDES.....	32
2.4.1 MODE D’ACTION DES INSECTICIDES NEUROTOXIQUES.....	33
2.4.2 LES ORGANOCLORES .....	34
2.4.3 LES ORGANOPHOSPHORES .....	34
2.4.4 LES CARBAMATES.....	35
2.4.5 PYRETRINOIDE DE SYNTHESE.....	36
2.4.6 LES INHIBITEURS DE CROISSANCE.....	38
2.5. LA RESISTANCE AUX INSECTICIDES .....	39
2.5.1 MECANISMES DE LA RESISTANCE.....	40
2.5.2 RESISTANCE COMPORTEMENTALE .....	40
2.5.3 DETOXIFICATION METABOLIQUE (ENZYMATIQUE) .....	41
2.6 EFFET KNOCK DOWN.....	43
<b>CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>45</b>
3.1. DESCRIPTION DE LA ZONE D’ETUDE .....	45
3.2. METHODES .....	47
3.2.1 ÉCHANTILLONNAGE DES MOUSTIQUES .....	47
3.3 DESCRIPTION DES GITES LARVAIRES .....	47
3.3.1 GITES EPIGES : .....	47
3.3.2 LES GITES HYPOGES : .....	49
3.4 COLLECTE DES LARVES ET DES NYMPHES.....	50
3.4.1 METHODE DE DEEPING.....	50
3.4.2 ELEVAGE DES LARVES ET NYMPHE .....	51
3.4.3 MONTAGE DES LARVES.....	51
3.5 CRITERES D’IDENTIFICATION DES LARVES ET DES ADULTES.....	52
3.6 INDICES ECOLOGIQUES DE COMPOSITION .....	55
3.6.1 ABONDANCE RELATIVE.....	55

---

3.6.2 LA FREQUENCE D'OCCURRENCE.....	55
3.7 TESTS STANDARDS DE SENSIBILITE DE L'OMS.....	56
3.7.1 TESTS DE SENSIBILITE DES LARVES .....	56
3.7.2 DETERMINATION DE LA TL50 ET DE LA TL95.....	58
<b>CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>60</b>
4.1. IDENTIFICATION DES ESPECES.....	60
4.2 L'ABONDANCE RELATIVE.....	61
4.3 FREQUENCES D'OCCURRENCES DES DIFFERENTES ESPECES .....	62
4.4 DISCUSSION DES RESULTATS DES IDENTIFICATIONS DES ESPECES.....	62
4.5 RESULTATS DES TESTS DE RESISTANCE .....	65
4.5.1 RESULTATS POUR LE PRODUIT ALPHACYPERMETHRINE.....	65
4.5.2 RESULTATS POUR LE PRODUIT TEMEPHOS.....	67
4.5.3 RESULTATS POUR LE PRODUIT DELTAMETHRINE.....	65
4.6 DETERMINATION DES TL50 et TL95 .....	78
4.6.1 DETERMINATION DES TL50 et TL95 POUR L'INSECTICIDE ALPHACYPERMETHRINE.....	72.
4.6.2 DETERMINATION DES TL50 et TL95 POUR L'INSECTICIDE TEMEPHOS.....	74
4.6.2 DETERMINATION DES TL50 et TL95 POUR L'INSECTICIDE DELTAMETHRINE.....	76
4.7 DISCUSSION DES RESULTATS DES TESTS DE SENSIBILITE .....	80
CONCLUSION GENERALE .....	86
BIBLIOGRAPHIE .....	
ANNEXES.....	

---

## LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : <i>Culex pipiens</i> .....	6
Figure 2 : Morphologie générale d'un moustique adulte . .....	7
Figure 3: Différences entre Anophèles et Culex [OMS, 2003].....	9
Figure 4 : Morphologie schématique de la tête de Culicinae (vue de profil) a) Femelle, b) Mâle.....	9
Figure 5 : Les genres représentés en Algérie kettle1990 in .....	10
Figure 6 : Cycle biologique du moustique .....	12
Figure 7 : Forme type des œufs d'Anophèles .....	12
Figure 8 : Nacelles d'œufs de <i>Culiseta longiareolata</i> .....	12
Figure 9 : Œufs des Culicidés.....	13
Figure 10 : Larve de Culicidé <i>Aedes cineris</i> .....	13
Figure 11 : Emergence d'un adulte (Haupt, 2000).....	15
Figure 12 : exemples de gîtes naturels, commune de Dely Brahim original .....	15
Figure 13 : exemple de gîtes artificiels (original).....	16
Figure 14: Cycle du virus chez le moustique.....	18
Figure 15 cycle de transmission du virus du west Nile .....	23
Figure 16 cycle biologique du Plasmodium dans l'anophèle et l'homme.....	26
Figure 17 Cycle évolutif de la filaire de Bancroft.....	27
Figure 18: <i>Bacillus thuringiensis</i> au microscope.....	32
Figure 19: Sites d'action des insecticides neurotoxiques.....	34
Figure 20: chloropyrifos.....	35
Figure 21: malathion.....	35
Figure 22: propoxure.....	36
Figure 23: methomyl méthyle carboxyle .....	36
Figure 24: Structure de la perméthrine.....	37
Figure 25: Evolution de la résistance des insectes sur 100 ans .....	39
Figure 26: Représentation schématique des différents mécanismes de résistance .....	40
Figure 27 : Processus biochimique mis en œuvre pour métaboliser les substances toxiques absorbées par l'insecte .....	42
Figure 28 : Courbes mortalité en fonction de la concentration .....	43
Figure 29: Carte de la wilaya d'Alger (Source site internet Wikipédia) .....	46
Figure 30 : Carte de la pluviométrie et de température au niveau de la wilaya d'Alger (ONM) .....	46
Figure 31 : Oued Mahelma .....	47
Figure 32 : Gîte épigé caniveau longeant l'autoroute les bananiers (photo originale).....	48
Figure 33 : Gîte épigé Commune Dely Brahim un marécage en aval du parc grand vents .....	48
Figure 34 : Gîte épigé Staouali.....	49
Figure 35 : Gîte hypogé Gué de Constantine .....	49
Figure 36 : Gîte hypogé AADL Ouled fayet.....	50
Figure 37 : Gîte hypogé cité 2004 logts Baraki.....	50
Figure 38 : Méthode de depping.....	50
Figure 39 : Elevage des larves et des adultes de moustique .....	51
Figure 40 : Larve de <i>Culiseta longiareolata</i> .....	52
Figure 41 forme du siphon et du segment VIII ET X observé au microscope.....	52

---

Figure 42 : Disposition des épines du segment VIII .....	53
Figure 43 : Siphon chez <i>Aedes détritrus</i> .....	53
Figure 44 : Localisation de la dent distale e du peigne siphonal .....	54
Figure 45 : Tête et siphon de <i>Culiseta longiareoleta</i> observés au microscope .....	54
Figure 46 :gobelet contenant chacun un stade larvaire.....	56
Figure 47 :insecticides utilisés lors des tests de sensibilité.....	57

---

## LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1 principales différences entre Anophelinae et Culicinae) .....	8
Tableau 2 : Manifestation cliniques observées (Brunet 2006).....	18
Tableau 3: Principaux flavivirus à intérêt médicale (Hurau, 2003) .....	19
Tableau 4 : Inventaire des espèces collectées dans les différents sites .....	60
Tableau 5 : Abondance relative des différents individus.....	61
Tableau 6 : Fréquences d'occurrences des espèces au niveau des gites collectés.....	62
Tableau 7: Mortalités obtenues après une heure de temps de contact avec les trois insecticides testés .....	70
Tableau 8 : Nombre d'émergences chez les larves traités.....	71
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des TL50 et $\delta$ TL95 obtenues .....	79

---

## Liste des graphes

Graphe 1 : Abondance relative des espèces inventoriées.....	61
Graphe 2 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé Alpha cyperméthrine 0.2%.....	66
Graphe 3 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé Alpha cyperméthrine 0.4%.....	66
Graphe 4 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé Alpha cyperméthrine 0.8% .....	66
Graphe 5: Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé Temephos 0.2%.....	67
Graphe 6 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé Temephos 0.4%.....	67
Graphe 7 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé temephos 0.8% .....	68
Graphe 8: Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé deltamethrine .0.4%.....	68
Graphe 9 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé deltamethrine .0.4%.....	69
Graphe 10 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé deltamethrine .0.8% .....	69
Graphe 11 : Mortalité cumulée après une heure de traitement.....	70
Graphe 12 : Mortalités constatées avec l'alpha cypermethrine à différentes doses .....	71
Graphe 13 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps alphacypermethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L1 .....	72
Graphe 14 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps alphacypermethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L2.....	73
Graphe 15 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps alphacypermethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L3.....	73
Graphe 16 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps alphacypermethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L4.....	74
Graphe 17 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps temephos 0.2%0.4%0.8% pour le stade L1 .....	74
Graphe 18 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps Temephos 0.2%0.4%0.8% pour le stade L2 .....	75
Graphe 19 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps temephos 0.2%0.4%0.8% pour le stade L3.....	75
Graphe 20 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps temephos 0.2%0.4%0.8% pour le stade L4.....	76
Graphe 21 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps deltamethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L1.....	76
Graphe 22 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps deltamethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L2.....	77
Graphe 23 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps deltamethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L3.....	77
Graphe 24 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps deltamethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L4.....	78

---

# INTRODUCTION

---

Depuis l'industrialisation l'homme utilise massivement des produits phytosanitaires pour améliorer la productivité et réduire les risques de perte des récoltes. Par ailleurs les traitements insecticides ciblent aussi des parasites vivants à ses crochets, des espèces comme les blattes, les mouches et les moustiques. Ces traitements intensifs augmentent certes la productivité ou nous débarrassent des nuisibles domestiques mais ne sont pas sans conséquences, puisque depuis quelques années, on enregistre de par le monde des cas de résistance confirmés.

Le changement climatique entraîne, de par l'adaptation des vecteurs, des modifications importantes dans la distribution des maladies infectieuses dans diverses régions.

En plus de ces perturbations naturelles, les flux humains et matériels au niveau planétaire, de plus en plus importants, rendent aujourd'hui presque inévitable la dissémination rapide de plusieurs agents infectieux à partir de leurs foyers d'origine (GIE, 2007, FEGHARAZZI, 2008).

Des mesures au champ, corroborées par des tests de laboratoire indiquent aujourd'hui que des cas de résistance aux insecticides sont apparus dans la zone des savanes d'Afrique centrale chez certaines espèces d'insectes ravageurs des cultures cotonnières et maraîchères (BREVAULT, *et AL* 2012)

La résistance d'une population d'insectes donnée à un insecticide représente toute une augmentation, déterminée génétiquement, de sa tolérance à cet insecticide, en réponse à une pression de sélection.

En agriculture (protection des cultures), comme en santé publique (programmes de lutte anti vectorielle) et en médecine vétérinaire (traitements antiparasitaires du bétail), l'utilisation croissante des insecticides au cours des 40 dernières années, a eu pour conséquence, une augmentation régulière du nombre d'espèces résistantes. Ce phénomène de résistance, outre de compromettre l'efficacité des mesures de lutte, peut avoir des répercussions préoccupantes sur les plans économiques et sanitaires, mais également écologiques, par l'accroissement des doses d'insecticides utilisées.

Dans le cadre des traitements de désinsectisation effectués par l'épic HURBAL, il a été soupçonné une résistance des moustiques, vu le nombre de moustiques adultes qui restent vivants à la suite d'un traitement de démoustication. La présente contribution a pour but de confirmer ces soupçons ou de les infirmer.

---

Notre travail s'articule autour de quatre chapitres : Le premier chapitre présente une revue bibliographique sur les Diptères à intérêt médicale des Culicidés. Dans ce chapitre nous donnons un aperçu sur les critères généraux, la répartition, la classification, la bioécologie des différents stades et sur le rôle vecteur des moustiques.

Dans le deuxième chapitre, nous détaillons le phénomène de résistance aux insecticides et les moyens de lutte actuellement déployés.

Le troisième chapitre matériel et méthodes, présente le choix de la région d'étude, la description des gîtes et les méthodes adaptées pour l'identification des moustiques, il comprend également la description des tests de sensibilités pratiqués sur des larves.

Afin de mettre en évidence la résistance aux insecticides ; deux insecticides de la famille des pérytrinoïdes ont été testés. Les insecticides étudiés sont l'alpha cyperméthrine et la deltaméthrine une comparaison est également établie avec un organophosphoré ; le Témephos.

Le quatrième chapitre est consacré à la discussion des résultats obtenus par rapport aux études précédemment menées dans d'autres régions.

Enfin, une conclusion générale met l'accent sur les perspectives et les travaux qui restent à mener en se référant à de nouvelles voies d'approches qui pourraient peut-être élucider certains problèmes causés par ces diptères.



---

# PROBLEMATIQUE

---

Les moustiques résistent de plus en plus aux différents traitements insecticides effectués par les organismes habilités, il ne faut pas toujours incriminer l'efficacité du produit ou une mauvaise application de l'insecticide ; il peut s'agir aussi de résistance développée par l'insecte.

Une des préoccupations de l'HURBAL est de savoir s'il existe, dans la zone Algéroise sous sa responsabilité en matière de lutte anti-vectorielle, des populations de moustiques résistantes aux pérythrinoides.

Il s'agit de mettre en évidence cette résistance pour chercher un palliatif afin d'éviter la sur utilisation d'insecticides et donc un impact économique et environnemental désastreux.

---

# PARTIE THEORIQUE

---

# CHAPITRE I : LES CULICIDAE

---

## CHAPITRE I : LES CULICIDAE

### 1. GENERALITES SUR LES CULICIDAE

Les *Culicidae* regroupent l'ensemble des insectes connus sous le nom de moustiques. Comme tous les diptères, ce sont des holométaboles, c'est à dire qu'ils présentent des métamorphoses complètes et passent au cours de leur vie, par quatre stades successifs œuf, larve, nymphe et adulte ou imago (DANIS ET MOUCHET, 1991)

Les moustiques sont ubiquistes capables de s'adapter à différents biotopes; ils se développent aussi bien dans les milieux urbains que ruraux, dans les eaux polluées que propres. Dans plusieurs régions, ils sont actifs pendant toute l'année et atteignent leur maximum de développement pendant les saisons chaudes. Leurs préférences trophiques sont très variables car ils sont plutôt ornithophiles, mais ils s'attaquent volontiers aux humains et aux mammifères lorsqu'ils cohabitent.

#### 1.1 MORPHOLOGIE EXTERNE DU MOUSTIQUE

D'une taille comprise entre 5 et 20 mm, les *Culicidae* adultes se distinguent facilement des autres familles de Nématocères, notamment par leur longue pattes sans sutures en v sur le thorax et sans ocelles (HAUPT, 2000), les écailles dont leur corps est recouvert et par la trompe (ou proboscis) très allongée. Comme chez tous les diptères le corps se divise en 3 parties distinctes la tête, le thorax et l'abdomen la figure 1.



Figure 1 : *Culex pipiens* (source: Dakota State University, Centers for Disease Control, 2005)

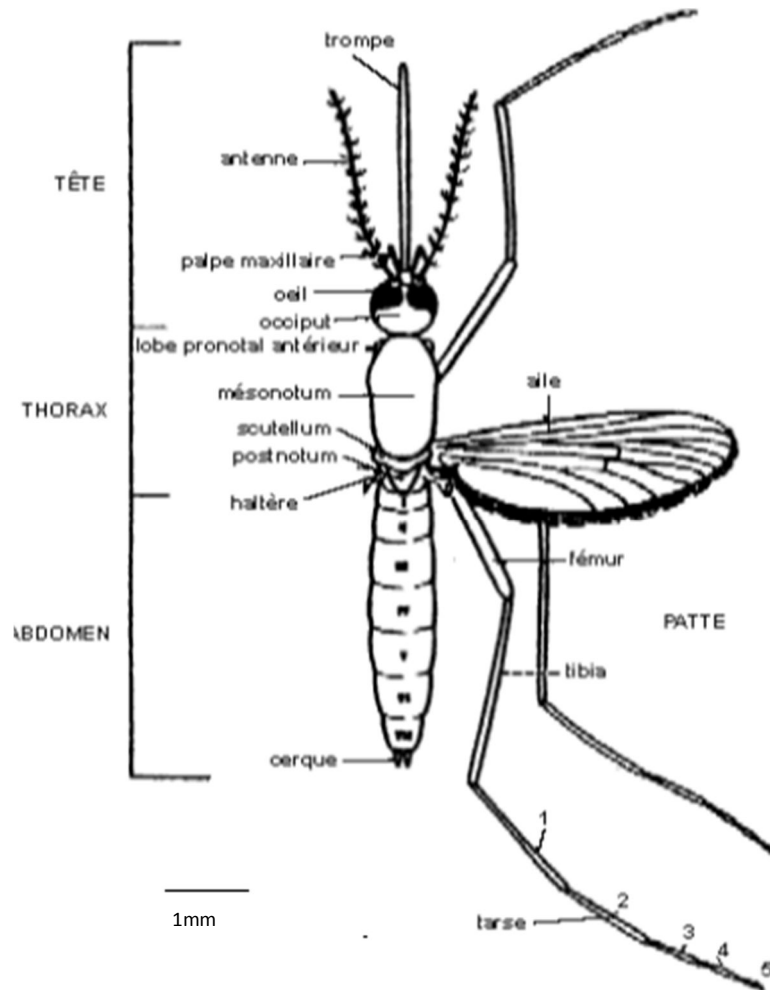


Figure 2 : Morphologie générale d'un moustique adulte (RODHAIN *et Al* ,1985).

### 1.1.1 -DIFFERENCE ENTRE MALE ET FEMELLE

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

### 1.1.2 -CARACTERES DISTINCTIFS DES GENRES ANOPHELINAE ET CULICINAE

Les moustiques sont morphologiquement différents les uns des autres. Il existe des différences entre les deux sous-familles Anophelinae et Culicinae, qui portent sur les œufs, les larves, les nymphes, les palpes maxillaires, les antennes et la position au repos (Figure 3). Les principales différences sont résumées sur le tableau suivant et illustrées par la figure 3 (OMS, 2003).

Tableau 1 : Récapitulatif des principales différences entre Anophelinae et Culicinae

Caractères	<i>Anophelinae</i>	<i>Culicinae</i>
La forme de l'œuf	Les œufs Portent des flotteurs et flottent séparément	Œufs pondus isolements pour Aèdes En radeaux pour Culex
Siphon respiratoire	Absence de siphon(respirent par des spiracles dorsaux)	Présence de siphon
Forme de la nymphe	En virgule nettement plus petite que celle des culicinés	
Palpe maxillaires	Aussi long que la trompe	Très réduits
Antenne des males Antennes des femelles	Majestueuses et plumeuses Plus discrète que celle des culicinae	s'incurvent en rejoignant les palpes
Ailes	Taches caractéristiques brun foncé sur bords antérieurs	Gris brun sans taches
Position par rapport au support au repos	oblique	parallèle

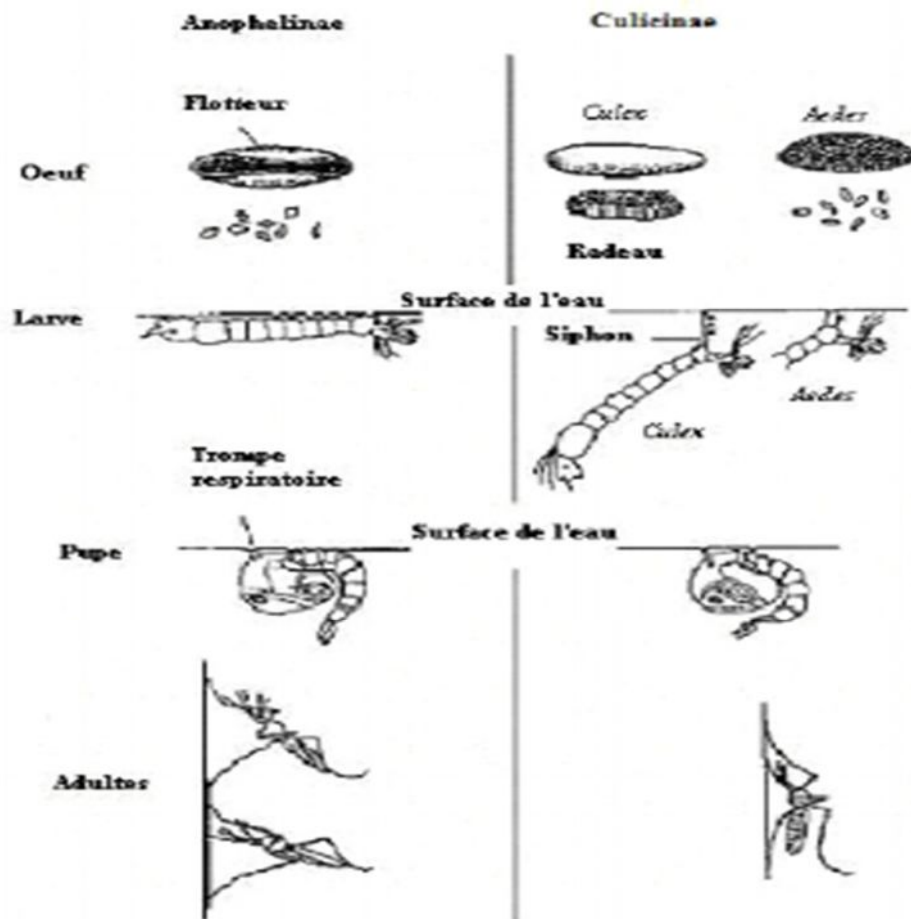


Figure 3: Différences entre Anophèles et Culex [OMS, 2003]

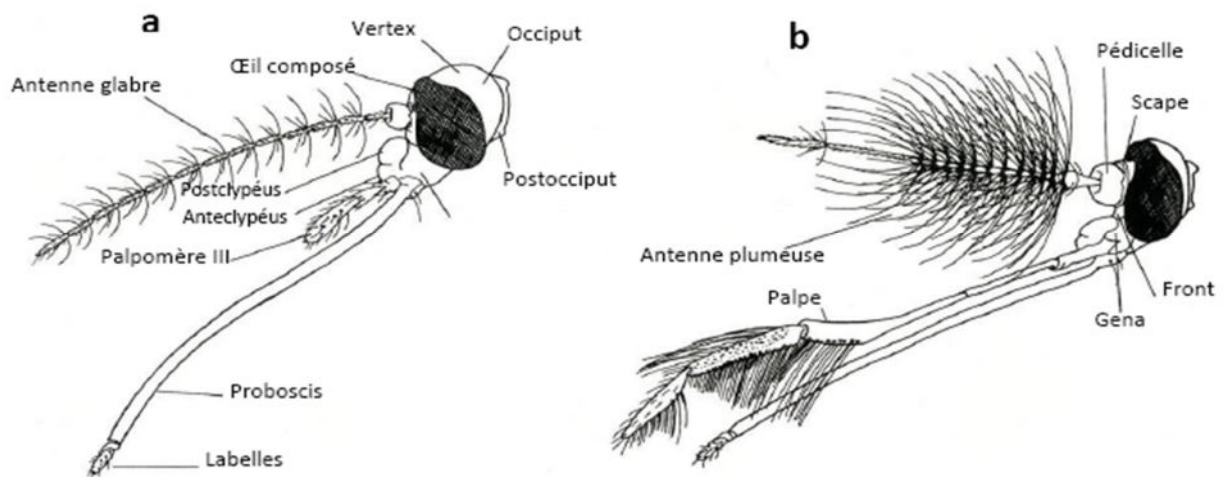


Figure 4 : Morphologie schématique de la tête de Culicinae (vue de profil) a) Femelle, b) Mâle (WOOD ET AL., 1979)

## 1.2 POSITION SYSTEMIQUE

Le terme Culicidæ regroupe les insectes couramment nommés moustiques. Classée dans l'ordre des Diptères et du sous-ordre des Nématocères cette famille est caractérisée par des individus aux antennes longues et fines à multiples articles et par des femelles possédant de longues pièces buccales en forme de trompe rigide de type piqueur-suceur (HARBRACH, 2007).

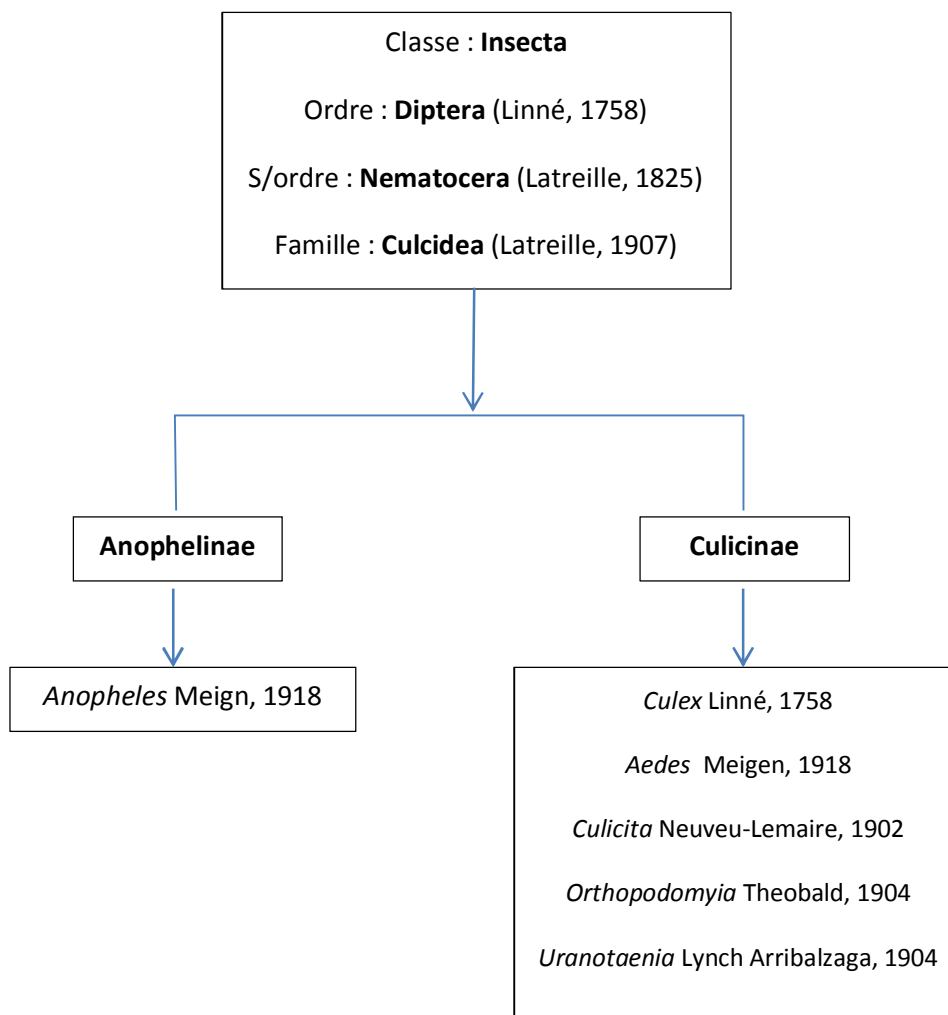


Figure 5 : Les genres représentés en Algérie kettle1990 in (BERCHI, 2000)



## **1.3 CYCLE DE DEVELOPPEMENT**

### **1.3.1 LA BIO ECOLOGIE DES MOUSTIQUES**

Chez les moustiques seule la femelle est hématophage. Le repas de sang quelle prend sert à la maturité des œufs tandis que le mâle lui, se contente de sucres végétaux et de nectars de fleurs, jus sucrés et exsudats végétaux. Cependant la femelle a aussi besoin d'une source d'énergie pour voler qu'elle puise comme le mâle dans le nectar de plantes.

Les sujets s'accouplent d'abord en vol puis sur le sol. La femelle détient la particularité de maintenir en vie jusqu'à sa mort les gamètes mâles dans une ampoule globulaire appelée spermathèque. Grâce à cette caractéristique les femelles ne s'accouplent qu'une fois et ce sont les repas de sang qui apportent les substances nutritives indispensables à chaque maturation ovarienne (DARRIET, 1998). Cette séquence (repas sanguin, maturation des œufs et ponte) est répétée plusieurs fois au cours de la vie du moustique et s'appelle le cycle trophogonique (ou cycle gonotrophique), (FOUET, 2010).

Le moustique au cours de sa vie passe par deux phases distinctes. Une phase aquatique sous forme larvaire et une phase adulte aérienne.

### **1.3.2 LA PHASE AQUATIQUE**

Stade pré imaginaire qui se déroule en milieu aquatique et regroupe l'œuf, les 4 stades larvaires et la nymphe. La phase aérienne concerne l'adulte ailé ou imago (DARRIET, 1998).

Après éclosion de l'œuf et la libération d'une petite larve, le stade larvaire sera marqué par quatre (04) mues séparant les stades I, II, III et IV. A la fin du stade IV la larve mue pour donner une nymphe mobile qui ne se nourrit pas. Après quelques jours de métamorphose, un adulte éclot en déchirant la paroi sagittale du thorax de la nymphe (RAMOS ET BRUNHES, 2004).

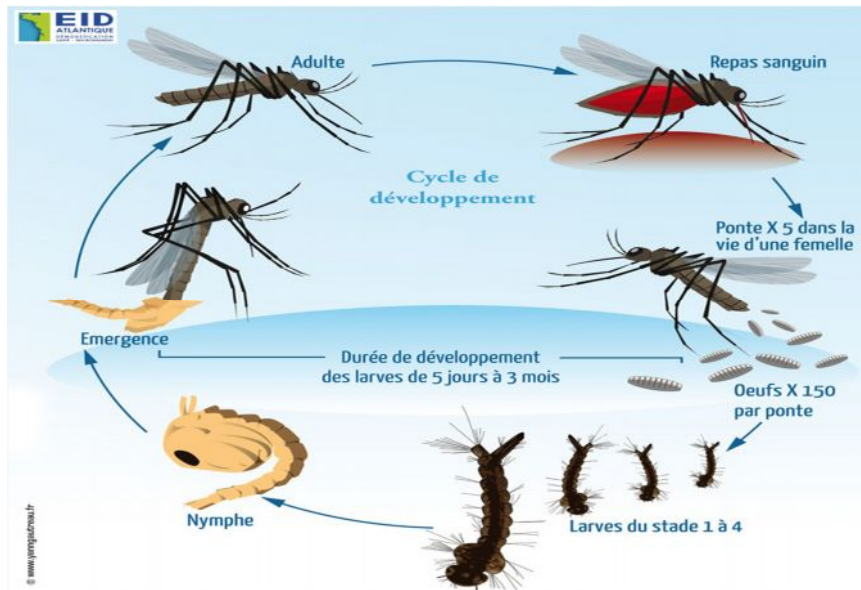


Figure 6 : Cycle biologique du moustique (EID Etablissement interdépartementale pour la démoustication2012)

### 1.3.3 LES ŒUFS :

Les œufs ont un aspect différent suivant les genres et les espèces. Ils mesurent environ 0.5 mm de long. Blanchâtres au moment de la ponte, ils s'assombrissent dans les heures qui suivent.

Habituellement pondus à la surface de l'eau, les œufs flottent soit du fait des phénomènes de tension superficielle, soit grâce à la présence de flotteurs latéraux cas d'Anophèles ou apicaux cas de *Culex*. La taille des œufs est généralement de l'ordre de 0,5 mm (RODHAIN ET PEREZ, 1985).

Les œufs qui viennent d'être pondus n'éclosent pas avant 2-3 jours. Chez quelques espèces les œufs peuvent rester en dormance jusqu'à 16 jours et plus, s'ils se trouvent sur de la boue humide (cas des anophèles) (RIPERT, 1996)

La femelle pond entre 40 et 500 œufs deux à quatre (04) jours après le repas de sang (BECKER, 2010).



Figure 7 : Forme type des œufs d'Anophèles (*A. gambiae*) (BOUKRAA, 2006)



Figure 8 : Nacelles d'œufs de *Culiseta longiareolata* (BERCHI, 2000)

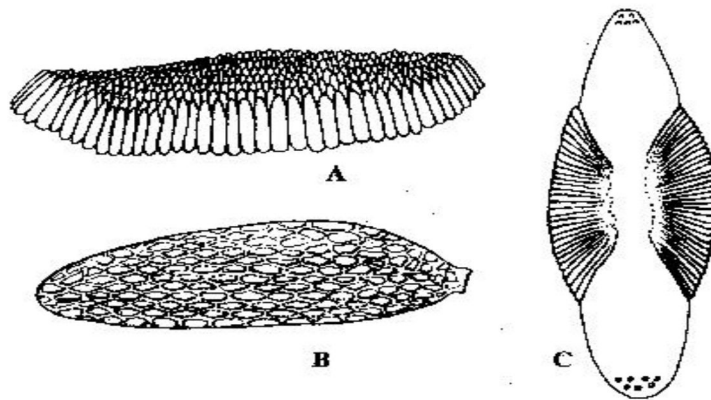


Figure 9 : Œufs des Culicidés

A : œufs de *Culex* et *Culiseta* (vue de profil).  
B : œuf d'*Aedes* : œuf d'*Anophèles* (vue d'en haut) (RODHAIN,1985)

### 1.3.4 LA LARVE :

Les larves à l'éclosion mesurent à peine 1mm elles sont vermiformes et apodes. La tête porte des pièces buccales de type broyeur, latéralement des antennes garnies de soies. Le thorax large est garni de 3 groupes de soies.

Les stades larvaires successifs sont aquatiques. Les larves sont le plus souvent sarcophages, elles se nourrissent de microorganismes et de phytoplanctons présents dans l'eau du gîte (BRUNET, 2006). Elle s'alimente grâce aux battements de ses soies buccales qui créent un courant suffisant pour aspirer les aliments.

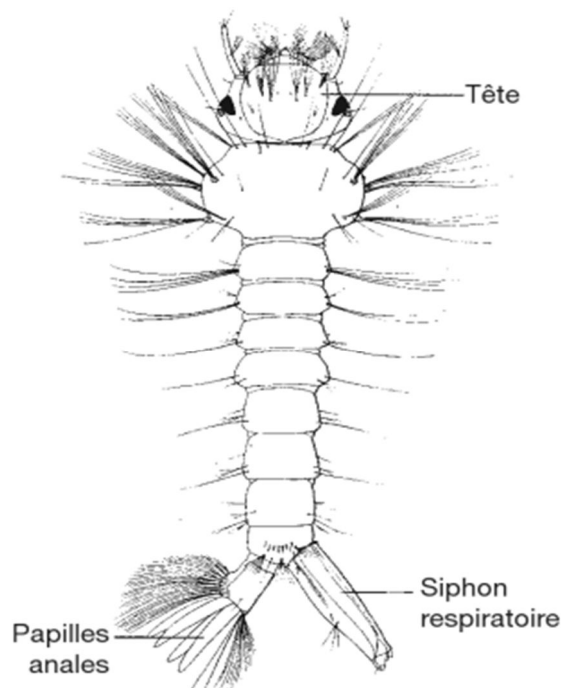


Figure 10 : Larve de Culicidé *Aedes cinereus* (RIOUX , 1958)

Les larves des Culicinae ont un siphon respiratoire bien développé et nagent en position oblique par rapport à la surface de l'eau (DAJOZ, 2010)

Les larves d'anophèles respirent directement par des stigmates dorsaux, ce qui leur impose une position de repos parallèle à la surface de l'eau.

