



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique Et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université Badji Mokhtar –  
Annaba

جامعة باجي مختار-  
عنابة

FACULTÉ DES SCIENCES  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE  
LABORATOIRE DE BIOLOGIE ANIMALE APLIQUÉE

Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat LMD

Domaine : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
Filière : SCIENCES BIOLOGIQUES  
Spécialité : PHYSIOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

### Intitulé

**Impact des activités anthropiques en zones urbaines et rurales  
sur la biodiversité, la physiologie et le développement des  
moustiques, dans la région de Annaba.**

Presentée par : **M. ARROUSSI Djamel Eddine Rachid**

### Membres du jury :

Pr. SOLTANI Nouredine	Président	Université Badji Mokhtar – Annaba
Pr. BOUDJELIDA Hamid	Directeur de thèse	Université Badji Mokhtar – Annaba
Pr. BENDALI-SAOUDI Fatiha	Examinatrice	Université Badji Mokhtar – Annaba
Pr. TINE Samir	Examineur	Université Larbi Tebessi – Tébessa
Dr. HAMAIDIA Kaouther	Examinatrice	Université Messaidia – Souk Ahras

## Remerciements

*“La reconnaissance est la mémoire du cœur.”*

*H.C. ANDERSEN*

*Je tiens à exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude avant tout à Allah le majestueux, le miséricordieux qui m'a donné la force, le courage et la volonté d'élaborer cette thèse.*

*J'exprime mes plus vifs remerciements à Monsieur **SOLTANI Noureddine**, Professeur au département de Biologie et directeur du laboratoire de recherche (Laboratoire de Biologie Animale Appliquée), de m'avoir accueilli au sein de son laboratoire d'excellence et surtout de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury. Merci pour votre confiance durant toutes ces années, pour vos précieux conseils et votre aide.*

*A mon Directeur de thèse,*

*Je témoigne une vive reconnaissance et une admiration illimitée, en premier, à mon cher Directeur de thèse, le Professeur **BOUDJELIDA Hamid**, mon maître et mon modèle. La confiance qu'il m'a accordée, les sages et généreux conseils, l'apanage d'une compétence indéniable, l'écoute à mes nombreuses interrogations m'invitent à m'incliner si bas au point de ne guère me lasser de le remercier et de mettre en exergue ces vertus bien qu'inoubliables qui font de lui un Eminent Professeur connu et reconnu. Merci cher professeur !*

*Toute ma reconnaissance à Madame **BENDALI Fatima**, Professeur au département de Biologie, Université Badj Mokhtar Annaba, pour avoir pris de son temps et accepté d'examiner ce travail et de participer à ce jury.*

*Toute ma considération à l'égard de Monsieur **Samir TINE**, Professeur au Département de Biologie des êtres vivants, Université Larbi Tebessi Tébessa qui m'a fait l'honneur de juger le présent travail.*

*Mes plus vifs remerciements vont aussi à Madame **HAMAIDIA Kaouther** Maître de conférences A au Département de Biologie, Université Mohamed Cherif Messaidia Souk Ahras qui a bien voulu accepter d'être membre de ce jury et de me faire l'honneur de juger ce modeste travail.*

*Je tiens également à remercier les membres du laboratoire du CNRS CSGA UMR 6265 université de Bourgogne, Dijon, France pour leur aide précieuse.*

*Je remercie également mes collègues du Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Université Badji-Mokhtar Annaba qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail ainsi que pour leur compétence, soutien, et la bonne humeur qui régnait au laboratoire.*

*Et enfin je remercie chaleureusement mes parents, mes sœurs (Mouna, Malika et Zora) et mon frère M<sup>ed</sup> Rafik qui m'ont apporté un soutien sans faille depuis le début. Merci pour votre confiance, vos sacrifices, vos attentions bienveillantes et vos encouragements.*

***MERCI !***

# SOMMAIRE

# Sommaire

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....</b>	<b>5</b>
2.1. Présentation de la région d'étude .....	5
2.2. Données climatiques de la région d'étude .....	6
2.2.1. Les précipitations .....	6
2.2.2. La température .....	6
2.2.3. Diagramme Ombrothermique de Gaussen .....	7
2.3. Paramètres physico-chimiques des eaux des stations d'étude .....	8
2.3.1. La température .....	9
2.3.2. Le potentiel Hydrogène (pH).....	9
2.4. Impact de l'homme sur la faune et la flore .....	9
2.5. Description des gîtes.....	10
2.5.1. Types de gîtes .....	10
2.5.2. Caractéristiques des gîtes .....	11
2.6. Recensement des différents types de gîtes dans la région de Annaba .....	11
2.7. Présentation des stations d'étude.....	12
2.8. Échantillonnage et identification des Culicidés .....	15
2.8.1. Échantillonnage des larves .....	15
2.8.2. Identification des larves récoltées .....	16
2.9. Indices écologiques .....	17
2.9.1. Indices écologiques de composition .....	17
2.9.1.1. Richesse spécifique .....	17
2.9.1.2. Abondance relative.....	17
2.9.1.3. Fréquence d'occurrence .....	17
2.9.2. Indices écologiques de structure .....	17
2.9.2.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver.....	18
2.9.2.2. Equitabilité.....	18
2.10. Technique d'élevage .....	19
2.11. Extraction et dosage des principaux constituants biochimiques .....	20
2.11.1. Dosage des protéines totales .....	22
2.11.2. Dosage des glucides totaux .....	22

2.11.3. Dosage des lipides totaux .....	23
2.12. Dosage des biomarqueurs .....	24
2.12.1. Activité de l'acétylcholinestérase .....	24
2.12.2. Dosage des glutathion S-transférases .....	25
2.13. Evaluation du potentiel de reproduction de <i>Culex pipiens</i> .....	26
2.14. Caractérisation des hydrocarbures cuticulaires.....	26
2.14.1. Technique d'extraction .....	26
2.14.2. Analyse des extraits par chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse (CPG/SM).....	27
2.15. L'analyse statistique.....	28
3. RÉSULTATS .....	29
3.1. Impact des activités anthropiques .....	29
3.2. Inventaire des Culicidés.....	34
3.2.1. Présentation des espèces inventoriées.....	34
3.2.1.1. <i>Culex pipiens</i> Linné, 1758 .....	34
3.2.1.2. <i>Culex theileri</i> Theobald, 1903 .....	36
3.2.1.3. <i>Culex modestus</i> Ficalbi, 1890 .....	37
3.2.1.4. <i>Culiseta longiareolata</i> Maquart, 1828 .....	38
3.2.1.5. <i>Aedes (Stegomyia) albopictus</i> Skuse, 1894.....	39
3.2.1.6. <i>Aedes aegypti</i> Linnaeus, 1762 .....	40
3.2.1.7. <i>Anopheles claviger</i> Meigen, 1804 .....	41
3.2.1.8. <i>Anopheles labranchiae</i> Falleroni, 1926 .....	42
3.2.2. Indice écologique de composition.....	43
3.2.3. Indice écologique de structure.....	45
3.2.4. Distribution temporelle selon les saisons.....	49
3.3. Résultats Dosages .....	50
3.2.1. Dosages des métabolites .....	50
3.3.1.1. Dosage des protéines totales .....	50
3.3.1.2. Dosage des glucides totaux.....	51
3.3.1.3. Dosage des lipides totaux .....	53
3.3.2. Dosage des biomarqueurs .....	54
3.3.2.1. Dosages de l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase.....	54
3.3.2.2. Dosage de l'activité spécifique de la glutathion S-transférase .....	55
3.4. Le potentiel de reproduction .....	56
3.5. Caractérisation des hydrocarbures cuticulaires.....	57

<b>4. DISCUSSION .....</b>	<b>63</b>
<b>4.1. Impact des activités anthropiques sur le développement des moustiques .....</b>	<b>63</b>
<b>4.2. Inventaire des culicidés .....</b>	<b>64</b>
<b>4.3. Composition biochimique .....</b>	<b>67</b>
<b>4.4. Caractérisation des hydrocarbures cuticulaires.....</b>	<b>68</b>
<b>5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>70</b>
<b>6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>72</b>
<b>Résumés.....</b>	<b>83</b>
<b>Production scientifique</b>	

# **LISTE DES FIGURES**



## Liste des figures

Figure	Titre	Page
<b>Figure 1</b>	Localisation des communes choisies pour l'étude dans la région de Annaba.	<b>5</b>
<b>Figure 2</b>	Diagramme Ombrothermique de la région de Annaba (Mars 2018 à Février 2019).	<b>8</b>
<b>Figure 3</b>	Gîtes localisés dans différents endroits au sein de la commune de Annaba.	<b>13</b>
<b>Figure 4</b>	Vide sanitaire dans la cité des 920 logements, Sidi Amar.	<b>14</b>
<b>Figure 5</b>	Fosse à Treat.	<b>14</b>
<b>Figure 6</b>	Marécage à Berrahal.	<b>15</b>
<b>Figure 7</b>	Échantillonnage des larves de moustique.	<b>16</b>
<b>Figure 8</b>	Le microscope à appareil photo utilisé pour la reconnaissance des espèces. (Leica ICC50 HD).	<b>16</b>
<b>Figure 9</b>	Cages d'élevage des moustiques adultes au laboratoire.	<b>19</b>
<b>Figure 10</b>	Techniques de capture d'adultes.	<b>20</b>
<b>Figure 11</b>	Extraction des glucides, protéines et lipides totaux selon Shibko <i>et al.</i> (1966).	<b>21</b>
<b>Figure 12</b>	Chromatographe en phase gazeuse CP-3380 varian.	<b>27</b>
<b>Figure 13</b>	Gîtes artificiels hypogés et épigés dans la région d'Annaba. (Photos personnelles).	<b>31</b>
<b>Figure 14</b>	Gîtes naturels épigés dans la région d'Annaba. (Photos personnelles).	<b>32</b>
<b>Figure 15</b>	Caractères morphologiques de <i>Culex pipiens</i> . <b>A. Adulte Mâle ; B. Adulte Femelle.</b>	<b>34</b>
<b>Figure 16</b>	Caractères morphologiques de <i>Culex theileri</i>	<b>35</b>
<b>Figure 17</b>	Caractères morphologiques de <i>Culex modestus</i> .	<b>36</b>
<b>Figure 18</b>	Caractères morphologiques de <i>Culiseta longiareolata</i> .	<b>37</b>
<b>Figure 19</b>	Caractères morphologiques d' <i>Aedes albopictus</i> .	<b>38</b>

<b>Figure 20</b>	Caractères morphologiques d' <i>Aedes aegypti</i> .	<b>39</b>
<b>Figure 21</b>	Caractères morphologiques d' <i>Anopheles claviger</i> .	<b>40</b>
<b>Figure 22</b>	Caractères morphologiques d' <i>Anopheles labranchiae</i> .	<b>41</b>
<b>Figure 23</b>	Diversité et abondance relative (AR%) des espèces de moustiques récoltés dans la région d'étude (mars 2018 à février 2019).	<b>43</b>
<b>Figure 24</b>	Dosage des protéines totales de <i>Culex pipiens</i> , courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des protéines ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2 =$ Coefficient de détermination).	<b>48</b>
<b>Figure 25</b>	Comparaison du contenu en protéines totales ( $\mu\text{g}/\text{individu}$ ) chez les larves du quatrième stade 0 et 5j, et des adultes de <i>Culex pipiens</i> prélevés des zones rurales et des vides sanitaires (n = 3 répétitions comportant chacune 30 individus).	<b>49</b>
<b>Figure 26</b>	Dosage des glucides totaux de <i>Culex pipiens</i> , courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des glucides ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2 =$ Coefficient de détermination).	<b>49</b>
<b>Figure 27</b>	Comparaison du contenu en glucides totaux ( $\mu\text{g}/\text{individu}$ ) chez les larves du quatrième stade 0 et 5j, et des adultes de <i>Culex pipiens</i> prélevés des zones rurales et des vides sanitaires (n = 3 répétitions comportant chacune 30 individus).	<b>50</b>
<b>Figure 28</b>	Dosage des lipides totaux de <i>Culex pipiens</i> , courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des lipides ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2 =$ Coefficient de détermination).	<b>51</b>
<b>Figure 29</b>	Comparaison du contenu en lipides totaux ( $\mu\text{g}/\text{individu}$ ) chez les larves du quatrième stade 0 et 5j, et des adultes de <i>Culex pipiens</i> prélevés des zones rurales et des vides sanitaires (n = 3 répétitions comportant chacune 30 individus).	<b>52</b>
<b>Figure 30</b>	Comparaison de l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (AChE) ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les larves du quatrième stade 0 et 5j, et des adultes de <i>Culex pipiens</i> prélevés des zones rurales et des vides sanitaires (n = 3 répétitions comportant chacune 30 individus).	<b>53</b>
<b>Figure 31</b>	Comparaison de l'activité spécifique de la glutathion S-transférase (GST) ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les larves du quatrième stade 0 et 5j, et des adultes de <i>Culex pipiens</i> prélevés des zones rurales et des vides sanitaires (n = 3 répétitions comportant chacune 30 individus).	<b>54</b>
<b>Figure 32</b>	Courbe standard des hydrocarbures cuticulaires majeurs obtenus.	<b>55</b>
<b>Figure 33</b>	Profil des hydrocarbures cuticulaires des larves du quatrième stade de <i>Culex pipiens</i> .	<b>56</b>
<b>Figure 34</b>	Profil des hydrocarbures cuticulaires des larves du quatrième stade de <i>Culiseta longiareolata</i>	<b>56</b>
<b>Figure 35</b>	Chromatogramme des hydrocarbures cuticulaires des larves du quatrième stade 4j de <i>Culex pipiens</i> et de <i>Culiseta longiareolata</i> .	<b>57</b>