Les larves de culicidae passent par quatre stades larvaires de morphologie comparable, hormis la taille qui est de 1mm pour la larve du 1er stade à environ de 2cm pour le 4ème stade. Les caractères morphologiques utiles en systématique concernent le 4ème stade (RODHAIN et PEREZ, 1985).

### **1.3.5 LA NYMPHE :**

Les nymphes de culicidés et d'anophèles se ressemblent beaucoup. Elles s'approvisionnent en air grâce à des siphons situés au niveau du céphalothorax (PETERS et GILLE, 1982).

Elle possède une forme générale en virgule, formée d'un céphalothorax globuleux et d'un abdomen recourbé. Au niveau du céphalothorax on trouve l'ébauche des yeux et des différents appendices telles que les antennes, trompes, pattes et ailes, deux trompettes respiratoires pro-thoraciques de forme très variable.

L'abdomen est formé de 8 segments et un 9<sup>ème</sup> atrophié, chacun d'eux porte des soies caractéristiques, le 1<sup>er</sup> segment présentant une soie palmée, tandis que sur le 8<sup>ème</sup>, deux palettes natatoires pouvant elles-mêmes s'ornier de denticules et de soies (RODHAIN et PEREZ, 1985).

### **1.3.6 STADE AERIEN**

#### **EMERGENCE DE L'ADULTE**

Au stade adulte, les moustiques demeurent à la surface de l'eau un moment puis s'envolent pour chercher leur nourriture. Après l'émergence, les femelles sont fécondées puis partent à la recherche d'un repas de sang. Les mâles restent à proximité des gîtes larvaires attendant l'émergence de nouvelles générations de femelles pour les féconder.

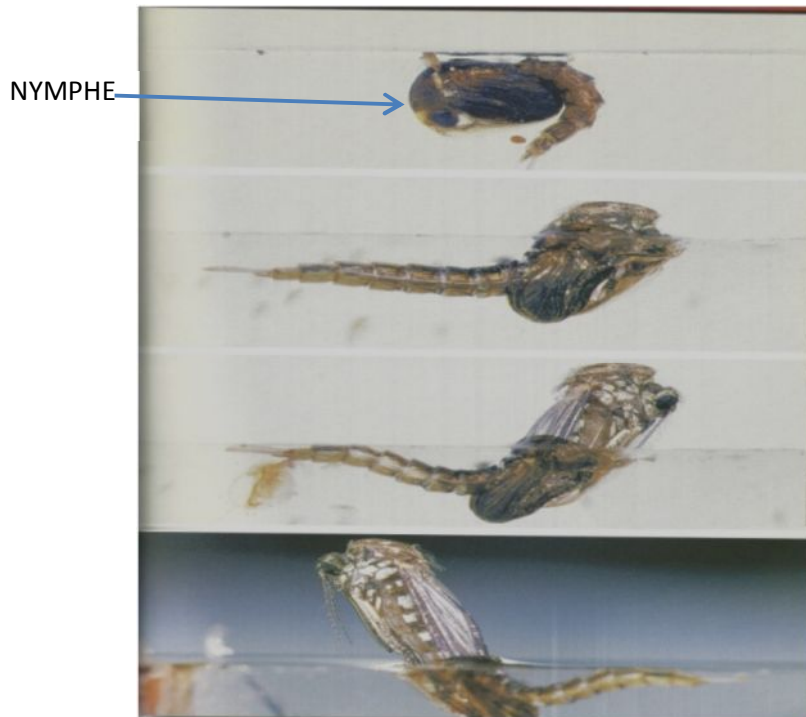


Figure 11 : Emergence d'un adulte (HAUPT, 2000)

#### 1.4 LES GITES LARVAIRES

Les moustiques, selon leur genre et leur espèce, utilisent une grande variété écologique de gîtes pour le développement de leurs larves.

Les œufs et larves se trouvent en abondance dans tout l'espace péri domiciliaire où vont pondre les femelles, notamment dans tout site ou dispositif pouvant retenir l'eau : troncs d'arbres creux, eaux stagnantes, réservoirs, citernes, gouttières, bacs à fleur, mais aussi dans les encombrants de toutes sortes, bidons, vieux pneus, carcasses de voitures, etc.

Les gîtes temporaires naturels comprennent les collections d'eaux naturelles plus ou moins grandes formées de dépressions qui se remplissent à la saison des pluies et s'assèchent assez rapidement dès les premières chaleurs (LARIVIERE ET ABONNEK, 1958)



Figure 12 : Exemples de gîtes naturels, commune de Dely Brahim (photo originale)

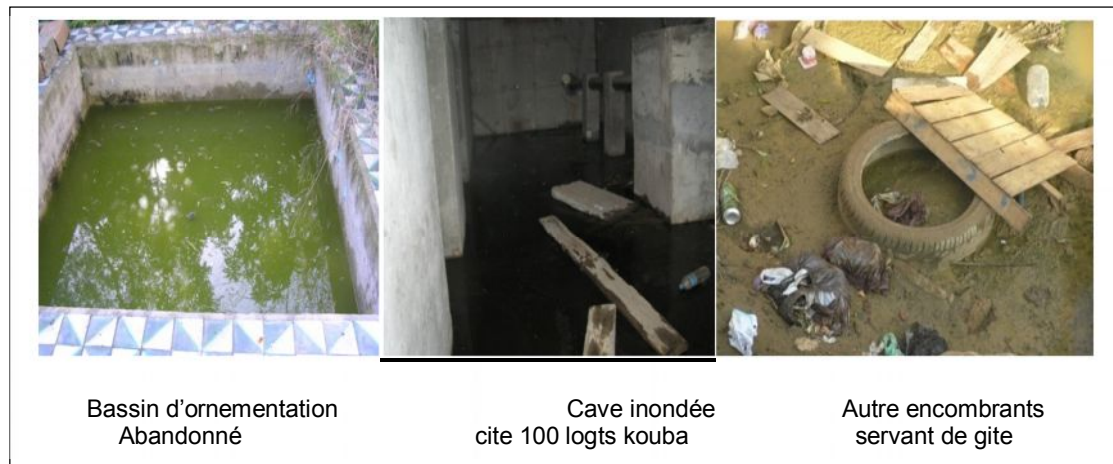


Figure 13: Exemple de gîtes artificiels (photo originale)

Les larves d'anophèles préfèrent des eaux douces, bien oxygénées, à température élevée avec des teneurs basses en éléments phosphorés. Les larves de *Culex* affectionnent les eaux riches en matière organique et en ammonium, avec des températures élevées. En effet, les larves du genre *Culex* se développent à pH basique dans des eaux riches en matières organiques, alors que les larves d'Anophèles préfèrent des eaux bien oxygénées à pH acide (RAGEAU et ADAM, 1952)

Différents paramètres tels que la couleur, l'humidité, ainsi que la présence de certains composés chimiques volatiles jouent un rôle crucial pour le choix du site d'oviposition par les femelles.

Généralement, les gîtes larvaires sont caractérisés par de l'eau douce stagnante plus ou moins riche en matière organique. Pour la plupart des espèces, les femelles pondent dans des gîtes temporaires, là où la profondeur de l'eau est peu importante, notamment afin de limiter la prédation.

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

A Alger, on les rencontre dans les fosses septiques, caves, vides sanitaires inondés, égouts à ciel ouvert et bassins de lagunage.

*Ae. aegypti* colonise principalement les gîtes artificiels, comme les récipients de stockage d'eau (citerne, coupelles de pot de fleurs) et débris abandonnés (pneus, bidons).

*Ae. albopictus* quant à elle est une espèce plus opportuniste présente dans les gîtes artificiels ou naturels tels que les creux d'arbres, feuilles au sol ou dans les gîtes urbains.

L'adaptation au milieu anthropique se traduit par la colonisation des vases à fleurs, des fûts, des boîtes de conserves et de divers récipients domestiques et péri domestiques, de préférence à l'ombre. (SALVAN et MOUCHET, 1994).

## **1.5 MALADIES VECTORIELLES TRANSMISES PAR LES MOUSTIQUES**

Les Culicidé sont responsables de la transmission d'agents pathogènes qu'ils peuvent inoculer pendant leur repas sanguin. Ils représentent, de ce fait, un véritable problème de santé publique (BERCHI et al, 2012) car ils sont des vecteurs d'arboviroses et autres maladies.

### **1.5.1 DEFINITION DES ARBOVIROSES**

Les arboviroses forment un groupe hétérogène d'infections liées à des virus transmis par des arthropodes hématophages, essentiellement des moustiques (Aèdes, Culex, phlébotomes) et tiques. Le terme arbovirus dérive de l'acronyme anglais Arthropodes Borne Viruses.

La transmission du virus se fait essentiellement entre hôtes vertébrés, à l'occasion d'un repas sanguin de l'arthropode (CHARBONNEAU et WOLFF, 2013). Les arboviroses sont des maladies infectieuses dues à des virus à ARN de structure et de propriétés différentes. Il existe plus de 550 arbovirus dont une centaine peut être pathogène chez l'homme.

### **1.5.2 MODE DE TRANSMISSION DES ARBOVIROSES**

Les vecteurs s'infectent en prélevant du sang infesté d'un hôte vertébré (dont l'homme) après multiplication dans le vecteur, le virus rejoint les glandes salivaires. Le vecteur peut alors transmettre l'arbovirose aux autres hôtes vertébrés (PEBRET, 2003)

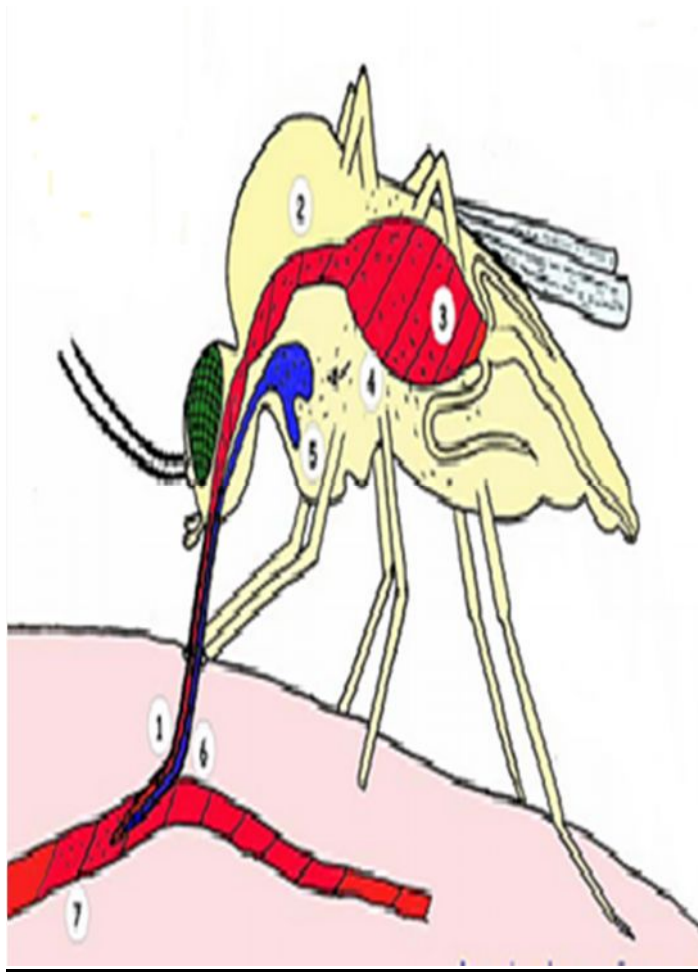


Figure 13 : Cycle du virus chez le moustique (GUILLAUMOT, 2005)

1) A l'occasion d'un repas de sang sur un malade en phase de virémie (virus présent dans le sang périphérique), la femelle moustique prélève une certaine quantité de particules virales.

2) Ces virus remontent avec le sang ingéré dans l'œsophage et aboutissent...

3) dans l'estomac où ils résistent aux sucs digestifs du moustique.

4) Du fait du haut degré d'adaptation entre le virus et son vecteur, les particules virales vont pouvoir franchir la barrière de la paroi de l'estomac et, après une phase de latence, vont se répliquer avec une grande intensité dans les cellules du moustique

5) Au cours de l'envahissement de la totalité de l'organisme du moustique, les virus vont se retrouver au niveau des glandes salivaires à l'intérieur desquelles ils vont se concentrer.

6) Lors d'un nouveau repas de sang sur une personne saine, la femelle *Ae. Aegypti* injecte de la salive qui joue à la fois le rôle d'anesthésiant de lubrifiant pour les pièces buccales mobiles, d'anticoagulant et d'aide à la digestion grâce aux enzymes qu'elle contient.

7) Ce faisant, elle inocule un peu de virus qui, pour peu que la personne en question soit réceptive, va déclencher la maladie.

Les manifestations cliniques sont très polymorphes avec des typiques évocatrices. Trois grands tableaux cliniques sont observés (BRUNET, 2006)

Tableau 2 : Manifestations cliniques observées (Brunet 2006) :

<b><u>Syndrome aigus fébrile</u></b>	<b><u>Syndrome hémorragique</u></b>	<b><u>Syndrome céphaliques</u></b>
Alphavirus ; chikungunia, mayaro...	Flavivirus ; West Nile, dengue	Alphavirus Encéphalite équine américaine
Flavivirus ; West Nile, dengue	phlebovirus valle du rift	Flavivirus Encéphalite japonaise, West Nile
phlebovirus valle du rift		

Le tableau ci-après, est un récapitulatif des différentes arboviroses transmises par les moustiques (HURAUX, 2003)



Tableau 3: Principaux flavivirus à intérêt médicale (Huraux, 2003)

Vecteur	Complexe	Virus	Distribution géographique	Symptômes chez l'homme
Moustiques	Dengue	Dengue type 1	Région tropicale	Fièvre Fièvre hémorragique
		Dengue type 2		
		Dengue type 3		
		Dengue type 4		
	Encéphalite	Encéphalite japonaise	Afrique Amérique du sud	Encéphalite
		West Nile	Europe Asie Afrique Amérique	
		Encéphalite de st louis	Etat unis	
	Fièvre jaune	Fièvre jaune	Afrique Amérique du sud	Fièvre hépatonéphrite

### 1.5.3 LA DENGUE

La dengue ou fièvre dengue est la plus importante et la plus répandue des arboviroses humaines. Elle est transmise dans toute la zone intertropicale par des moustiques *Aedes*, genre remarquablement anthropophile. La moitié de la population du monde qui vit dans ces régions est ainsi exposée. Moins de 1 % des cas correspondent à la fièvre dengue hémorragique, la forme grave de la maladie (STROBEL ET LAMAURY, 2001)

Classée parmi les maladies émergentes du fait de son extension géographique récente. Elle est fréquente chez les voyageurs (MOLINIER, MASSEL, 2008)

#### *A-Aspect clinique :*

La dengue classique se présente sous l'aspect d'un syndrome infectieux aigu après une incubation de 5 à 8 jours, le début est particulièrement brutal, fièvre 39 à 40 °C accompagnée de frissons, de très vives céphalées, de douleurs ostéo articulaires surtout aux extrémités. Cette phase est suivie au bout de 3 à 4 jours d'une rémission (12 à 36 Heures)

Au 5<sup>ème</sup> ou 6<sup>ème</sup> jour réapparaissent la fièvre et son cortège de signes généraux (malaise, asthénie, injection conjonctivale, photophobie...) au bout d'une semaine survient une défervescence et une régression spontanée de tous les signes. Cette forme est considérée comme bénigne puisque guérissant toujours spontanément sans séquelles (RODHAIN, 2001)

#### *Dengue hémorragique :*

Dans certains cas, après 2 à 7 jours d'évolution et au moment de la défervescence thermique, l'infection peut évoluer vers une dengue hémorragique, la survenue de troubles sévères de l'hémostase peut mener à une défaillance multi viscérale et au décès du patient. Au total, 2 % à 4 % des patients développent un syndrome de fuite plasmatique de gravité variable. La létalité pour les cas de dengue hémorragique est en moyenne de 2,5 %, cependant, faute de prise en charge médicale rapide et appropriée, elle peut atteindre 20 % (DUSSART, 2012)

Le cycle de transmission du virus de la dengue fait intervenir avec certitude trois hôtes naturels : les moustiques vecteurs et réservoirs du virus, l'homme qui est l'hôte amplificateur et les primates qui sont les hôtes vertébrés, réservoirs démontrés en Afrique et en Asie.

#### *B-Cycle infectieux de la dengue :*

Le cycle de transmission du virus de la dengue fait intervenir avec certitude trois hôtes naturels : les moustiques vecteurs et réservoirs du virus, l'homme qui est l'hôte amplificateur et les primates qui sont les hôtes vertébrés, réservoirs démontrés en Afrique et en Asie.

*Aedes Aegypti* est le vecteur principal, le plus cosmopolite, très inféodé à l'homme, il partage son habitat et sa proximité immédiate. Ce tropisme en fait un vecteur préférentiellement urbain. (STROBEL, LAMAURY, 2001).

Les moustiques peuvent s'infecter s'ils piquent des hôtes infectés une incubation extrinsèque de 11 à 14 jours est nécessaire avant que les moustiques puissent transmettre le virus, ils peuvent alors agir comme vecteur toute leur vie.

#### 1.5.4 LA FIEVRE JAUNE

La fièvre jaune est une anthroponose à arbovirus, transmise par diverses espèces de moustiques dont la plupart sont des Aèdes (GOLVAN 1983). Elle constitue une menace pour la santé publique dans les zones tropicales d'Afrique et d'Amérique du Sud, où le virus responsable est endémique et ré émerge (OMS 1987), même après de longues périodes de silence. L'OMS estime qu'environ 200 000 nouveaux cas apparaissent chaque année avec près de 30 000 décès.

##### *A-Aspect clinique :*

Entre la pique infectante et l'apparition des premiers signes, il s'écoule 6 jours.

La première phase, aiguë, provoque en général de la fièvre, des douleurs musculaires au premier plan desquelles des dorsalgies, des céphalées, des frissons, une perte de l'appétit, des nausées ou des vomissements. L'état de la plupart des patients s'améliore ensuite et leurs symptômes disparaissent au bout de 3 à 4 jours. (OMS, 2013)

Toutefois, 15% des patients présentent une deuxième phase plus toxique dans les 24 heures suivant la rémission initiale. Le patient présente rapidement une jaunisse et se plaint de douleurs abdominales accompagnées de vomissements. La fonction rénale se détériore. La moitié des malades présentant cette phase toxique meurt dans les 10 à 14 jours, et les autres se remettent sans lésions organiques importantes.

##### *B-Cycle de transmission de la fièvre jaune :*

Chez les singes hôtes vertébrés du virus amaril responsable de la fièvre jaune, l'infection provoque une virémie courte (2 à 9 jours) les individus qui y survivent présentent une immunité définitive. Ces animaux ne sauraient à eux seuls jouer le rôle de réservoir naturel du virus. Ce réservoir est en fait constitué par les singes et les moustiques vecteurs qui leurs sont associés ces derniers conservant toute leurs vie le virus dans leur organisme (RODHAIN, 2007)

Chez les vecteurs infectés le virus se réplique très souvent avant de gagner les glandes salivaires le moustique est alors devenu infectant environ 12 jours après avoir ingéré le virus avec le sang d'un vertébré virémique.

### 1.5.5 FIEVRE DE LA VALLEE DU RIFT

C'est une arbovirose très dangereuse pour le mouton et au contraire bénigne pour l'homme chez qui elle détermine un tableau clinique très voisin de celui de la dengue mais sans éruption et sans phase de rémission thermique (GOLVAN, 1983)

Le virus à l'origine de la fièvre de la vallée du rift, un phlebovirus de la famille bunyaviridae) a été isolé pour la première fois en 1930 près du lac NAYVASHA dans la région du Rift au Kenya au cours d'une épizootie touchant les petits ruminants.

Les cas humains étaient peu nombreux et rarement mortels mais cette situation se modifia brutalement en 1975 date à laquelle la fièvre de la vallée du rift fut à l'origine en Afrique du sud d'une épidémie de fièvre hémorragique associée à une mortalité très élevée (SALUZZO, 2004).

#### *B-Cycle de transmission de la fièvre de la vallée du rift:*

Bien que RVFV soit, dans la plupart des cas, transmis aux humains par des moustiques, il peut aussi être transmis par le contact direct avec les sécrétions d'animaux infectés et la viande. La nature professionnelle de quelques groupes, comme des docteurs et des vétérinaires marchant dans de abattoirs les rend plus vulnérables que d'autres à l'infection (SEUFI, 2010).

Les animaux s'infectent surtout près des gites à moustiques (mares permanentes ou les ruminants viennent s'abreuver) (PICOUX, 2004)

#### *A-Aspect clinique :*

Chez l'homme le virus peut se manifester sous l'apparence de plusieurs syndromes différents. Généralement les victimes n'ont aucun symptôme ou uniquement une maladie peu bruyante avec de la fièvre, des maux de tête, des myalgies et des anomalies hépatiques. Dans un petit nombre de cas (< 2%) la maladie peut évoluer vers un syndrome de fièvre hémorragique, de méningo-encéphalite (inflammation du cerveau), ou encore affecter l'œil. Les patients qui tombent malades présentent généralement de la fièvre, un état de faiblesse généralisée, des douleurs dorsales, des vertiges, et une perte de poids au début de la maladie. En règle générale, les patients entrent en convalescence 2 à 7 jours après le début de la maladie.

### 1.5.6 LE WEST NILE

La fièvre du West Nile (FWN) est une arbovirose due à un virus de la famille des Flaviviridae, découvert pour la première fois en 1937 en Ouganda (Afrique), dans le sérum d'une jeune femme souffrant d'un syndrome fébrile bénin.

Depuis quelques années, l'infection par le virus suscite un regain d'intérêt avec l'apparition de flambées chez l'homme et les chevaux dans le bassin méditerranéen et l'Europe de l'Est, mais surtout suite à sa découverte en Amérique du nord en 1999 où le phénomène, a été fortement médiatisé. En 1999, 62 cas humains ont été confirmés sérologiquement, dont 7 décès, (ZIENTARA et al, 2001).

#### *A-Aspect Clinique :*

L'infection par le VWN peut se manifester par des tableaux cliniques très variés, le plus grave étant l'atteinte neurologique à type de méningite ou de méningo-encéphalite pouvant mettre en jeu le pronostic vital (BAHRI et al, 2010).

#### *B-Cycle de Transmission :*

Le cycle de transmission du virus fait intervenir les moustiques, essentiellement du genre *Culex*, comme vecteurs biologiques et les oiseaux en tant que réservoirs et amplificateurs selon un cycle moustiques-oiseaux en zones marécageuses mais aussi en zones sèches.

Chez l'insecte vecteur, le virus suit un cycle de développement dit intrinsèque. La température de l'air a une grande influence sur la rapidité du cycle ainsi que sur la survie des femelles et donc sur la durée de la période de transmission. Chez l'hôte ou réservoir animal, oiseaux dans ce cas, le virus suit un cycle de développement dit extrinsèque. On constate alors une virémie de 1 à 4 jours avant immunisation.

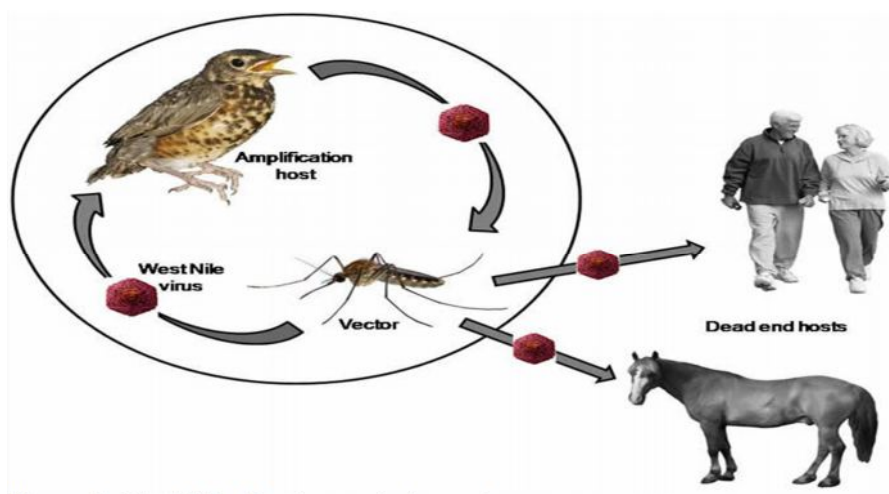


Figure 15 : Cycle de transmission du virus West Nile entre moustiques et oiseaux avec possibilité d'infection Humaines et équine (GABE HAME, 2009)

La présence d'anticorps spécifiques chez des vertébrés très variés, incluant des mammifères, des amphibiens et des reptiles, indique que ce virus a la faculté d'infecter de très nombreuses espèces. Le cycle biologique peut se diviser en deux étapes :

- Un premier cycle : moustiques, oiseaux, ces derniers permettent l'amplification de la circulation virale.
- Une seconde phase révélatrice de cette amplification caractérisée par l'atteinte de l'hôte secondaire, principalement l'homme et les équidés (EL GHOUL, 2009).

### **1.5.7 LE CHIKUNGOUNIA**

Le virus Chikungunya circule sur un mode endémique dans le continent africain, mais il peut donner lieu à des épidémies parfois de grande ampleur (par exemple, au Sénégal en 1996 et 1997).

#### *A-Mode de transmission :*

Il circule aussi en Asie tropicale, où il pourrait, en outre, être à l'origine d'hémorragies généralement sans gravité. Les réservoirs naturels sont probablement des singes (babouins) et les vecteurs sont des moustiques du genre *Aedes*, en particulier *Aedes aegypti* en milieu urbain.

#### *B-Aspect clinique :*

L'Alphavirus est responsable de syndromes aigus survenant à la suite d'une incubation de 2 à 4 jours, et associant fièvre élevée, frissons, nausées et vomissements, céphalées, photophobie, adénopathies, arthralgies et rash.

La durée en est de 5 à 7 jours. Les douleurs articulaires sont habituellement au premier plan du tableau clinique.

### **1.5.8 LE PALUDISME**

Tous les vecteurs de *plasmodium* appartiennent à la famille des culicidés et plus précisément à la sous famille des *Anophelinae*.

Il existe environ 500 espèces d'anophèles, dont une cinquantaine est capables de transmettre le paludisme à l'homme (HARBACH, 1994)

*A-Aspect Clinique :*

Le cycle du plasmodium chez l'homme débute par l'inoculation lors de la piqûre de moustique, du sporozoïte qui en une heure passe dans le foie.

Après une phase de division dans les hépatocytes, il produit des schizontes hépatiques c'est la phase pré érythrocytaire du parasite (avant invasion) du globule rouge du parasite. (MOUCHET, 2004)

*B-Mode de transmission :*

Les anophèles sont principalement des moustiques ruraux ou des périphéries urbaines, le risque de transmission du paludisme est donc plus élevé en milieu rural qu'urbain.

Si une femelle prend son repas sur un porteur de gamétocytes et si les conditions extérieures le permettent, les Plasmodiums vont se développer et se multiplier chez le moustique (cycle sporogonique ou extrinsèque). Une fois infectée (présence de sporozoïtes dans les glandes salivaires), la femelle le reste toute sa vie et infecte ses hôtes à chacun de ses repas sanguins jusqu'à sa mort (PAGES et, Al 2006).

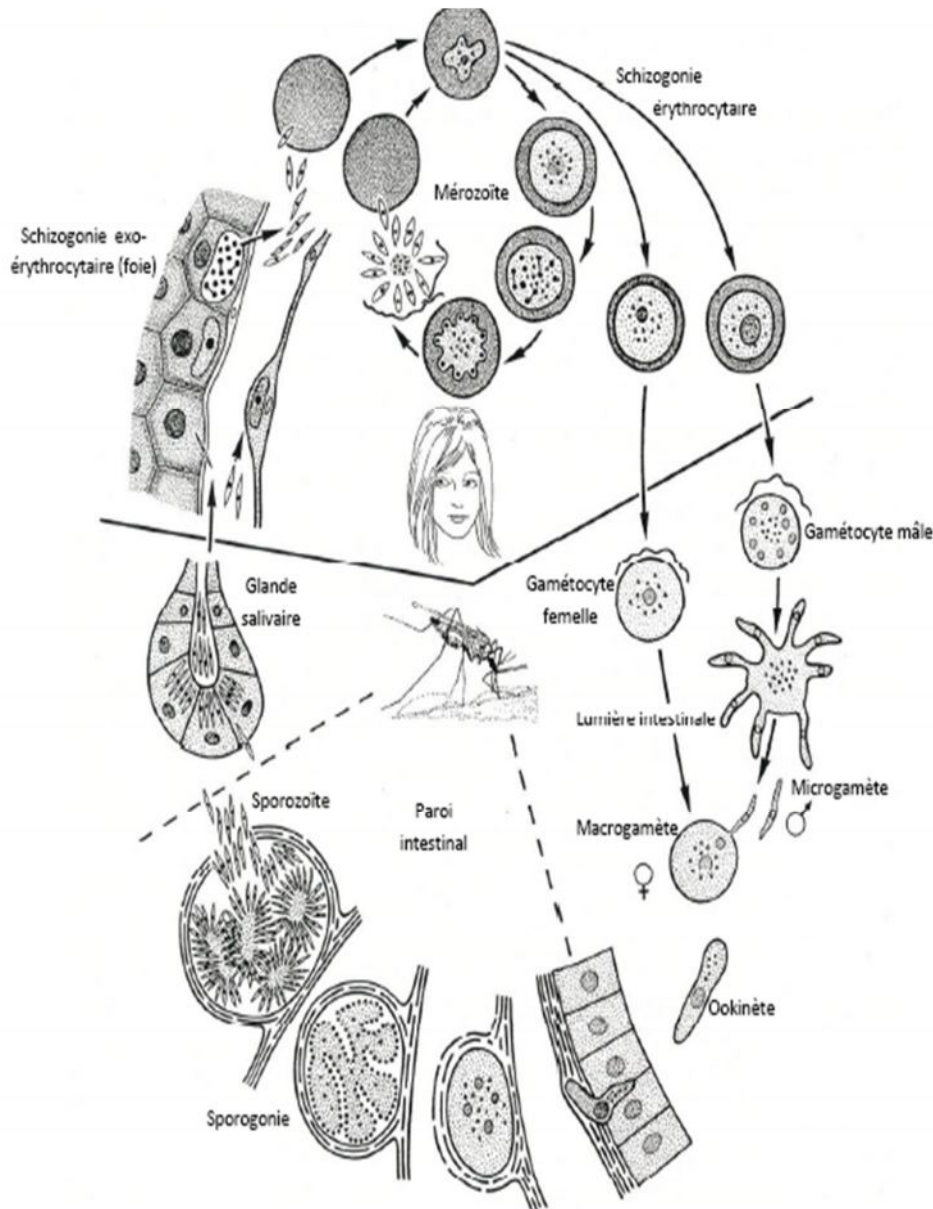


Figure 16 : Cycle biologique de Plasmodium dans l'Anophèles et l'homme (BECKER et AL 2003)

### 1.5.9 LES FILARIOSES

Sous le nom de filarioses sont regroupées des helminthiases transmissibles qui touchent environ 150 millions d'individus. Elles ont pour point commun de résulter d'une infestation par des nématodes filiformes, vivipares, pondant des embryons appelés microfilaries.

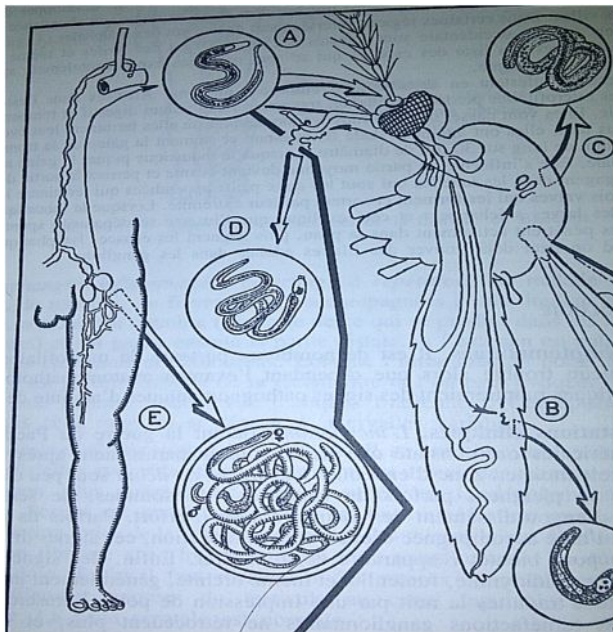
Les Helminthiases sont dues à la présence dans les ganglions et dans les canaux lymphatiques de deux espèces de filaires *Wuchereria bancrofti* et *Brugia malayi*, les vecteurs sont des moustiques *Culex*, *Aedes*, *Anophèles*, *Mansonia*.



*A-Mode de transmission :*

Les moustiques (*Culex quinquefasciatus*, fatigans) s'infestent en absorbant les embryons du sang. Arrivées dans l'estomac du moustique, les microfaires perdent leur gaine traversent l'épithélium digestif et tombent dans la cavité générale.

Elles vont passer dans les muscles thoraciques ou elles terminent leur évolution, 20 jours plus tard elles ont atteint le stade III infestant et gagne la gaine de la trompe. Lorsque le moustique pique la gaine ne pénètre pas dans la plaie elle infléchies, sa partie moyenne devient béante et permet la sortie des larves (GOLVAN, 1983) ; les larves contenues dans sa trompe sont déposées sur la peau quelle traverse activement. Ces larves gagnent les lymphatiques, se logent en amont des ganglions (O'FEL ,1985)



A- Les microfaires sont puisés dans le sang lors de la pique du moustique

B-Elles traversent la paroi du tube digestif et muent pour donner le stade larvaire II

C-Ces larves gagnent les muscles thoraciques et deviennent des larves III infectantes qui envahissent la gaine de la trompe

D –elles sortent de la trompe lorsque le moustique pique à nouveau et traversent la peau de l'homme

E-elles gagnent le lymphatique s'établissent en amont des ganglions et deviennent adultes. Les microfaires passent dans le sang

Figure17 : Cycle évolutif de la filaire de Bancroft (GOLVAN, 1983)

## CHAPITRE II : LA RESISTANCE DES MOUSTIQUES AUX INSECTICIDES

---

## **CHAPITRE II : LA RESISTANCE DES MOUSTIQUES AUX INSECTICIDES**

### **2.1 LES MOYENS DE LUTTE CONTRE LES MOUSTIQUES**

Il est difficile de lutter contre des espèces aussi prolifiques que les moustiques, désormais, la lutte contre le paludisme et les maladies à transmission vectorielle en général, s'oriente vers des méthodes visant, non plus à éradiquer les populations d'insectes nuisibles, mais à réduire et à contrôler leur densité en dessous d'un seuil épidémiologique tolérable.

Ce changement radical de politique repose sur des méthodes de lutte intégrée comprenant l'éducation sanitaire des populations humaines et l'aménagement de l'environnement, mais également sur l'utilisation raisonnée d'insecticides chimiques ou d'origine biologique.

Pour réussir une bonne campagne de lutte, la participation des riverains est déterminante. C'est une opération de masse, c'est-à-dire quelle s'adresse à l'ensemble d'une communauté dont la taille varie du village au district voir au pays entier, elle implique la couverture aussi exhaustive que possible soit de gîtes larvaires soit des maisons (MOUCHET, 1991).

Bien menée, la lutte anti vectorielle réduit au maximum les risques de piqûres infectantes et donc l'incidence du paludisme, mais aussi de l'ensemble des maladies à transmission vectorielle (BOUTIN et AL, 2001).

### **2.2 LA LUTTE CHIMIQUE**

#### **2.2.1 LA LUTTE ANTILARVAIRE**

Elle consiste en la pulvérisation d'un insecticide chimique dans l'ensemble des gîtes abritant les larves de moustiques. C'est en effet à ce stade qu'il est aisé de les combattre. Il est important de cibler l'ensemble des gîtes qu'il y a dans une localité car un gîte oublié peut vite devenir source de nuisance pour les habitants du quartier.

### 2.2.2 LA LUTTE IMAGOCIDE

Peut se faire de deux manières principalement par aspersion intra domiciliaire. Cette technique est encore utilisée en Afrique pour lutter contre les vecteurs du paludisme endophile et anthropophile, comme *A funestus* et *A cambiae*.

La lutte adulticide peut également se faire à l'extérieur par des pulvérisations d'insecticides. Cette technique cible le moustique en vol par contact avec le biocide.

La fumigation est la méthode la plus rapide et la plus complète pour arrêter immédiatement une infestation. Les fumigants tuent tous les insectes que les pulvérisations avec des insecticides de contact ne peuvent atteindre en raison du non contact direct avec les parasites.

### 2.2.3 IMPREGNATIONS DE MOUSTIQUAIRE

L'imprégnation de moustiquaires à 50 mg par m<sup>2</sup> réduit de 44% les contacts entre l'homme et les moustiques, cette réduction est due pour en moitié à l'effet insecticide et pour une autre moitié à l'effet répulsif de la deltaméthrine. 1/8 des moustiques capturés par la moustiquaire meurent dans les heures suivantes. (ROBERT, CHIPPAUX, 1991)

Les moustiquaires imprégnées sont efficaces contre les moustiques mais il se pose le problème de faisabilité et de durabilité. En effet la ré imprégnation des moustiquaires est interrompue le plus souvent faute de financement, de disponibilité de l'insecticide et/ou de compétences (DARRIET, 2007)

Sur les recommandations de l'OMS, 290 millions de moustiquaires imprégnées ont été délivrées en Afrique sub-saharienne entre 2008 et 2010, permettant de protéger 580 millions de personnes du paludisme (CORBEL, 2012)

### 2.2.4 LA STERILISATION DES MALES

L'irradiation est maintenant la technique la plus utilisée, les pupes sont exposées aux rayons gamma, mais cette exposition est aussi étendue aux males au stade adulte. L'exposition induit des mutations au niveau du sperme de l'adulte. (BECKER, 2010)

Cette méthode de lutte reste rare car trop onéreuse.

On peut mettre en œuvre ces éléments séparément ou tous ensembles au sein d'une collectivité en fonction de la situation épidémiologique et des ressources dont on

dispose, l'amélioration de l'assainissement et du comportement obtenu par la sensibilisation constituent des mesures à long terme qu'il faut envisager dans une stratégie générale à vocation communautaire (MONTRESOR, 2004)

(STERN et Al) introduisent le concept de lutte intégrée en 1959 au moment où la lutte anti vectorielle était essentiellement basée sur l'emploi des insecticides conventionnels tels que les organochlorés et les organophosphorés, carbamates (ISHAAYA, 2009).

### **2.3 LA LUTTE BIOLOGIQUE**

Les limites de l'utilisation des insecticides chimiques liées d'une part à l'apparition de résistance et d'autre part à la nécessité de préserver l'environnement ont induit la nécessité de rechercher d'autres matières actives à effets plus spécifique.

Le but de l'utilisation de la lutte biologique est de proposer des méthodes utilisant l'introduction volontaire par l'homme de prédateurs, de parasites ou de microorganismes pour réduire ou éliminer les espèces considérées comme nuisibles.

Récemment l'utilisation de champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metharizium anizopliae* en pulvérisation a donné des résultats prometteurs en inde et en Afrique (PAGE et Al, 2007).

#### *Les insecticides biologiques :*

Sous cette appellation ont été regroupé des produits commerciaux composés non seulement de microorganismes vivants comme les nématodes, les champignons ou les virus à fort pouvoir pathogène mais aussi ceux formulés avec des endotoxines de *Bacillus thuringiensis* (MARIAUX, 1996). Pour être vraiment efficace la lutte biologique doit être menée dans le cadre plus large de la lutte intégrée (SUTY, 2010).

Toute introduction d'un auxiliaire de lutte biologique devrait se faire après une évaluation préalable de répercussions potentielles sur le milieu (SUTY, 2010).

#### ***Bacillus thuringiensis :***

Environ 1500 entomo pathogènes d'origine fongique, virale ou bactérienne sont actuellement connus. Parmi les bactéries c'est l'espèce *Bacillus thuringiensis* qui offre les potentialités insecticides les plus intéressantes.

*Bacillus thuringiensis* (Bt) est une bactérie à gram positif qui a la capacité de produire des cristaux protéiques durant sa sporulation. C'est un bio insecticide utilisé pour la lutte contre certains lépidoptères nuisibles et contre les larves de moustiques et de simules (USTA, 2013).

Les cristaux ingérés par une larve sensible sont rapidement hydrolysés et la toxine active provoque alors en quelque minute une paralysie du tube digestif et d'importantes lésions de l'épithélium intestinal les insectes meurent de toxémie ou de septicémie dans les jours qui suivent (LERECLUS et CHAUFaux, 1986)

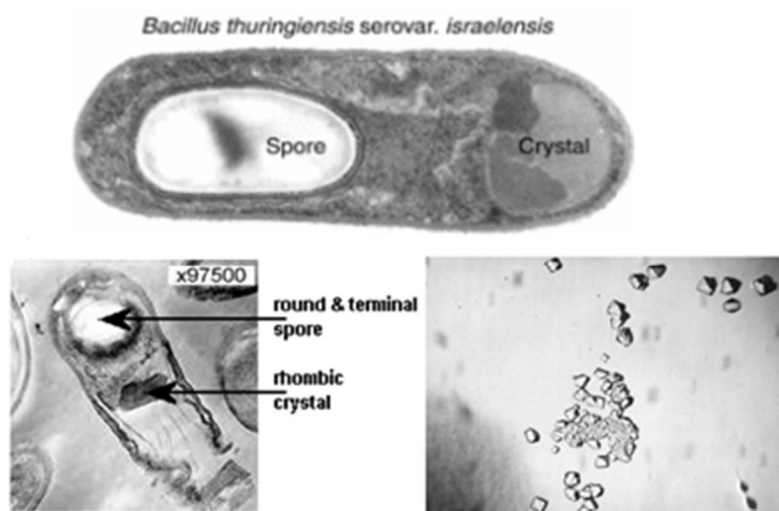


Figure 18 : *Bacillus thuringiensis* vu au microscope (USTA, 2013)

## 2.4 LES INSECTICIDES

Au cours de la deuxième guerre mondiale, la chimie de synthèse a pris de l'ampleur et s'est fort développée, de nouvelles molécules ont émergées (MRAD, 2011). On dénombre successivement :

- les organo-chlorés, en 1940
- les organo-phosphorés, en 1960
- Les carbamates
- les pyrèthrinoïdes de synthèse, en 1970
- les produits biologiques, en 1980
- les phénylpyrazoles et les néonicotinoïdes dans les années 90
- Les régulateurs de croissances

Les vertus insecticides du DDT ont été découvertes en 1939. Durant les deux décennies qui suivirent la 2ème guerre mondiale, le DDT et les cyclodiènes furent largement utilisés.

Il en résultat que beaucoup d'espèces d'insectes développèrent une résistance aux deux classes d'insecticides. Les agriculteurs optèrent donc pour l'utilisation de deux nouvelles famille d'insecticides : les organophosphorés et les carbamates (ELSEVIER, 2012)

Dès le début des années 1970, l'OMS soucieuse de conserver le contrôle de diverses maladies endémiques telle que la fièvre jaune et le paludisme, adoptait une nouvelle stratégie de recherche et développement, visant à exploiter les potentialités de solutions alternatives au seul emploi des insecticides de synthèse ( RIBA ET SILVY, 1989)

Les synergisants peuvent être utilisés en même temps qu'un insecticide dans le but d'augmenter son efficacité ; c'est le cas du piperonyl butoxide, qui permet d'augmenter l'efficacité des perythrinoides en inhibant les enzymes de détoxification des insectes (MOORS, BINGHAM, 2005)

#### **2.4.1 MODE D'ACTION DES INSECTICIDES NEUROTOXIQUES**

Leur action est le plus souvent neurotoxique sur les arthropodes par pénétration à travers la cuticule ou par ingestion. Les principaux sites d'action sont :

- Les canaux sodiques voltage-dépendants: pour les pyréthriinoïdes
- Les récepteurs GABA des canaux à chlorures (neurotransmetteur inhibiteur permettant l'ouverture des canaux à chlorures)
- Les synapses cholinergiques
- Agissent comme inhibiteurs des cholinestérases: les organophosphorés et les carbamates

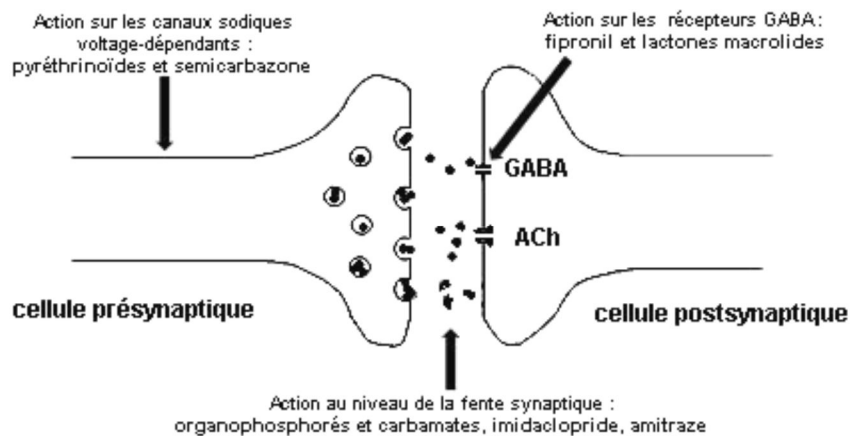


Figure 19: Sites d'action des insecticides neurotoxiques ( SYLVIE, 2002)

## 2.4.2 LES ORGANOCHLORES

Ils représentent la première génération d'insecticide, le plus célèbre : le DDT a largement été utilisé dans la lutte anti vectorielle et contre les ennemis des cultures. Les organochlorés ont été abandonné du fait de leur toxicité, de leur grande rémanence au sol et des nombreuses résistances apparues (SYLVIE, 2002)

*Mécanisme d'action des organochlorés :*

Ils agissent par ingestion et par inhalation, liposoluble, ils pénètrent facilement la cuticule des arthropodes. Ils modifient le potentiel d'action membranaire des neurones par action sur les canaux ioniques, qui prolongent la dépolarisation et retardent la repolarisation ce qui provoque une hyper excitations.

## 2.4.3 LES ORGANOPHOSPHORES

Un des premiers organophosphorés synthétisés par Shrader est le parathion qui reste encore largement commercialisé de par le monde (GUPTA, 2011)

Les composés organophosphorés ont une structure chimique et un mode d'action commun. Leur formule générale a été définie par Schrader.



*Mode d'action des organophosphorés :*

Les organophosphorés sont capables de se fixer de façon plus ou moins réversible aux différentes estérases, dont les cholinestérases, aboutissant à une accumulation anormale d'acétylcholine au niveau de la plaque motrice et des synapses du système sympathique et du système nerveux central (PONTAL, 1997).

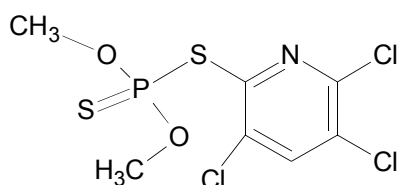


Figure 20 : Chlorpyrifos o,o diethylo (3,5,6 Tripheopyridine 2-y l Thiophosphate C<sub>9</sub>H<sub>11</sub>Cl<sub>3</sub>NO<sub>3</sub>PS)

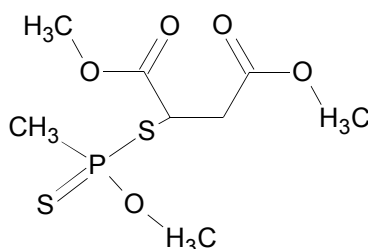


Figure 21: Malathion Diethyl 2-(dimetoxy phosphorothiothiosuccinate C<sub>10</sub>H<sub>19</sub>O<sub>6</sub>PS<sub>2</sub>)

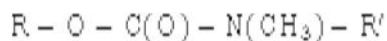
#### 2.4.4 LES CARBAMATES

Ce sont en général des neurotoxiques qui agissent comme les organophosphorés. Les symptômes de l'intoxication, chez la cible sont très légèrement différents et apparaissent beaucoup plus rapidement qu'avec les organophosphorés.

Les insecticides de la famille des carbamates, découverts dans les années 1950, sont utilisés de façon extensive en agriculture ; leur mode d'action, l'inhibition des cholinestérases, est identique à celui des organophosphorés.

La différence essentielle entre ces deux classes de produits est, dans le cas des carbamates, la rapide réversibilité de l'inhibition des cholinestérases et donc des symptômes. Cette fonction carbamate se retrouve également dans certains herbicides ou fongicides, ainsi que dans une famille de sédatifs. Ces molécules n'ont en général pas d'action anti cholinestérasique significative.

Les carbamates utilisés comme insecticides ont la structure commune suivante :



Dans laquelle R est un alcool, oxime ou phénol et R' est un hydrogène ou un groupe méthyle (ou des substituants N- ou S- dans le cas des pro carbamates).

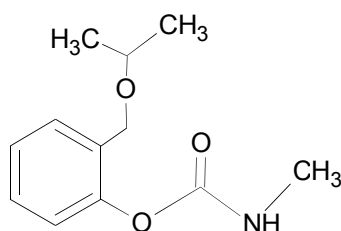


Figure 22 : Propoxure Isoproxyphenyl methylcarbonate C<sub>11</sub>H<sub>15</sub>NO<sub>3</sub>

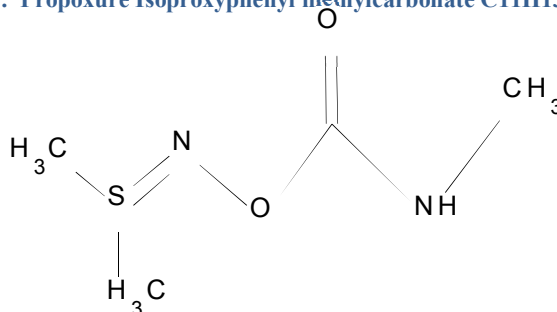


Figure 23 : Methomyl methyl (IE)-N(methylamino)carboxyloxy)ethanimidothioate C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S

Les Carbamates sont des esters des acides carbamiques, contrairement aux organophosphorés ils n'ont pas une structure complexe. Les carbamates sont utilisés comme pesticide en agriculture, en médecine comme médicament contre certaines maladies (maladie d'Alzheimer, glaucome et en médecine vétérinaire comme antiparasitaire) (GUPTA, 2011)

#### 2.4.5 PYRETRINOIDE DE SYNTHÈSE

Ces produits sont analogues aux pyrèthres mais produits de façon synthétique. La grande différence avec le pyrèthre réside dans la stabilité de ces molécules qui restent actives sur un support pendant des périodes prolongées ( WERY, 1995)



#### **2.4.6 LES INHIBITEURS DE CROISSANCE**

Les régulateurs de croissance appartiennent à la 3<sup>ème</sup> génération d'insecticide (Cléments, 2012). On distingue deux catégories de régulateurs de croissance selon qu'ils agissent sur la structure et la mise en place de la cuticule ou sur les systèmes de régulation endocrine des mues et métamorphoses.

Le tebufenozide par exemple mime l'action de l'hormone de mue nommée 20-OH Ecdysone, il se lie de façon spécifique sur les récepteurs de l'hormone et perturbe la mue. L'insecte contaminé avant l'apparition de l'hormone de mue endogène voit sa mue accélérée et celui qui est contaminé après voit sa mue bloquée (MAUCHAMP, 1990).

## 2.5 LA RESISTANCE AUX INSECTICIDES

Au sein d'une population d'insectes, la résistance correspond à l'aptitude à se développer en présence de doses d'insecticide qui sont létales pour la majorité des individus.

Le phénomène de la résistance aux insecticides résulte soit de la sélection d'individus dans une population hétérogène, soit de mutation induites qui déclenche la résistance

( DAJOZ, 2012).

Elle survient chez une population parce que la sélection naturelle favorise les individus dont le patrimoine génétique leur permet de survivre grâce à un certain avantage (OMS, 2005)

Les insecticides agissent sur le déroulement des mécanismes qui agissent sur l'influx nerveux et toute substance qui en bloc les effets conduit inévitablement à une résistance (DARRIET, 2007)

Lorsqu'une population d'insectes vecteurs de maladies ou ravageurs de cultures est effectivement devenue résistante et provoque des échecs de lutte, sa gestion nécessite la mise en œuvre de mesures beaucoup plus contraignantes et coûteuses (BREVAULT et Al , 2002)

A la fin des années 90, 2645 cas de résistance chez les insectes et les arachnides ont été rapporté impliquant plus de 310 pesticides et 540 espèces d'insectes (PRETTY, 2004)

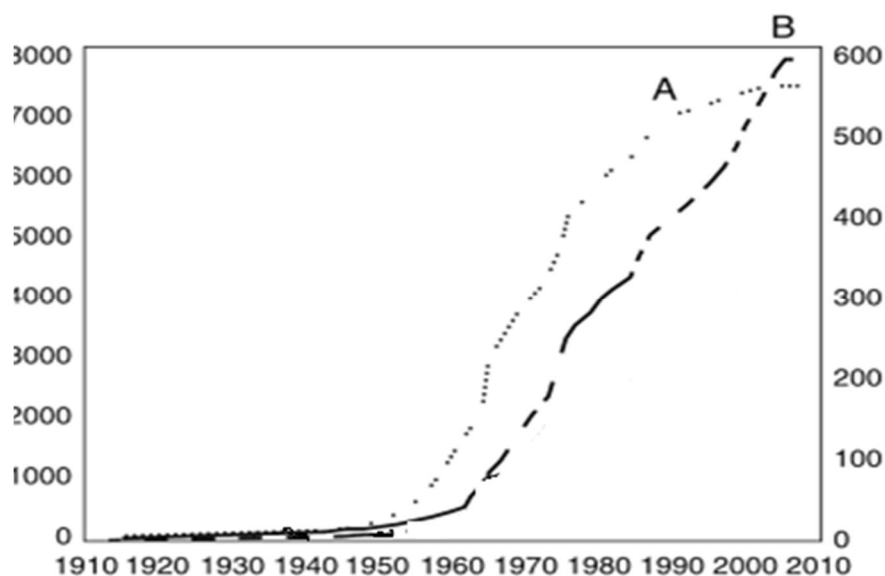


Figure 25 : Evolution de la résistance des insectes aux insecticides sur cent ans (WHALON ET AL, 2008)

### 2.5.1 MECANISMES DE LA RESISTANCE

On distingue 3 types de mécanismes de résistance qui se traduisent par des modifications comportementale, physiologique et biochimique (HAUBRUGE, AMICHOT, 1998)

Cependant la détoxification enzymatique des insecticides est le processus le plus fréquent dans l'apparition de la résistance, plusieurs enzymes ou groupe d'enzyme interviennent pour affecter les insecticides. La détoxification de l'insecte est accéléré à la suite d'une augmentation importante d'une estérase enzyme qui dégrade ou séquestre l'insecticide avant qu'il n'atteigne la cible (DAJOZ, 2012)

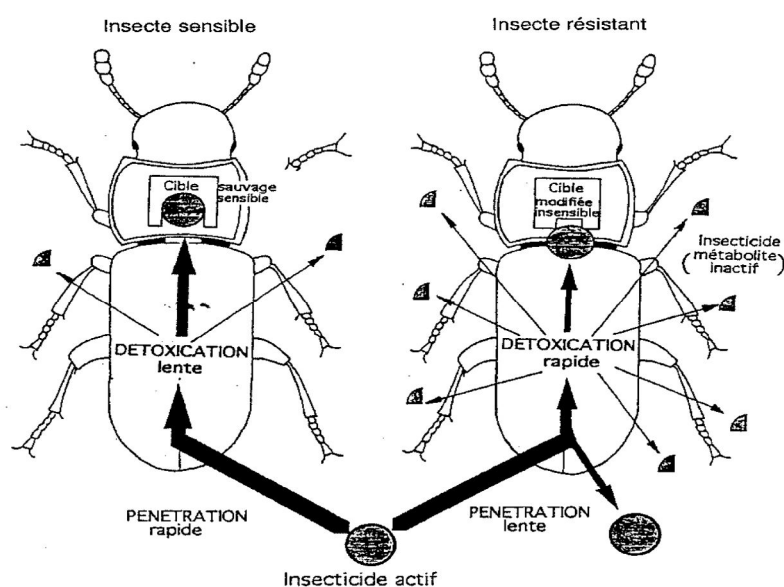


Figure 26 : Représentation schématique des différents mécanismes de résistance aux pesticides chez les arthropodes (HAUBRUGE, AMICHOT 1998)

### 2.5.2 RESISTANCE COMPORTEMENTALE

Dans la résistance comportementale, une population devient résistante en évitant le contact avec le toxique ou en limitant la durée de ce contact de telle sorte qu'il ne soit pas létal (MAGHIN, 1985)

Les insectes peuvent simplement cesser de se nourrir, ou abandonner la zone aspergée (par exemple, ils se déplacent sur l'envers d'une feuille qui a été aspergée, ou plus profondément dans le feuillage d'une culture, ou s'envolent loin de la zone ciblée (FAO, 2012).

La détoxification enzymatique des insecticides est le processus le plus fréquent dans l'apparition de la résistance plusieurs enzymes ou groupe d'enzyme interviennent pour affecter les insecticides (DAJOZ , 2012)

(HAUBRUGE ET AMICHOT, 1998) distinguent deux sortes de résistance comportementale :

1. la résistance avec stimuli qui implique la reconnaissance du toxique par stimulation sensorielle de l'insecte, celui-ci a la capacité de reconnaître le toxique avant qu'il n'ait un effet létal. L'insecte présente une hypersensibilité aux propriétés irritantes du toxique ce qui résulterait d'une modification des récepteurs sensoriels exécution.
2. la résistance sans stimuli, cette résistance ne résulte pas d'une adaptation progressive mais bien d'une sélection d'individus qui, au sein d'une population Anophélienne donnée, possèdent au départ des gènes permettant d'échapper à l'action de l'insecticide, soit par production d'enzymes dégradant le produit, soit encore par d'autres mécanismes réduisant par exemple sa pénétration.  
Si la résistance est mono génique, elle concerne un seul produit (D.D.T. par exemple) ou groupe de produits (H.C.H.et Dieldrine, par exemple). Une résistance sous la dépendance de plusieurs gènes, permet à l'insecte d'échapper à plusieurs insecticides (A. albimanus, par exemple, résiste à la fois au D.D.T, au H.C.H, à la Dieldrine, aux organophosphorés et aux Carbamates (THOMAS, 1984)

### **2.5.3 DETOXIFICATION METABOLIQUE (ENZYMATIQUE)**

La résistance à travers la détoxification métabolique est fondée sur les systèmes enzymatiques que les insectes possèdent pour détoxifier naturellement les toxines. Ces systèmes comprennent les estérases, les mono-oxygénases du cytochrome P450 et les glutathion-S-transférases (HEONG et *al*, 2011).

La figure suivante récapitule tous les processus biochimiques mis en œuvre pour métaboliser des substances toxiques absorbées par l'insecte.

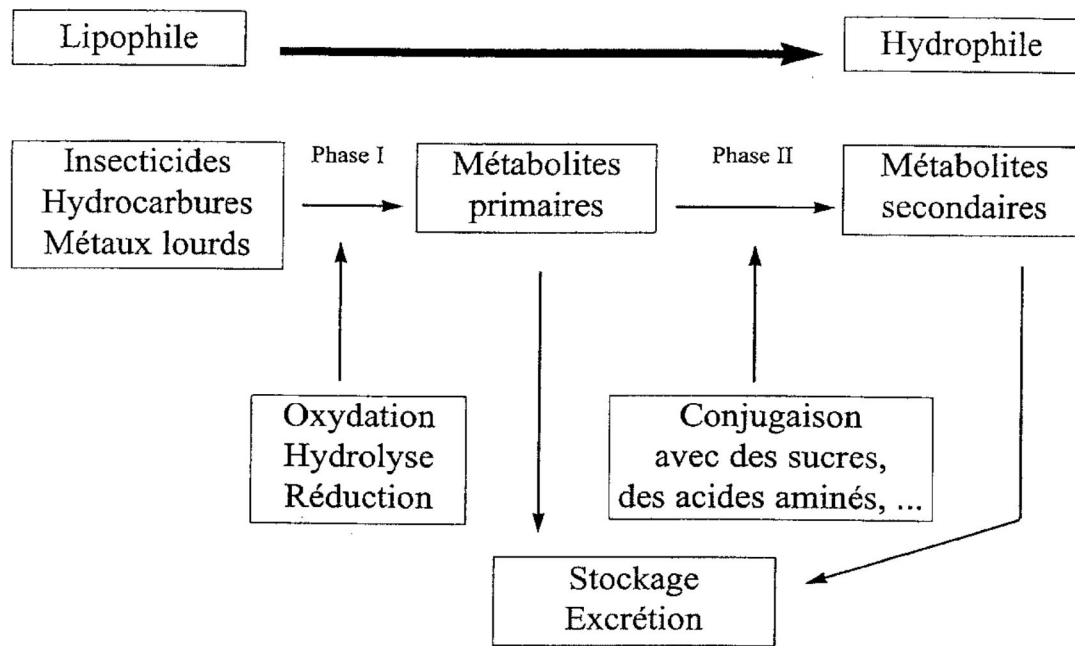


Figure 27 : Processus biochimique mis en œuvre pour métaboliser les substances toxiques absorbées par l'insecte (HAUBRUGE, ET AMICHOT, 1998)

#### LES ESTERASES :

Les carboxyle estérases sont responsables de la détoxification de l'insecticide, en effet cette dernière peut être provoquée par une augmentation de la synthèse des estérases ou par une amplification du gène décodant de l'estérase (HEONG et AL, 2011).

#### LES CYTOCHROME P450 :

Le cytochrome P450 fut mis en évidence pour la première fois en 1964 (RANDALL, SHEPPARD, 2006).

Ce sont des enzymes impliquées chez les insectes dans le métabolisme des hormones juvéniles. Ces systèmes sont souvent comparés au système immunitaire, du fait qu'ils sont impliqués dans des réactions de défense.



## 2.6 EFFET KNOCK DOWN

Le terme Knock Down était utilisé pour décrire la rapide et réversible paralysie causée par l'application de faibles doses de pyréthrine sur les volants, elle est également applicable pour certains pyréthrinoides de synthèse (COATS, 1982)

Le trait de résistance (KDR), qui confère la résistance à l'action de knock down rapide et les effets mortels de DDT et de la pyréthrine a été d'abord documenté pour les mouches en 1951 et isolé en 1954 (GILBERT, GILL, 2010).

### La pression de sélection

On sait maintenant que les gènes de résistance en absence d'insecticide sont peu à peu éliminés car leur effet est de modifier légèrement le fonctionnement physiologique. En présence d'insecticide en revanche ce changement physiologique peut favoriser la protection contre l'insecticide ou son élimination rapide. Le gène résistant se transmet davantage et très vite au sein de population ainsi la mutation crée une variation génétique et c'est l'homme grâce à un insecticide qui crée la sélection (RAYMOND, 2012)

Lorsque le processus de sélection est en cours on constate un fléchissement au niveau des concentrations élevées au-delà d'une certaine mortalité fig 30 courbe c ce fléchissement montre l'existence d'individus résistants dont la proportion est définie par le niveau auquel se situe le plateau (BRENGUES et COOSEMANS, 1977)

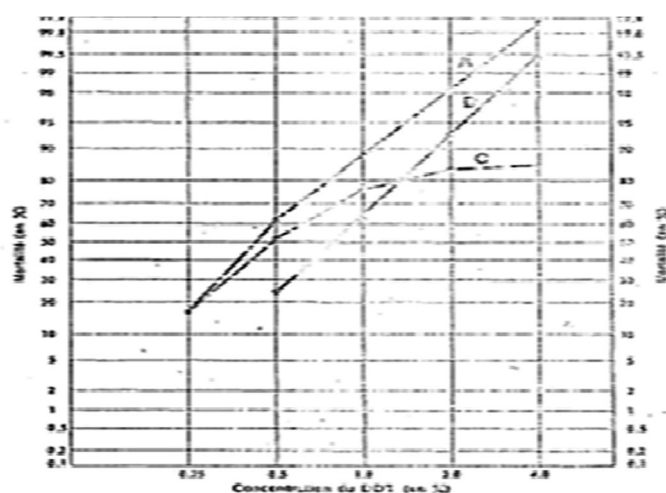


Figure 28 : courbes mortalité en fonction de la concentration (BRENGUES et COOSEMANS, 1977)

- A sensibilité de la population étudiée
- B variation saisonnière ou tolérance constitutionnelle
- C Résistance partielle

## CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

---

## CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

L'objectif du présent travail est de tester des insecticides habituellement utilisés dans la lutte anti- larvaire au niveau de la wilaya d'Alger sur des larves de moustiques afin de déterminer si oui ou non elles ont développé une résistance à ces insecticides et de tenter de proposer des alternatives pour gérer des résistances éventuelles. Mettre en évidence les résistances des larves permettra d'éviter le gaspillage d'insecticides car ces traitements ont un coût énorme sans pour autant nous débarrasser de ce fléau.

Plus les moustiques résistent (plus les quantités sont augmentées et moins il y a de résultats). Il faut éviter de tomber dans ce cercle vicieux et rechercher plutôt une alternative à ces traitements abusifs qui à long terme exerceront une pression de sélection d'individus résistants dont il serait difficile de se débarrasser en cas d'épidémie.

Afin de vérifier l'existence d'une résistance dans la population des moustiques dans la wilaya d'Alger, deux insecticides de la famille des pyréthrinoides ont été testé : l'Alpha cyperméthrine et la Deltamethrine une comparaison est également établie avec un organophosphoré : le Temephos

Pour cela nous avons choisi quelques gîtes larvaires pour les moustiques réparties dans la région Algéroise. Une collecte de larves de Culicidés a été réalisée de juin à août 2013. Un inventaire des espèces existantes au niveau de ces gîtes a été effectué afin de déterminer par extrapolation l'espèce dominante au niveau des zones urbaines et périurbaines d'Alger.

Pour les échantillonnages et les tests, nous avons utilisé le matériel listé en annexe n°1

### 3.1 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

L'étude s'est faite au niveau de la wilaya d'Alger, située au nord (36°46'34'' Nord 3°03' 36'' Est) elle bénéficie d'un climat méditerranéen. Elle se caractérise par un climat tempéré et humide. Les étés sont longs chauds et secs surtout de la mi-juillet à la mi-août. Les hivers sont doux et pluvieux. Les températures moyennes enregistrées par

l'ONM varie entre 29°C et 27°C pour la période de Juin à Septembre et de 16°C à 17°C pendant la période de Décembre à Février.



Figure 29 : Carte de la wilaya d'Alger

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

Tous les insectes sont soumis dans le milieu où ils vivent aux actions d'agents climatiques très variés qui conditionnent leur action et leur répartition géographique (DAJOZ, 1975).

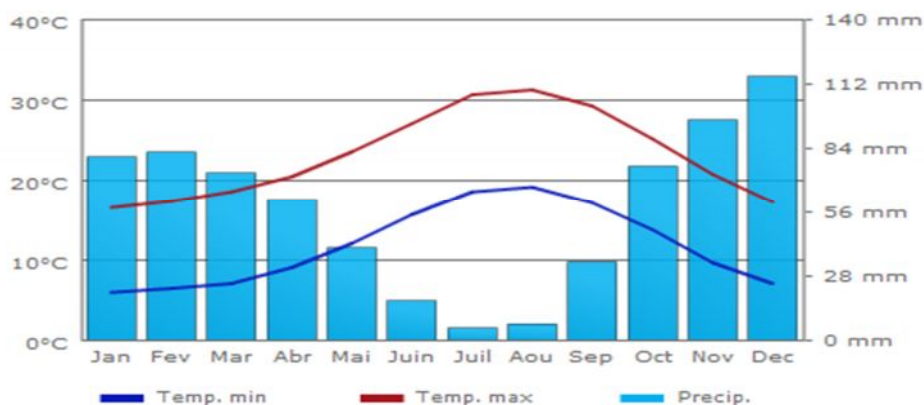


Figure 30 : Carte de la pluviométrie et de température au niveau de la wilaya d'Alger (ONM)

## 3.2 METHODES

### 3.2.1 ÉCHANTILLONNAGE DES MOUSTIQUES

Les moustiques destinés aux tests ont été collectés à l'état larvaire dans les gîtes naturels et artificiels au niveau de plusieurs communes (Staouali, Bab Ezzouar, Mahelma Dely Brahim, Ouled Fayet, Gué de Constantine et Baraki ) Pendant la saison sèche, de juin, juillet, et août 2013.