# **LISTE DES TABLEAUX**

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 1</b>	La moyenne de la température et de la pluviométrie de la région de Annaba pendant la période d'étude (2018-2019).	<b>7</b>
<b>Tableau 2</b>	Recensement des différents types de gîtes dans la région de Annaba.	<b>11</b>
<b>Tableau 3</b>	Dosage des protéines totales chez les moustiques : réalisation de la gamme d'étalonnage.	<b>22</b>
<b>Tableau 4</b>	Dosage des glucides totaux chez les moustiques : réalisation de la gamme d'étalonnage.	<b>23</b>
<b>Tableau 5</b>	Dosage des lipides totaux chez les moustiques : réalisation de la gamme d'étalonnage.	<b>23</b>
<b>Tableau 6</b>	Types de gîte de moustique prospectés dans la région d'étude.	<b>29</b>
<b>Tableau 7</b>	Nature et description des gîtes artificiels.	<b>30</b>
<b>Tableau 8</b>	Liste des espèces culicidiennes inventoriées dans la région de Annaba (de Mars 2018 à Février 2019).	<b>34</b>
<b>Tableau 9</b>	Paramètres des indices écologiques de composition des populations culicidiennes récoltées dans les différentes stations d'étude.	<b>43</b>
<b>Tableau 10</b>	Diversité et abondance relative (AR %) des espèces de moustiques inventoriées dans les quatre zones d'étude.	<b>45</b>
<b>Tableau 11</b>	Indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espèces culicidiennes récoltées à Annaba.	<b>45</b>
<b>Tableau 12</b>	Indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espèces culicidiennes récoltées à Sidi Amar.	<b>46</b>
<b>Tableau 13</b>	Indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espèces culicidiennes récoltées à Berrahal.	<b>46</b>
<b>Tableau 14</b>	Indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espèces culicidiennes récoltées à Tréat.	<b>47</b>
<b>Tableau 15</b>	Indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espèces culicidiennes récoltées dans les 4 régions d'étude.	<b>47</b>
<b>Tableau 16</b>	Caractéristiques des sites d'échantillonnage de larves de moustiques dans la région de Annaba durant la période d'étude.	<b>48</b>
<b>Tableau 17</b>	Répartition temporelle des espèces de moustiques enregistrées au niveau des sites d'étude durant la période qui s'est étendue de Mars 2018 à Février 2019.	<b>49</b>

<b>Tableau 18</b>	Comparaison des paramètres du potentiel de reproduction auprès des larves de <i>Culex pipiens</i> prélevées de deux zones (urbaine et rurale) (n= 30 femelles, durée= 30j).	<b>56</b>
<b>Tableau 19</b>	Nomenclature des sept hydrocarbures majeurs détectés.	<b>57</b>

# **INTRODUCTION**

## 1. INTRODUCTION

Les invertébrés sont présents presque dans tous les types d'écosystèmes et constituent une part très importante de la biodiversité des milieux terrestres et aquatiques. Ils forment un peu plus de 95% des espèces du règne animal (Wilson *et al.*, 1999). Les Arthropodes sont l'un des embranchements d'invertébrés les plus considérables, avec plus d'un million d'espèces connues, dont 3/4 de ses espèces appartenant à la classe des insectes (Gourmelon & Ahtiainen, 2007). Les insectes qui constituent plus de 50% de la diversité de la planète (Wilson, 1986) et près de 60% de celle du règne animal (Pavan, 1986) prennent de plus en plus d'importance dans la recherche. Leur importance ne s'exprime pas seulement par le nombre d'espèces (Chapman, 2009), mais aussi par l'ampleur de leurs habitats et la diversité des formes (Regniere, 2009).

La plupart des insectes sont inoffensifs, certains ont un intérêt économique, par contre d'autres tels que les diptères hématophages ont un impact sur la santé humaine et animale (Marquardt, 2005). Ces diptères en raison de leur hématophagie occupent une place particulière à cause des nuisances considérables qu'ils peuvent engendrer, mais surtout à cause de leur rôle de vecteur potentiel de divers agents pathogènes (virus, bactéries, protozoaires,...etc) (Takken & Knols, 2007 ; Mavoungou *et al.*, 2008). Ils sont répartis dans diverses familles telles que les Tabanidae (les taons), les Psychodidae (les phlébotomes) et les Cératopogonidae (les culicoides), cependant la famille la plus connue est celle des Culicidae regroupant les moustiques qui sont classés dans l'ordre des Diptères et du sous-ordre des Nématocères (Mullen & Durden, 2002).

Les moustiques sont présents pratiquement dans tous les continents ; sauf en Antarctique. On les trouve généralement à proximité des gîtes d'eau stagnante, nécessaires pour son développement et sa reproduction (Clement, 1999). Ce groupe d'insectes se repartie dans les régions méditerranéennes, en Amérique, en Inde, en Europe septentrionale, en Europe méditerranéenne, en Asie et à Madagascar (Senevet & Andarelli, 1963).

La famille des Culicidés se divise en trois sous-familles, les Toxorhynchitinae, les Anophelinae et les Culicinae ; (Matile, 1993 ; Brunhes *et al.*, 1999). La faune culicidienne, par sa large distribution et ses fortes abondances est responsable de la nuisance (piques douloureuses et gênantes des Culicidae) et sont aussi impliqués dans la transmission de dizaines de maladies humaines et vétérinaires.

## INTRODUCTION

Dans le monde, Il existe plus de 3500 espèces de moustiques. Trois genres constituent les principaux vecteurs : *Anopheles*, *Aedes* et *Culex*. Ils sont responsables de problèmes sanitaires graves car ils sont vecteurs de nombreuses maladies : certains *Anopheles* transmettent le paludisme, tandis que certains *Aedes* sont vecteurs de la dengue et le chikungunya et certains *Culex* transmettent la filariose, le virus de West Nile et l'encéphalite (Hemingway & Ranson, 2000 ; Guillaumot, 2009). La malaria, causée par un parasite protozoaire du genre *Plasmodium* est l'une des maladies les plus répandues au monde.

Les interactions pathogène/vecteur/hôte sont soumises à des contraintes génétiques, climatiques, environnementales, démographiques et sociétales, qui peuvent induire une réduction de la transmission ou l'émergence de maladies. Les trente dernières années ont vu l'émergence ou la recrudescence de plusieurs maladies à transmission vectorielle (Chikungunya, dengue, fièvre West Nile, fièvre catarrhale ovine, maladie de Lyme) (Kilpatrick *et al.*, 2013). L'émergence d'une maladie à transmission vectorielle peut résulter de l'introduction et de la circulation d'un agent pathogène dans une nouvelle zone ou une nouvelle population d'hôtes (Morse, 1995). L'agent pathogène peut être introduit par l'arrivée d'un hôte vertébré infecté dans un environnement habité par un vecteur compétent ou par l'arrivée d'un vecteur infecté compétent dans un environnement peuplé par des hôtes vertébrés sensibles (De La Rocque *et al.*, 2011).

Chaque année, environ 500 millions de personnes sont infectées par des arbovirus transmis par des Arthropodes hématophages et entre 1 et 3 millions en meurent dont plus de 80 % en Afrique (WHO., 2009). En effet, l'augmentation des échanges économiques et humains a favorisé la dispersion de certaines espèces (Benedict *et al.*, 2007). D'un autre côté, le réchauffement climatique en plus de l'augmentation des échanges internationaux ont permis à certaines espèces de coloniser rapidement de nouveaux milieux et ont entraîné une émergence ou une réémergence des maladies qu'ils transmettent (Patz *et al.*, 1996 ; Benedict *et al.*, 2007 ; Gould & Higgs, 2009). Durant les deux dernières décennies, les flux migratoires ont entraîné une propagation mondiale de maladies jusque-là endémiques de certaines régions du globe (Gould *et al.*, 2010 ; Weaver & Reisen, 2010 ; Thai & Anders, 2011).



## INTRODUCTION

Au cours des trente dernières années, la faune Culicidienne d'Algérie a fait l'objet d'un grand nombre de travaux qui se sont intéressés à la systématique, la biochimie, la morphométrie, la lutte chimique et biologique à l'égard des moustiques. (Bendali, 1989 ; Laouabdia-Sellami, 1992 ; Rehim, 1993 ; Soltani *et al.*, 1999 ; Bendali *et al.*, 2001; Boudjelida *et al.*, 2002, 2005, 2008 ; Tine-Djebbar & Soltani, 2008; Tine- Djebbar, 2009; Boudjelida & Soltani, 2010 ; Tine-Djebbar *et al.*, 2011 ; Bouaziz, 2012 ; Bouabida *et al.*, 2012 ; Hamaidia & Soltani, 2014, 2019 ; Djeghader *et al.*, 2014 ; Aissaoui & Boudjelida, 2017 ; Dris *et al.*, 2017 ; Benmalek *et al.*, 2018 ; Bouguerra *et al.*, 2019 ; ; Hamaidia & Soltani, 2021 ). Le présent travail est orienté vers l'étude de l'impact des activités anthropiques en zones urbaines et rurales sur la biodiversité des Culicidés. L'une des principales activités anthropiques est l'urbanisation qui est un processus consistant la mise en place, au détriment d'espaces à caractères naturels ou agricoles, des structures anthropiques telles que le bâti ou la voirie, et ayant pour but de répondre aux seuls besoins des populations humaines (Germaine & Wakeling, 2001 ; McKinney, 2006).

La majorité des infrastructures sont anciennes et sans entretiens ni restauration. Néanmoins, malgré ce manque d'aménagement et une forte empreinte de l'homme, il a été constaté qu'il y a de véritables écosystèmes en ville. En effet, cette étroite relation entre la nature et l'homme induit une nature qui condense des particularités qui la différencient à celle des zones rurales (Prévot-Julliard & Servais, 2008).

De plus, l'urbanisation n'est pas l'unique forme d'anthropisation que peut rencontrer la nature. Car, après plusieurs décennies d'histoire, l'agriculture est devenue une activité primordiale pour l'homme et déjà plus de 35% de la surface terrestre est convertie à l'agriculture (Sukhdev, 2008).

L'agriculture intensive risque de devenir de plus en plus importante ainsi que son impact sur l'environnement (pollution de la nappe phréatique, érosion de la biodiversité, changement des paysages, impacts sur la santé,...etc.), engendré par une utilisation accrue des produits phytosanitaires afin d'augmenter les rendements des cultures.

Les villes et les espaces agricoles ne sont pas dénués, malgré leur certaine « insularité », de processus écologique. La communauté scientifique reconnaît les villes comme des écosystèmes à part entière. Dans la région d'Annaba, les gîtes urbains épigés et hypogés sont relativement nombreux, leur présence explique l'importante nuisance qui touche la majorité des quartiers de la wilaya. La surveillance des moustiques, dans sa première étape, est basée essentiellement sur la caractérisation des biotopes et sa distribution spatiale et temporelle.

## INTRODUCTION

La première partie de ce travail consiste à déterminer l'impact des activités anthropiques en réalisant un recensement et donc la reconnaissance des différents types de gîtes existants dans la région d'étude qui est représentée par 4 communes dans la wilaya de Annaba, chaque commune correspond à des zones et chaque zone est désignée par des stations. Cette prospection permettra de mieux connaître la nature des gîtes qui se trouve à Annaba et par la même occasion de mieux lutter et contrôler la distribution des moustiques au niveau de ces gîtes.

La deuxième partie est consacrée à une étude systématique et bioécologique des Culicidae dans la région de Annaba (Nord-Est Algérien). Les résultats sont soutenus par des indices écologiques. Ceci permettra la mise à jour de connaissance de la faune culicidienne.

La troisième partie a pour objectif de déterminer la composition biochimique (protéines, glucides et lipides) ainsi que l'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase (AchE) et celle de la glutathion S-transférase (GST) du quatrième stade larvaire et des adultes de *Culex pipiens*, prélevés de deux zones (urbaine et rurale). Une autre partie a fait l'objet de comparaison du potentiel de reproduction entre les larves de *Culex pipiens* (l'espèce la plus répandue de la ville) du milieu urbain et rural. La dernière partie d'étude a été destinée à une analyse quantitative et qualitative des hydrocarbures cuticulaires (HCs) sur des larves du 4<sup>ème</sup> stade de *Culex pipiens* et de *Culiseta longiareolata* ainsi que les imagos des deux espèces respectives.