Le choix des gîtes s'est fait selon l'accessibilité et leur proximité avec les zones urbaines et aussi en fonction de leur importance en termes de nuisance occasionnées.

## 3.3 DESCRIPTION DES GITES LARVAIRES

### 3.3.1 GITES EPIGES :

**Gîte 1:** situé au niveau de la commune de Mahelma, c'est un oued à faible débit d'eau l'été. L'eau du gîte est chargée de matières organiques.



Figure 31 : Gîte épigé oued Mahelma

**Gîte 2** : situé au niveau de la commune de Bab Ezzouar, c'est un caniveau qui longe l'autoroute, il est constitué par des eaux usées stagnantes auxquelles s'ajoutent les eaux de pluies. C'est un Gîte permanent, maintenue toute l'année grâce à une pente douce qui favorise un écoulement long de l'eau. Il est bordé par un ensemble de cités et occasionne aux riverains beaucoup de désagréments fig 32.



Figure 32 : Gîte épigé caniveau longeant l'autoroute face à la cité les bananiers (photo originale)

**Gîte 3** : Est un marécage situé au niveau de la commune de Dely Brahim, non loin du parc Grand Vent, les eaux sont relativement claires parsemées de végétations fig33.



Figure 33 : Gîte épigé commune Dely Brahim un marécage en aval du parc grands vents

#### Gîte 4 : Gîtes Staouali

C'est un petit oued où se déversent les eaux usées venant de la commune de Cherraga certaines poches formées par des excavations abritent une quantité importante de larves.



Figure 34: Gîte épigé oued au niveau de la commune de Staouali

#### 3.3.2 LES GITES HYPOGES :

Les gîtes hypogés sont constitués par des caves inondées au niveau, la cité 2248 commune de Gué de Constantine logements de la cité AADL ouled fayet et la cité 2004 logements commune de Baraki. Les colonnes descendantes de ces immeubles étant mal entretenues, la plupart ont cédé ce qui permet aux eaux usées de stagner dans les caves. Ces gîtes sont actifs toute l'année avec une accentuation du phénomène durant la saison chaude.



Figure 35 : Gîte hypogé cave inondée Gué de Constantine



Figure 36: Gîte hypogé AADL Ouled fayet



Figure 37 : Gîte hypogé 2004 logts Baraki

### 3.4 COLLECTE DES LARVES ET DES NYMPHES

#### 3.4.1 METHODE DE DEEPING

L'échantillonnage des larves se fait en utilisant la méthode de coup de louche «Deeping». Cette méthode, consiste à plonger, en plusieurs endroits du gîte larvaire un récipient de capacité connue. Il s'agit de prélever grâce à une louche allongée par un manche assez long, des larves suspendues à la surface de l'eau en prenant soin de ne pas les effrayer par des mouvements brusques de la louche car elles vont se cacher au fond de l'eau.



Figure 38 : Méthode de deeping

Les larves sont ensuite transvasées dans des bouteilles en plastique sans fermer les bouchons dans l'eau du gîte et transportées vers le laboratoire.



### 3.4.2 ELEVAGE DES LARVES ET NYMPHES

Les larves collectées sont conservées dans des contenants étiquetés, contenant de l'eau du gîte. Après le stade nymphal qui dure au moins 48 heures, les nymphes émergent et donnent des adultes appelés imagos qui sont nourris au jus de miel.

Après l'émergence, les adultes sont récoltés dans des seaux recouverts de moustiquaires. L'identification des spécimens s'est faite sur des larves de stade L4 grâce au logiciel pour la détermination des genres et espèces des larves et d'adultes « les Culicidé de l'Afrique méditerranéenne» (BRUNHES et *al*, 1999) et à la clé d'identification de Harbach (HARBACH, 2007).

Les larves et les nymphes sont élevées dans une boîte couverte par une moustiquaire dans un endroit humide à l'abri de la lumière.

Les adultes étaient élevés pour confirmation de l'espèce par des observations des spécimens à la loupe.



Figure 39: Elevage des larves et des adultes de moustique (photo originale)

### 3.4.3 MONTAGE DES LARVES

Pour étudier une larve en détail et surtout pour observer les écailles du peigne VIII ou les dents du peigne siphonal, une préparation permanente sur une lame de microscope est essentielle, le mode opératoire est le suivant :

- éclaircir la larve, par immersion dans une solution de KOH à 20% pendant 5 min ce qui permet de débarrasser le spécimen de toutes les impuretés pouvant fausser l'observation et un meilleur contraste.
- rincer dans l'eau distillée (la larve doit être manipulée délicatement) puis
- bain d'alcool à 70 °C

- enfin poser dessus une goutte de baume du Canada.
- Le montage se fait entre lame et lamelle voir fig 4066
- La tête doit être orientée vers le haut de la lame, avec la surface dorsale et le Côté gauche de la partie postérieure orienté vers soi
- La lame est étiquetée
- L'étiquette doit contenir le nom du genre et de l'espèce ainsi que le lieu de provenance



Figure 40 : Larve de *Culiseta longiareolata* (photo originale)

### 3.5 CRITERES D'IDENTIFICATION DES LARVES ET DES ADULTES

L'identification des larves se fait par observation au microscope photonique.

Nos observations sont ensuite comparées aux données du logiciel d'identification de (BRUNHEL, 1999) et aux clés d'identification données par Harbach .

Ce logiciel se base sur certains critères qu'il faut observer au niveau de notre spécimen à identifier avant de conclure que c'est bien l'espèce mentionnée sur les planches dont il s'agit.

Parmi ces critères il y a :

#### 1 - La forme du siphon et du segment VIII et X

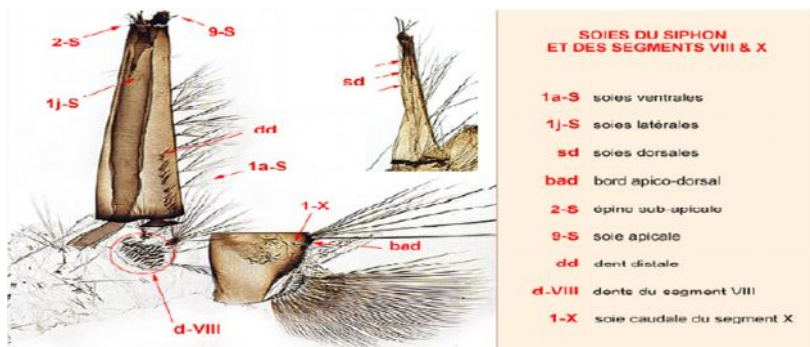


Figure 41 : Forme du siphon et du segment VIII et X (BRUNHEL, 1999)

*Culex pipiens* se distingue par ses soies 1a-S formées de 2 à 5 branches (exceptionnellement 6).

## 2 - La disposition des épines du segment VIII de l'abdomen

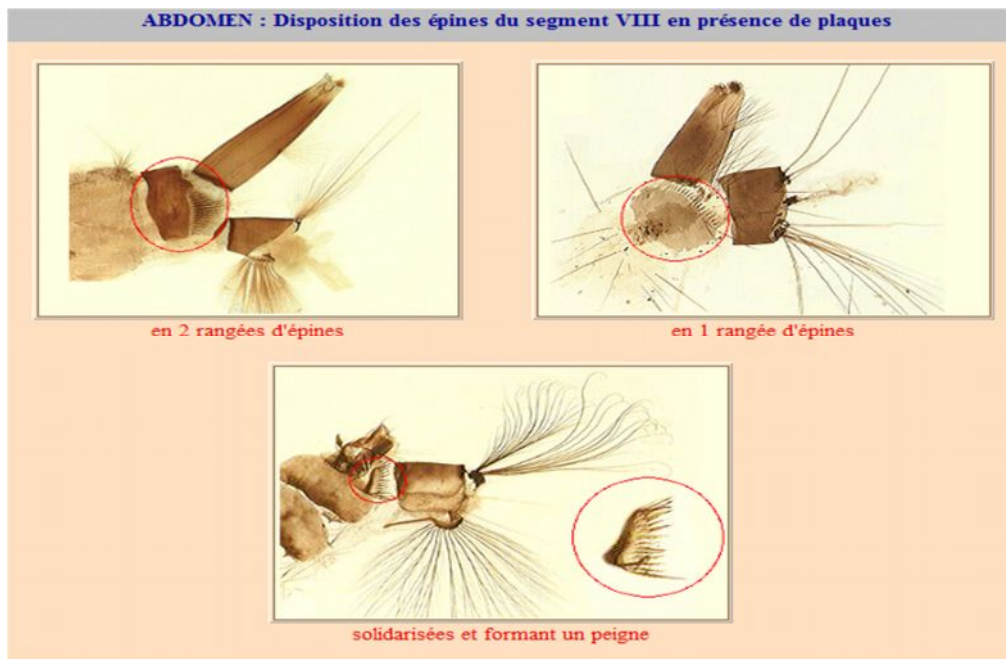


Figure 42 : Disposition des épines du segment VIII

3 - Les soies céphaliques 5 et 6-C longues et formées de nombreuses branches, les papilles anales très courtes et les écailles disposées sans ordre sur le segment VIII caractérisent les espèces du complexe detritus. ( Harbach, 2007)

## 4 - La taille du siphon

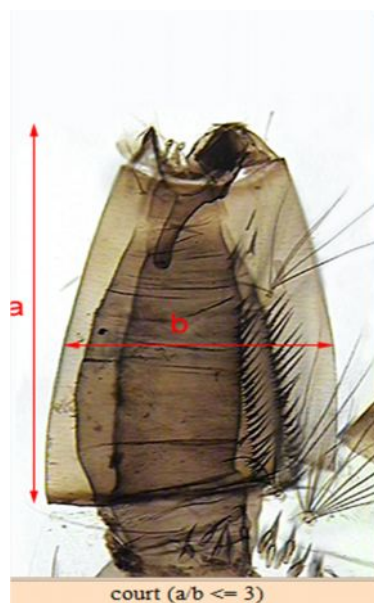


Figure 43 : Taille du siphon chez *Aedes detritus*

Dans le cas d'*Aedes detritus* le rapport  $a/b$  doit être inférieur ou égal à 3

### 5- La localisation de la dent distale du peigne siphonal

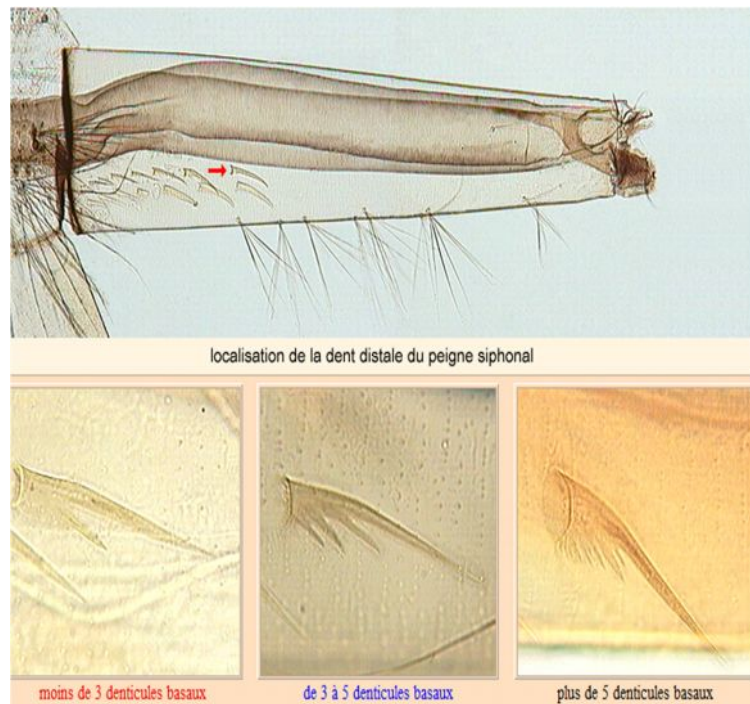


Figure 44: Localisation de la dent distale du peigne siphonal

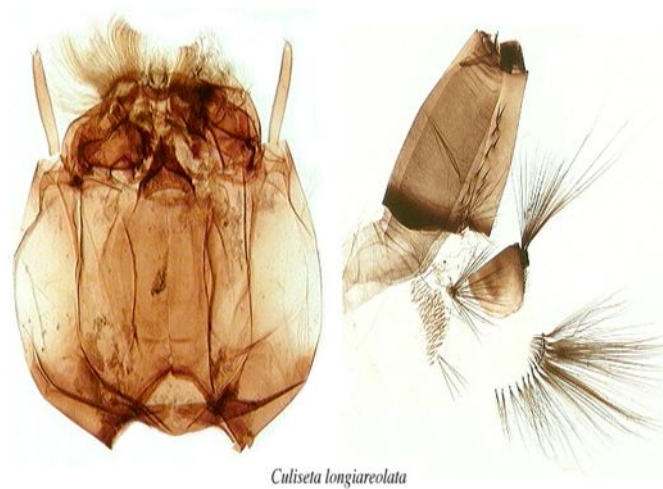


Figure 45: Tête et siphon de *Culiseta longiareolata* observés au microscope

Les critères d'identifications étant trop nombreux pour faire l'objet de plus de détails dans ce travail, nous les avons portés en annexe 2.

### 3.6 INDICES ECOLOGIQUES DE COMPOSITION

Dans le but de mieux comprendre la composition des peuplements, des indices écologiques sont utilisés telles que l'abondance relative ou fréquences centésimales (FC) et la fréquence d'occurrence.

#### 3.6.1 L'ABONDANCE RELATIVE :

Selon Dajoz (1971), la fréquence centésimale est le pourcentage des individus de l'espèce ( $n_i$ ) prise en considération par rapport au total des individus  $N$  toutes espèces confondues. Elle est donnée par la formule suivante:

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

- $F\%$  est l'abondance relative
- $n_i$  est le nombre des individus de l'espèce  $i$  pris en considération
- $N$  est le nombre total des individus de toutes les espèces confondues.

#### 3.6.2 LA FREQUENCE D'OCCURRENCE :

Elle représente le nombre de relevés qui contient l'espèce étudiée par rapport au nombre total des relevés effectués (DAJOZ, 1982).

$$F = p_i / N$$

- $p_i$  : nombre des relevés contenant l'espèce étudiée
- $N$  : nombre total des prélèvements effectués

En fonction de la valeur  $F\%$  on distingue le plus souvent les classes suivantes de constances :

- Les espèces constantes sont présentes dans plus de 50% des relevés.
- Les espèces accessoires sont présentes dans 26 à 50% des relevés.
- Les espèces accidentelles sont présentes dans moins de 25% des relevés.

### 3.7 TESTS STANDARDS DE SENSIBILITE DE L'OMS

Les tests de sensibilité ont été effectués selon le protocole standard normalisé de l'OMS.

Les paramètres à mesurer étaient les temps de knock-down, ou temps nécessaire pour que 50 % (TL50) et 95% (TL95) des moustiques soient assommés.

Après une heure de contact avec un insecticide de concentration létale pour une souche sensible, et la mortalité observée 01 heures puis 24 heures après l'exposition à l'insecticide.

Les TL50 ont été estimés à partir de la droite de régression de mortalité en fonction du log temps.

Après les tests, quelques spécimens de larves de moustiques testés (morts et survivants) ont été conservés pour la confirmation de l'espèce par logiciel.

#### 3.7.1 TESTS DE SENSIBILITE DES LARVES

La sensibilité des larves est évaluée en plongeant des lots de 25 larves récoltés sur le terrain dans des gobelets contenant des doses de plus en plus élevées d'insecticide (0.2%,0.4%, 0,8%)

À des intervalles de temps identiques, nous comptabilisons le nombre de larves mortes et nous calculons le pourcentage de mortalité. Les larves qui ne présentent aucun mouvement lorsqu'elles sont touchées à plusieurs reprises avec une pipette pasteur sont considérées mortes.

Quatre essais sont effectués pour chacune des dilutions citées 0.2%-0.4%- 0.8% et pour chaque stade larvaire fig. n°46



Figure 46 Gobelets contenant chacun un stade larvaire (Photo originale)

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse de la moyenne et de l'écart type afin de pouvoir exploiter les données.

Une série d'histogramme a été établie afin de pouvoir comparer le comportement des larves en fonction des doses testées.

Les résultats des séries d'essais sont représentés par des courbes probits des pourcentages de mortalité en fonction du temps exprimé en Logarithme népérien.

Des témoins de larves stades L1 , L2, L3 et L4 et pupes sont plongés dans de l'eau du gîtes et laissés sans traitement afin de pouvoir corriger les mortalités constatées sur les larves traitées aux insecticides.

Trois produits sont testés :

- La deltaméthrine (pyréthrinoidé)
- L'alpha cyperméthrine(pyrethrinoidé)
- Et le témephos (organophosphoré)

Les solutions sont préparées à partir de produit concentrés en utilisant de l'eau distillée :

- Pour la dilution 0.2 % déltamethrine : on prélève 0.2 ml de produit concentré que l'on dilue dans 100ml d'eau.
- Pour la dilution 0.4 % déltamethrine : on prélève 0.4 ml de produit concentré que l'on dilue dans 100ml d'eau.
- Pour la dilution 0.8 % déltamethrine : on prélève 0.8 ml de produit concentré que l'on dilue dans 100ml d'eau.



Figure 47 : Insecticides utilisés lors des tests de sensibilité

De cette solution, on prélève 1 ml que l'on met dans chaque gobelet contenant les larves puis nous comptons le nombre de larves mortes à des intervalles de temps fixes.

Le nombre de mortalités est reporté sur des tableaux préparés à l'avance à cet effet.

Toutes les données recueillies et les observations faites après le temps de contact avec l'insecticide sont également notées.

Le pourcentage de mortalité est corrigé, tel que le préconise l'O.M.S. (OMS, 1963), suivant la formule d'Abbott (1925), dans le cas où la mortalité des témoins est comprise entre 5 et 20 %, le test est validé si ce pourcentage est inférieur à 5%. Les mortalités corrigées sont calculées en appliquant la formule d'Abbott (1925):

$$MC = (M2 - M1) / 100 - M1 \times 100$$

Où:

- MC : pourcentage de mortalité corrigée,
- M2 : pourcentage de mortalité dans la population traitée,
- M1 : pourcentage de mortalité dans la population témoin

### 3.7.2 DETERMINATION DE LA TL50 ET DE LA TL95

Pour estimer la TL 50 nous devons utiliser pour chaque dose la transformation en probit des pourcentages de mortalité (cavalier 1976) ces valeurs sont tabulées (voir annexe N°3 : table des probit)

Les droites de régression ont été tracées en dressant le taux de mortalité corrigé (donné en Probits) en fonction du temps de contact (pris en logarithme népérien).

Ces droites d'équations :  $y = ax + b$

- y : est le probit des mortalités corrigées
- Y : probit 50 pour recherche TL50 et TL95
- x : logarithme du temps
- a : est la pente

Le temps TL50 et TL95 est déterminé 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 le t150 et par 6.64 pour le TL95

La valeur de TL50 = exp (temps X) lu. La même méthode s'applique pour la TL95



## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

---

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 IDENTIFICATION DES ESPECES

La plupart des clés taxonomiques pour identifier des moustiques sont basées sur des caractères morphologiques. L'identification des larves recueillies a été faite à l'aide du logiciel réalisé par (BRUNHES ET AL. 1999) qui s'appuie sur les caractères morphologiques pour séparer entre les différents genres et les espèces.

Après identification des espèces, nous avons pu recenser trois (03) genres de Culicidés au niveau des gîtes prospectés dans la wilaya d'Alger.

Nous avons pu récolter 4 espèces appartenant à 3 genres : Le genre *Culex* représenté par deux espèces *Culex pipiens*, *Culex hortensis*, le genre *Culiseta* représenté par *Culiseta longiareolata*, et le genre *Aedes* par *Aedes detritus*.

Le tableau N° 03 récapitule toutes les espèces inventoriées dans les sites de collectes

Tableau 4 : Inventaire des espèces collectées dans les différents sites

Désignation du gîte	Espèces identifiées
Gîte de Staouli	<i>Aedes detritus</i> + <i>Culex pipiens</i>
Gîte Mahelma	<i>Culiseta longiareolata</i> ,
Gîte Bab-Ezzouar	<i>Culex pipiens</i> + <i>Culex hortensis</i>
Gîte Dely Brahim	<i>Culex pipiens</i> + <i>Culiseta longiareolata</i>
Gîte Gué de Constantine 2248 logts	<i>Culex pipiens</i>
Gîte Commune de Baraki cite 2004logts	<i>Culex pipiens</i> + <i>Culiseta longiareolata</i>
Gîte Cité AADL Ouled Fayet	<i>Culex pipiens</i>

## 4.2 L'ABONDANCE RELATIVE

Les résultats de l'abondance relative des différentes espèces de larves de Culicidés échantillonnées sont consignés dans le tableau N° 05

Ni=Nombre d'individus de l'espèce

N=2773 larves

$$C\%=(Ni/N) \times 100$$

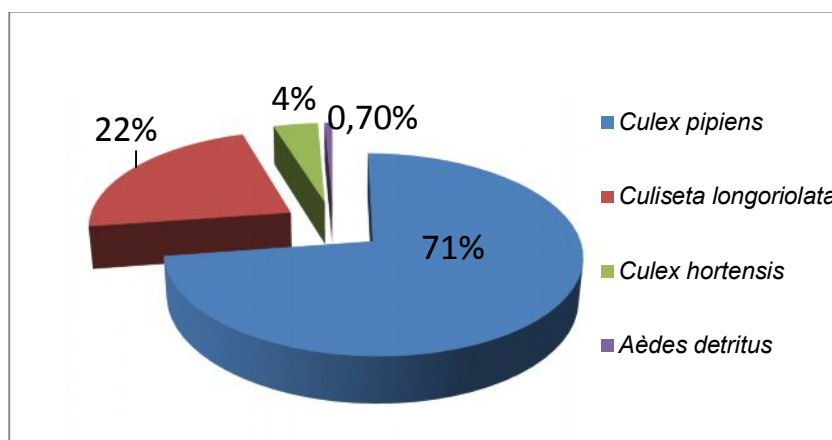
Tableau 5 : Abondance relative des différents individus

Espèce	Ni	C%
<i>Culex pipiens</i>	1956	71%
<i>Culiseta longiarolata</i>	620	22%
<i>Culex hortensis</i>	113	4%
<i>Aedes détritrus</i>	21	0.7%

L'abondance relative montre que l'espèce *Culex pipiens* est dominante avec un taux de 71%, suivie par *Culiseta longiarolata* avec un taux de 22% et de *Culex hortensis* avec un taux de 4%.

Le genre *Aedes détritrus* est insignifiant dans les gîtes prospectés.

Le graphe 1 montre l'abondance relative des espèces inventoriées



Graphe 1 : Abondance relative des espèces inventoriées

### 4.3 FREQUENCES D'OCCURRENCES DES DIFFERENTES ESPECES

Les résultats de l'analyse des fréquences d'occurrence sont reportés sur le tableau N°5

- N Le nombre total de prélèvement est de 100
- Ni est le nombre de prélèvements contenant l'espèce

La fréquence d'occurrence s'obtient par la formule  $(Ni/N) \times 100$

Tableau 6 : Fréquences d'occurrences des espèces au niveau des gîtes collectés

espèce	Nombre de prélèvements contenant l'espèce	Fréquence d'occurrence
<i>Culex pipiens</i>	67	67%
<i>Culex longiareolata</i>	29	29%
<i>Culex hortensis</i>	7	7%
<i>Aedes détritius</i>	2	2%

### 4.4 DISCUSSION DES RESULTATS DES IDENTIFICATIONS

L'analyse des indices écologiques révèle la présence de 4 espèces appartenant à une seule sous-famille; celle des Culicinae, où on a noté 3 tribus. La tribu des *Aedini* est représentée par une seule espèce: *Aedes détritius*, la tribu des *Culicini* est formée par un seul genre, celui des *Culex* qui contient 2 espèces, ce sont: *Culex pipiens*, *Culex hortensis* et la tribu des *Culisetini* est formée par 1 espèce, il s'agit de *Culiseta longiareolata*,

Les résultats des échantillonnages dans les différents gîtes d'étude montrent que *Culex Pipiens* et *Culex longiareolata* se développent dans tous types de gîtes qu'ils soient artificiels ou naturels. A contrario les espèces comme *Culex hortensia* et *Aedes détritius* n'ont pas été abondante dans tous les gîtes, ils ont des exigences édaphiques et trophiques spécifiques en effet *Culex hortensis* préfère les eaux fraîches, ensoleillées et stagnantes, y compris des mares entre les rochers, des abreuvoirs de ciment, des flaques dans un lit d'oued.

La fréquence d'occurrence nous permet de dire que l'espèce la plus courante est *Culex pipiens* elle domine presque dans tous les types de gîtes aussi bien dans les gîtes épigés que dans les gîtes hypogés.

---

D'après Rioux (1955), les larves de *Culex pipiens* se retrouvent dans les gîtes les plus divers des milieux urbains et périurbains, plus particulièrement ceux riches en matières organiques, les gîtes prospectés étaient des réceptacles d'eaux usées riches en matières organique notamment au niveau des caves inondées.

Selon le tableau des fréquences d'occurrence nous constatons que l'espèce *Culex pipiens* est constante 67% ( $F > 50\%$ ), l'espèce *Culiseta longiariolata* est accessoire 29% ( $25\% < F < 50\%$ ), *Culex hortensia* et *Aedes détritius* sont Accidentelles ( $F < 25$ ), 7 % et 2% respectivement, ces résultats rejoignent ceux de Tamaloust (2006) qui en recensant les espèces de culicidés, trouvent que *Culex pipiens* est la mieux représentée suivi de *Culiseta longiariolata*.

Ils corroborent aussi les travaux de BERCHI (2012) qui travaillant sur des gîtes similaires et dans la zone urbaine et périurbaine de la ville de Constantine a noté la présence de 4 genres : le genre *Culex* avec 4 espèces (*Culex pipiens*, *Culex hortensis*, *Culex theileri*, *Culex mimeticus*); les genres *Culiseta*, *Anophèles* et *Uranotaenia* représentés respectivement par une seule espèce : *Culiseta longiariolata*, *Anophèles maculipennis* et *Uranotaenia unguiculata*.

Tellal (2012) dans la wilaya d'Alger et les wilayates limitrophes de Blida et Tizi Ouzou a pu identifier deux espèces : *Anophèles labranchiae* dans la wilaya de Blida et six espèces appartenant à trois genres : *Culiseta longiareolata*, *Culex pipiens*, *Culex hortensis*, *Culex theileri*, *Aedes détritius* à Alger. Il a aussi noté que les espèces *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* sont les plus abondantes à Alger cependant l'espèce *theileri* qu'il a notifié à Ain Taya n'a pas été rencontrée lors de nos prospections cela est peut-être dû aux préférences édaphiques de *Culex theileri* qui affectionne les gîtes dont l'eau est douce mais parfois légèrement salée (mares, marais, source...)(HARBACH, 2011).

Sevenet et Anderialli ont recensé 48 espèces de culicidae appartenant à deux familles Culicinae et Anophelinae. *Culex pipiens* est une espèce largement répandue en Afrique méditerranéenne ( LOUNACI, 2003)

D'après Sevenet et Andarelli(1963) la mise en marche du cycle annuel de l'espèce *Aedes détritius* est déclenchée par les pluies qui engendrent l'éclosion des œufs, cela pourrait expliquer la rareté d'*Aedes détritius* 0.7% dans nos échantillonnages parce que l'été 2013 (période des relevés) a été particulièrement avare en pluie.

L'étude menée dans la ville de Souk El Arbaa sur l'impact des eaux usées brutes rejetées à l'air libre, sans traitement préalable, sur la prolifération des moustiques, a permis de dégager un ensemble de renseignement. Au vu des paramètres physico-chimique étudiés, le *Culex pipiens* semble être attiré par les eaux riches en matières organiques et en azote

---

ammoniacal, ce qui se traduit par un développement rapide et une prolifération intense dans la région. ( KBIBCH et al, 2012). Les femelles gravides sont attirées, par une eau usée, pour déposer les œufs, il semblerait qu'elles soient attirées par les produits qui dérivent de la fermentation de la matière organique.

Dans un inventaire effectué par Boulkenafet il a trouvé que *Cx pipiens*, est l'espèce la plus fréquente en Algérie et en Afrique du Nord. Les larves de cette espèce sont rencontrées dans les gîtes les plus divers comme, les gîtes permanents à eau douce pauvre et riche en végétations, gîtes temporaires à eau douce riche en végétations. Cette espèce montre une plasticité au niveau de tous les gîtes prospectés, (BOULKENAFET, 2006) Les femelles gravides sont attirées, par une eau usée, pour déposer les œufs il semblerait qu'elles soient attirées par les produits qui dérivent de la fermentation de la matière organique.

Hassaine (2002) a classé *Culex pipiens* et *Culex longiareolata* parmi les espèces à très large répartition au niveau de l'Afrique méditerranéenne.

*Culex quinquefasciatus* et *Culex pipiens* (L). Sont les deux espèces les plus communes et géographiquement répandue. *Culex quinquefasciatus* est commun dans des régions tropicales et subtropicales tandis que *Culex pipiens*, le moustique de maison du nord, occupe des régions plus tempérées. (HICKNER, 2011).

On note aussi l'absence des anophèles dans l'inventaire effectué cela pourrait être dû au fait que l'urbanisation entraîne la limitation des gîtes larvaires propices au développement des anophèles (ROBERT, 1989). En effet le développement industriel et l'urbanisation vaste ont extrêmement contribué à la raréfaction des gîtes de pontes d'Anophèles et cela par la réduction d'une certaine espèce de faune aquatique en faveur d'autre types de gîtes favorable plus à la prolifération de *Culex pipiens*. (KRIDA ET AL, 1997)

Amraoui (2013) par ses travaux a démontré que *Culex pipiens* dans la région du Maghreb est un bon vecteur expérimental du WNV et du VFVR par conséquent cette espèce pourrait jouer un rôle important dans la transmission de ces deux arboviroses sur l'ensemble de la région maghrébine. Il est particulièrement nécessaire de surveiller par un réseau inter wilaya, cette espèce qui pour le moment n'a pas eu d'impact notable sur la santé mais la donne pourrait bien changer car les conditions d'insalubrité qui caractérisent nos villes sont propices à son développement

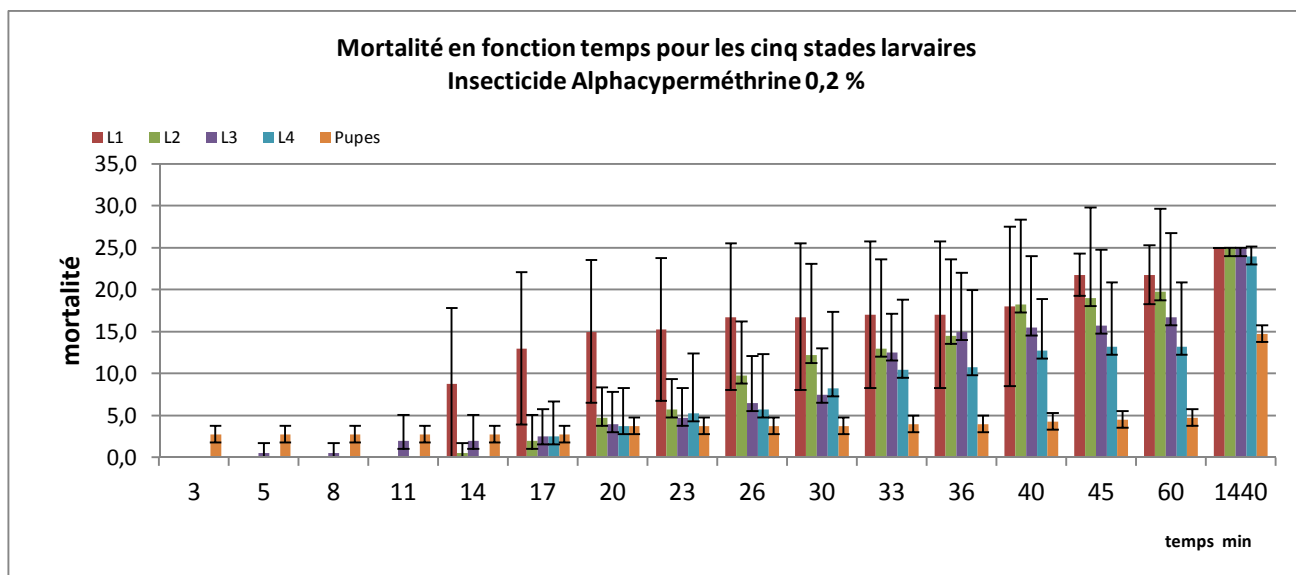
## 4.5 RESULTATS DES TESTS DE RESISTANCE

Quatre (4) séries de tests de sensibilité ont été effectuées pour chaque stade larvaire et pour chacun des 3 insecticides. En abscisses nous avons les logarithmes népérien des temps d'observation et en ordonnées le pourcentage de mortalité corrigé.