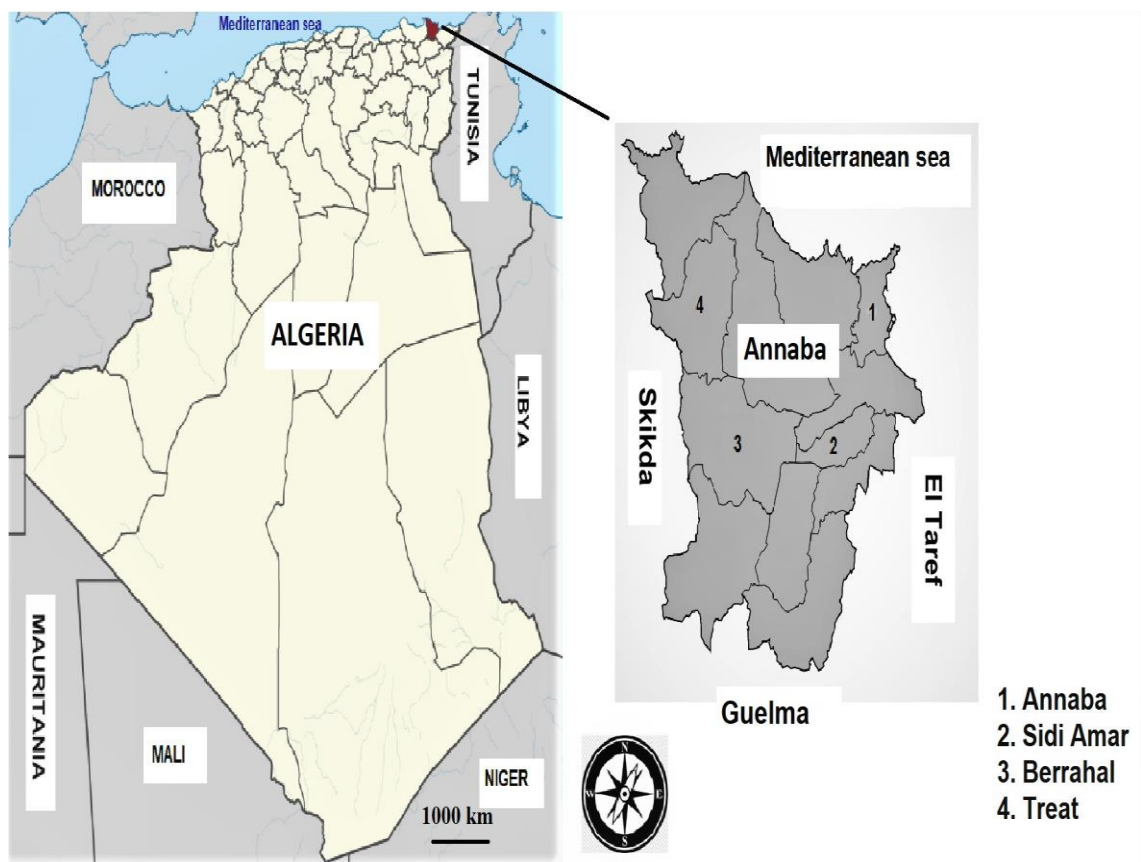
# **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1. Présentation de la région d'étude

La Wilaya de Annaba borde la partie Nord-orientale du Tell algérien, située au Nord-Est du pays, elle occupe une position stratégique, faisant face à la mer sur une bande littorale de plus de 16 km, totalisant de ce fait une superficie cadastrale de 1439 km<sup>2</sup> soit 0,06% du territoire national. Ses coordonnées géographiques sont de 36°54'59.146" N de latitude et de 7°46'7.044" E de longitude. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la Wilaya de Guelma, à l'Est par la Wilaya d'El-Taref et à l'Ouest par la Wilaya de Skikda (Figure 1).

La Wilaya de Annaba est constituée de six (06) Daïras autour desquelles gravitent 12 communes, et notre étude couvre 4 d'entre elles qui sont : Annaba, Sidi Amar, Berrahal et Treat (Figure 1).



**Figure 1.** Localisation des communes sélectionnées pour l'étude dans la wilaya de Annaba.

## 2.2. Données climatiques de la région d'étude

Comme tout être vivant les insectes sont soumis aux actions d'agents climatiques très variés au niveau des milieux où ils vivent, ces actions conditionnent leur activité et leur répartition géographique (Dajoz, 1975). La région d'Annaba est caractérisée par un climat méditerranéen, doux en hiver et chaud et humide en été. Les données climatiques relevées s'étalent sur une période d'une année (de Février 2018 à Mars 2019) et ont été fournies par la station météorologique locale. Les précipitations annuelles varient entre 24 et 619 mm (cumul total). L'humidité relative moyenne varie de 40% à 80%. Les moyennes des températures maximales et minimales sont respectivement de 31,4 °C et 10,1 °C (Station météorologique d'Annaba).

### 2.2.1. Les précipitations

Les précipitations constituent un facteur écologique fondamental. Cette pluviométrie permet l'humidification du sol sur lequel se forment des gîtes favorables à la pullulation des moustiques (Slezter, 1946). Les quantités de pluies tombées pendant chaque mois de la période d'étude sont mentionnées dans le tableau 1. On remarque une irrégularité en volume et en répartition du régime pluviométrique durant la période d'étude. Les mois les plus pluvieux sont janvier et février avec respectivement 101 et 85 mm (Tableau 1).

### 2.2.2. La température

La température a un rôle important dans l'évolution biologique des moustiques. Cette importance peut aller jusqu'à l'influence de l'espérance de vie, la fécondité des adultes et la maturation des œufs (Darriet, 2014). Les températures les plus basses sont enregistrées au mois de février avec une température minimale de 10,1 °C, le mois le plus chaud est le mois de juillet où on a noté une température maximale de 31,4°C (Tableau 1).

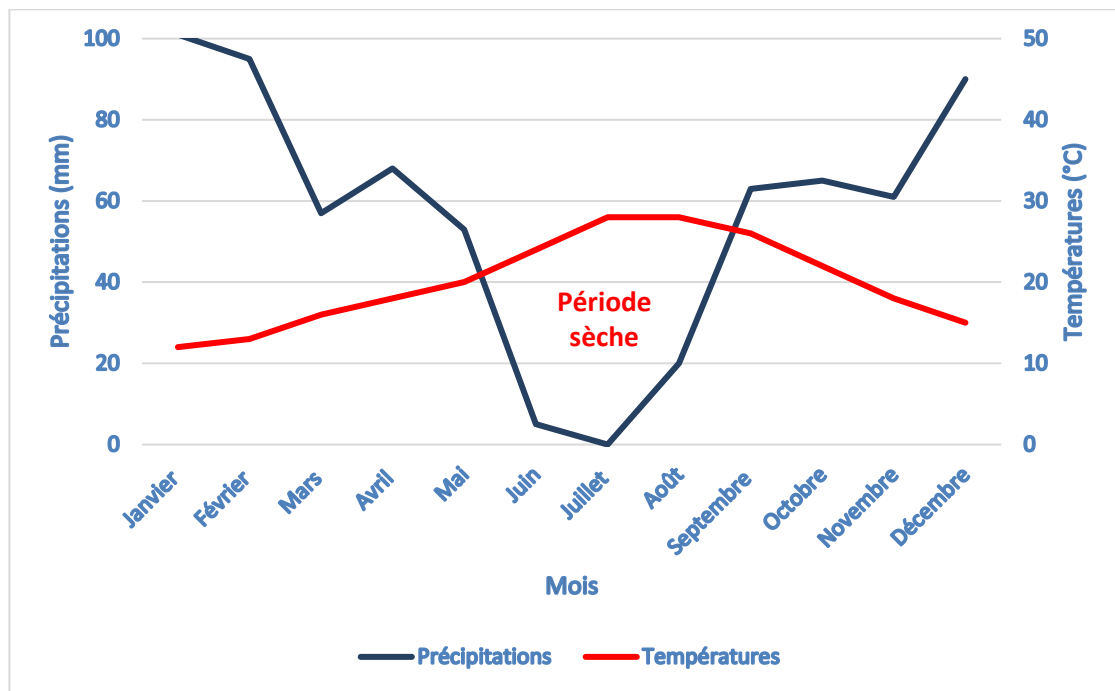
**Tableau 1.** La moyenne de la température et de la pluviométrie de la région de Annaba pendant la période d'étude (2018-2019).

Mois	Saison	T Min. °C	T Max. °C	Précipitations (mm)	Moyenne des précipitations (mm)
Mars	Printemps 2018	13,5	19,6	57	59,33
Avril		17,2	20,3	68	
Mai		17,9	23,0	53	
Juin	Été 2018	22,1	27,6	5	23,66
Juillet		25,9	31,4	0	
Août		25,5	30,4	66	
Septembre	Automne 2018	24,6	29,8	63	63,00
Octobre		21,3	24,0	65	
Novembre		15,3	21,6	61	
Décembre	Hiver 2019	12,6	18,3	33	73,00
Janvier		10,3	14,7	101	
Février		10,1	16,0	85	

### 2.2.3. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

Le diagramme ombrothermique est un mode de représentation classique du climat d'une région, il met en évidence les régimes thermiques et pluviométriques d'un site donné (Dajoz, 2006). L'analyse des températures et des précipitations permet de mettre en évidence la durée des périodes pluvieuse et des périodes sèche. Le climat est sec quand la courbe des températures se trouve au-dessus de celle des précipitations. Ainsi le climat est humide dans le cas contraire (Dreux, 1980).

Le diagramme ombrothermique de la région de Annaba durant la période d'étude révèle l'existence d'une période humide qui s'est étendue de janvier à avril 2018 et du mois d'octobre à février 2019. Quant à la période sèche, elle s'est étendue du mois de mai à septembre 2018 (Figure 2).



**Figure 2.** Diagramme Ombrothermique de la région de Annaba (Mars 2018 à Février 2019).

### 2.3. Paramètres physico-chimiques des eaux des stations d'étude

Les paramètres physico-chimiques jouent un rôle primordial, car ils interviennent non seulement dans la biologie de chaque espèce mais aussi dans la structure et la dynamique de la biocénose toute entière. Pour les moustiques, la nature de l'eau est un élément caractérisant le milieu dans lequel évoluent les stades pré-imaginaux (Mebarki, 1984). En effet, le gîte larvaire des Culicidae lié aux caractéristiques physico-chimique de l'eau est déterminant dans la distribution et l'abondance des espèces à l'échelle de biotope. Donc ces données peuvent servir comme un moyen de comparaison entre les stations et la diversité des peuplements Culicidiens. Ces paramètres, température et pH, sont mesurés dans les différents sites d'échantillonnage durant chaque sortie pour les prélèvements, tout au long de la période d'étude.

### 2.3.1. La température

Ce paramètre révèle un impact direct sur le développement et le cycle biologique de la plupart des insectes aquatiques. La température agit en particulier sur la durée de développement des stades larvaire.

### 2.3.2. Le potentiel Hydrogène (pH)

Le pH indique le caractère acide ou basique d'une solution. Il mesure la concentration en ions H<sup>+</sup> de l'eau, il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14 : 0 étant acide et 14 basique. Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain

## 2.4. Impact des activités anthropiques sur la faune et la flore

Des études scientifiques ont montré que l'activité humaine peut nuire à la faune et la flore et présente des impacts importants sur les écosystèmes (Lévêque & Mounolou, 2008). L'intérêt de ces études sur les populations animales et végétales dépasse la caractérisation de populations adaptées ou la traduction d'impacts environnementaux liés à la ville. Cela permet à la fois de vérifier les effets de l'augmentation de températures sur ces espèces, mais également vérifier l'impact de l'aménagement urbain sur les communautés animales et végétales (Clergeau *et al.*, 1998). De plus, le fait de comprendre quelles espèces et par quels moyens elles ont pu survivre aux nouvelles conditions environnementales imposées par l'homme, pourrait permettre d'apporter une meilleure conception de l'adaptation.

L'écologie urbaine est un domaine récent, il est considéré et plébiscité depuis peu. En effet, les chercheurs ont globalement commencé à considérer les villes comme des écosystèmes à part entière dans les années 1970 (Clergeau *et al.*, 2001). L'écologie urbaine, tout comme le reste des branches de l'écologie, se base souvent sur des patrons et sur l'identification de leurs paramètres pour mettre en place des hypothèses sur les processus sous-jacents. L'étalement et l'extension des villes vont entraîner des modifications du paysage et induire de nouvelles contraintes écologiques auxquelles les espèces devront faire face (Leston & Rodewald, 2006).

Face à ces modifications du milieu les espèces peuvent évoluer de deux manières différentes :

- Soit elles tolèrent et exploitent les milieux urbanisés.
- Soit elles ne tolèrent pas les modifications du milieu et elles voient leur aire de répartition se modifier.



En effet, elles peuvent préférer les milieux urbains aux milieux naturels, dans ce cas il s'agit d'« urban exploiters » (Blair, 1996) d'ailleurs plusieurs études ont démontré que l'espèce de moustique *Culex pipiens* se prolifèrent beaucoup plus dans le milieu urbain. Cette espèce est devenue tellement abondante qu'elle a importuné les citoyens, cette dernière est responsable de nombreuses plaintes pour les nuisances générées. À l'opposé il y a aussi les « urban avoiders » qui ne tolèrent pas du tout les conditions urbaines et l'aménagement urbain va entraîner la diminution de leur surface de répartition. Les « urban adapters », au centre, sont les espèces capables de vivre aussi bien en milieux naturels qu'en milieux urbanisés.

L'approche populationnelle en ville est particulièrement intéressante pour l'étude de la réponse des organismes aux perturbations anthropiques. Néanmoins, elle nécessite souvent au préalable une bonne compréhension des processus en jeu dans la mise en place de la biodiversité à des échelles d'organisation plus larges, par exemple les communautés. De plus la biodiversité n'évolue pas de la même manière en milieu urbain et en milieu rural.