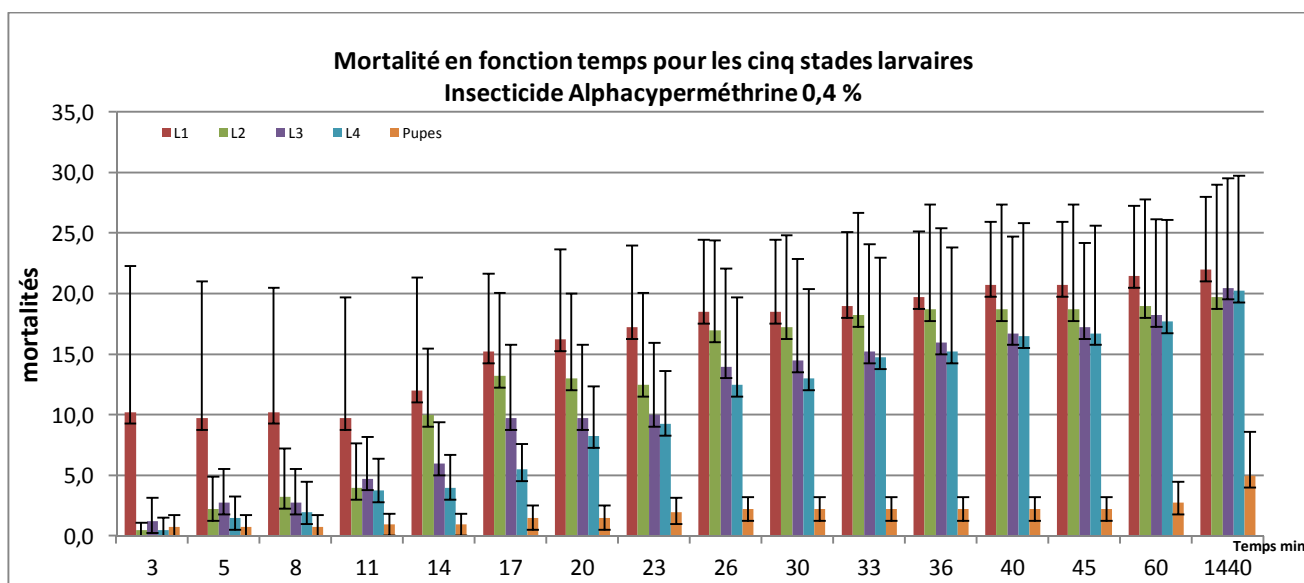
Les graphes obtenus en représentant l'écart type des moyennes pour chaque stade larvaire, montrent une dispersion des valeurs assez irrégulière autour de la moyenne pour les stades L1 jusqu'au stade L4, par contre pour les pupes la dispersion autour de la moyenne est très stable, c'est ce que nous avons observé pour l'ensemble des trois insecticides testés, cela est vraisemblablement due au fait que la pupa étant rentrée en nymphose devient plus résistante que les autres stades.

Cette hétérogénéité des mortalités mise en évidence par des écarts type assez grands pourrait être due à une différence de sensibilité des larves vis-à-vis de l'insecticide même au sein d'un même stade.

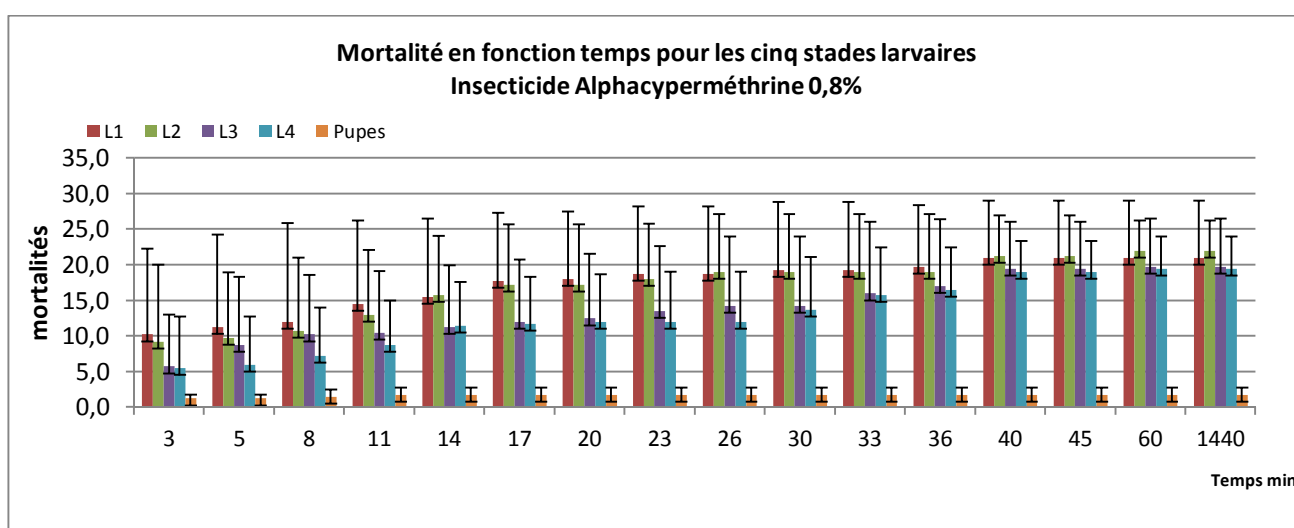
### 4.5.1 RESULTATS POUR LE PRODUIT ALPHACYPERMETHRINE



Graph 2 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé Alpha cyperméthrine 0.2%



Graph 3 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé Alpha cyperméthrine 0.4%



Graph 4 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé Alpha cyperméthrine 0.8%

Les graphes relatifs à la mortalité en fonction du temps testant le produit insecticide alpha cyperméthrine montrent que la mortalité 100% n'a pas pu être atteinte, même avec la plus grande dose 0.8% et cela même après 24 heures de temps de contact. Nous avons aussi constaté une stabilité des mortalités entre la 23<sup>ème</sup> minute et la 36<sup>ème</sup> minute et un autre plateau entre la 45<sup>ème</sup> et la 60<sup>ème</sup> minute pour la dose 0.8%.

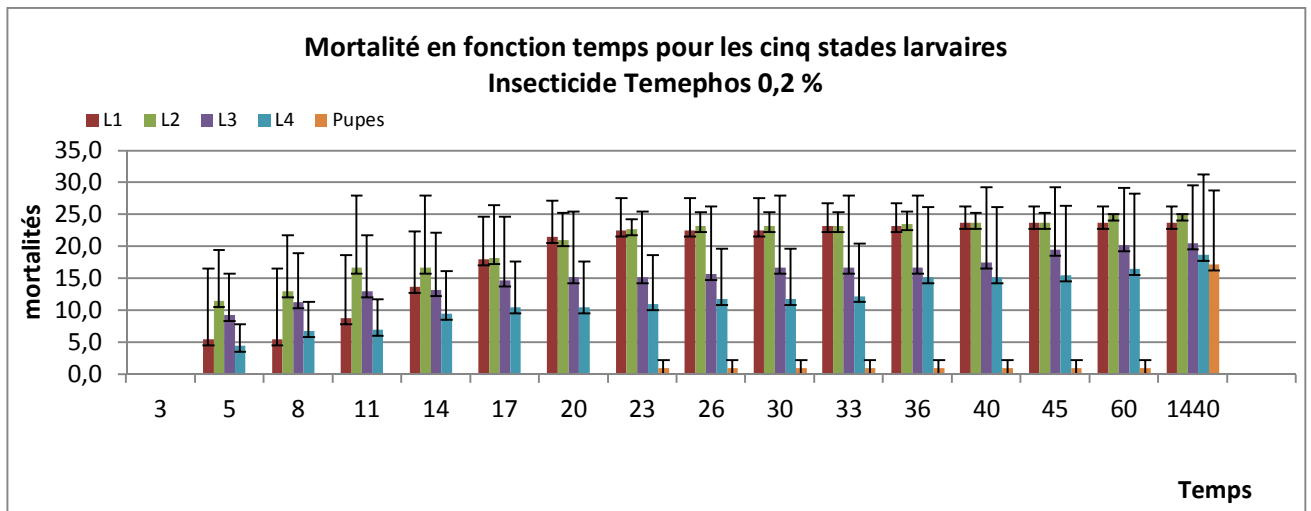
De façon générale ces graphes montrent que la mortalité augmente au fur et à mesure que la concentration de l'insecticide augmente entre 3<sup>ème</sup> et la 23<sup>ème</sup> minute mais entre 40 et 60 minutes les mortalités restent stables.



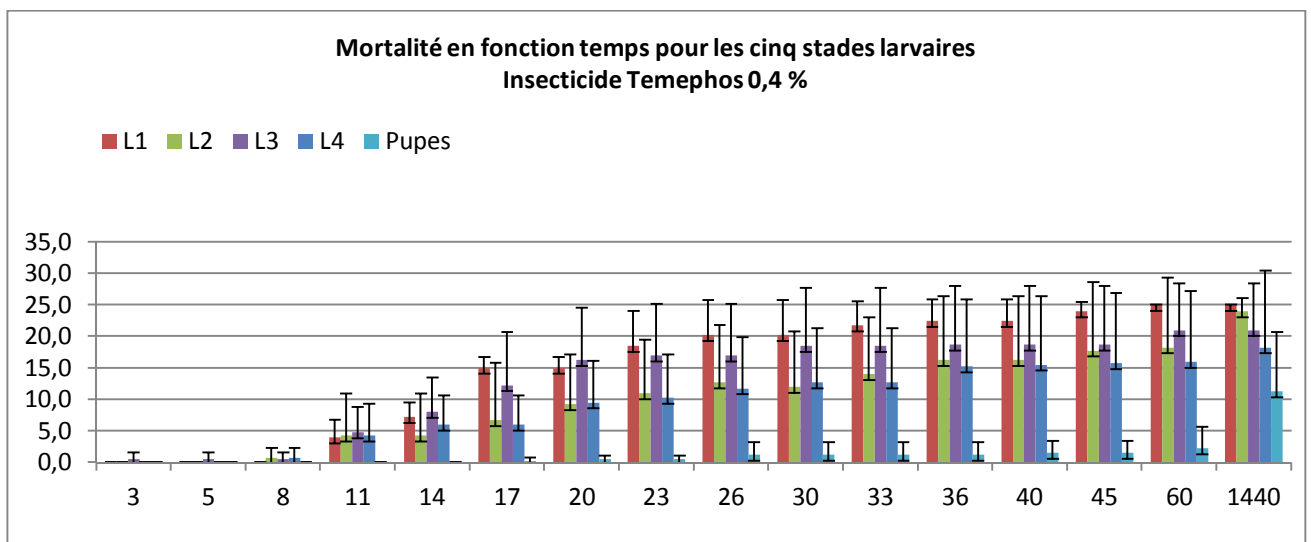
Les stades larvaires L1 et L2 sont ceux qui enregistrent les mortalités les plus grandes pour les trois doses utilisées.

Le stade pupes est celui qui est le moins susceptible aux trois doses, seules quelques pupes sont mortes après l'exposition à l'insecticide.

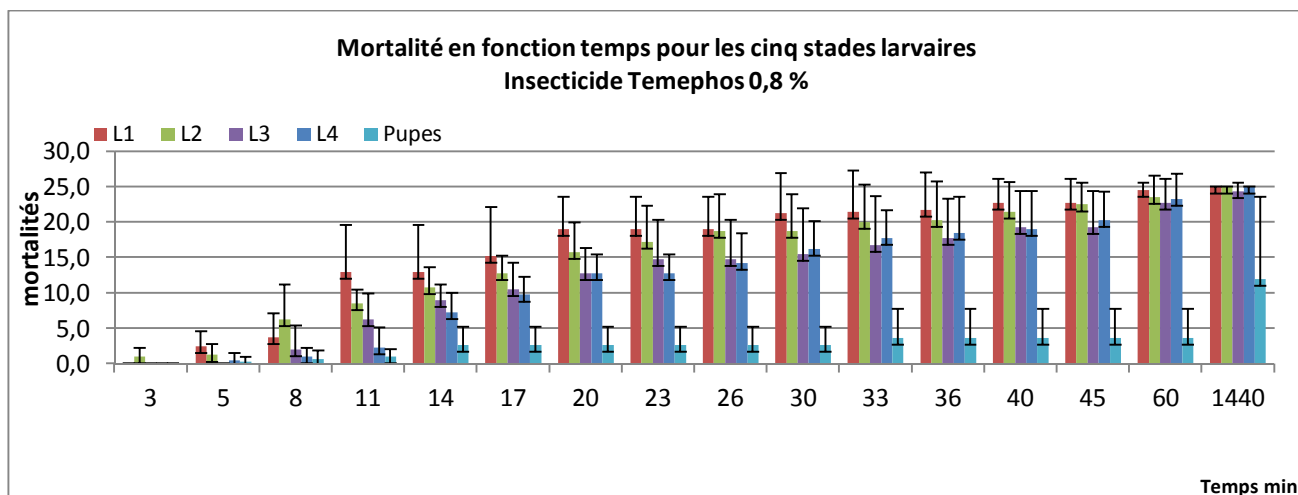
#### 4.5.2 RESULTATS POUR LE PRODUIT INSECTICIDE TEMEPHOS



Graph 5: Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé Temephos 0.2%



Graph 6 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé Temephos 0.4%



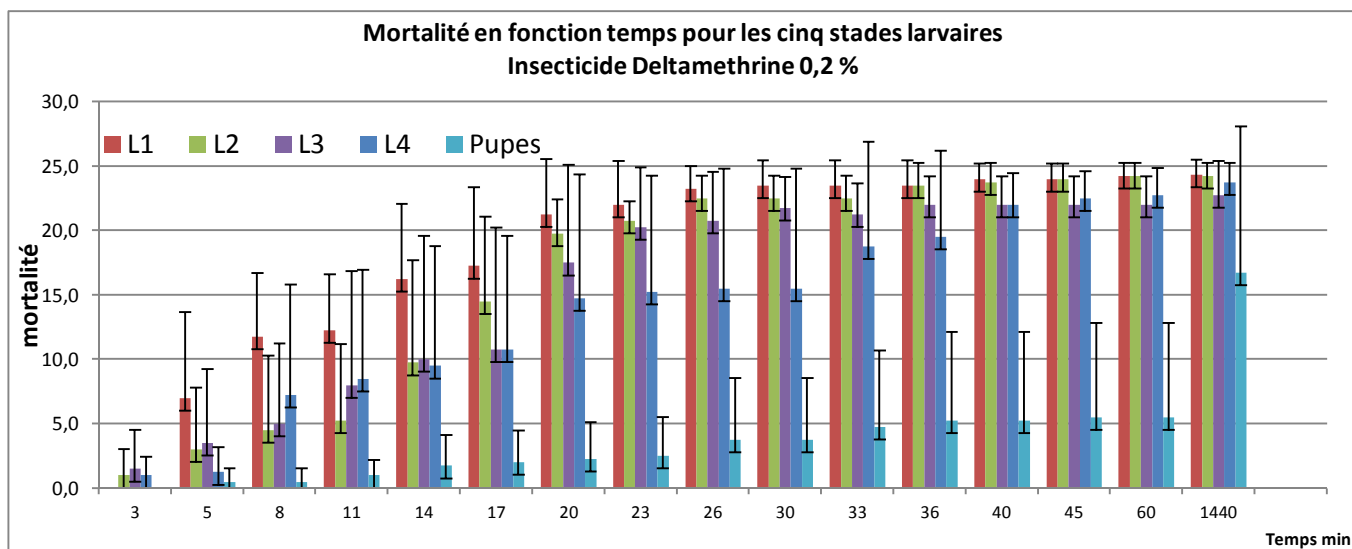
Graph 7 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé temephos 0.8%

Les mortalités à 100% n'ont été atteintes qu'après un temps de contact de 24 heures et cela pour les stades L1, L2 et L4.

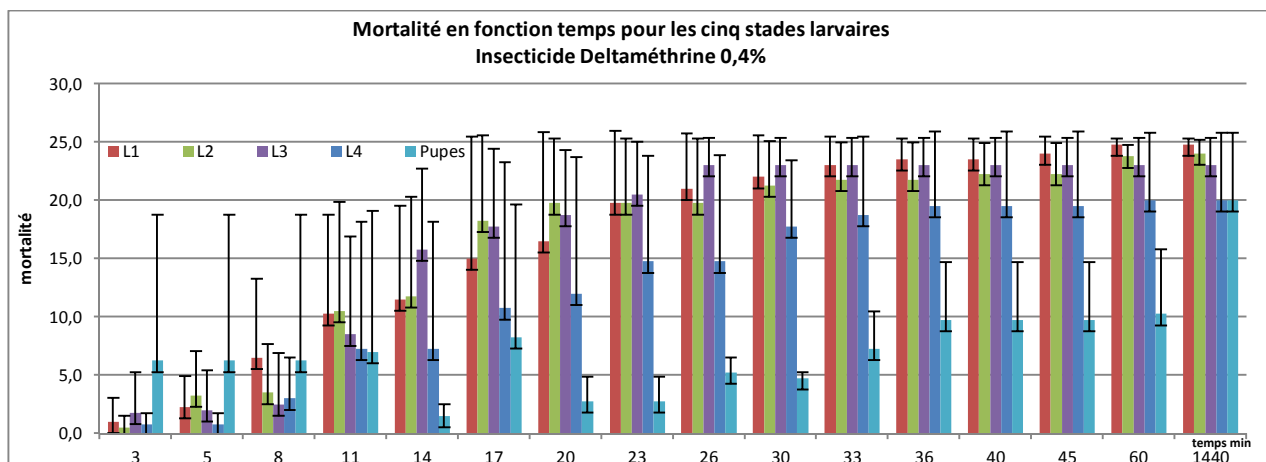
Une stabilité des mortalités est observée entre la 30<sup>ème</sup> et la 45<sup>ème</sup> minute

Les mêmes mortalités sont observées entre la dose 0.4% et la dose 0.8%

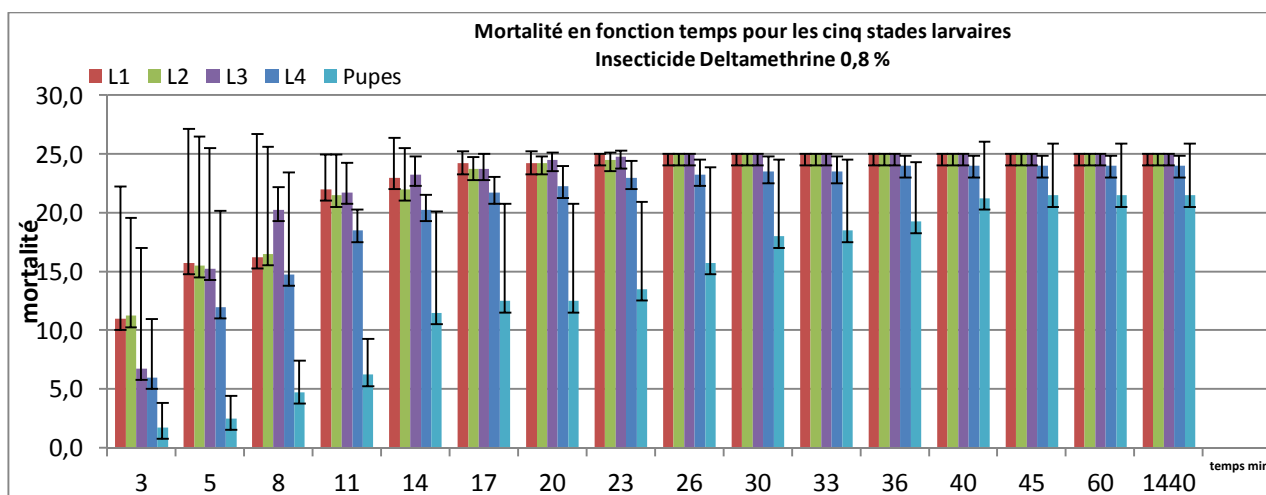
#### 4.5.3 RESULTATS POUR LE PRODUIT INSECTICIDE DELTAMYTHRINE



Graph 8: Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé deltamethrine .0.2%



Graph 9 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé deltamethrine .0.4%



Graph 10 : Ecart type des moyennes mortalités en fonction du temps produit testé deltamethrine .0.8%

Les mortalités avec la deltamethrine sont plus importantes on observe qu'au temps  $t = 3\text{min}$  on obtient des mortalités avec les trois doses alors qu'avec les deux autres produits il n'a qu'aux doses 0.4 et 0.8 que nous observons une mortalité.

Les histogrammes montrent que le temps de réponse des larves est variable en fonction de l'insecticide utilisé : les 1<sup>ère</sup> mortalités sont différentes selon que l'on utilise les perythrinoides ou l'organophosphoré

C'est ainsi que pour un même stade larvaire L3 :

Les 1<sup>ère</sup> mortalités de L3 ne sont atteintes qu'à la dose 0.8% avec la CYPERMETHRINE alors qu'avec le TEMEPHOS elles sont atteintes à la dose de 0.4%.

A contrario la DELTAMETHRINE à la dose 0.2% donne des mortalités dès la 3<sup>ème</sup> minute de contact avec l'insecticide.

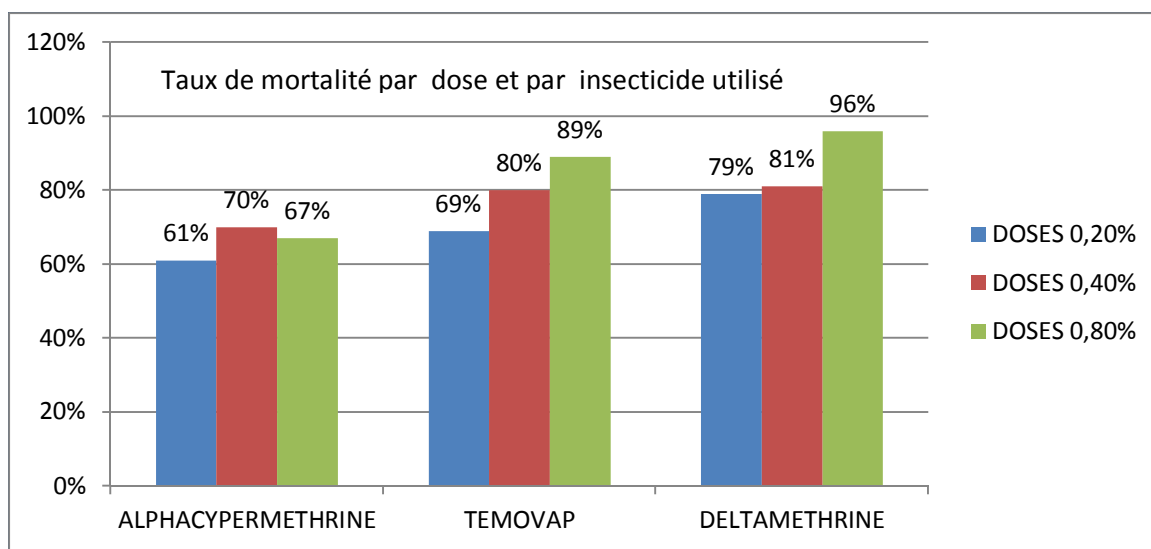
D'après (DOBY et CORBEAU, 1962), la mortalité se manifeste pendant des délais qui varient considérablement en fonction des concentrations d'insecticides utilisés.

Le graphe N°11, montre également que la moyenne de mortalité après 1 heure de contact est différente selon l'insecticide utilisé.

**Tableau 7 : Mortalités obtenues après une heure de temps de contact pour les trois insecticides testés**

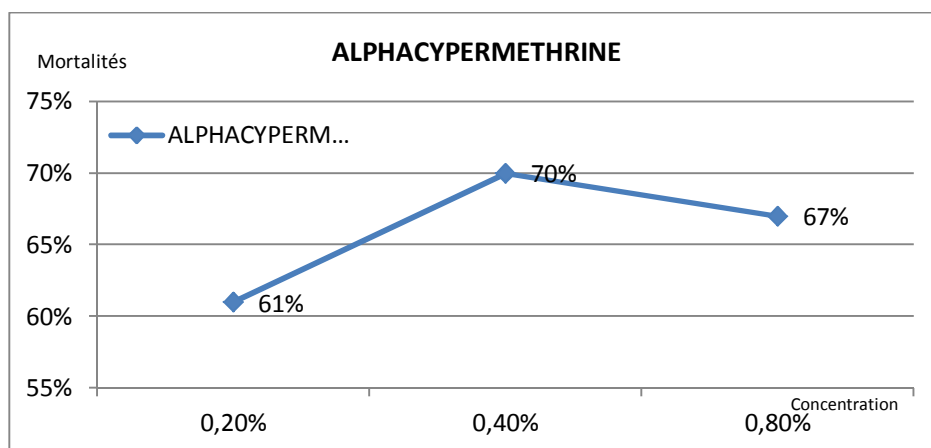
Insecticide / concentration	Mortalités corrigée observées		
	0,20%	0,40%	0,80%
ALPHACYPERMETHRINE	61%	70%	67%
TEMOVAP	69%	80%	89%
DELTAMETHRINE	79%	81%	96%

Ces résultats sont représentés sur le graphe suivant



**Graphe 11: Mortalité cumulée après une heure de contact pour chaque insecticide**

Plus la dose augmente, plus la mortalité est importante le graphe N° 11 montre que la deltamethrine donne les meilleurs résultats pour les trois doses utilisées.



Graph 12 : Mortalités constatées avec l'alpha cyperméthrine à différentes doses

Le graph 12 montre qu'avec l'alpha cyperméthrine on obtient la même mortalité avec la concentration 0.4 % et 0.8 %.

Nous avons également observé sur l'ensemble des larves de stade 4 qu'aucune n'a subi de mue même si elles restent vivantes et d'aspect vifs elles ne muent pas même 72 heures après les traitements.

Par contre les nymphes semblent insensibles aux traitements puisqu'il y a eu émergence d'adultes 24 h ou 48 h après les traitements des adultes.

Nous avons compté le nombre d'exuvies laissées dans les gobelets ayant servie aux tests

Tableau 8: Nombre d'émergences chez les larves traitées pour chaque insecticide utilisé

	Alpha cyperméthrine	Temephos	deltamethrine
Nombre d'émergences	25	11	12

Les larves de dernier stade ont une sensibilité assez variable et plutôt atténuée, vis-à-vis des insecticides, surtout lorsqu'elles se rapprochent de la nymphose.

Ce phénomène de baisse de la sensibilité des larves de dernier stade a d'ailleurs été observé sur le terrain (QUELENNEC, 1967).

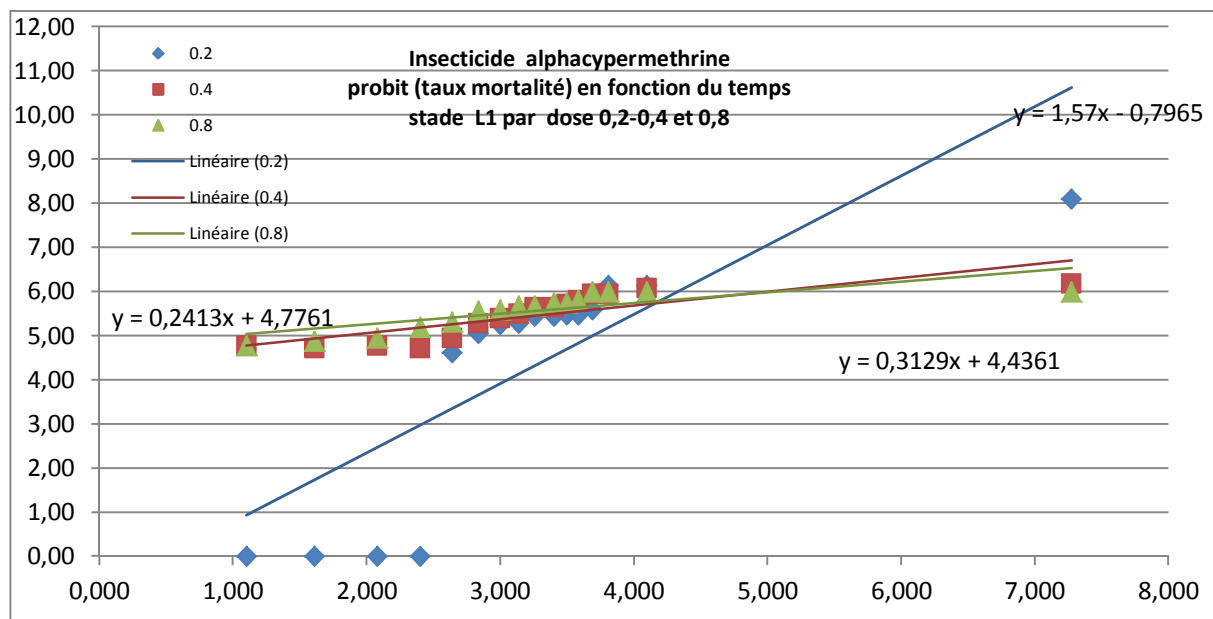
Les larves de stade 4 sont celles qui ont présenté le maximum de résistance puisque seule la dose 0.8% a pu faire 100% de létalité, ces résultats rejoignent ceux des travaux de (BRENGUES et COOSEMANS, 1977).

#### 4.6 DETERMINATION DES TEMPS TL50 ET TL95

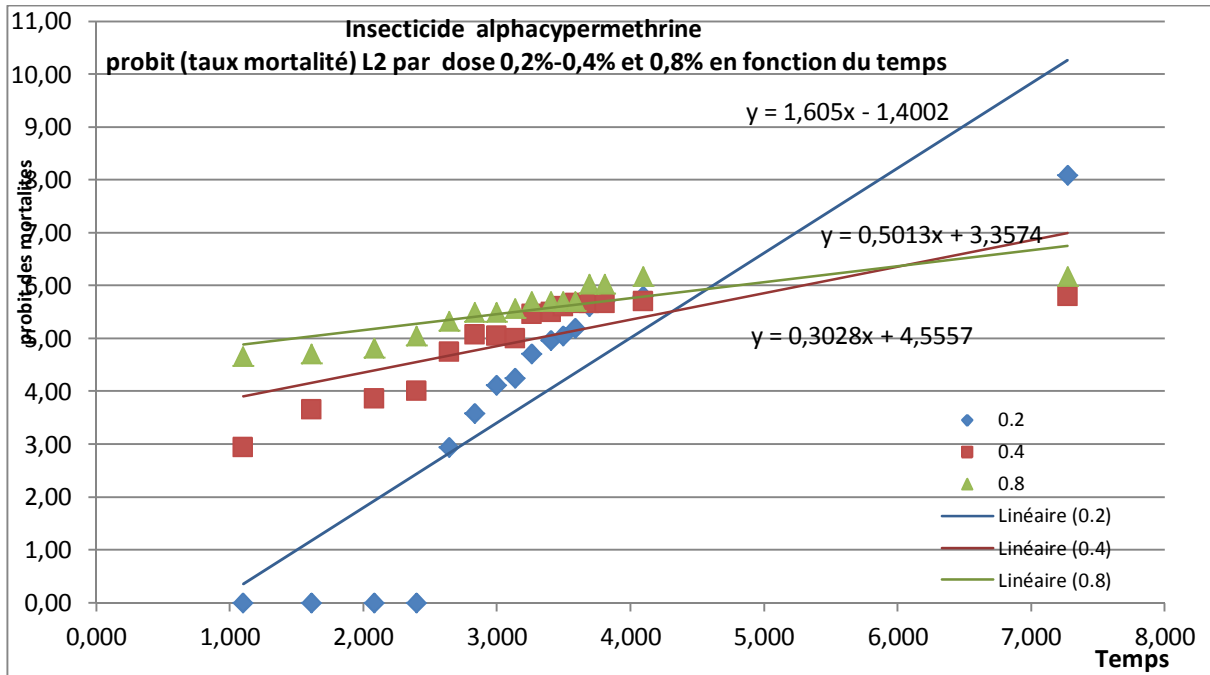
Pour chaque stade larvaire et pour chacun des 3 insecticides nous avons déterminé les temps TL50 et TL 95. En abscisses nous avons porté les logarithmes népérien des temps d'observation et en ordonnées le pourcentage de mortalité corrigé.