En effet, l'empreinte de l'homme n'est pas la même dans ces deux milieux. Les espèces ne subiront donc pas forcément les mêmes contraintes. Il serait donc intéressant d'étudier les différences entre les milieux urbains et ruraux.

### 2.5. Description des gîtes

#### 2.5.1. Types de gîtes

Les moustiques sont capables de peupler les gîtes les plus variés. Il s'agit de gîtes artificiels et naturels qui constituent des lieux de ponte favorables. Les larves se développent indifféremment dans des eaux claires et polluées.

##### - Les gîtes naturels :

Les quantités irrégulières des pluies, s'accumulent dans des dépressions dont la forme diffère, donnant ainsi de nombreux types d'eau stagnante qui sont représentés par des bassins. Des bords de rivières, des flaques, des fossés, des marais, des mares, des ruisseaux, des sources, des trous d'arbres, des trous de rochers ainsi que par des zones inondées

##### - Les gîtes artificiels :

Ils sont plutôt liés au mauvais entretien des systèmes de collecte et d'évacuation des eaux de pluie, à l'accumulation de déchets dans les jardins, sur les voies publiques, les canaux d'irrigation les citernes, les puits, les retenues ainsi que les rizières et bien évidemment les vides sanitaires des bâtiments.

## 2.5.2. Caractéristiques des gîtes

La présence des moustiques a été enregistrée dans certains gîtes dont les structures sont variables, ils peuvent coloniser des gîtes sans végétation comme avec végétation. On peut les trouver dans des biotopes ombragés ainsi qu'au niveau des biotopes ensoleillés. Il est possible aussi de les apercevoir dans des gîtes permanents, semi permanents, temporaires voire même éphémères.

Les larves se développent préférentiellement dans les gîtes moins profonds que dans les gîtes profonds. La vitesse du développement est soumise aux conditions climatiques spécialement la température.

## 2.6. Recensement des différents types de gîtes dans la région de Annaba

Les sites d'étude comportent plusieurs stations en fonction de leurs disponibilités. La première partie de l'étude a été orientée vers un recensement des gîtes existants dans cette zone. Le suivi de cette étude a aussi tenu compte de la nature des gîtes soit permanents ou temporaires, naturels ou artificiels, hypogés ou épigés et en fonction de l'habitat : urbain (centre-ville), périurbain (à la périphérie de la ville) et rural (en retrait de toute agglomération humaine (Tableau 2).

**Tableau 2.** Recensement des différents types de gîtes dans la région de Annaba.

Communes	Type Site	Artificiel hypogé	Artificiel épigé	Naturel permanant	Naturel temporaire
	<b>Annaba</b>	Cité 40 logements géni sider Kouba (zone urbaine)	Vide sanitaire	/	/
Tabacoop Annaba (zone urbaine)		/	/	Marécage	/
Cité Rizzi Amor (ex. Chapuis) (zone urbaine)		/	Bac d'eau	/	/
Cité Monplaisant (zone urbaine)		/	Piscine abandonnée	/	/
Cité Oued Forcha (zone urbaine)		/	Oued Forcha	/	/
Ruines Romaines (zone urbaine)		/	Le Théâtre antique	/	/
Cité sidi Achour (zone urbaine)		/	Bassin d'eau	/	/

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

	Ain Romman Toche <b>(zone urbaine)</b>	/	Bassin d'eau	/	/
<b>El Bouni</b>	Cité des 900 logements. <b>(zone urbaine)</b>	Vide sanitaire	/	/	/
	Station de pompage El Bouni <b>(zone urbaine)</b>	/	Fossé	/	/
	Cité Boussedra <b>(zone urbaine)</b>	/	/	Lac	/
	Cité des 850, 900, 1400 logements. <b>(zone urbaine)</b>	Vide sanitaire	/	/	/
	Cité les crêtes <b>(zone urbaine)</b>	Vide sanitaire	/	/	/
<b>Sidi Amar</b>	Cité des 920, 508, 500, 400, 200, logements, UV 12, 13, 1, 2, 3, 4, 5) <b>(zone urbaine)</b>	Vide sanitaire	/	/	/
	Fossé <b>(zone rurale)</b>	/	Fossé	/	/
<b>Oued El Aneb</b>	<b>(Zone rurale)</b>	/	/	/	Flaque d'eau
<b>Treat</b>	<b>(Zone rurale)</b>	/	Fossé	/	/
	<b>(Zone rurale)</b>	/	/	Marécage	/
<b>Berrahal</b>	Lac Fetzzara <b>(Zone rurale)</b>	/	/	Lac	/
	<b>(Zone rurale)</b>	/	/	Marécage	/

### 2.7. Présentation des stations d'étude

Les critères pris en considération dans le choix des gîtes larvaires sont la représentativité des larves de Culicidés dans un lot de gîte productif, l'accessibilité, la pérennité et le non traitement. Les stations de la commune d'Annaba sont représentées par des gîtes localisés dans des endroits différents au sein de l'agglomération de la ville. (Figure 3).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le premier gîte est situé à la cité des 40 logements, génie Sider Kouba a attiré notre attention vu l'importante nuisance qui touche les habitants de cette cité ainsi que son accès facile. Le gîte artificiel hypogé permanent provient des vides sanitaires des bâtiments (Figure 3a).

Le deuxième est un gîte artificiel (bac d'abreuvement de bétail : 1m×1m×1m), qui se situe à Chapuis (Figure 3b).

Le troisième est un gîte artificiel, un bassin d'eau localisé à Aïn Romman Tôche (Figure 3c).

Le quatrième est un gîte artificiel, une piscine remplie d'eau pluviale dans une villa située à Saint Cloud (Figure 3d).



a- Vide Sanitaire



b- Bac d'abreuvement de bétail



c- Bassin d'eau



d- Piscine abandonnée

**Figure 3.** Gîtes localisés dans différents endroits au sein de la commune de Annaba (Photos personnelles).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dans la commune de Sidi Amar qui est limitée au Nord par la commune d'El Bouni, au Sud par la commune de Cheurfa, à l'Est par El Hadjar et à l'Ouest par Berrahal. Notre étude s'est limitée uniquement au niveau de la cité des 920 logements où on a remarqué une présence indiscutable de moustiques qui proviennent des vides sanitaires des bâtiments donc ce sont des gîtes artificiels hypogés permanents (Figure 4).



**Figure 4.** Vide sanitaire dans la cité des 920 logements, Sidi Amar (Photo personnelle).

La commune de Treat est bordée au Sud par la plaine sableuse de l'Oued el Kébir (complexe de zones humide de Guerbès- Senhadja) et au Nord par le massif forestier de la péninsule de l'Edough. C'est une zone rurale, une fosse située au bord de la route. (Figure 5).



**Figure 5.** Fosse à Treat (Photo personnelle).

Dans la commune de Berrahal, qui est limitée au Nord par les communes de Treat et Oued El Aneb, au Sud par la commune Eulma, à l'Est par El Bouni, Sidi Amar et Cheurfa tandis qu'à l'Ouest par la commune de Ben Azzouz (Wilaya de Skikda). Un marais situé à 7km du centre de Berrahal a été pris en considération (Figure 6).



**Figure 6.** Marécage à Berrahal (Photo personnelle).

## **2.8. Échantillonnage et identification des Culicidés**

### **2.8.1. Échantillonnage des larves**

Les collectes de larves ont été effectuées pendant des jours consécutifs dans les habitats larvaires sélectionnés. Tous les sites ont été investigués 2 fois/ mois, de mars 2018 à février 2019). Les larves ont été collectées en utilisant la méthode de la louche constituée par une casserole en plastique (500 ml) (Figure 7). La collecte a été faite à plusieurs endroits des sites de reproduction pour obtenir des échantillons homogènes (8-12 fois).

Les échantillons des mêmes sites de reproduction sont mélangés et placés dans des récipients en plastique individuels et étiquetés. Une fois au laboratoire, toutes les larves et nymphes ont été comptées et les stades immatures ont été séparés en différents stades larvaires et élevés au laboratoire. Ensuite, les pots d'élevage des stades plus âgés et des pupes de chaque échantillon ont été placés dans des boîtes émergentes (25cm×25cm×30cm) afin d'obtenir des adultes (mâles en particulier) qui ont été nécessaires pour confirmer l'identification par l'analyse des organes génitaux de certaines espèces.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les larves les plus jeunes ont été élevées dans des boîtes, afin de recueillir progressivement les larves de quatrième stade. Celles-ci ont été conservées dans de l'éthanol à 75% dans de petits flacons (50 ml) étiquetés avec la date, le site d'étude, le numéro et le code du site de reproduction.



**Figure 7.** Échantillonnage des larves de moustique.

### 2.8.2. Identification des larves récoltées

Afin d'identifier les espèces au laboratoire, les larves du 4<sup>ème</sup> stade ont été conservées dans de l'alcool à 70°, elles ont été plongées pendant 2 heures dans des boites de pétri qui contenaient du KOH à 20%, ensuite le KOH a été inspiré à l'aide d'une pipette, afin d'éviter de trop manipuler les larves pour ne pas les abimer, puis on a rajouté de l'eau distillée et on a laissé les larves à l'intérieur pendant une demi-heure. Enfin après une heure le protocole de montage définitif entre lame et lamelle a été réalisé à l'aide de la glycérine.

La reconnaissance des larves a été rendue possible grâce à un microscope à appareil photo Leica ICC50 HD (Figure 8) et au logiciel d'identification des Culicidea d'Afrique méditerranéenne établi par L'IRD de Montpellier (Brunhes *et al.*, 1999).



**Figure 8.** Le microscope à appareil photo utilisé pour la reconnaissance des espèces.  
(Leica ICC50 HD).

## 2.9. Indices écologiques

Les indices écologiques considérés dans la présente étude sont : les indices écologiques de composition (la richesse spécifique, l'abondance relative, la fréquence d'occurrence), et les indices écologiques de structure (l'indice de Shannon-Waever, indice de Simpson, et l'indice d'équitabilité).

### 2.9.1. Indices écologiques de composition

#### 2.9.1.1. Richesse spécifique

La richesse spécifique est l'ensemble des espèces que comporte un peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 1984), donc S est le nombre des espèces obtenu à partir du nombre total des relevés.

#### 2.9.1.2. Abondance relative

Elle correspond à la participation d'une espèce en terme d'individus ni par rapport au total des individus N (Dajoz, 1971). L'abondance relative C permet d'étudier la distribution d'une espèce dans une région donnée et de dire si elle est commune, rare ou très rare. Elle est calculée par la formule suivante :

$$C = ni / N \times 100$$

**ni** : nombre d'individus de l'espèce i  
**N** : nombre total d'individus relevés

#### 2.9.1.3. Fréquence d'occurrence

Elle représente le rapport exprimé sous la forme de pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce i pris en considération, par rapport au nombre total de relevés (Dajoz, 1971). Elle s'exprime de la manière suivante :

$$F = Pi / N \times 100$$

**Pi** : nombre de relevés contenant l'espèce  
**N** : nombre total de relevés effectués



Selon la valeur de F, on distingue les catégories suivantes :

- Espèce accessoire si  $25 \% \leq F < 50 \%$ .
- Espèce accidentelle si  $5 \% \leq F < 25 \%$ .
- Espèce rare si  $F \leq 4 \%$ .
- Espèce omniprésente si  $F = 100\%$ .
- Espèce constante si  $75\% \leq F < 100 \%$ .
- Espèce régulière si  $50 \% \leq F < 75 \%$ .

### 2.9.2. Indices écologiques de structure

#### 2.9.2.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver

L'indice de diversité de Shannon et Weaver ( $H'$ ), est la quantité d'information apportée par un échantillon sur les structures du peuplement dont provient l'échantillon et sur la façon dont les individus y sont répartis entre diverses espèces (Daget, 1976). Il se calcule comme suit :

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i \text{ où : } P_i = n_i/N$$

$H'$  : Diversité spécifique

$n_i$  : Effectif de l'espèce  $i$

$N$  : Effectif total du peuplement.

Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèce, dont la distribution d'abondance est équilibrée. A l'inverse, une valeur faible de cet indice correspond soit à un peuplement caractérisé par un nombre d'espèces faible pour un nombre d'individus élevé, soit à un peuplement dans lequel il y'a une espèce dominante.

#### 2.9.2.2. Equitabilité

L'équitabilité ou équirépartition constitue une seconde dimension fondamentale de la diversité (Ramade, 1984). Elle est le rapport entre la diversité spécifique ( $H'$ ) et la diversité maximale ( $H'_{\max}$ ), elle s'exprime comme suit :

$$E = H' / H'_{\max} \text{ avec } H'_{\max} = \log_2 S \text{ (S la richesse spécifique)}$$

L'équitabilité permet de comparer les structures des peuplements. La valeur de E varie de 0 à 1 ; elle tend vers 0 quand les différentes populations ne sont pas en équilibre entre elles et lorsque la quasi-totalité des effectifs est concentré sur une espèce, elle tend vers 1 quand il existe un équilibre entre les populations et lorsque toutes les espèces ont une même abondance (Ramade, 1984).