Les graphes suivants sont réalisés à partir des moyennes pour les 4 séries de tests effectués :

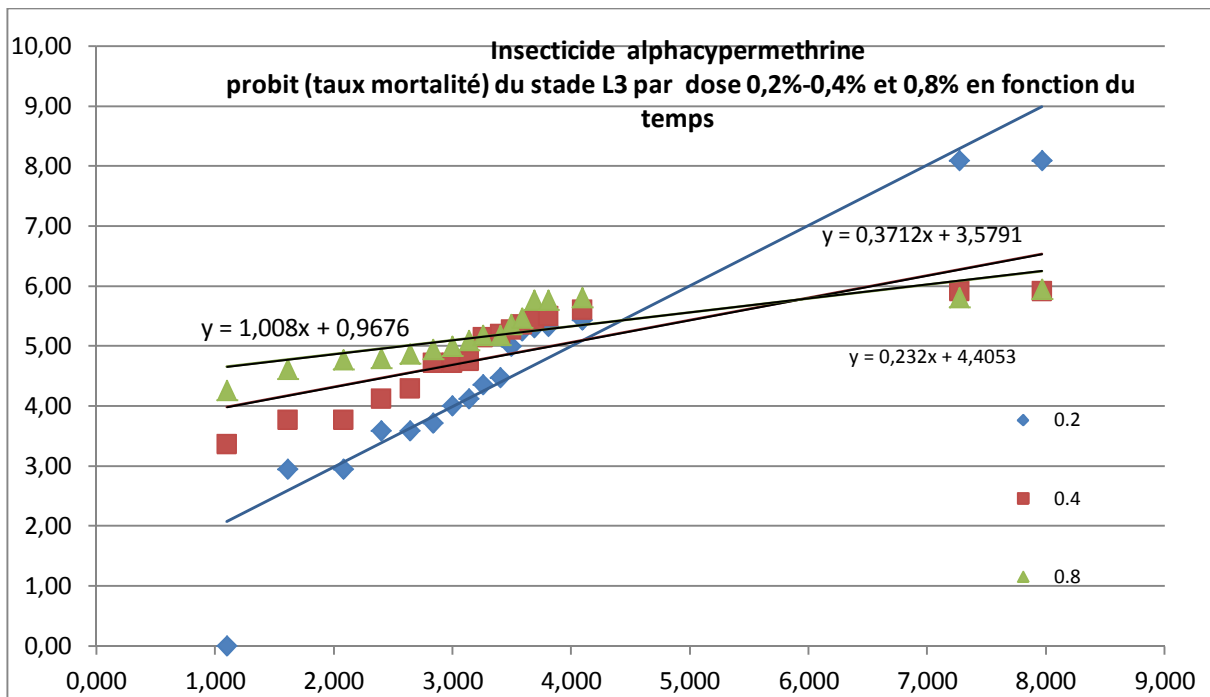
##### 4.6.1 DETERMINATION DES TEMPS TL 50 ET TL95 INSECTICIDE ALPHA-CYPERMETRINE



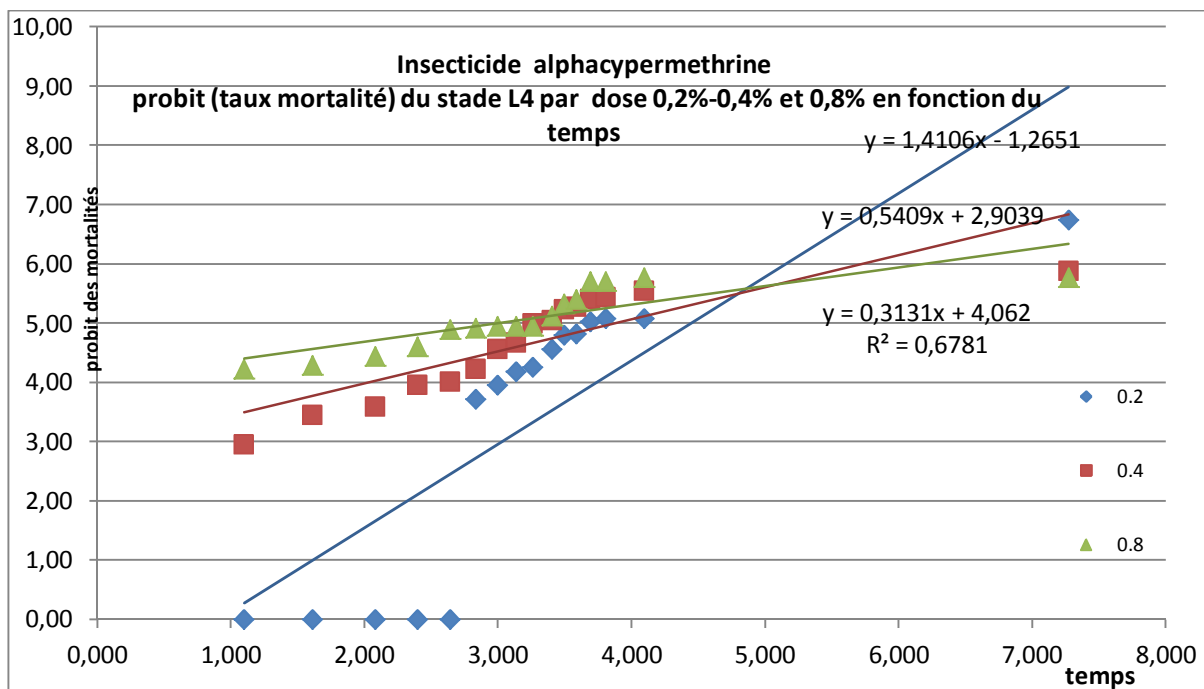
**Graph 13 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps produit alphacyperméthrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L1**



Graph 14 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps alphacypermethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L2

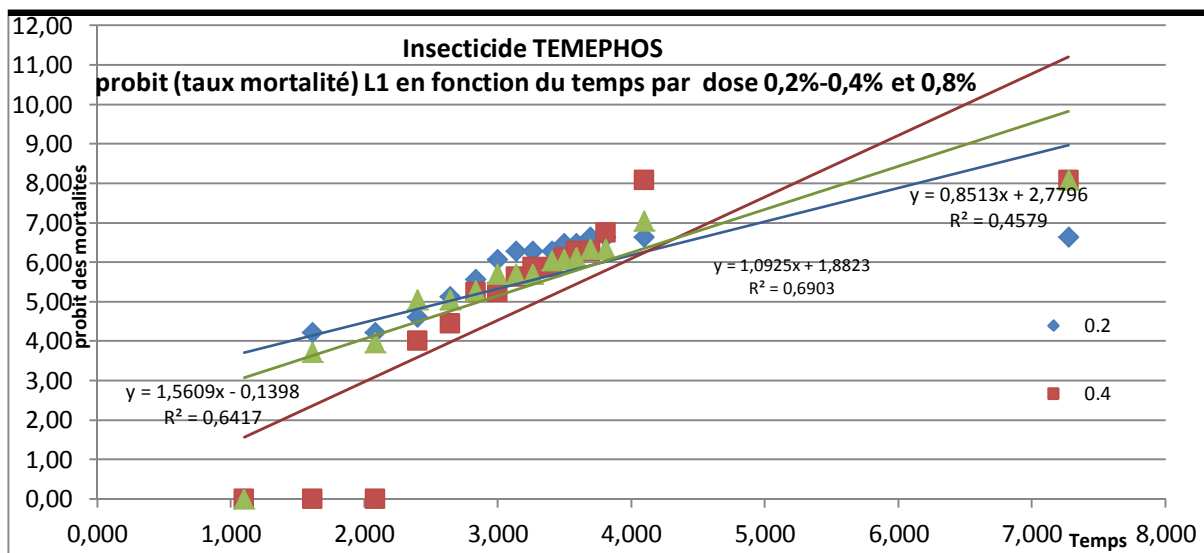


Graph 15 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps alphacypermethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L3



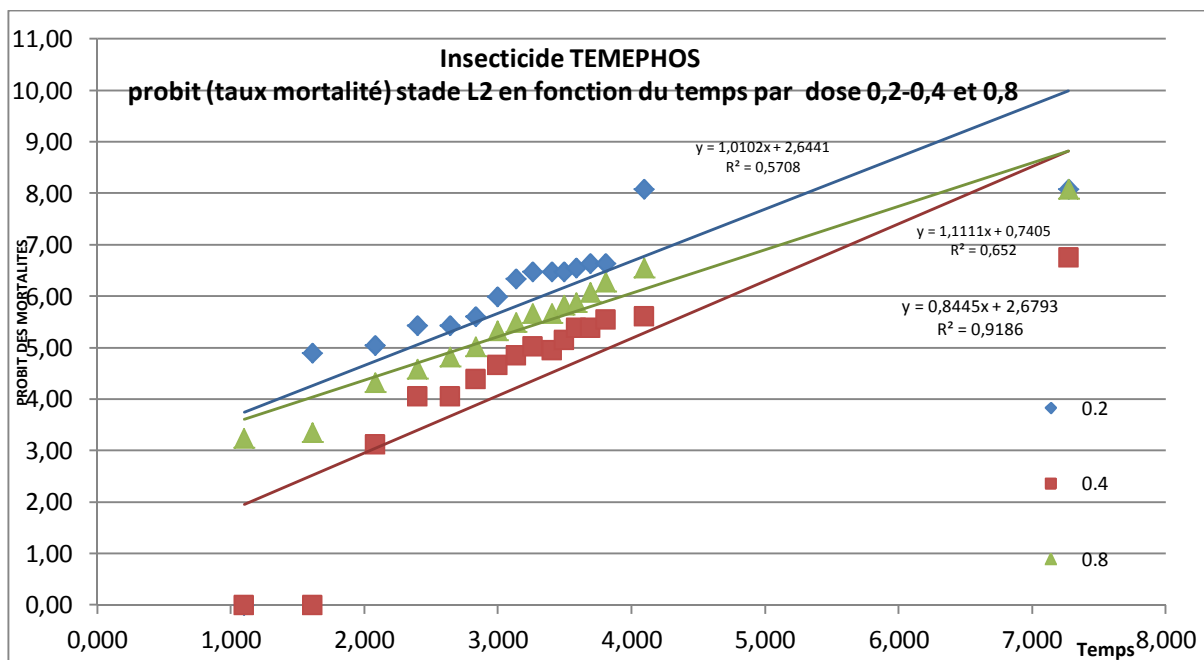
Graph 16 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps alphacypermethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L4

#### 4.6.2 DETERMINATION DES TEMPS TL 50 ET TL95 INSECTICIDE TEMEPHOS

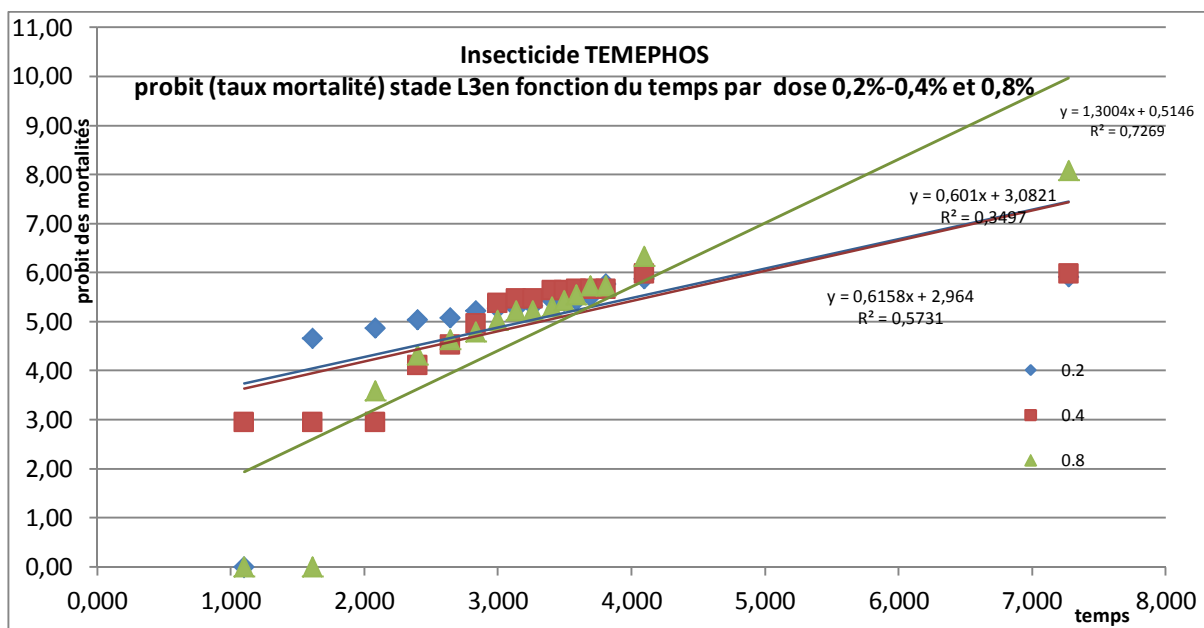


Graph 17 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps temephos 0.2%0.4%0.8% pour le stade L1

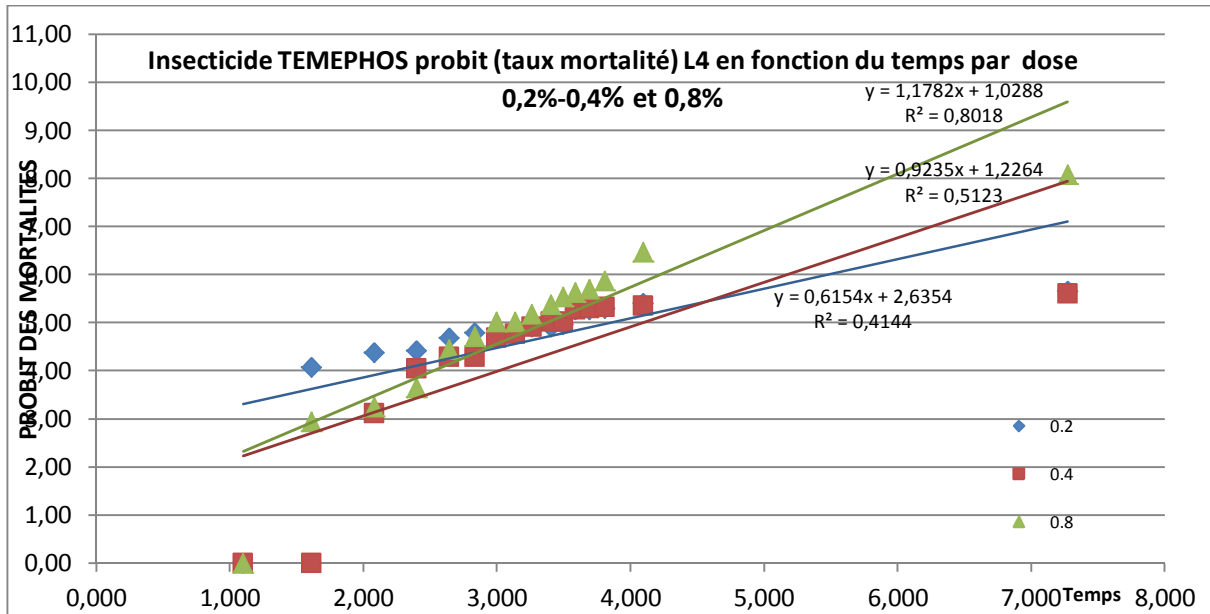




Graph 18 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps temephos 0.2%0.4%0.8% pour le stade L2

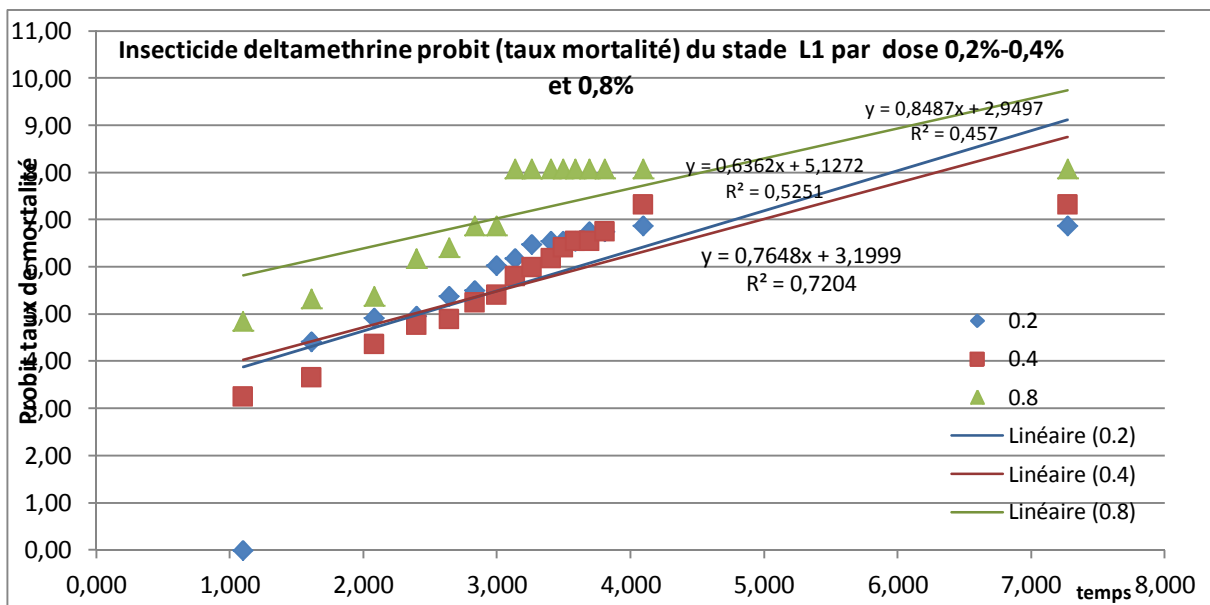


Graph 19 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps temephos 0.2%0.4%0.8% pour le stade L3

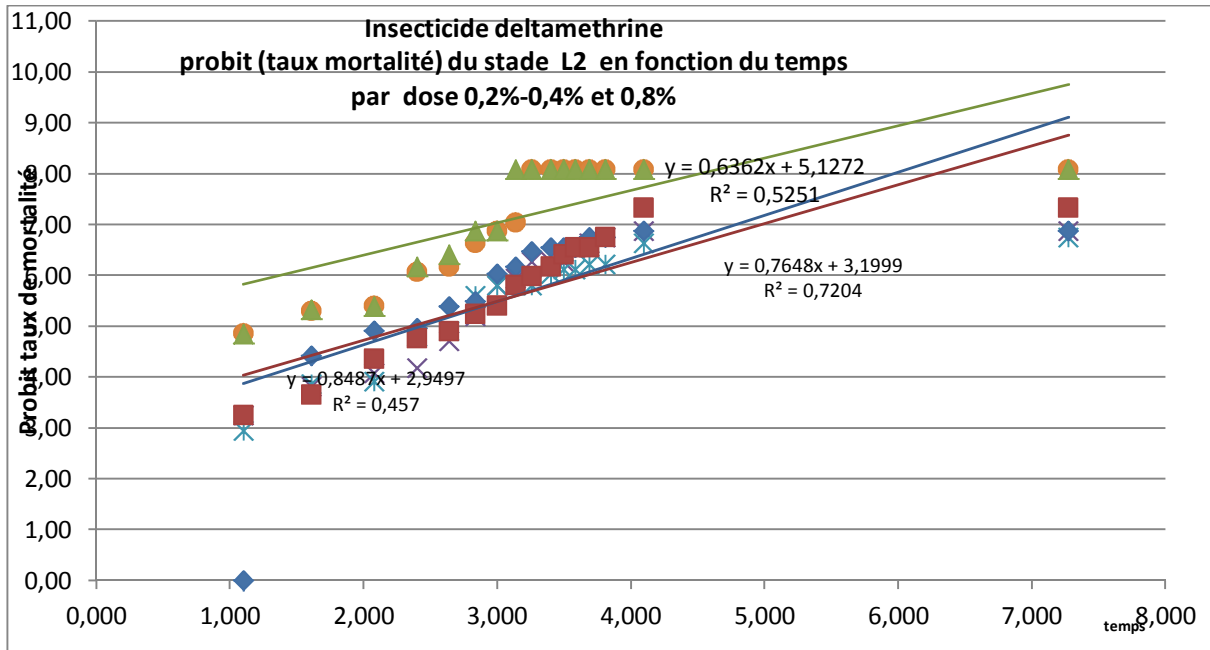


Graph 20 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps temephos 0.2%0.4%0.8% pour le stade L4

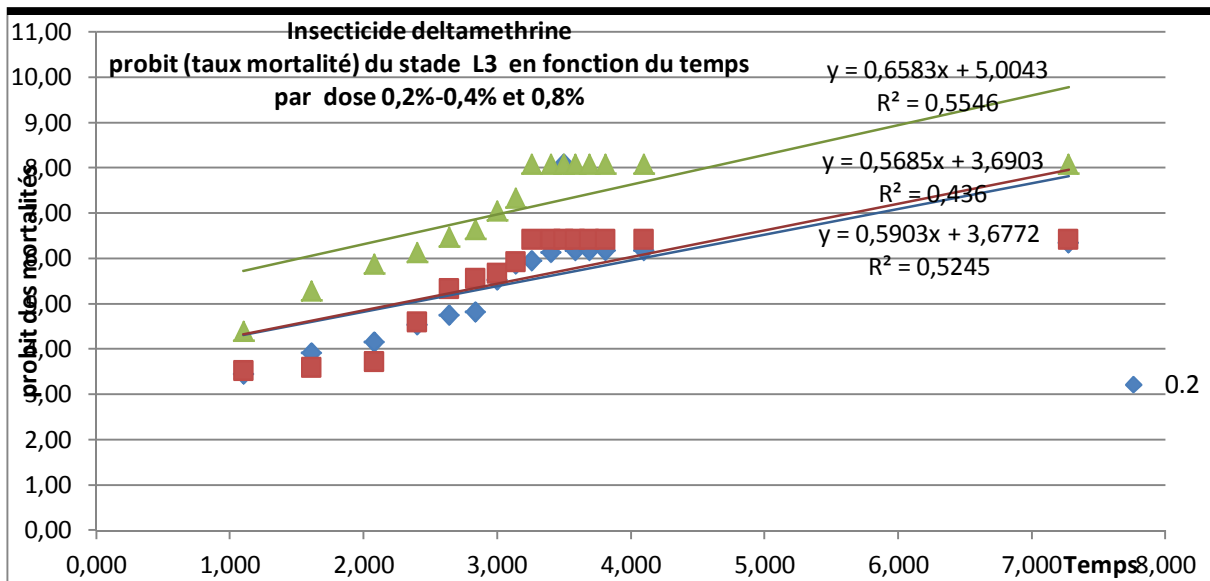
#### 4.6.3 DETERMINATION DES TEMPS TL 50 ET TL95 INSECTICIDE DELTAMETHRINE



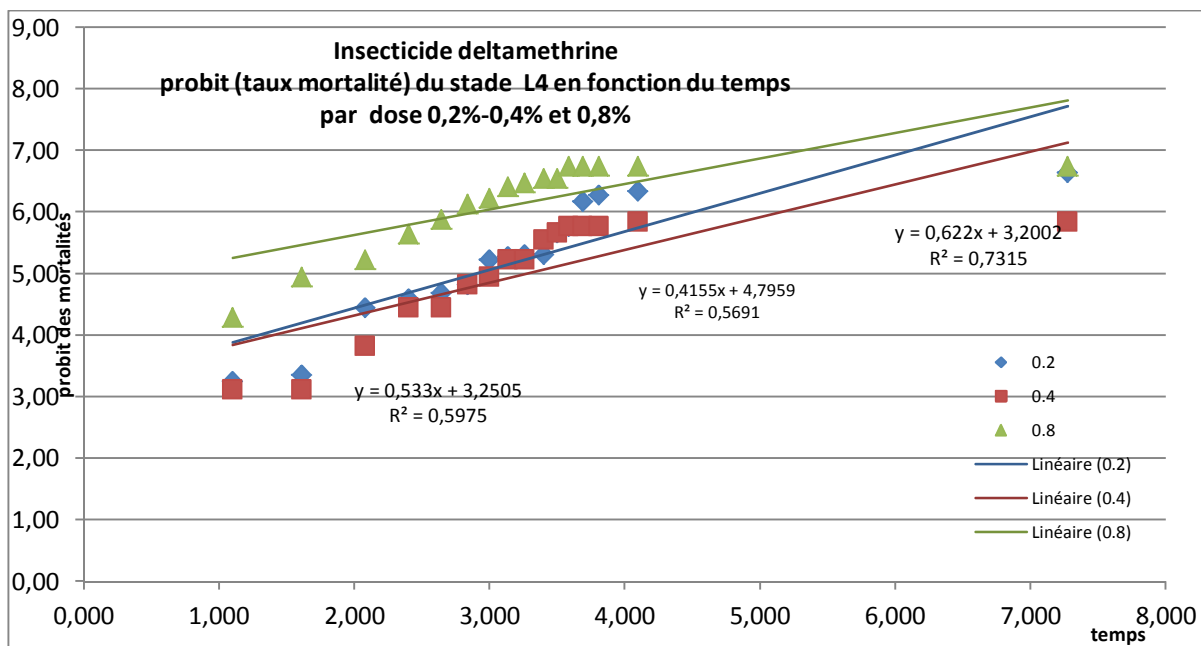
Graph 21 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps Deltamethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L1



Graph 22 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps Deltamethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L2



Graph 23 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps Deltamethrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L3



Graph 24 : Droite de régression probit taux de mortalité en fonction du temps Deltaméthrine 0.2%0.4%0.8% pour le stade L4

La détermination des temps TL50 et TL95 s’est faite à partir des équations de droites de régression probit des mortalités moyennes en fonction du temps.

### CALCUL DE LA TL50 ET TL95

Le calcul de la TL 50 (temps létal au bout duquel on obtient 50% de mortalités) nous renseigne sur la variation du temps de mortalité provoquée par la variation de la dose

Nous remarquons que quel que soit l’insecticide utilisé plus la dose augmente plus les TL 50 baissent.

Les pourcentages de mortalité sont transformés en probit et le temps est calculé en logarithme népérien les résultats obtenu par dose et par stade larvaire sont consignés sur le tableau N°9

Ces résultats montrent que pour les trois (3) doses d’insecticide c’est la deltaméthrine qui donne les TL 50 les plus courts suivie du temovap puis enfin vient l’alpha cyperméthrine.

A l’inverse les TL 95 les plus lents sont donnés par l’Alpha cyperméthrine.

Le calcul des deux valeurs s’est fait à partir des droites de régression pour chaque dose en cherchant à déterminer l’inconnue x pour un probit =5 qui correspond à la mortalité 50%

Exemple pour la première valeur du tableau alpha cyperméthrine 0.2%

$$y = 1,605x - 1,4002$$

$$5 + 1.4002 = 1.605x \text{ soit } x = (5 + 1.4002) / 1.605$$

$x = 3.98$  soit exponentiel de  $3.98 = 53.93$  minutes

Tableau 9: Tableau récapitulatif des TL50 et TL95 obtenues

Insecticide	dose	Equation	a	b	TL50	TL95	r
ALPHA CYPERMETHRINE	0,20%	$y = 1,605x - 1,4002$	1,605	-1,4	53.93	194.83	0,81
	0,40%	$Y = 0,5409x + 2,9039$	0,54	2,90	48,00	999,00	0,83
	0,80%	$y = 0,3028x + 4,5557$	0,3028	4,5557	5	975	0,83
TEMEPHOS	0,20%	$y = 0,6154x + 2,6354$	0.6154	2,6354	46.64	670	0,64
	0,40%	$y = 0,8445x + 2,6793$	0,8445	2,6793	16	109	0,96
	0,80%	$y = 1,0925x + 1,8823$	1,0925	1,8823	17	78	0,83
DELTAMETHRINE	0,20%	$y = 0,8487x + 2,9497$	0,8487	2,9497	11,20	77,34	0,68
	0,40%	$y = 0,7648x + 3,1999$	0,7648	3,1999	10,52	89,84	0,85
	0,80%	$y = 0,6489x + 4,987$	0,6489	4,987	1,02	12,77	0,74

---

## 4.8 DISCUSSION DES RESULTATS DES TESTS DE SENSIBILITE

Avec la deltaméthrine nous avons obtenu (respectivement 96 % et 81% de mortalités, ce qui traduit une efficacité relativement élevée de la deltaméthrine sur la population larvaire.

Les pourcentages de mortalité inférieurs à 67-69 % obtenus avec l'alpha-cyperméthrine traduisent une résistance de cette population à ce produit.

Les temps de TL95 obtenus à partir des droites de régression de la mortalité en utilisant le produit deltaméthrine sont inférieurs à une heure 30 min (89 minutes), par contre on remarque un allongement des temps de TL95 avec l'alpha-cyperméthrine (4 heures) qui indique de nouveau la résistance de la population à cet insecticide.

Néanmoins les temps de TL 95 obtenus avec le témophos et l'alpha cyperméthrine sont plus long que ceux donné avec la deltamethrine ce qui montre que les moustiques sont moins sensibles à ces deux insecticides. D'après FOFANA , l'allongement du TL95 avec une mortalité supérieure ou égale à 98 % est un signe précurseur de l'apparition de la résistance d'une population donnée. (FOFANA ET AL, 2012)

Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par (KOFFI ET AL, 1998) en testant l'efficacité de la deltamethrine et de l'alpha cyperméthrine sur *Anophèles gambia* dans une étude réalisée en côte d'ivoire.

Selon (l'OMS, 1998) les taux inférieur à 70 % de mortalité obtenus avec l'alpha cyperméthrine dénotent une résistance plus que probable de la population de moustique à cet insecticide. A cet effet elle fixe les critères de classement suivants :

- résistant si mortalité inférieure à 80 % ;
- résistance probable à confirmer (ou baisse de sensibilité) ;  
Si mortalité entre 80 et 97 % ;
- sensible si mortalité supérieure à 97 %

Les mortalités enregistrées pour le témephos sont toutes inférieur à 90 % ce qui fait penser à une baisse de sensibilité selon les critères de l'OMS.

Les mortalités enregistrées avec la deltamethrine (respectivement 96 % et 81 % pour les concentrations 0.2% et 0.8% traduisent une sensibilité pour la deltamethrine sur cette population probablement car elle n'est pas utilisée dans les traitements anti larvaire ni dans les traitements de fumigation dans cette wilaya à l'inverse l'alpha-cyperméthrine a été longuement utilisée.

---

Par ailleurs nous remarquons que l'alpha cyperméthrine donne presque la même mortalité aussi bien à la dose 0.4% qu'à la dose 0.8 %. D'après l'OMS quand on multiplie d'un rapport sur deux les doses et que le même effet est obtenu nous sommes face à une résistance.

Les pourcentages de mortalité inférieurs à 70 % obtenus avec l'alpha cyperméthrine et le temephos suggèrent une résistance de la population de moustique à ces deux produits. Il faudra pour en être tout à fait certains le confirmer par des tests plus poussés (tests répétitifs et à différents moments de l'année, multiplier le nombre de gîtes et étaler l'étude sur une surface plus grande.

Le fléchissement constaté sur le graphe de la mortalité en fonction des doses pour l'alpha cyperméthrine rappelle la courbe tracée par (BRENGUES et COOSEMANS, 1977) pour caractériser une résistance partielle.

Dans des travaux similaires sur des larves de *Culex* à Abidjan une résistance des populations de *Culex quinquefasciatus* aux trois insecticides utilisés (perméthrine, deltaméthrine et DDT) a été observée dans les quartiers urbanisés. (FOFANA et AL, 2012).

L'isolement et une faible dispersion favorise l'apparition de résistance (BRENGUES et COOSEMANS, 1977) or, dans les gîtes urbains principalement constitués de caves inondées, le moustique ne s'éloigne pas trop de son gîte d'émergence pour trouver son repas sanguin.

Nos tests ont aussi montré que les larves de stade L4 et les pupes sont moins sensibles aux traitements, ceci a été constaté avec les trois insecticides testés, d'après (BRENGUES et COOSEMANS, 1977) l'âge est un Facteur important de variation, en règle générale les individus âgés sont moins sensibles que les individus jeunes ceci est particulièrement vrai pour les larves de moustiques l'état physiologique influence aussi sur la sensibilité (KAWADA ET AL, 2010).

La résistance aux stades larvaire est extrêmement élevée par rapport au stade adulte. Les moustiques peuvent mettre en place différents mécanismes de résistance par différentes voies métaboliques dans les larves et stade adulte (KAWADA ET AL, 2011).

L'évolution vers la résistance aux insecticides des vecteurs du paludisme comme *Anophèles gambiae* (Diptera : Culicidae) est en partie liée à l'utilisation des insecticides dans l'agriculture (CORBEL et al, 2007). Les résidus dans les parcelles sont connus pour contaminer les sites de reproduction des moustiques.

---

Une zone de culture rizicole située à 40 km au Nord de Bobo-Dioulasso, au Burkina Faso abrite deux formes d'*Anophèles gambiae* différentes. La première apparaît en mai-juin dans les rizières et ne présente pas de résistance aux pyréthriinoïdes.

La seconde émerge en septembre octobre dans des flaques d'eau issues de la mousson et résiste aux insecticides, les moustiquaires usuelles traitées aux pyréthriinoïdes se sont avérées efficaces uniquement vis-à-vis des moustiques non résistants de la première population.

Au Burkina Faso et au Bénin, il y a certains éléments de preuve que le processus de sélection insecticide commence dans les champs.

Une étude en Tunisie a montré que tous les échantillons de *Culex pipiens* étaient résistants à la perméthrine avec une grande variation de la tolérance à cet insecticide (KRIDA et al.). En effet un intense programme de contrôle a été réalisée au cours des années 1960 et 1970, et d'énormes quantités de DDT ont été utilisées pour le contrôle anophèles ces quantités peuvent être considérées comme les causes de résistance du *Culex pipiens* tunisien (BEN CHEIKH ET AL., 1998).

Pour la deltaméthrine la même étude a montré que 14 parmi 17 échantillons *Culex pipiens* étaient résistants. La plus haute résistance à la déltaméthrine a été observée dans des échantillons de Tunis, région du Cap Bon et East- régions du Sud.

Dans la wilaya d'Alger, les traitements de lutte anti-vectorielle effectués quotidiennement contribuent à éliminer les insectes sensibles. D'après l'OMS plus on utilise d'insecticide plus on élimine d'individus dans une population normale d'insecte plus on favorise la sélection d'individus résistants, aussi l'emploi d'insecticides rémanent et efficaces pendant de longues périodes, la répétition fréquente des traitements sur de grandes surfaces concourent à la sélection rapide d'individus résistants. Cette sélection est beaucoup moins rapide lorsque les applications sont moins nombreuses dans le temps et dans l'espace et qu'une dispersion suffisante des insectes favorise la dilution des individus résistants (BRENGUES et COOSEMANS, 1977).



---

La résistance aux pyréthrinoides et à l'organo phosphoré observée au sein des populations de *Culex* testées pourrait être due à une pression de sélection naturelle exercée :

- Soit par l'utilisation de ces insecticides en hygiène publique depuis 1996 à Alger, il est possible que la pression de sélection, maintenue au niveau de cette wilaya par les traitements anti vectorielle effectués aux perythrinoides et aux organophosphorés durant des années consécutives aient induit non seulement une résistance à l'alphacypermethrine, mais aussi une résistance croisée avec le temephos produits chimiques utilisés pour la lutte anti larvaire. A cet égard Mazzani et Georghiou reportent chez les moustiques des cas de résistance croisées à large spectre vis-à-vis des organophosphorés différents tels le temephos le malathion et le chlorpyrifos (KRIDA et al 1998)
- Soit à l'introduction via les flux de voyageurs et de marchandise dans cette grande métropole d'individus résistants, en effet il a été mis en évidence que dans le bassin méditerranéen *Culex pipiens* était résistant aux perythrinoides (CURTIS ET PASTEUR, 1981).
- Soit à l'utilisation intensive en agriculture en effet des travaux ont montré que dans la population de *Culex pipiens* trois gènes de résistance mis en évidence, sont certainement dus à des traitements aux insecticides.

Le gène de résistance identifié dans *Culex pipiens*, a été enregistré à Est de L'Afrique en 1972 (CURTIS ET PASTEUR, 1981). Cet allèle résistant est fortement envahissant (RAYMOND et Al., 1991).

Au Mali, la mutation kdr a été identifiée il y a plusieurs années, mais seulement chez *A. gambiae*. La sensibilité testée au DDT et à d'autres pyréthrinoides effectuée dans les zones irriguées de Niono et Sélingué et dans les cultures de coton les zones a révélé des degrés de résistance différents aux insecticides (FANE ET AL, 2008)

La résistance aux pyréthrinoides chez des moustiques *Culex* est conférée par deux mécanismes majeurs, la désintoxication améliorée par cytochrome P450 mono oxygénases aussi bien que l'insensibilité de site cible (c'est-à-dire, une mutation du canal de sodium sensible appelée kdr).

Dans le sud de la France en 1975 un seul gène était tenu responsable de la résistance au chlorpyrifos cette situation a évolué car une résistance évolue toujours en effet les nouveaux facteurs procurent aux populations qui le portent des résistances bien plus élevés (x200) que celle donnée par l'allèle Est 3a (x20) (RAYMOND ET AL ,1985).

---

En absence de données concernant la susceptibilité des larves de *Culex pipiens* à Alger vis-à-vis des produits insecticides, il nous est difficile de comparer nos résultats à d'autres travaux.

Les tests ont été fait sans souche sensible de référence, il faudrait pour parfaire l'analyse disposer d'une et comparer leurs sensibilité avec celle des spécimens à tester.

Dans ces conditions, ces tests, seuls, ne permettent pas d'évaluer l'efficacité réelle d'un insecticide. Ils servent à détecter la présence au sein d'une population donnée d'individus résistants; Les faibles pourcentages de mortalité notamment pour l'alpha cyperméthrine et le temephos portent à croire qu'une proportion non négligeable d'individus a développé une résistance vis-à-vis de ces deux insecticides.

Toutefois, ces résultats ont été obtenus au laboratoire ils doivent être appuyés par des évaluations sur le terrain, en station expérimentale d'abord, ensuite au niveau d'un quartier ou d'une commune à plus grande échelle

De plus la résistance la vraie est génétiques ce qui veut dire qu'elle est inscrite dans les gènes des générations résistantes, il faut donc pousser les investigations plus loin et essayer de déterminer par l'usage de la PCR ces gènes qui confèrent au moustique sa capacité à survivre à un traitement insecticide.

Selon (l'OMS, 1998) les taux inférieur à 80 % de mortalité obtenus avec l'alpha cyperméthrine dénotent une résistance plus que probable de la population de moustique à cet insecticide.

Beaucoup d'insecticides actuellement utilisés ont échoué à contrôler *Culex pipiens* dans les champs, très probablement en raison du développement de résistance (Kim et AL. 2007).

---

## CONCLUSION

*Culex pipiens* présente une résistance à l'alpha cyperméthrine avec un pourcentage de mortalité de 67 % pour une concentration de 0.8 %. Des observations après 24h pour des concentrations de 0.2 et 0.4% n'ont entraîné que 70 % de mortalité chez cette espèce. Au niveau de la wilaya d'Alger la dernière utilisation de l'alpha cyperméthrine contre les larves de moustique date de 2011 dans les gîtes urbains mais la fumigation de nuit utilise un insecticide à base de cette matière active.

Le maintien d'une résistance après l'arrêt des aspersion laisse supposer l'existence d'une pression de sélection exercée par l'insecticide utilisé en fumigation et par d'autres insecticides tels les pyréthrinoïdes largement utilisés en hygiène publique et en agriculture d'après ( FARAJ et AL, 2008)

Toutes les utilisations d'insecticides tant par les particuliers que par les professionnels (service LAV, entreprises 3D, agriculteurs, ...) génèrent une pression insecticide sur les moustiques et participent ainsi à sélectionner les plus résistants. C'est pourquoi l'apparition de résistances doit être détectée précocement pour orienter les actions de lutte en conséquence et anticiper si besoin le développement de nouvelles molécules ou de méthodes de lutte alternatives.

---

## CONCLUSION GENERALE

---

Les différents tests de sensibilité effectués suggèrent un début de résistance aux pyréthrinoides et aux organophosphorés utilisés actuellement dans la lutte anti larvaire au niveau de la zone d'étude ; il est donc impératif que les organismes chargés de la lutte anti vectorielle au niveau de la wilaya d'Alger prennent les devants en adoptant une stratégie de gestion de la résistance. A court terme il s'agirait d'utiliser des associations d'insecticides en alternance pour prévenir de nouvelles résistances et d'opter à long terme pour une lutte intégrée combinant l'utilisation de techniques que permet le génie sanitaire : assèchement des gîtes potentiels, sensibilisation des citoyens pour une meilleure réussite des programmes de lutte anti-larvaire il est évident que les moustiques seront incapables de développer une résistance à toutes ces techniques à la fois.

Les résultats obtenus montrent bien la nécessité de prendre en compte le niveau de sensibilité aux insecticides utilisés dans les outils de lutte contre le paludisme en milieu urbain lors de la planification de l'utilisation de ces outils. L'utilisation des bios larvicides avec les outils classiques de lutte contre les moustiques en milieu urbain pourrait s'avérer très utile.

Après avoir fait un inventaire succinct des méthodes de lutte existant contre les moustiques, il apparaît qu'aucune méthode utilisée seule n'est satisfaisante à long terme et, de plus en plus, une combinaison de plusieurs méthodes semble être la solution la mieux indiquée (CUISANCE ET AL, 1980) .

Il aurait bien sûr été intéressant de déterminer les profils de résistance phénotypique des échantillons soupçonnés de résistance et pouvoir confirmer cela par PCR en étudiant la mutation KDR déjà largement observée dans de nombreux pays africains et méditerranéens voisins, cela constituera peut être une piste de travail pour les travaux ultérieurs. L'absence d'amorce au niveau de l'institut Pasteur fut la principale contrainte à la mise en œuvre de cette confirmation.

La résistance des populations de moustiques aux insecticides utilisés en santé publique demeure une réalité qui hypothèque l'utilisation d'insecticide dans la lutte contre les moustiques en milieu urbain. Ainsi, il est nécessaire de mettre en place un système de surveillance et d'évaluation de la sensibilité des différentes populations de moustiques aux insecticides.

Un réseau de surveillance entomologique travaillant de concert avec les différents opérateurs en matière de lutte anti vectorielle des épidémiologistes gagnerait à être installé au sein du pays afin de prévenir la réapparition des maladies émergentes comme

---

le paludisme, qui a connu une recrudescence cet automne. Les connaissances sur la systématique, la distribution et la compétence vectorielle des espèces nuisibles par des données inédites partagées et communiquées en temps réel pourraient contribuer à enrayer définitivement certaines zoonoses.

Devant l'aggravation de la situation en ce qui concerne le phénomène de la résistance chez les insectes vecteurs de maladie le comité d'experts OMS des insecticides 1976 s'est convaincu du rôle important des applications massives d'insecticide dans l'induction de la résistance, elle a recommandé aux états membres de surveiller l'importation, la fabrication et l'emploi de tous les pesticides afin que l'éveil puisse être donné au cas où des manifestations de résistance viendraient à se produire (FAO, 1979).

A l'heure actuelle l'importation de produits biocides et leur mise en vente sur le marché Algérien est plus aisée qu'elle ne l'est pour aucun autre produit puisqu'ils ne sont soumis à aucun contrôle officielle. L'absence d'organisme d'homologation des produits insecticides à usage d'hygiène public laisse le champ libre aux opportunistes qui peuvent importer n'importe quelle matière active, il n'est donc pas aisé d'appliquer les recommandations de l'OMS citées plus haut.

La gestion de la résistance doit être effectuée tôt tandis que la résistance est rare, le faire plus tard quand la résistance est bien répandue au niveau de la population d'insecte serait fastidieux et coûteux. Le premier principe est l'utilisation judicieuse des pesticides et la bonne gestion des pesticides. Cela sous-entend de pas exposer les populations vectorielles à une pression insecticide lorsque la population humaine n'a pas de risque significatif, ou que l'intervention a peu ou aucun intérêt pour la santé publique.

La création d'un réseau de surveillance des populations vectorielles permettrait de mieux orienter les stratégies de lutte contre la nuisance occasionnée par les moustiques et de détecter tout changement dans la sensibilité de ces nuisibles vis-à-vis des traitements insecticides, notamment en présence du risque de l'utilisation arbitraire des produits chimiques en agriculture comme c'est le cas dans la Mitidja. Nos agriculteurs devraient être sensibilisés à l'utilisation parcimonieuse des insecticides et des engrais.

Bien qu'ils soient préliminaires, les résultats de cette étude serviront comme données de base pour des études ultérieures concernant la susceptibilité des larves de moustiques aux insecticides. Ces études devraient toutefois porter sur un nombre plus élevé d'échantillons distribués sur une aire géographique plus étendue afin de mieux identifier la résistance aux produits chimiques, des vecteurs ciblés. Convaincre les décideurs qu'opter pour la lutte intégrée permettrait de garantir l'efficacité des moyens mis en œuvre pour lutter contre les moustiques.

---

# BIBLIOGRAPHIE

---

- 1 BAHRI O., I. DHIFALLAH, N. BEN ALAYA-BOUAFIF, H. FEKIH, J. GARGOURI, H. TRIKI (2010). Étude séro épidémiologique de la circulation du virus West Nile chez l'Homme en Tunisie. *Bull. Soc. Pathol. Exot, Société de pathologie exotique et Springer-Verlag*.
- 2 BECKER N (2010), Mosquitoes and Their Control, Ed Springer, 608 pages
- 3 BECKER, N., PETRIC, D., ZGOMBA, M., BOASE, C., DAHL, C., LANE, J. & KAISER, A., 2003 –Mosquitoes and their control. Ed. Kluwer Academic, New York, 498 p.
- 4 BERCHI 2000 thèse doctorat es science entomologie bio écologie de culex pipiens dans la région de Constantine et perspectives de lutte université de Constantine
- 5 BERCHI S 2012, AMEL AOUATI1, KAMEL LOUADI1 Typologie des gites propices au développement larvaire de *Culex pipiens* source de nuisance à Constantine, *ecologia mediterranea* – Vol. 38 (2) – 2012
- 6 (BOULKENAFET, 2006) Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes ( Diptera : Psychodidae ) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera : Culicidae ) dans la région de Skikda université Mentouri constantine
- 6 BOUKRAA S. 2009 biosystematique des moustiques dans et aux alentours des fermes d'élevages en Belgique mémoire de fin d'étude Université de Liege
- 8 BOULKENAFET, 2006 Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes ( Diptera : Psychodidae ) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera : Culicidae ) dans la région de Skikda Université Mentouri Constantine
- BOUTIN, J-P., R. MICHEL, L. GALOISY-GUIBAL, J-B. MEYNARD, F. PAGES, T. MATTON, A. SPIEGEL, D. BAUDON (2001). La stratégie de lutte anti vectorielle dans les armées françaises
- 9 BRENGUES J. ET COOSEMANS M. 1977 sensibilité et résistance des insectes aux insecticides En Afrique tropicale no 6.539 /doc.tech.ocge.
- 9 BREVAULT (2002), JACQUES BEYO, SAMUEL NIBOUCHE, MAURICE VAISSAYRE. , La résistance des insectes aux insecticides. Problématique et enjeux en Afrique centrale Acte du colloque 27 mai 2012 cameroun <http://hal.cirad.fr/docs/00/14/24/47/PDF/T507Brevault.pdf>
- 15 BRUNET. J. L (2006). Les insectes et la santé. Edition John Libbey Eurotext, 124 pages

- 
- 17 BRUNHES J., RHAIM A., GEOFFROY B., ANGEL G. et HERVY J. 1999 – Les Culicidae de l’Afrique méditerranéenne. Logiciel d’identification. Ed. Institut de la Recherche et du Développement, Montpellier.
- 18 CAVALIER 1976 *Cours de phytopharmacie*. Ed. Institut National Agronomique, T.1, El- Harrach, 514 p.
- 19 CHARBONNEAU P., M. WOLF (2013). Infectiologie en réanimation Edition Springer 529 pages
- 20 CHIPPAUX ROBERT, JPH, L .DIOMANDE (1991). Le paludisme en Afrique de l’Ouest : étude entomologique en zone rizicole et en milieu urbain. Edition IRD, 105 pages.
- 22 CLEMENTS ALAIN NEVILLE 2012 . The Biology of Mosquitoes, Volume 3. CABI, 571 pages
- 23 COATS JOEL R. (1982). Insecticide mode of action. Academic Press, 467 pages
- 24 CORBEL et Al, 2012 Paludisme : des moustiques vecteurs en perpétuelle adaptation  
Fiches d'actualité scientifique <http://www.ird.fr/la-mediatheque/fiches-d-actualite-scientifique>
- DAJOZ R, 1971 – Précis d'écologie Ed. Dunod Paris : 434p.
- 9 DAJOZ R 1982 – Précis d'écologie Ed. Bordas Paris : 483p
- 26 DAJOZ R. (2010). Dictionnaire d’entomologie anatomie systématique. Biologie Edition Tec et Doc, 348 pages
- 30 DAJOZ ROGER 2012 - L'évolution biologique au XXIe siècle: les faits, les théories edition Lavoisier, 326 pages  
M. Danis et J. Mouchet (1991), *Paludisme* Edition Ellipses, 240 pages
- 31 DANIS M ET J. MOUCHET (1991), *Paludisme* Edition Ellipses, 240 pages  
mouchet 2005 Biodiversite du paludisme
- 33 DARRIET F (1998), La lutte contre les moustiques nuisant et vecteurs de maladies : l'évaluation de nouveaux insecticides utilisables contre les moustiques en Afrique tropicale. KARTHALA Editions, 114 pages
- 34 DARRIET FREDERIC (2007), Moustiquaires imprégnées et résistance des moustiques aux insecticides. Editions IRD, 116 pages.
- 38 DOBY J. M. ETJ. CORBEAU 1962 Etude critique de la méthode standard de l'OMS pour la détermination de la sensibilité des larves de moustiques aux insecticides  
Bull. Org. mond. Sante 1962, 27, 189-197

- 
- 41 DUSSART P 2012 P, R. CESAIRE , A. SALL :. Dengue, fièvre jaune et autres arboviroses Elsevier Masson <http://www.em-consulte.com/article/699809/>
- 42 EL GHOUL H (2009). Fièvre du Nil Occidental : Historique et situation épidémiologique en Tunisie renforcement de la surveillance et des systèmes d'alerte pour la fièvre catarrhale ovine, la fièvre du Nil Occidental et la rage au Maroc, en Algérie et en Tunisie. Ministère de l'Agriculture et des ressources hydrauliques de Tunisie. Informations recueillies auprès Ministère de l'Agriculture et des ressources hydrauliques de Tunisie
- 43 EL OUALI LALAMI A, O. EL HILALI, M. BENLAMLIH, M. MERZOUKI, N. RAISS, S. IBENSOUDA KORAICHI, O. HIMMI (1952). Etude entomologique, physicochimique et bactériologique des gîtes larvaires de localités à risque potentiel pour le paludisme dans la ville de Fès, *Bulletin de l'Institut Scientifique. Section Sciences de la Vie*, 2010, n°32 (2), pp 119-127. Rabat
- 45 FAGHERAZI-PAGEL, H., 2008- Maladies émergentes et ré émergentes chez l'homme. <http://www.inist.fr/IMG/pdf/MaladiesEmergentes.pdf>.
- 46 FAO 1978 Rapport de la 2<sup>ème</sup> session Rome, 26 août-1er septembre 1978 . Résistance aux pesticides et évaluation des pertes de récoltes, Volume 2 Food & Agriculture Org., 47 pages
- 39 fao2012 Directives pour la prévention et la gestion de la résistance aux pesticides [http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests\\_Pesticides/Code/FAO\\_RMG](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Code/FAO_RMG)
- 40 FOFANA D. 2012 Fofana A.B. Koné · N. Koné · Y.-L. Konan · J.M.C. Doannio · K.E. N'goran Sensibilité de *Culex quinquefasciatus* aux pyréthrinoïdes en relation avec le niveau d'urbanisation et l'évacuation des eaux usées dans la commune de Yopougon à Abidjan (Côte-d'Ivoire) entomologie médicale / medical entomology society de pathologie *exotique et Springer-Verlag France*
- 49 FOUET.C (2010), in ; Polymorphisme chromosomique et adaptation à l'aridité chez *Anophèles Gambiae* sensu strict. Thèse de doctorat vétérinaire, faculté de médecine de Créteil-France.
- 50 52 GIEC, 2007 : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de~)]. GIEC, Genève, Suisse, ..., 103 pages.



- 
- 55 GNANKINÉA, Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) and *Anopheles gambiae* Giles (Diptera: ulicidae) could compromise the sustainability of malaria vector control strategies in West Africa Olivier Gnankinéa,\*, Imael H.N. assoléb, Fabrice Chandrec, Isabelle Glithod, Martin Akogbetoe, Roch K. Dabiréf, Thibaud Marting,
- 57 GOLVAN Y-J., 1983 – Eléments de parasitologie médicale 4<sup>ème</sup> Ed. Flammarion. Chp3.245p.
- 58 GUILLAUMOT L. (2005). Les moustiques et la dengue. Institut Pasteur, Nouvelle Calédonie
- 59 HAMER Gabe 2009 éco épidémiologie of west Nile virus <http://www.vetmed.wisc.edu/WNV/background.html>
- 60 HARBACH R(1994), Review of the internal classification of the genus *Anopheles* (Diptera: Culicidae) : the foundation for comparative sytematics and phylogenetic research. *Bull. Entomol*, pp 331-342
- 61 HARBRACH 2007. Les culicides d'Afrique méditerranéenne harbrach clé identification des moustiques
- 41 HASSAINE K. (2002). *Bioécologie et biotypologie des Culicidae (Diptera: Nematocera) de l'Afrique méditerranéenne. Biologie des espèces les plus vulnérantes (Ae. Caspius, Ae. Detritus, Ae. Mariae et Cx. pipiens) dans la région occidentale algérienne.* Thèse de doctorat es Sciences, Université de Tlemcen, 191 p.
- 42 HAUBRUGE E, M. AMICHOT (1998). Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. *Biotechnol. Agro Soc* pp 161-174.
- 43 HEONG et Al, 2011. Research methodes in toxicologie and insecticide resistance monitoring of rice hoppers plan ed bill hary 101pages
- 44 HICKNER, 2011. Enhancing genome investigations in the mosquito *Culex quinquefasciatus* via BAC library construction and characterization Paul V Hickner1†, Becky deBruyn1†, Diane D Lovin1, Akio Mori1, Christopher A Saski2 and David W Severson, 4:3581
- 45 HURAUX J. M. (2003). *Traité de virologie médicale.* Edition Boeck Secundair, 699 pages
- 46 HAUPT JH, 2000 guide des mouches et des moustiques l'identification des espèces européennes Edition delachaux et niestle 352 pages
- 47 ISHAAYA I, A. RAMI HOROWITZ *Bionational Control of Arthropod Pests: Application and Resistance Management* Springer, Aug 28, 2009 - *Science* - 420 pages

- 
- 48 KBIBCH et Al, 2012 Etude de l'impact des eaux usées de la ville de Souk el Arbaa sur la prolifération des moustiques. (Culex pipiens). Ab.Kbibch<sup>1\*</sup>, kh. Elkharim<sup>1</sup>, k .Elkhokh<sup>1</sup>, M .Chentoufi , D. Belghyti .*ScienceLib Editions Mersenne* : Volume 4 , N ° 120603
- 49 KRIDA, G. DIANCOURT, L. BOUATTOUR A, RHIM A.,. CHERMITI B., 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*, p 104, pp 250-259
- 50 LAFRI, S. 2011- Contribution à la surveillance des vecteurs d'arboviroses en Algérie. Thèse de Magistère en Zoonoses Infectieuses : Diagnostic et Thérapeutique. Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire : 108p.
- 53 LAWRENCE GILBERT I., SARJEET S. GILL. 2010. Insect Pharmacology : Channels, Receptors, Toxins and Enzymes. Academic Press, 392 pages
- 54 LARIVIERE ET ABONNENC (1958), Les gîtes larvaires des Culicidae dans la presqu'île du Cap Vert. US State Département of Agriculture.
- 55 LEECLUS, D.,CHAUFAUX J (1986). Etat actuel de la lutte biologique à l'aide de Bacillus Thuringiensis. CAH Liaison OPIE Vol 20986.6315-20.
- 56 M. MAGHIN (1985). Mécanisme physiologique de la résistance des insectes aux insecticides. ORSTOM *entomologie médicale et parasitologie*, Vol XXIII N°4, pp 273-280.
- 57 MARIAU DOMINIQUE, 1996 Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales Editions Quae, 1996 - 196 pages
- 58 MONTRESOR ANTONIO (2004). OMS. Lutte contre les helminthiases chez les enfants d'âge scolaire: Guide à l'intention des responsables des programmes de lutte. OMS, 70 pages
- 59 MAUCHAMP BERNARD 1990 l'arrivée d'un premier déclencheur de mue comme régulateur de croissance chez les insectes Adalia -14,pp1-6  
<http://www7.inra.fr/opie-insectes/pdf/i98mauchamp.pdf>
- 60 Ministère des affaires étrangères France (2002). Memento de l'agronome. Edition Quae, 1691 pages
- 96 MOLINIER A, J. MASSOL. (2008)., Pathologie médicale et pratique infirmière: Hématologie, oncologie, neurologie, ORL, stomatologie, chirurgie maxillo-faciale, ophtalmologie, dermatologie, maladies infectieuses, VOLUME 3, 601 pages Edition LAMARE
- 98 MONTRESOR A(2004). OMS. Lutte contre les helminthiases chez les enfants d'âge scolaire: Guide à l'intention des responsables des programmes de lutte. OMS, 70 pages
- 97 MOORES G., G. BINGHAM (2005). Use of temporal synergism to overcome insecticide resistance out locks on pest management. pp 7-9

- 
- 98 MOUCHET J. 2004 - Biodiversité du paludisme dans le monde ed Libbey Eurotext, 428 pages
- 101 MRAD, ENISSA , 2011 les antiparasites externes chez les carnivores domestiques these de doctorat en médecine vétérinaire sidi elhabet
- o'fel Ann 1985 parasitologie mycologie ed C et R 361pages  
103 O.M.S. (1963)
- 104 OMS (1987), Lutte contre la fièvre jaune
- 106 OMS (1998) Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vectors, bio-efficacy and persistence of insecticides on treated surfaces. Report of the WHO informal consultation, WHO/COS/CPC/MAL/98.12, 46 pp
- 107 OMS (2005). Succès en Afrique : le Programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest, 1974-2002, 72 pages
- 108 OMS (2010). Tests de Sensibilité d'Insecticide. Rift Valley fever Fact sheet N°207
- 109 OMS 2013 LA FIEVRE JAUNE [http://www.who.int/topics/yellow\\_fever/fr/index.html](http://www.who.int/topics/yellow_fever/fr/index.html)
- 110 OMS, 2003. Entomologie du paludisme et contrôle des vecteurs: Guide du stagiaire. *Provisoire, OMS, Genève. 102 p.*
- 111 PAGE F , PAGES E. ORLANDI-PRADINES, V. CORBEL C ,2007 Vecteurs du paludisme: biologie, diversité, contrôle et protection individuelle Volume 37, numéro 3 pages 153-161 (mars 2007)
- 112 PAGE F. ORLANDI E. (2007). Vecteur de paludisme biologie diversité control et protection individuelle. Pradines Corbel. *medecine et maladie infectieuses*, pp 153- 161
- 113 PAGES F. E.ORLANDI-PRADINES B, V. CORBEL, 2006 Vecteurs du paludisme: biologie, diversité, contrôle et protection individuelle *Médecine et maladies infectieuses. EMprimium* Volume 37, numéro 3 pages 153-161 (mars 2007)
- 114 PAGES F. ORLANDI E -PRADINES B, V. CORBEL C 2006 Vecteurs du paludisme: biologie, diversité, contrôle et protection individuelle *Médecine et maladies infectieuses*. Volume 37, numéro 3 pages 153-161 (mars 2007)
- GERARD P.PONTAL (1997). Insecticides organophosphorés. EMC - *Pathologie professionnelle et de l'environnement*. [Article 16-059-A-15].
- 115 PEBRET F (2003). Les maladies infectieuses. Edition Heures de France, 592 pages
- 116 PETERSW ET GILLES M(1982), Atlas en couleurs de médecine tropicale et de parasitologie Edition Maloine nombre de page

- 
- 117 PICOUX, JEANE BRUGERE 2004 Maladie Des Moutons 287 pages France Agricole Edition
- 118 PRETTY JULES N. (2004). The Pesticide Detox: Towards a More Sustainable Agriculture. Edition Earthscan, 316 pages
- 119 QUELENNEC G et. VERVERENT G. Mesure de la sensibilité aux insecticides des larves de Simulies (Diptera Simuliidae) Cah. O.R.S.T.O.M., sc'r. Enf. méd. Parasitol., vol. VIII, no 1, 1970
- 120 RAGEAU (J.) et ADAM (J.-P.), 1952. - Culicinae du Cameroun. 27, 6 : 610-635. Source Annales de Parasitologie Humaine et Comparée, 1952, 32 (6), p. 610-634.
- 121 RALPH E HARBACH (2007). The Culicidae : a review of taxonomy, classification and phylogeny
- 122 RAMESH C. GUPTA (2011). Toxicology of Organophosphate & Carbamate Compounds. Academic Press, 768 pages.
- 123 RAMOS.C, JAQUE BRUNHE (2004), Insecta Dipera Culicidae Uranotaenia, Edition Quae, 463 pages
- 124 RANDALL PHILLIPS , ELISABETH SHEPPARD, 2006.cytochrome p450 protocols edition springer 363 pages
- 125 RAYMOND 1985 B Gaven Nicole Pasteur G Sinigre Étude de la résistance au chlorpyrifos à partir de quelques souches du moustique Culex pipiens L. du sud de la France Genet sel. evol 17(1),73-88
- 126 RAYMOND MICHEL 2012 Pourquoi je n'ai pas inventé la roue: et autres surprises de la sélection naturelle. Edition Odile Jacob - 208 pages
- 127 RIBA, G ET SILVY C 1989. Combattre les ravageurs des cultures : enjeux et perspectives. Editions Quae. Agricultural Pests, 230 pages
- 130 RIOUX J-A., 1958 –les Culicidae du "Midi" méditerranéen : Etude systématique et écologique. Paris : Paul le chevalier, 301p.
- 131 RIPERT C (1996). Epidémiologie des maladies parasitaires Tome 1. Protozoonose et helminthoses réservoirs, vecteurs et transmission, Edition Technique et Documentation, 393 pages
- 132 ROBERT V. (1989). *La transmission du paludisme humain: la zone des savanes d'Afrique de l'Ouest*. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, France, p. 325.
- 134 RODHAIN F 2001 fièvre jaune, dengue et autre arbovirose ;encycl med chir (édition scientifique et médicale Elsevier SAS, paris maladie infectieuse\_8-062 A-10 , 2001 19 p

- 
- 136 RODHAIN F. C PEREZ, (1985), Précis d'entomologie médicale et vétérinaire, notion épidémiologie des maladies à vecteurs. Edition Maloine-Paris, 458 pages
- 137 SALUZZO J. F, VIDAL P., PAUL GONZALEZ J. (2004). Les virus émergents. Edition IRD, 188 pages.
- 138 SALVAN M ,J. MOUCHET 1994 *Aedes Albopictus* et *Aedes Aegypti* a l'île de la REUNION *Ann. Soc. belge Méd. trop.*1994, 74, 323-326
- 139 SENEVET G. et ANDARELLI L. (1960). Contribution à l'étude de la biologie des moustiques en Algérie et dans le Sahara algérien. *Archive de l'Institut Pasteur, Algérie* **38**(2), p. 306-326.
- 140 SEUFI G. (2010). *Culex* and *Anopheles* mosquito species as potential vectors of Rift valley fever virus. *Infectious Diseases*
- 141 Senevet G. & Andarelli L. (1960). Contribution à l'étude de la biologie des moustiques en Algérie et dans le Sahara algérien. *Archive de l'Institut Pasteur, Algérie* **38**(2), p.306-326.
- 142 STROBEL M, I. LAMAURY (2001). Fièvre dengue : mise au point. Éditions scientifiques et médicales.*la revue de médecine interne* Volume 22, n° 7 pages 638-647 (juillet 2001)
- 143 SUTY L (2010). La lutte biologique: Vers de nouveaux équilibres écologiques. Editions Quae, 323 pages.
- 144 SYLVIE JULE 2002 These de doctorat les insecticides chez les carnivores domestiques le choix extention aux rongeurs Université Lyon 1
- 145 TELLAL (2012) Contribution à l'étude sur la surveillance entomologique des Culicidés (Diptera, Insecta) vecteurs de paludisme et d'arboviroses dans l'Algérois et ses environs
- 146 THOMAS P. AMBROISE- (1984). Le paludisme pédiatrie - Maladies infectieuses.
- 147 USTA CANAN 2013. Microorganisme in biological pest control-a review (bacterial toxin application and effect of environment factors <http://dx.doi.org/10.5772/55786>
- 1148 WHALON M.E, D. MOTA-SANCHEZ, ROBERT M. HOLLINGWORTH 2008 Global Pesticide Resistance in Arthropods , CABI - 169 pages
- 153 World Health Organization. Environmental health criteria 142: alpha-cypermethrin. International Programme on Chemical Safety, Genève, 1992.
- 154 WATSON DAVID, 2012 Pesticide Management and Insecticide Resistance Edition - Science - 658 pages
- 155 WERY .M(1995). Protozoologie médicale. De Boeck Supérieur, 276 pages

- 
- 156 zientara b. murgue 2, h. zeller 2, barbara dufour 1 ,s. murri 2, j. labie 1, b. durand 1 et j. hars. epidemiol. et sante anim., 2001, 39, 113-120. maladie a virus “ west Nile ” en france

Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae)

in freshwater Leopoldo M. Rueda Hydrobiologia (2008) 595:477–487 D10.1007/s10750-007-9037-x

- 157 Faraj (C.), Adlaoui (E.), Brengues (C.), Fontenille (D.), Lyagoubi (M.)

- Résistance d’*Anopheles labranchiae* au DDT au Maroc :

identification des mécanismes et choix d’un insecticide de

remplacement. - Eastern Medit. Health J., 2008, 14(4), 776-783.

[http://www.emro.who.int/emhj/1404/14\\_4\\_2008\\_0776\\_0783.pdf](http://www.emro.who.int/emhj/1404/14_4_2008_0776_0783.pdf)

- 158 *Anopheles gambiae* resistance to pyrethroid-treated nets in cotton versus rice areas in Mali Moussa Fane<sup>a,c,d</sup>, Ousmane Cissé<sup>b</sup>, Cheick Sékou F. Traore<sup>a,d</sup>, Philippe Sabatier<sup>c,d,\*</sup> Malaria Research and Training Center, Fac 2008

---

# ANNEXES

---

---

## **ANNEXE 1 : MATERIELS UTILISES**

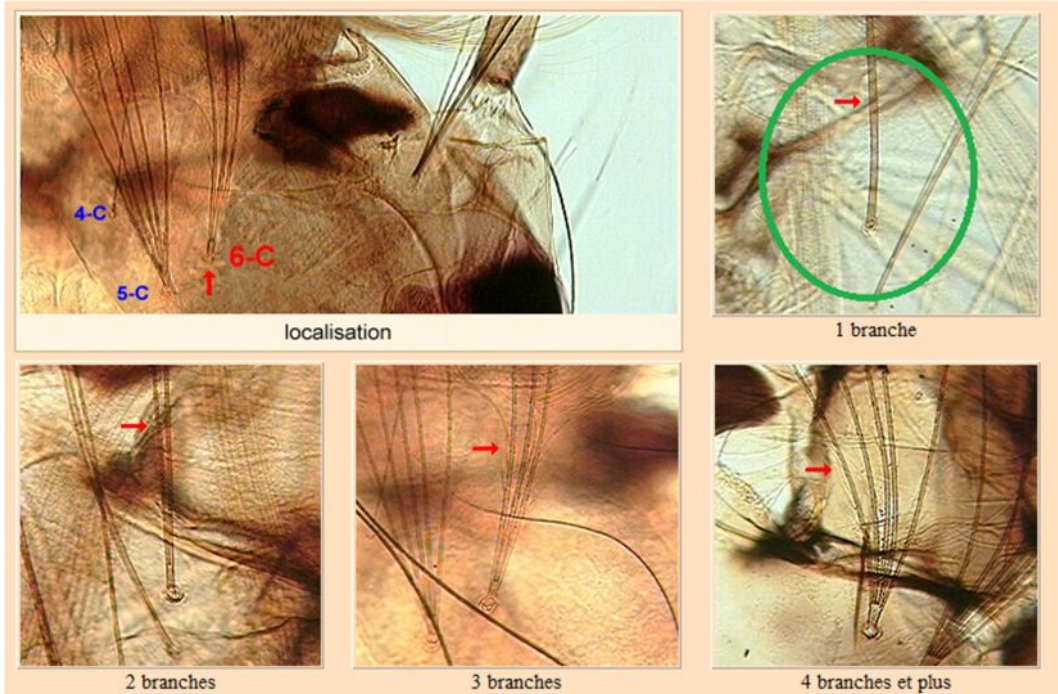
Pour les échantillonnages et les tests, nous avons utilisé le matériel qui suit:

- Un sceau
- une loupe GX40
- une paire de bottes,
- un marqueur,
- une louche à fond bleu pour les depping
- (récipient, pour le prélèvement des larves et nymphes de moustiques.)
- un microscope photonique
- des pipettes (pipette compte-goutte)
- des gants
- des gobelets blancs
- Solution KOH pour l'éclaircissement des larves baume de canada lame et lamelle
- Baume de canada
- Logiciel pour la détermination des genres et espèces de larve et d'adulte « les Culicidae de l'Afrique méditerranéenne » (Brunhes et al., 1999)
- Caméra MDCE-5C.