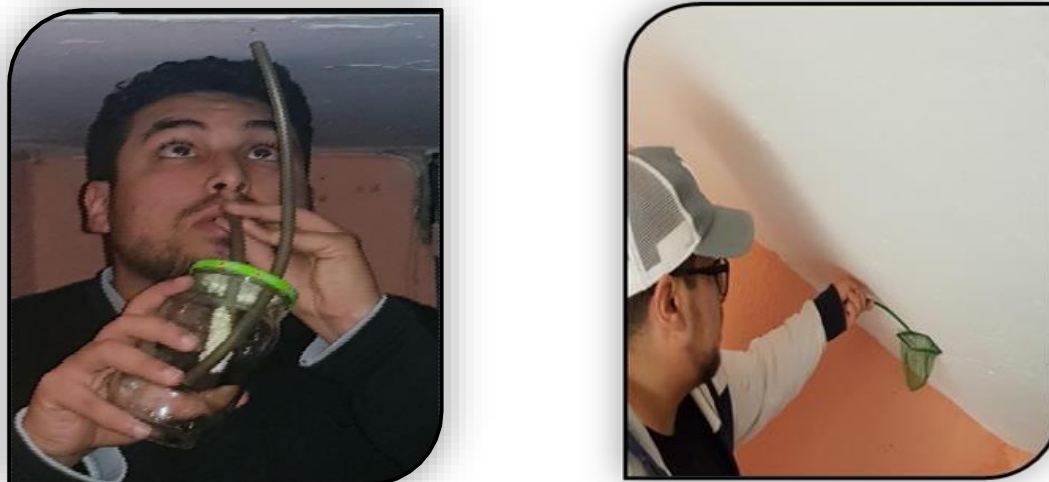
### 2.10. Technique d'élevage

L'élevage de moustiques a été réalisé sous les conditions de laboratoire avec une température de  $25^{\circ} \pm 2$  et une photopériode journalière (Bendali *et al.*, 2001), dans des cages de forme cubiques (30 x 30 x 30 cm) avec une armature en bois, couverte de tulle comportant sur le côté un manchon qui permet l'introduction du matériels d'élevage (Figure 9).

La capture des adultes a été effectuée au niveau du rez-de-chaussée de l'un des blocs de la cité des 40 logements Génie Sider, Kouba, via une méthode d'aspiration, les adultes gagnent le fond du pot à l'aide des tubes d'aspiration, ou bien à l'aide d'un petit filet dont les mailles sont de très petite taille (Figure 10). Les adultes de moustiques sont nourris de dattes suspendues dans les cages d'élevage contenant des récipients remplis d'eau déchlorurée, où les femelles peuvent pondre des œufs en amas sous forme de nacelle flottante à la surface de l'eau (Figure 9). Une fois les œufs éclosent, les larves sont nourries d'un mélange de biscuit (75%) et de levure sèche (25%) (Bendali, 2006), qui permet un apport de protéines, de glucides et de Vitamine B (Andrean *et al.*, 1981). Une fois que les larves atteignent le stade nymphal, les pupes sont disposées dans des cages où elles se transformeront en adulte. Le changement de l'eau et l'ajout de la nourriture sont effectués tous les 2 à 3 jours.



**Figure 9.** Cages d'élevage des moustiques adultes au laboratoire.

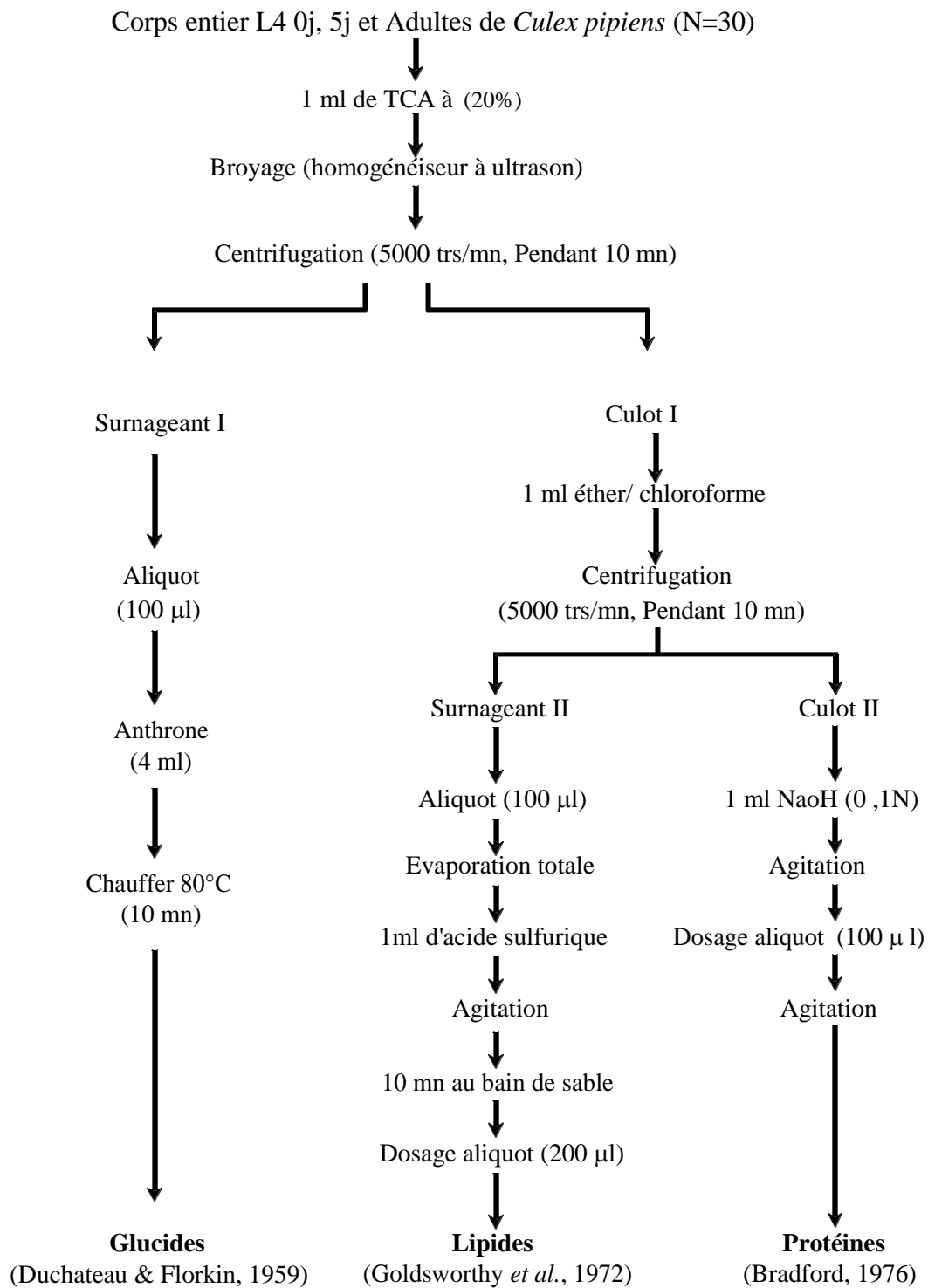


**Figure 10.** Techniques de capture d'adultes.

### 2.11. Extraction et dosage des principaux constituants biochimiques

L'extraction des différents métabolites a été réalisée selon Shibko *et al.* (1966), sur le corps entier des larves du quatrième stade de 0 et 5j ainsi que le corps entier des adultes de *Culex pipiens*. Les individus (N=30) sont placés dans des tubes eppendorf contenant 1 ml d'acide trichloracétique (TCA) à 20 % et broyer à l'aide d'un homogénéiseur à ultrason. Après une première centrifugation (5000 trs / min à 4°C, 10 mn), le surnageant I obtenu est utilisé pour le dosage des glucides totaux selon la méthode de Duchateau & Florin (1959). Au culot I, est ajouté à 1 ml de mélange éther/chloroforme (1V/1V) et après une seconde centrifugation (5000 trs/min, 10 mn), on obtient le surnageant II et le culot II. Le surnageant II sera utilisé pour le dosage des lipides (Goldworthy *et al.*, 1972) et le culot II est dissout dans la soude (0,1 N), qui servira au dosage des protéines (Bradford, 1976). Les principales étapes des extractions sont résumées dans la Figure 11.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES



**Figure 11.** Extraction des glucides, protéines et lipides totaux selon Shibko *et al.* (1966).

## 2.11.1. Dosage des protéines totales

Le dosage des protéines est effectué selon la méthode de Bradford (1976), avec une fraction aliquote de 100  $\mu$ l à laquelle on ajoute 4 ml de réactif du bleu brillant de commassie (BBC) G 250 (Merck). La solution de BBC, se prépare comme suit : homogénéisation de 100 mg de BBC, dans 50 ml d'éthanol 95°, on ajoute ensuite 100 ml d'acide orthophosphorique à 85% et on complète à 1000 ml avec l'eau distillée. La durée et la conservation du réactif est de 2 à 3 semaines à 4°C. Celui-ci révèle la présence des protéines en les colorants en bleu. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution albumine de sérum de bœuf (Sigma) titrant 1 mg/ml (Tableau 3).

**Tableau 3.** Dosage des protéines totales chez les moustiques : réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
<b>Solution standard d'albumine (<math>\mu</math>l)</b>	0	20	40	60	80	100
<b>Eau distillée (<math>\mu</math>l)</b>	100	80	60	40	20	0
<b>Réactif BBC (ml)</b>	4	4	4	4	4	4
<b>Quantité d'albumine <math>\mu</math>(g)</b>	0	20	40	60	80	100

## 2.11.2. Dosage des glucides totaux

Le dosage des glucides totaux a été réalisé selon Duchâteau & Florkin (1959). Elle consiste à additionner 100  $\mu$ l du surnageant contenu dans un tube à essai, 4 ml du réactif d'anthrone et de chauffer le mélange à 80 °C pendant 10 mn. Une coloration verte se développe dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de glucide présente dans l'échantillon, puis la lecture de l'absorbance est faite à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 620 nm (Tableau 4.). La préparation du réactif d'anthrone se fait comme suit : peser 150 mg d'anthrone, ajouter 75 ml d'acide sulfurique concentré et 25 ml d'eau distillée. On obtient une solution limpide de couleur verte qui est stockée à l'obscurité. La gamme d'étalonnage est effectuée à partir d'une solution mère de glucose (1mg/ml).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

**Tableau 4.** Dosage des glucides totaux chez les moustiques : réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de glucose (µl)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (µl)	100	80	60	40	20	0
Réactif d'anthrone (ml)	4	4	4	4	4	4
Quantité de glucose (µg)	0	20	40	60	80	100

### 2.11.3. Dosage des lipides totaux

Les lipides totaux ont été déterminés selon la méthode de Goldsworthy *et al.* (1972), utilisant le réactif sulfo-phospho-vanillinique. Le dosage des lipides se fait sur des prises aliquotes de 100 µl des extraits lipidiques ou de gamme étalon auxquelles on évapore totalement le solvant puis on ajoute 1ml d'acide sulfurique concentré et puis les tubes sont agités, et placés pendant 10 mn dans un bain de sable à 100 °C. Après refroidissement, on prend 200 µl de ce mélange au quel on ajoute 2,5 ml de réactif sulfo-phospho-vanillinique. Après 30 mn à l'obscurité, la densité optique est lue dans un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 530 nm (Tableau 5). Les lipides forment à chaud avec l'acide Sulfurique, en présence de la vanilline et d'acide orthophosphorique, des complexes roses. Le réactif est préparé comme suit : Dissoudre 0,38 g de vanilline dans 55 ml d'eau distillée et ajouter 195 ml d'acide orthophosphorique à 85%. Ce réactif se conserve pendant 3 semaines à 4 °C et à l'obscurité. La solution mère des lipides est préparée à partir de 2,5 mg d'huile de table (tournesol 99% triglycérides) dans un tube eppendorf et on ajoute 1 ml d'éther chloroforme (1V/1V).

**Tableau 5.** Dosage des lipides totaux chez les moustiques : réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de lipides (µl)	0	20	40	60	80	100
Solvant (éther /chloroforme) (1V/1V) ml	100	80	60	40	20	0
Quantité de lipides (µg)	0	50	100	150	200	250

## 2.12. Dosage des biomarqueurs

L'activité spécifique de l'AChE a été estimée chez les individus prélevés de *Culex pipiens* des vides sanitaires (VS) et des zones rurales (Rural) par l'application de la formule d'Ellman *et al.* (1961), en utilisant les pentes des droites de régression, exprimant l'absorbance en fonction du temps. Les résultats relatifs à l'activité spécifique de l'AChE sont exprimés en micromoles par minutes et par milligramme de protéines ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines).

### 2.12.1. Activité de l'acétylcholinestérase

Le dosage de l'acétylcholinestérase (AChE) est réalisé selon la méthode d'Ellman *et al.* (1961) qui consiste à fournir à l'enzyme un substrat, l'acétylthiocholine (ASCh) dont l'hydrolyse libère de la thiocholine (SCh) et de l'acide acétique. La thiocholine, en présence de DTNB (acide 5, 5'-dithio-bis-2-nitrobenzoïque) forme un complexe de couleur jaune dont l'intensité est lue à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 412 nm.

Les L4 0j, 5j et les adultes de *Culex pipiens* sont homogénéisés dans 1 ml de solution détergente [38,03 mg éthylène glycol tris beta aminoethyl éther NNN'N' (EGTA) ; 1ml de Triton X 100 %; 5,845 g de chlorure de sodium (NaCl) et 80 ml tampon Tris 10 mM, pH 7] puis centrifugées (5000trs/mn). Le surnageant récupéré servira à évaluer l'activité enzymatique.

Le dosage de l'activité AChE est réalisé sur une action fraiquote de 100  $\mu\text{l}$  à laquelle on ajoute 100  $\mu\text{l}$  de DTNB [39,6 mg DTNB, 15 mg  $\text{CO}_3\text{HNa}$  (bicarbonate de sodium), 10 ml tampon tris (0,1 M, pH 7)] et 1 ml de tampon tris (0,1 M, pH 7). Après 3 à 5 minutes, 100  $\mu\text{l}$  de substrat acétylthiocholine [23,6 mg ASCh, 1 ml eau distillée] sont ajoutés. L'essai est conduit avec 3 répétitions comportant chacune 30 individus. La lecture des absorbances s'effectue toutes les 4 mn pendant 20 minutes à une longueur d'onde de 412 nm contre un blanc où la solution détergente remplace le surnageant. L'activité spécifique est calculée selon la formule suivante :

$$X = \frac{\Delta Do / mn}{1.36 \times 10^4} \times \frac{Vt}{Vs} \quad / \text{mg de protéines}$$

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

**X** : micromole de substrat hydrolysé par minute et par mg de protéines ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines).

**$\Delta Do$**  (Densité optique) : pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

**$1,36 \times 10^4$**  : coefficient d'extinction molaire du DTNB ( $\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$ ).

**$V_t$**  : volume total dans la cuve : 1,3 ml [0,1 ml surnageant + 0,1 ml DTNB + 1 ml tampon tris (0,1 M, pH 7) + 0,1 ml acétylthiocholine].

**$V_s$**  : volume du surnageant dans la cuve : 0,1 ml.

### 2.12.2. Dosage des glutathion S-transférases

L'activité spécifique de la glutathion S-transférase (GST) chez les individus de *Culex pipiens* prélevés des vides sanitaires (VS) et des zones rurales (Rural) a été déterminée selon la procédure de Habig et al. (1974), en utilisant les pentes des droites de régression exprimant l'absorbance en fonction du temps. Les résultats relatifs à l'activité spécifique de la GST sont exprimés en micromoles par minutes et par milligramme de protéines ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines).

La méthode est basée sur la réaction de conjugaison entre la GST et un substrat, le CDNB (1-chloro 2, 4 dinitrobenzène) en présence d'un cofacteur le glutathion (GSH) et mesurée à une longueur d'onde de 340 nm dans un spectrophotomètre visible /UV.

Les échantillons sont homogénéisés dans 1 ml de tampon phosphate (0,1 M ; pH 6). L'homogénat est centrifugé à 1400 trs/ mn pendant 30 minutes et le surnageant récupéré servira comme source enzymed.

Le dosage consiste à faire réagir 200  $\mu\text{l}$  du surnageant avec 1,2 ml du mélange CDNB (1mM)/GSH (5mM) [20,26 mg CDNB, 153,65 mg GSH, 1 ml éthanol, 100 ml tampon phosphate (0,1 M, pH 6)]. L'essai est conduit avec 3 répétitions comportant chacune 30 individus. La lecture des absorbances est effectuée toutes les minutes pendant 5 minutes à une longueur d'onde de 340 nm contre un blanc contenant 200  $\mu\text{l}$  d'eau distillée remplaçant la quantité de surnageant.

L'activité spécifique est déterminée d'après la formule suivante :

$$X = \frac{\Delta Do / \text{mm}}{9,6} \times \frac{V_t}{V_s} \quad / \text{ mg de protéines}$$



**X** : millimoles de substrat hydrolysé par minute et par mg de protéines (mM/min/mg de protéines).

**$\Delta Do$**  (Densité optique) : pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

**9,6** : coefficient d'extinction molaire du CDNB ( $\text{mM}^{-1} \text{cm}^{-1}$ ).

**Vt** : volume total dans la cuve : 1,4 ml [0,2 ml surnageant + 1,2 ml du mélange CDNB/GSH].

**Vs** : volume du surnageant dans la cuve : 0,2 ml.

### 2.13. Evaluation du potentiel de reproduction de *Culex pipiens*

L'expérience a été réalisée sur un nombre égal de mâles et de femelles (N=30). Des larves ont été prélevées d'un gîte situé dans une zone rurale à Berrahal ainsi que des larves d'un vide sanitaire localisé dans la cité des 850 logements à Sidi Amar. Les individus de chaque gîte sont placés dans des cages séparément, un repas sanguin a été fourni une fois tous les trois jours, la durée de l'étude était de 30 jours. Les nacelles ont été récupérées et le nombre d'œufs pondus a été compté en mettant chaque nacelle sous microscope optique Leica ICC50 HD. Le pourcentage d'éclosion (E), la fécondité (F) ont été calculés selon (Chugh *et al.*, 2011) comme suit :

$$E = \text{Nombre d'œufs éclos} / \text{Nombre d'œufs} \times 100$$

$$F = \text{Nombre total des œufs pondus} / \text{Nombre total des femelles}$$

### 2.14. Caractérisation des hydrocarbures cuticulaires

Les hydrocarbures sont des composants de la cuticule qui subissent une mue régulée par l'hormone de mue (20 E) chez tous les insectes. Cette étude vise à évaluer le taux des composants chez des larves L4 du 4<sup>ème</sup> jour ainsi que les adultes mâles et femelles de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* pour une comparaison quantitative et/ou qualitative de ces composants entre ces deux espèces.

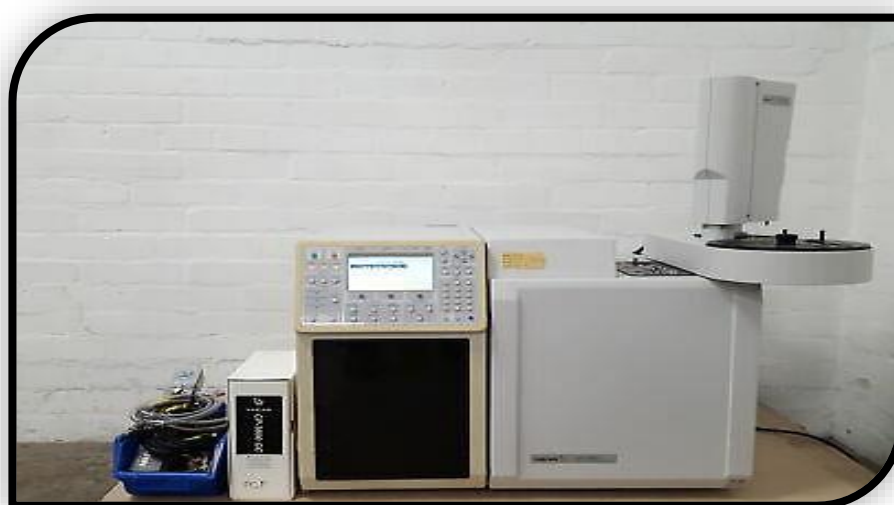
#### 2.14.1. Technique d'extraction

L'extraction des HCs a été menée sur des larves et des adultes individuels dans un 1 ml d'hexane distillé contenant 10  $\mu\text{g}$  d'octadecan (C18) en tant que standard interne pendant 5 mn à la température ambiante. Puis, les individus ont été enlevés et les extraits sont maintenus à  $-20^{\circ}\text{C}$  jusqu'à la phase d'analyse.

### 2.14.2. Analyse des extraits par chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse (CPG/SM)

L'analyse a été réalisée au laboratoire du Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation (CSGA) – Unité mixte de recherche (UMR) 6265 – Centre national de la recherche scientifique (CNRS) – Institut national de la recherche agronomique (INRA), université de Bourgogne, Dijon, France.

Pour l'analyse quantitative, des différents composés retenus, le chromatographe utilisé est un Varian CP-3380 équipé d'une colonne capillaire en silice fondue de type apolaire (CP Sil 5CB, 30 m x 0,25 mm de diamètre interne, épaisseur du film 0,22  $\mu\text{m}$ , Varian), d'un injecteur de type split-splitless (fuite de 25 ml/mn pendant 30 sec), et d'un détecteur à ionisation de flamme. Le gaz vecteur est l'hélium (Figure 12).



**Figure 12.** Chromatographe en phase gazeuse CP-3380 varian.

La programmation de température utilisée est la suivante : 140°C pendant 2 min, puis 5°C/min jusqu'à 300°C. Les températures de l'injecteur et du détecteur sont respectivement de 280 et de 290°C. Le signal obtenu est enregistré sur PC, sous windows, et analysé grâce au programme Maestro (Chrompack). La concentration des différents composés quantifiés est calculée en fonction du facteur de réponse de chacun d'eux après injection d'un mélange de référence (composés de synthèse).

Pour l'identification de la nature chimique des différents composés, un microlitre de chaque échantillon est injecté dans un chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse « CP-3380 varian », équipé du même type de colonne que ci-dessus.

La programmation de température utilisée est également identique à celle utilisée précédemment. L'intégration des différents pics est réalisée automatiquement et la nature chimique des différents composés a été déterminée par comparaison avec les spectres de masse contenus dans la banque de données de l'appareil.

Pour calculer la quantité des hydrocarbures cuticulaires majeurs il faut tout d'abord :

- 1/ Identifier le pic de référence C18,
- 2/ Voir son temps de rétention,
- 3/ Identifier le pic en question et voir son temps de rétention,
- 4/ Réaliser la règle de 3 comme suit :

**C18 :                                      10 µg → 49991 Area**

**C22 :                                      x µg → 9932 Area**

$$x = 9932 * 10 / 49991$$

$$x = 1,98 \text{ ng}$$

### 2.15. L'analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée grâce au logiciel PRISM 6. Les résultats obtenus ont été exprimés par la moyenne  $\pm$  l'écart-type ( $m \pm SD$ ). Les quantités des constituants biochimiques (protéines, glucides et lipides) ont été déterminées à partir des courbes d'étalonnage dont l'équation de la droite de régression exprime l'absorbance en fonction de la quantité du standard utilisé (albumine, glucose et l'huile de tournesol). La signification entre les différentes séries a été testée en utilisant test *t* de Student.

# RÉSULTATS

## 3. RÉSULTATS

### 3.1. Impact des activités anthropiques

La première partie des résultats a été consacrée aux impacts des activités de l'être humain sur les biotopes et l'apparition de nouveaux milieux de prolifération des moustiques. Dans la région de Annaba les gîtes urbains, ruraux, épigés, hypogés, naturels, artificiels permanents et temporaires sont relativement nombreux et présentent des milieux favorables pour la prolifération des moustiques. Leurs présences, qui touchent la majorité des quartiers de la ville explique le niveau d'hygiène et de nuisance qui touchent les habitants.

Les résultats révèlent l'existence d'un nombre important de gîtes, couvrant toute la région avec l'enregistrement de la présence des moustiques durant toute l'année. Les résultats montrent aussi que plus de 85% des gîtes de la wilaya sont artificiels émergés involontairement de certaines activités, comme la construction des bâtiments, la mauvaise conception et le non entretiens des vides sanitaires et aussi l'agriculture. (Tableau 6).

**Tableau 6.** Types de gîte de moustique prospectés dans la région d'étude.

<b>Les sites d'étude</b>					
<b>Commune</b>	<b>Annaba</b>		<b>Sidi Ammar</b>	<b>Berrahal</b>	<b>Treat</b>
<b>Type de gîte</b>	Naturel	Artificiel	Artificiel	Naturel	Naturel
<b>N° de gîte</b>	1	10	12	2	1
<b>Permanant</b>	/	7	12	2	/
<b>Temporaire</b>	1	3	/	/	1
<b>Eaux usées</b>	/	5	12	/	/
<b>Eaux pluviales</b>	1	5	/	2	1
<b>Hypogé</b>	/	6	12	/	/
<b>Épigé</b>	1	4	/	2	1

## RÉSULTATS

L'abondant ou la fin d'exploitation de certains endroits libère d'importants volumes de gîtes artificiels, la nature et la description de ces derniers sont mentionnées dans le tableau 7, les lettres (a, b,...i) représentent par des photos personnelles de ces différents gîtes artificiels (Figure 13).

**Tableau 7.** Nature et description des gîtes artificiels.

	Nature du gîte (Artificiel)	Description
a	Terrassement de bâtisses abandonnées	Projets de construction délaissés dans la phase de terrassement qui a laissé cour à un gîte.
b		
c	Bacs d'abreuvement de bétail	Le problème est lié à l'absence du nettoyage et de la vidange d'abreuvoirs après leur utilisation.
d		
e	Retenue d'eau pour irrigation	La non exploitation d'eau des terres agricoles laisse place à de volumineux gîtes.
f	Piscine abandonnée	Absence d'entretien et de fonctionnement de la piscine essentiellement pendant la saison propice aux moustiques.
g	Fosse à ciel ouvert	Manque de recouvrement des récipients entraîne une récupération d'eau de pluie.
h	Théâtre romain antique	Stagnation de l'eau pluviale suite à l'abondant du théâtre.
i	Vides sanitaires	Défauts de fabrication des vides sanitaires des bâtiments ainsi que le manque d'entretien.