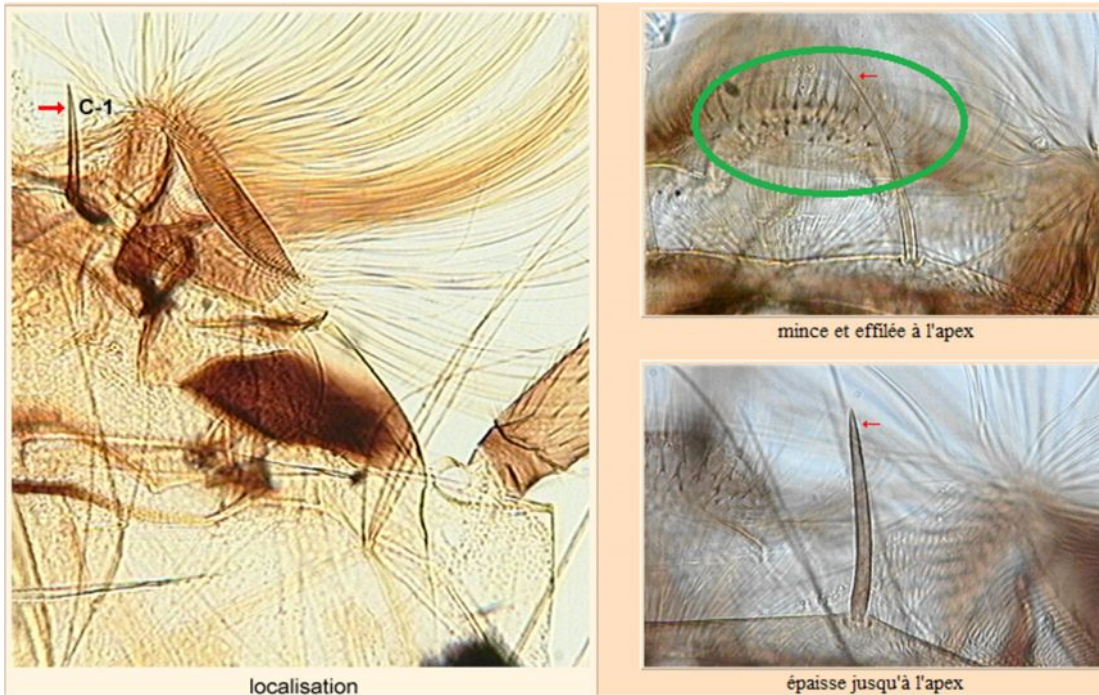
## ANNEXE 2

### *Culex pipiens*



Caractère : nombre de branche de la soie 6-c : 1 branche

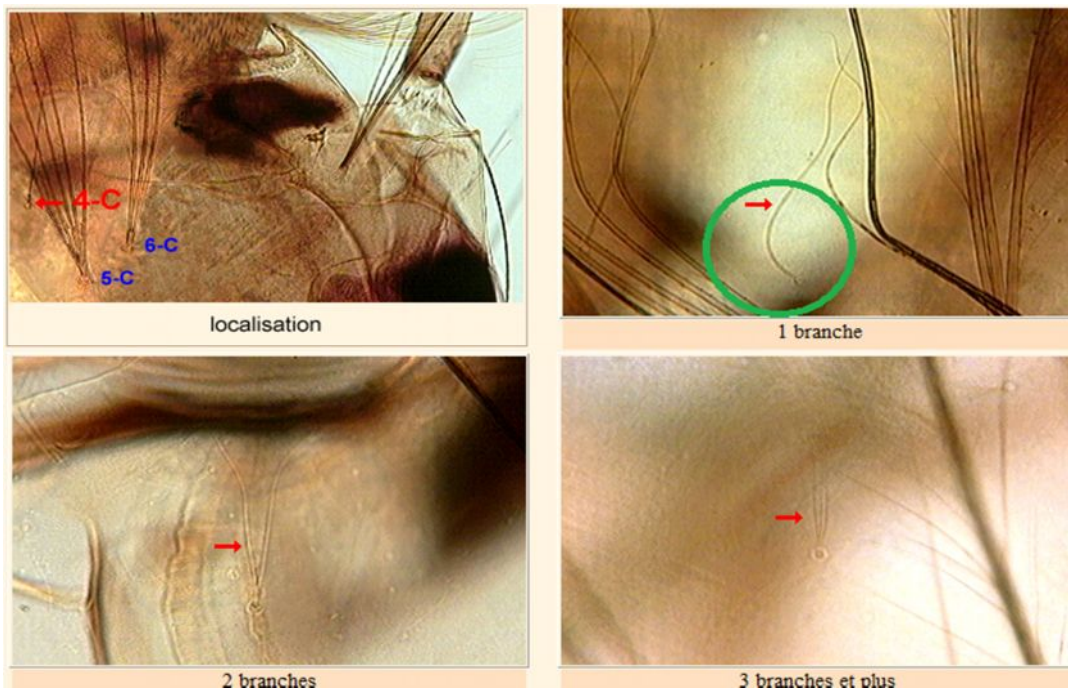
Localisation tête



Caractère : forme de l'épine préclypeale 1-c : mince et effilée à l'apex

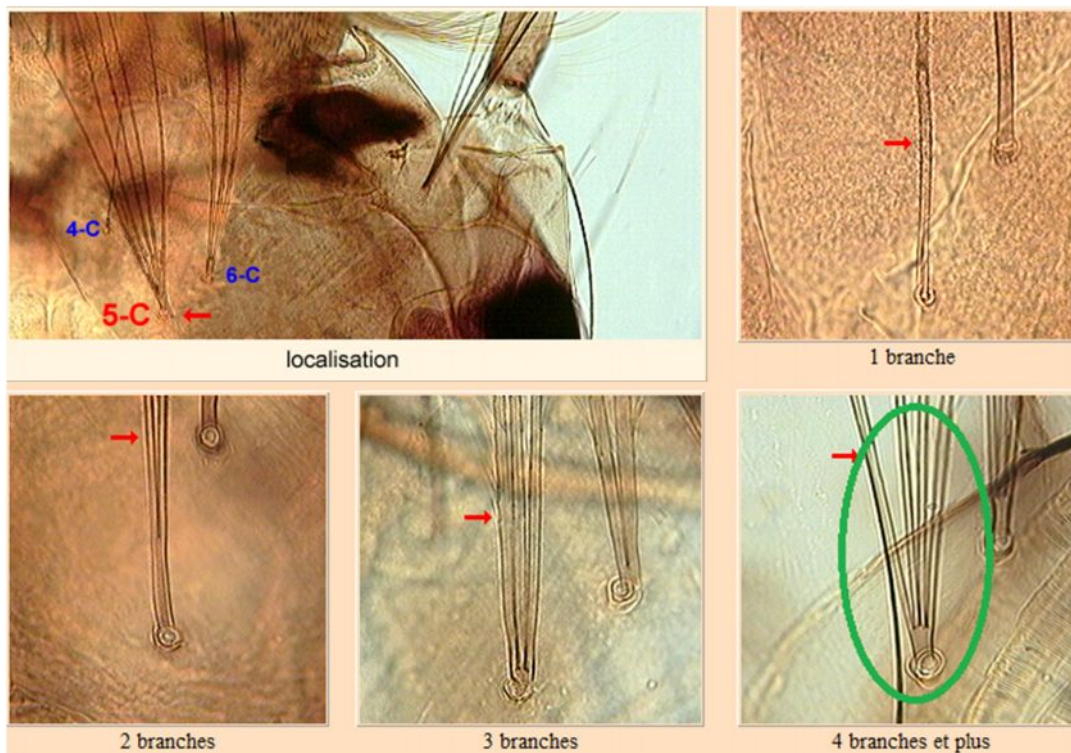
Localisation tête

## *Culex pipiens* (suite)



Caractere : Nombre de branche de la soie 4c :1 branche

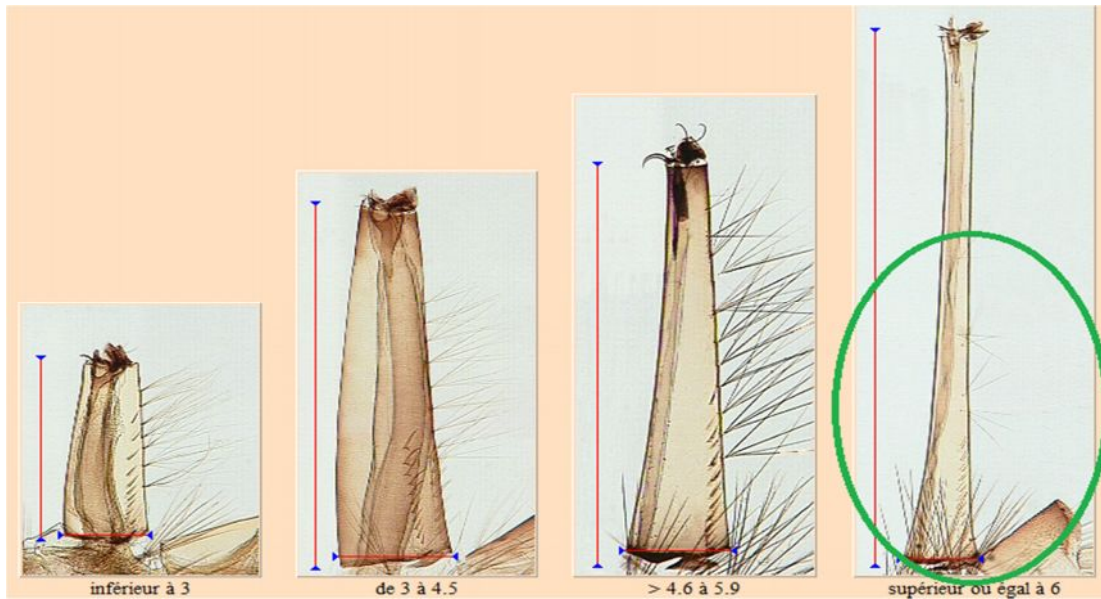
Localisation tete



nombre de branche de la soies5-c :4 branche et plus

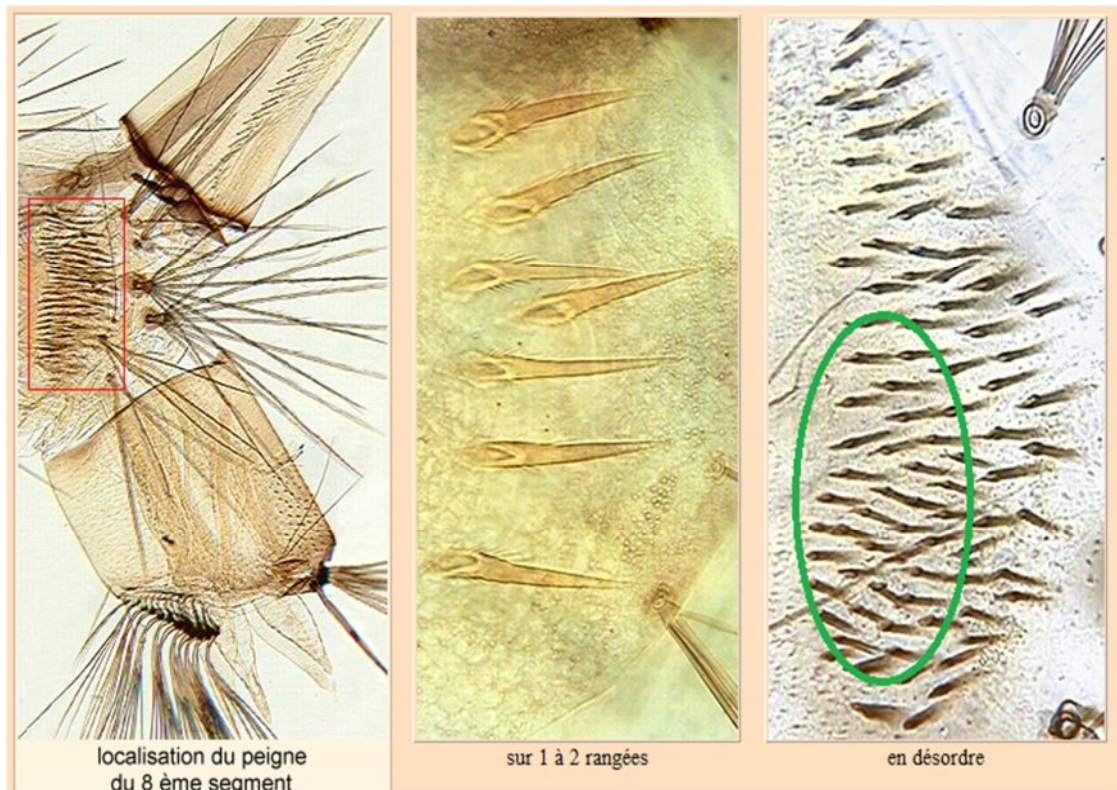
Localisation tête

## *Culex hortensis*



Localisation siphon

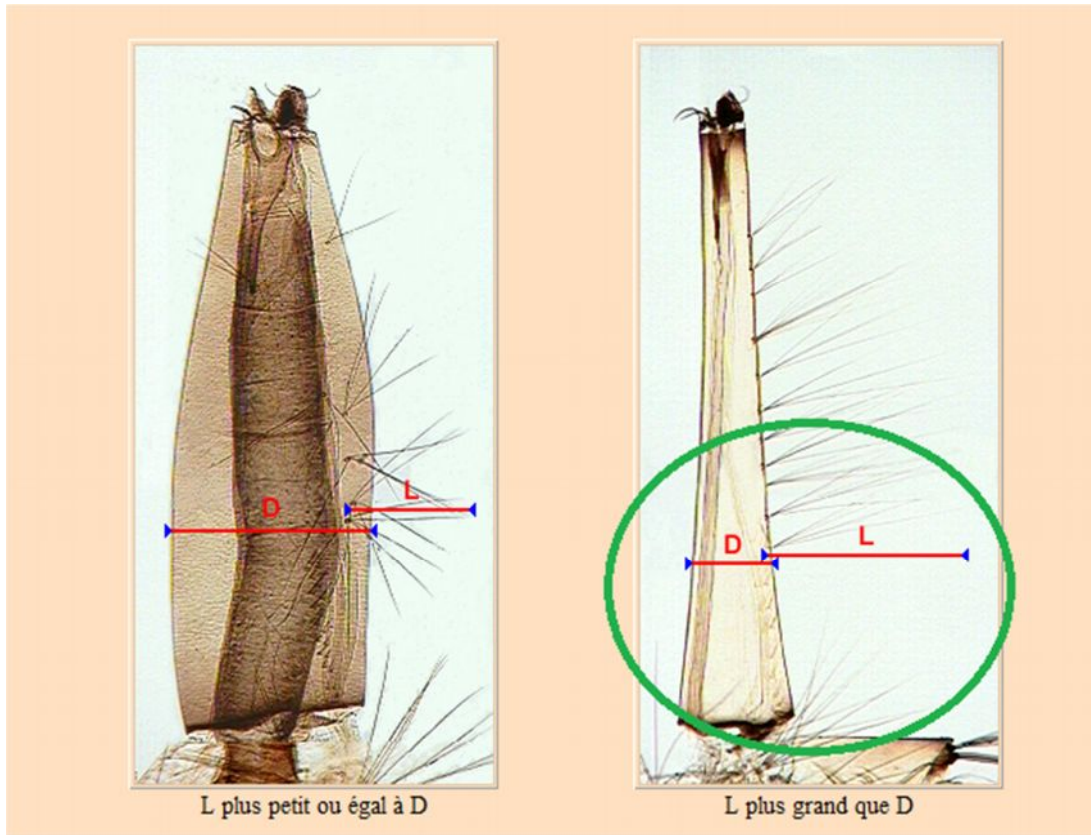
Caractère indice du siphon Rapport long totale/diamètre à la base : supérieur ou égale a 6



Localisation abdomen

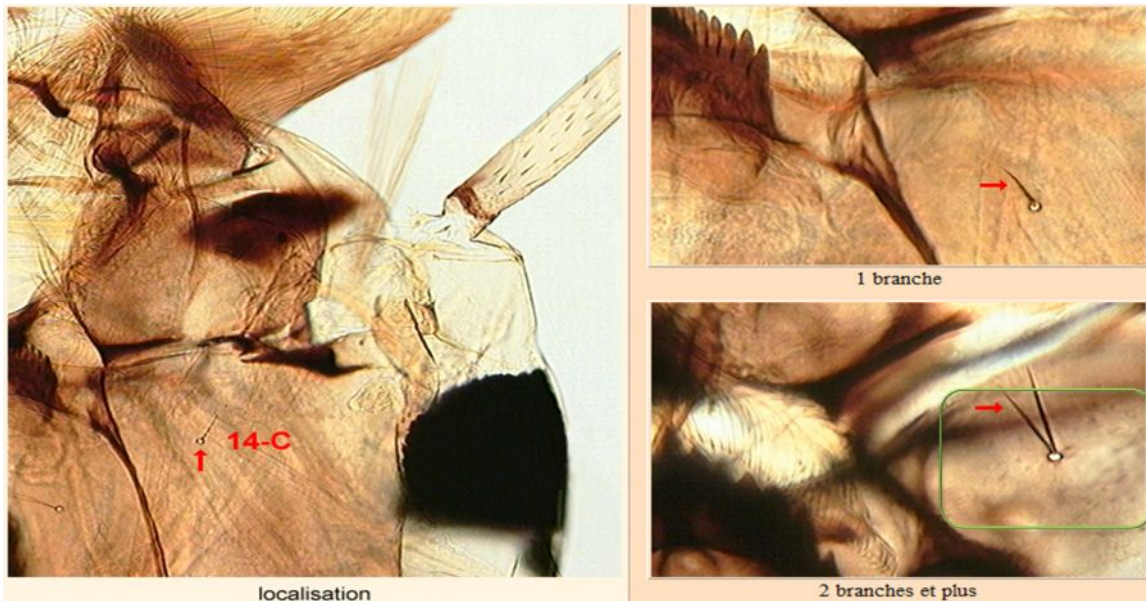
Caractère : Disposition des écailles du VIII segment : en désordre

*Culex hortensis* (suite)



Localisation abdomen :

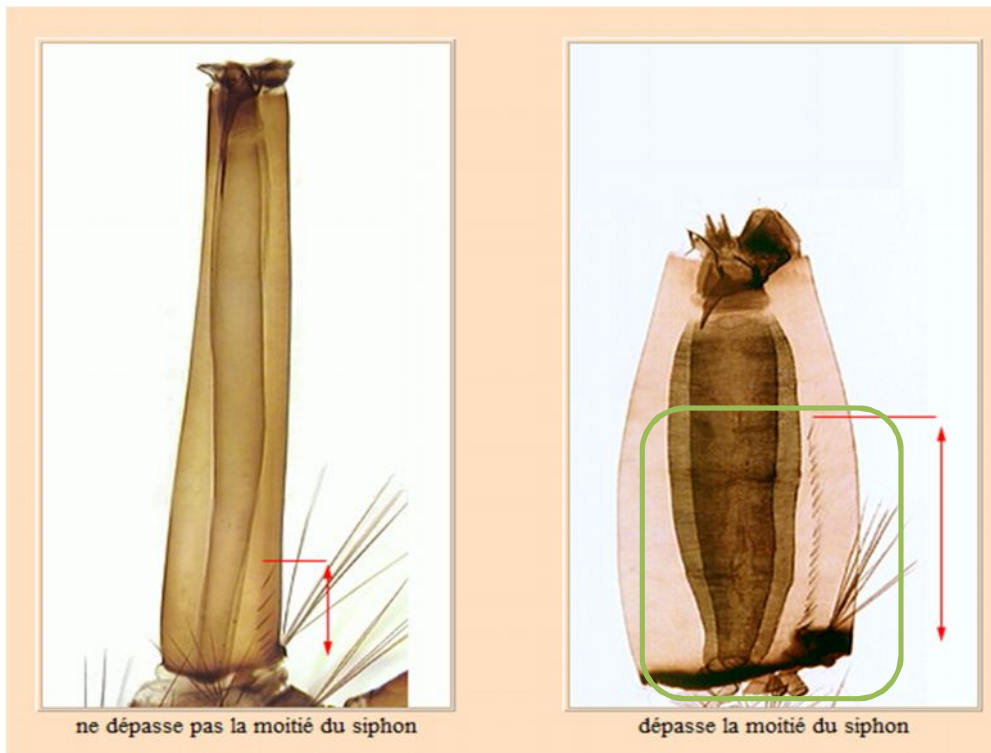
Caractère : Longueur de la soie S Comparé au diamètre du siphon : L plus grand que D



Localisation : tête

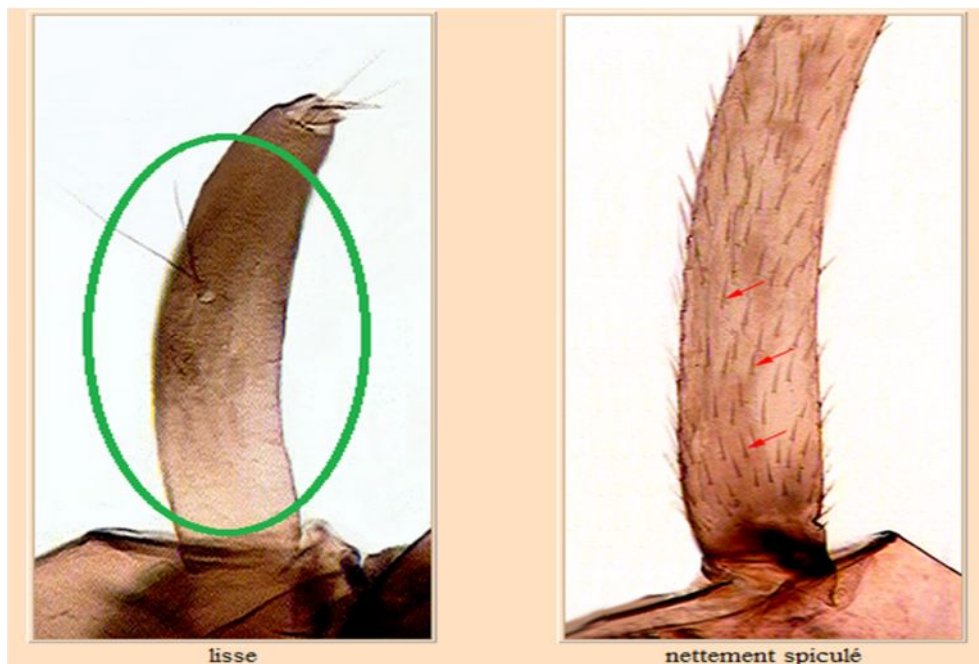
Caractère nombre de branches de la soie 14-c : 2 branches et plus

*Culiseta longiariolata*



Localisation : le siphon

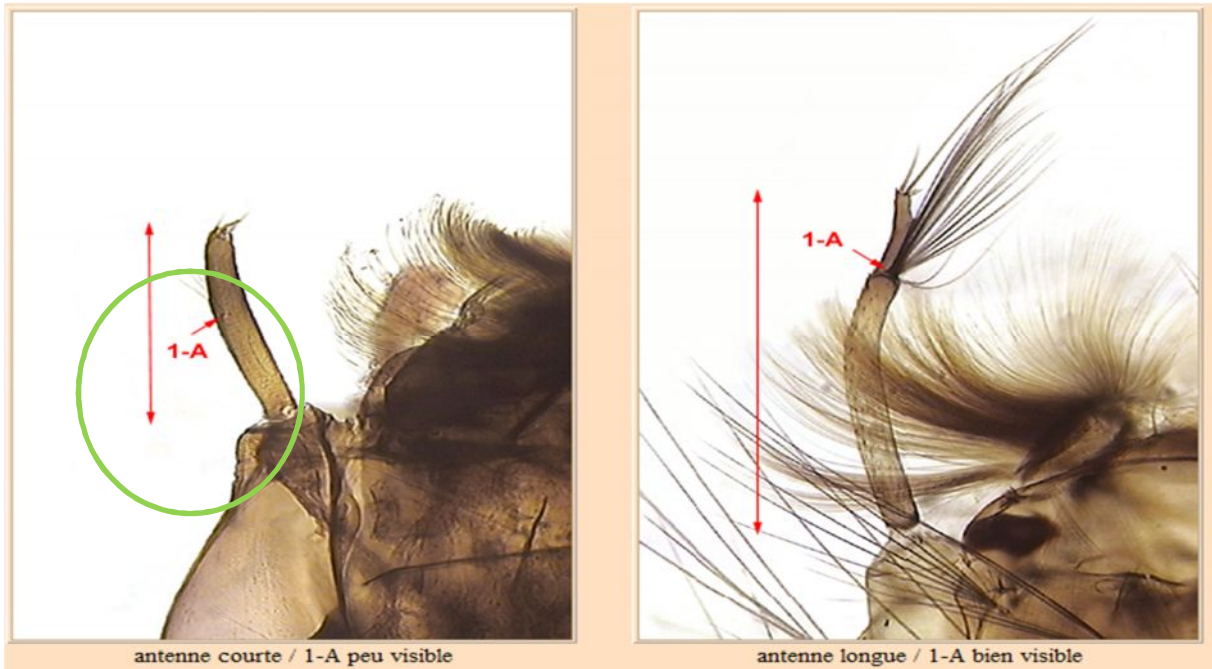
Caractère : extension du peigne du siphon : dépasse la moitié du siphon



Localisation : tête

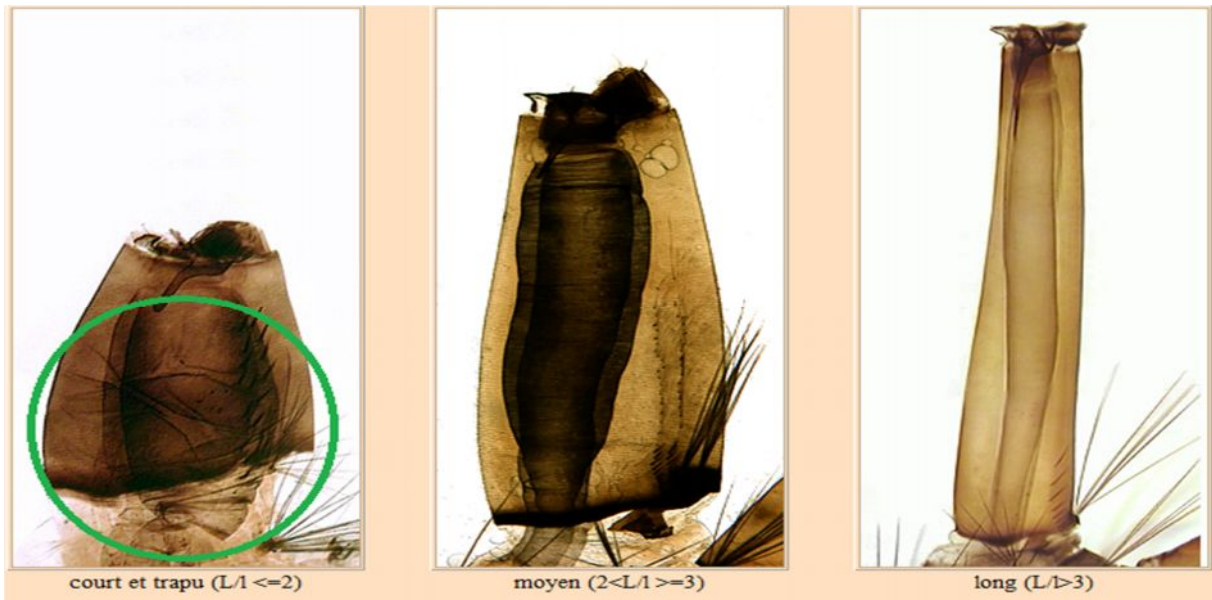
Caractère : Ornementation du tégument de l'antenne: lisse

*Culiseta longiariolata*(suite)



Localisation : tête

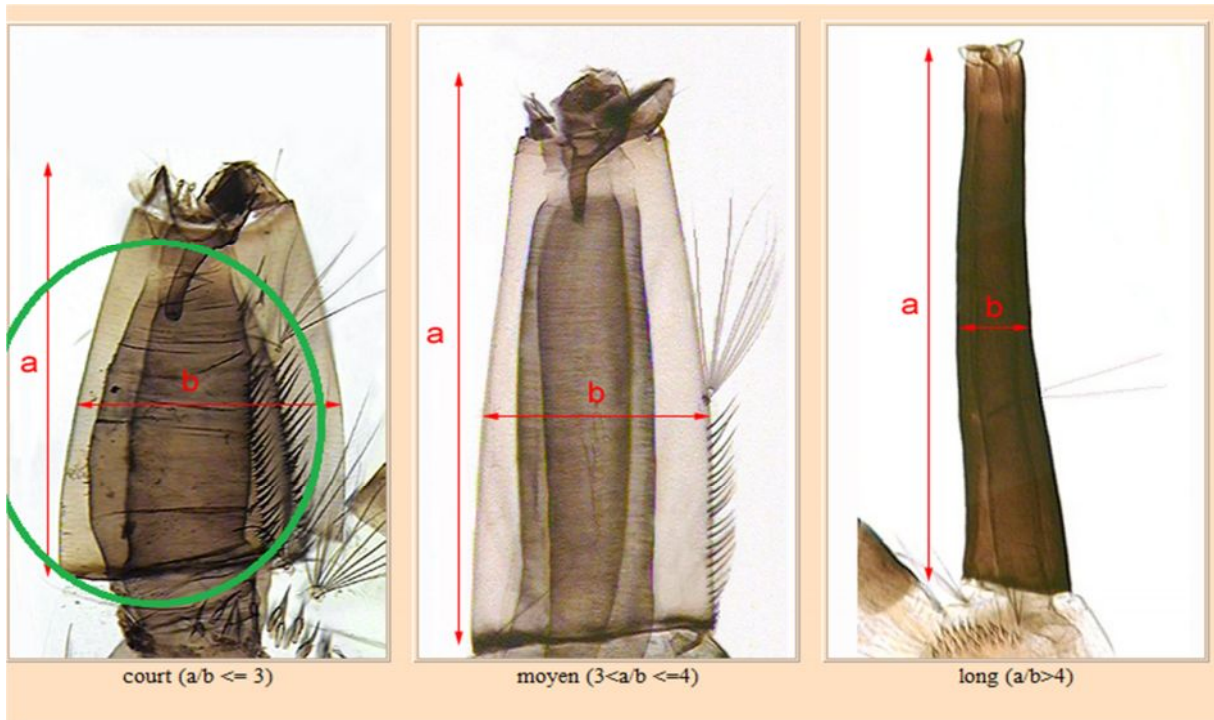
Caractère taille de l'antenne et de la soie antennaire 1-a : antenne courte 1 A peu visible



Localisation abdomen

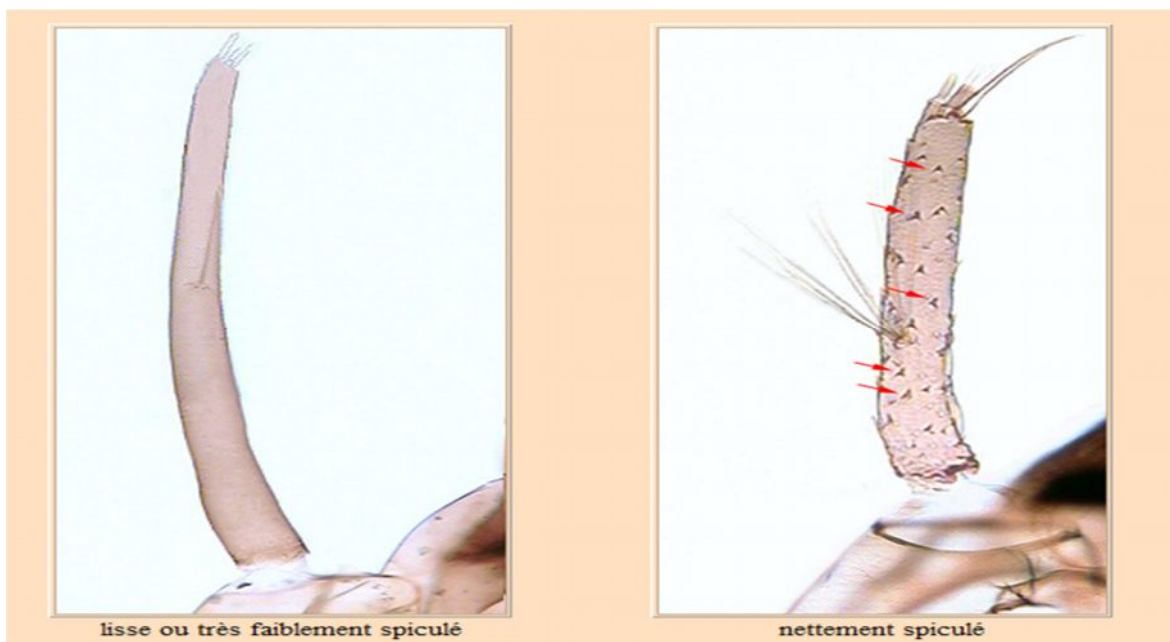
Caractère : Taille et forme du siphon : court et trapu

## Aèdes détritius



Localisation abdomen

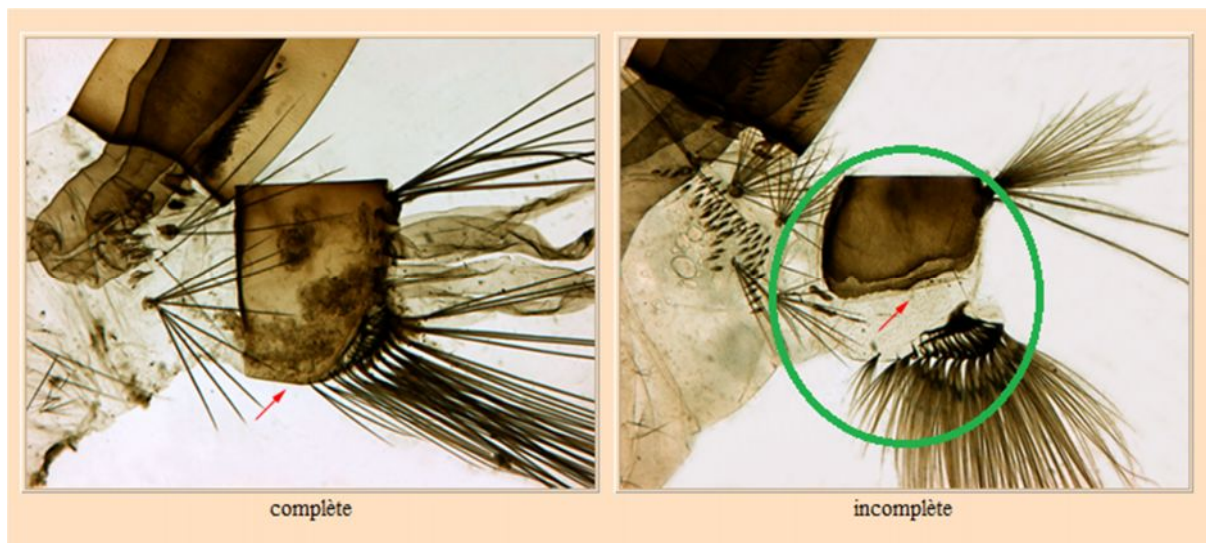
Caractère : taille du siphon : court  $a/b \leq 3$



Localisation tête

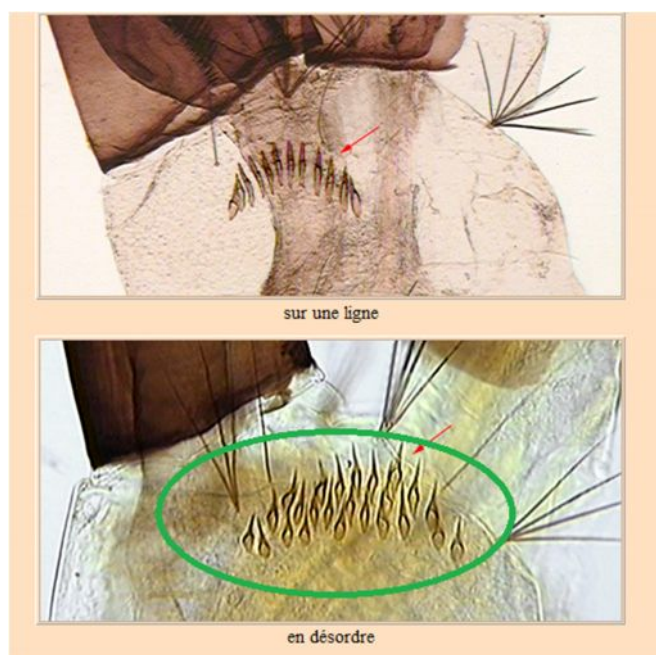
Caractère : ornementation du tégument de l'antenne : nettement spiculées

## Aèdes détritius(suite)



Localisation abdomen

Caractere forme de la selle :incomplète



Localisation abdomen

Caractere Disposition des dents formant le peigne du segment VIII :en désordre



**ANNEXE 3 : TABLE DE PROBIT**

**Table 3.2 Transformation of percentages to 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	8.09