Cependant les gîtes naturels sont aussi présents dans la wilaya de Annaba et restent un réservoir potentiel de moustiques de différentes espèces. Les gîtes naturels sont essentiellement représentés par :

- Des oueds,
- Des lacs,
- Des marais,
- Des bassins,

Les lettres (j, k, l, m et n) représentent ces gîtes naturels par des photos personnelles (Figure 14).

## RÉSULTATS



a- Terrassement de bâtisses abandonnées



b- Terrassement de bâtisses abandonnées



c- Bac d'abreuvement de bétail



d- Bac d'abreuvement de bétail



e- Retenue d'eau pour irrigation



f- Piscine abandonnée

## RÉSULTATS



g- Récipient involontairement exposé à la pluie



h- Théâtre romain antique



i- Vides sanitaires

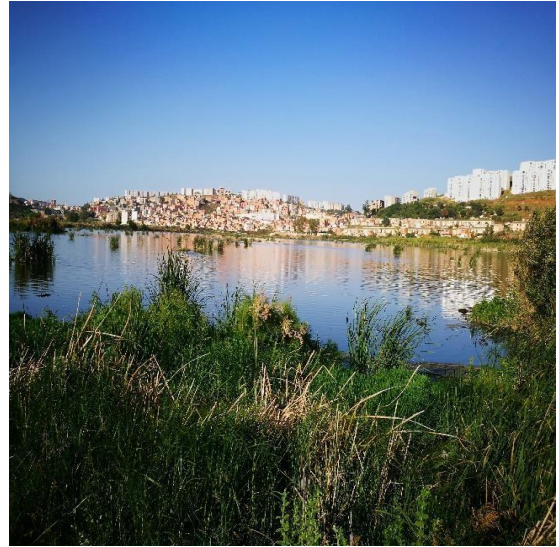
**Figure 13.** Gîtes artificiels hypogés et épigés dans la région de Annaba. (Photos personnelles).



## RÉSULTATS



j- Oued bouhamra



k- Lac bousedra



l- Marécage Tabacoop



m- Marécage en face du stade 19 mai



n- Marécage à Berrahal

**Figure 14.** Gîtes naturels épigés dans la région de Annaba. (Photos personnelles).

## 3.2. Inventaire des Culicidés

L'analyse de la composition du peuplement culicidien au niveau des différentes stations d'étude révèle la présence de 08 espèces appartenant à 4 genres différents, répartis en deux sous-familles (Tableau 8). La première est celle des Culicinae, où il est noté 3 tribus, la tribu des Aedini est représentée par deux espèces : *Aedes albopictus* et *Aedes aegypti*. La tribu des Culicini est formée par un seul genre, celui des *Culex* qui compte trois espèces : *Culex pipiens*, *Culex theileri* et *Culex modestus*. La tribu des Culisetini est formée par une seule espèce. Il s'agit de *Culiseta longiareolata*. Quant à la deuxième sous-famille est connue sous le nom d'Anophelinae qui est présente par deux espèces *Anopheles labranchiae* et *Anopheles claviger*. Les espèces récoltées et déterminées sont présentées dans la liste systématique suivante :

**Tableau 8.** Liste des espèces culicidiennes inventoriées dans la région de Annaba (de Mars 2018 à Février 2019).

Famille	Sous-Famille	Genre	Espèce
Culicidae	Culicinae	<i>Culex</i>	<i>Culex pipiens</i> Linné, 1758 <i>Culex theileri</i> Theobald, 1903 <i>Culex modestus</i> Ficalbi, 1890
		<i>Culiseta</i>	<i>Culiseta longiareolata</i> Maquart, 1828
		<i>Aedes</i>	<i>Aedes albopictus</i> Skuse, 1894 <i>Aedes aegypti</i> Linnaeus, 1762
	Anophelinae	<i>Anopheles</i>	<i>Anopheles labranchiae</i> Falleroni, 1926 <i>Anopheles claviger</i> Meigen, 1804

### 3.2.1. Présentation des espèces inventoriées

#### 3.2.1.1. *Culex pipiens* Linné, 1758

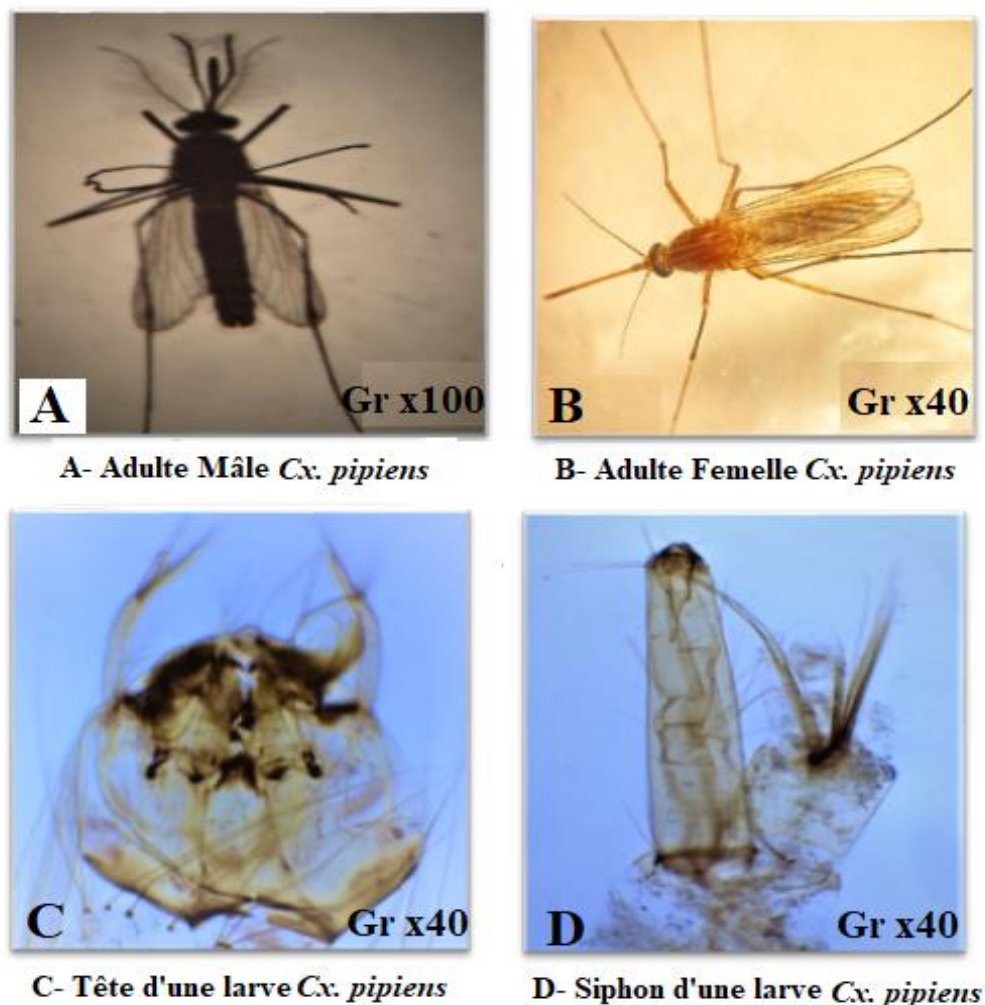
*Culex pipiens* a pour synonymes *Culex agilis* (Bigot, 1889), *Culex azoriensis* (Theabold, 1903), *Culex bifureatus* (Linné, 1758) et *Culex haenatophagus* (Ficalbi, 1893) (Senevet et Andarelli, 1959). C'est une espèce multivoltine, très abondante, pendant les mois d'été et d'automne. Les imagos femelles hivernent dans les caves, étables, grottes et autres abris naturels. Les œufs sont déposés à la surface de l'eau assemblés en barquettes de 240 à 340 œufs, 30 à 40 pour les autogènes.

## RÉSULTATS

Les larves se développent dans des eaux très polluées par les matières organiques (fosse de drainage d'eaux usées, mare temporaire de la périphérie des villes...). On peut aussi les rencontrer dans des gîtes dont l'eau est fraîche et pure.

Les femelles qui sont hémaphages piquent tous les vertébrés à sang chaud pour compléter leur repas sanguin qui est destinée à la maturation des œufs. (Schaffner *et al*, 2001). Cette espèce est la principale vectrice du virus West Nile.

Chez les adultes on peut distinguer le mâle par ses antennes plumeuses (Figure A-15), ainsi que par sa petite taille (3 à 4 mm) alors que la femelle peut mesurer jusqu'à 10 mm (Figure B-15). Les larves possèdent une tête plus large que longue (Figure C-15), l'indice (longueur/largeur) du siphon est de 4,6 à 5,9 (Figure D-15) (Harbach *et al.*, 1995).



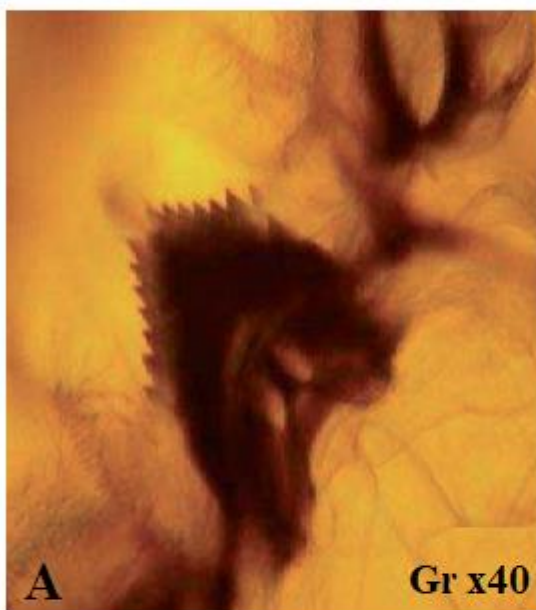
**Figure 15.** Caractères morphologiques de *Culex pipiens* (objectif x40).

### 3.2.1.2. *Culex theileri* Theobald, 1903

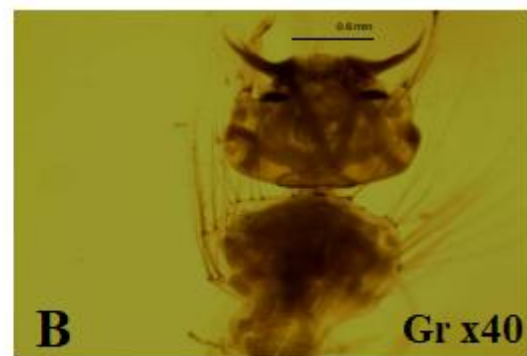
Les larves de cette espèce peuvent se rencontrer dans un grand nombre de gîtes (mares, marais, rivières, citernes, flaques résiduelles, sources, canaux d'irrigation, rizières) dont l'eau est généralement douce mais peut être aussi légèrement salée ; cette eau peut être propre ou polluée. Les femelles piquent tous les mammifères essentiellement en extérieur, mais peuvent entrer dans les maisons pour piquer l'homme ; elles ne constituent pas une nuisance majeure, l'espèce hiverne au stade imaginal. Elle est très présente pendant les mois d'été et d'automne.

En Afrique du Sud, l'espèce a été trouvée naturellement infectée par les virus West Nile et Sindbis. (Schaffner *et al.*, 2001).

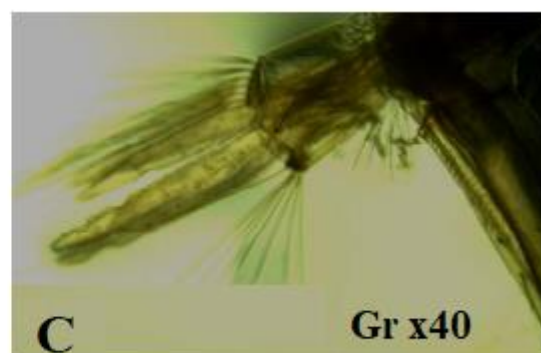
Le mentum est constitué de moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane (Figure A-16). La tête est sombre dotée d'antennes longues (Figure B-16). Le siphon est de forme droite légèrement déformé à l'extrémité, la selle est sombre, le pecten est doté de 8 à 13 dents (Figure C-16) (Assani *et al.*, 2012)



A- Mentum de *Cx. theileri*



B- Tête d'une larve de *Cx. theileri*



C- Siphon d'une larve de *Cx. theileri*

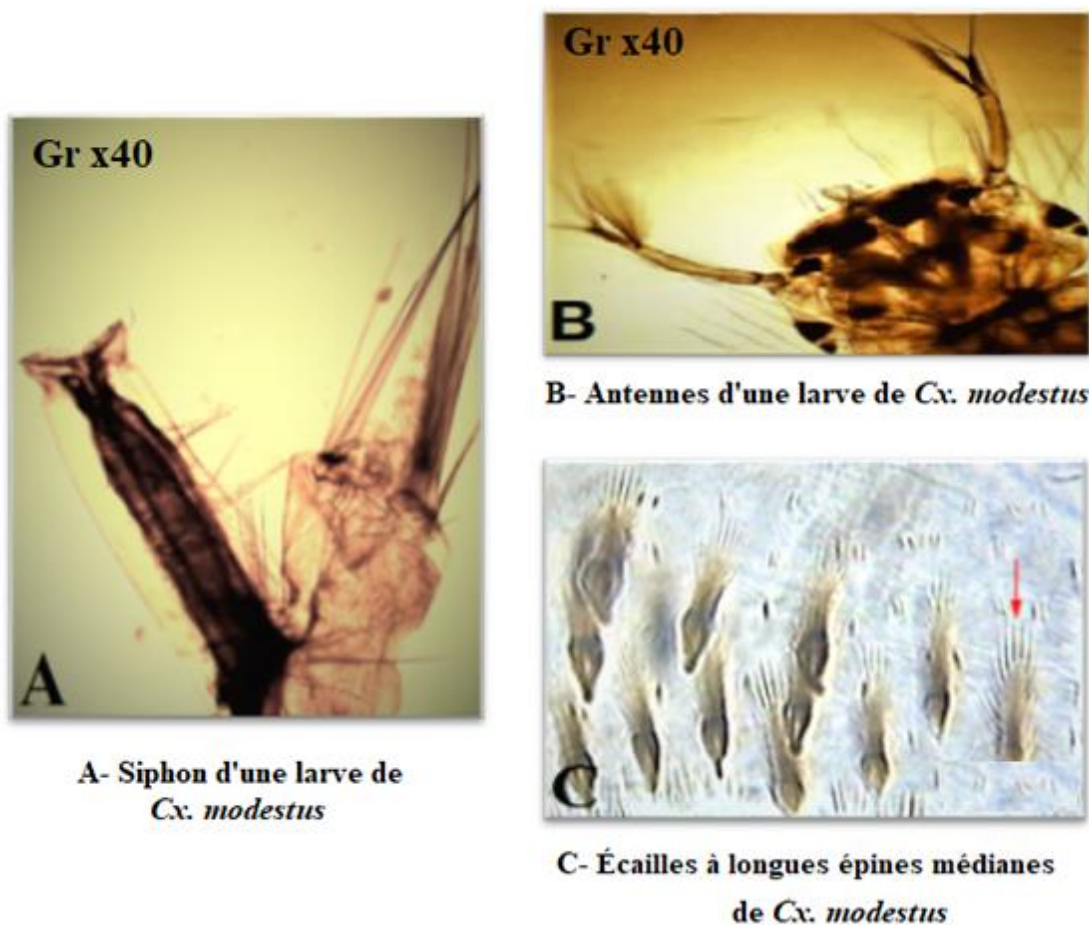
**Figure 16.** Caractères morphologiques de *Culex theileri* (objectif x40).

### 3.2.1.3. *Culex modestus* Ficalbi, 1890

*Culex modestus* à pour synonyme *Culex tanaicus* (Schelkanovtzev, 1926) et *Culex barraud*, 1924. Les larves se développent dans les rizières, les canaux d'irrigation, les marais semi-permanents. Ces gîtes sont généralement très ensoleillés et colonisés par la végétation. L'eau peut y être douce ou légèrement saumâtre. L'espèce est autogène. Les femelles hivernent dans la végétation et reprennent leur activité dès le printemps. Elles sont agressives envers l'humain.

Cette espèce a été impliquée dans la transmission du virus West Nile, du virus Tahyna, elle a été trouvée infectée par le virus Sindbis et *Dirofilaria immitis* (nématode) (Schaffner *et al.*, 2001).

*Culex modestus* possède un siphon respiratoire à bord droit dont la longueur est 3 à 5 fois plus importante que son diamètre (Figure A-17). La tête des larves est caractérisée par la présence de longues antennes, spicules clairs et un apex foncé (Figure B-17). Elle est aussi caractérisée par des écailles à longues épines médianes (Figure C-17).



**Figure 17.** Caractères morphologiques de *Culex modestus* (objectif x40).

### 3.2.1.4. *Culiseta longiareolata* Maquart, 1828

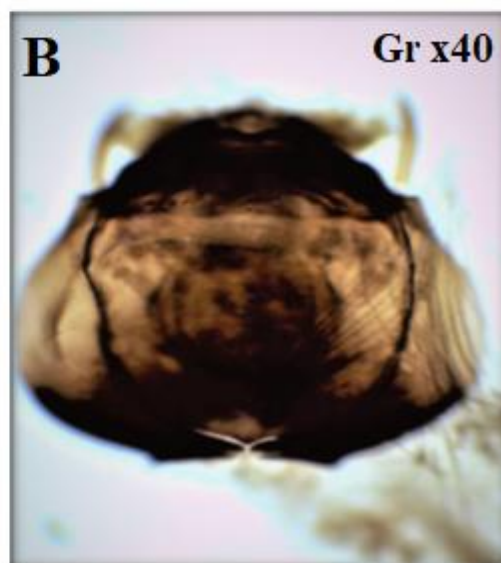
*Culiseta longiareolata* à pour synonymes *Culex longiareolata* (Macquart, 1838) et *theobaldia sathipalpis* (Sergent, 1909). C'est une espèce multivoltine. Les femelles sont sténogames et autogènes. Les gîtes larvaires sont de types très variés (bassins, abreuvoirs, puits abandonnés, trous de rocher, mares, rizières, canaux.) mais l'eau y est toujours stagnante et généralement riche en matières organiques.

D'après Senevet & Darelli (1960), *Culiseta longiareolata* est l'une des espèces les plus communes de l'Afrique du Nord avec des centres Telliens et Sahariens. Les adultes sont présentés toute l'année avec un maximum de densité au printemps et un autre en automne. Les femelles piquent surtout les oiseaux, très rarement l'humain ; elles pénètrent occasionnellement dans les maisons. L'espèce est considérée comme un vecteur de Plasmodiums d'oiseau ; elle peut transmettre expérimentalement le virus West Nile (Schaffner *et al.*, 2001).

Le peigne siphonal s'étend sur quasiment tout le siphon avec des dents disposées irrégulièrement le long du siphon et deux touffes de soies basales (Figure A-18). La tête de la larve est sombre, très pigmentée, les antennes sont courtes à téguments lisses (Figure B-18) (Brunhes *et al.*, 1999).



A- Siphone d'une larve de *Cs. longiareolata*



B- Tête d'une larve de *Cs. longiareolata*

**Figure 18.** Caractères morphologiques de *Culiseta longiareolata* (objectif x40).

## 3.2.1.5. *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse, 1894

Originnaire d'Asie du Sud-Est et de l'Océan Indien, *Aedes albopictus* se propage dans le monde entier depuis la fin des années 1970 et fut connu sous le nom de moustique tigre. Il habite les zones rurales à végétation dense, cependant, sa flexibilité écologique lui permet de coloniser de nombreux types de sites artificiels et de régions urbaines. Il peut se reproduire dans les pots de fleurs, les bains d'oiseaux, les conteneurs abandonnés et les récipients d'eau. (Eritja *et al.*, 2005). Le commerce international des pneus usagés et des décorations végétales, dénommées « lucky bamboo », sont à l'origine de sa dispersion mondiale.

Les œufs d'*Aedes albopictus* sont déposés sur la surface de l'eau individuellement (Figure A-19). Les adultes mesurent 4 à 5 mm et possèdent des motifs remarquables sur le corps et les pattes de couleur noire avec des rayures blanches (Figure B-19). Les larves sont caractérisées par la présence d'antennes courtes et un siphon long. (Figure C-19 et D-19).



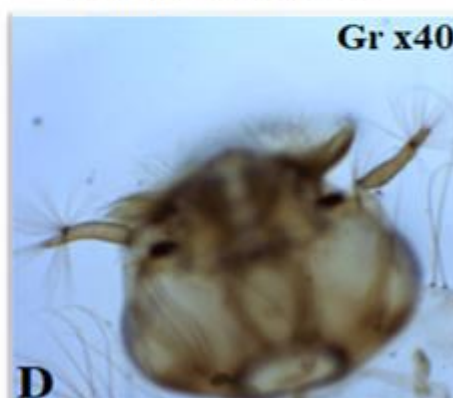
A- Oeufs *Ae. albopictus*



B- Adulte *Ae. albopictus*



C- Siphon d'une larve d'*Ae. albopictus*



D- Tête d'une larve d'*Ae. albopictus*

**Figure 19.** Caractères morphologiques d'*Aedes albopictus* (objectif x40).

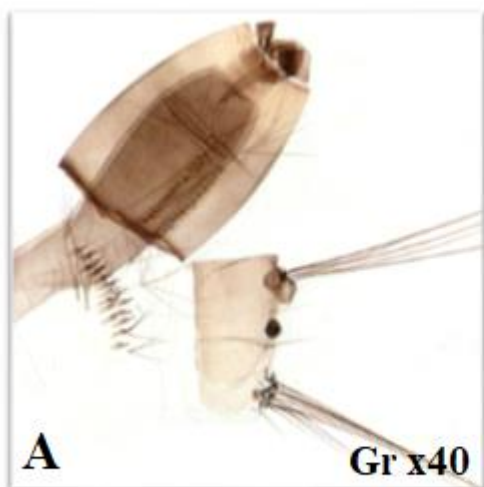
## 3.2.1.6. *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762

*Aedes aegypti* est présent dans toutes les régions dont la température moyenne annuelle est supérieure à 20 °C, c'est-à-dire dans de très nombreuses régions du monde. C'est une espèce qui a été récoltée dans les régions basses de l'Afrique méditerranéenne et dans plusieurs villes côtières du Maroc à l'Égypte.

Les œufs sont pondus isolément au-dessus de la surface de l'eau. Les larves se développent dans toutes les petites collections d'eau douce, propre ou polluée, que l'on rencontre en zone urbaine (flaques, pots de fleurs, boîtes de conserves...) et aussi, plus rarement, dans des puits ou des trous d'arbres. Le développement larvaire dure une dizaine de jours. Les adultes peuvent être actifs toute l'année mais ils le sont surtout en été. L'espèce est sténogame. Les adultes vivent environ 1 mois. Les femelles sont très agressives à la tombée de la nuit.

Dans de nombreuses régions intertropicales, *Aedes aegypti* transmet la fièvre jaune et la dengue. En Afrique méditerranéenne, ne provoque qu'une nuisance en milieu urbain.

La larve de l'*Aedes aegypti* est caractérisée par un siphon large et petit (Figure A-20). Les adultes sont caractérisés par une couleur de palpe entièrement sombre à la base et claire à l'apex, le thorax au niveau du scutum porte des écailles de couleur blanches et noire (Figure B-20) (Brunhes *et al.*, 1999).



A- Siphon d'une larve d'*Ae. aegypti*



B- Adulte d'*Ae. aegypti*

**Figure 20.** Caractères morphologiques d'*Aedes aegypti* (objectif x40).



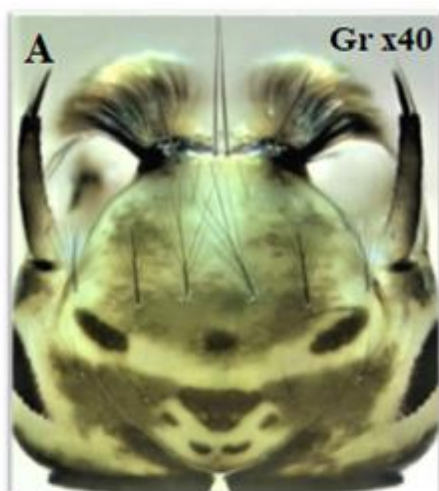
### 3.2.1.7. *Anopheles claviger* Meigen, 1804

*Anopheles claviger* 1804 morphologiquement très proche d'*Anopheles petragrani* 1939. Cette espèce a joué un rôle important comme vecteur de paludisme au proche orient, il est soupçonné de participer à la transmission d'autres agents pathogènes comme des virus.

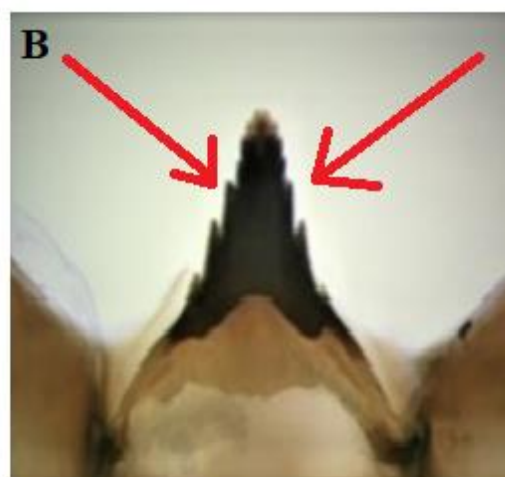
L'espèce est autogène et eurygame. Les œufs sont déposés un à un à la surface de l'eau, mais aussi sur le sol humide. Chaque ponte comprend entre 110 et 180 œufs. A 22°C, ils restent viables pendant 22 semaines, ils sont noirâtres, pourvus de flotteurs latéraux développés occupant les deux quarts médians, ornés d'un repli supplémentaire sur quelques éléments. Les femelles sont actives en cas de bruine, elles effectuent 3 à 5 cycles gonotrophiques dans la nature : leurs longévités maximales en laboratoire est de 46 jours. Les femelles piquent l'homme et les animaux domestiques, elles sont essentiellement exophiles et exophages, bien qu'elles puissent se gorger et rester quelques temps dans les étables.

Elles choisissent des sites généralement ombragées avec des eaux claires et pures (mares, ruisseaux,...). Bien que l'espèce affectionne les eaux claires et pures, elle peut également déposer ses œufs dans des milieux pollués voire saumâtres. Les gîtes larvaires sont présents en plaine et en montagne (+/-2500 m).

Sa larve se distingue par une tête claire, les antennes sont courtes à téguments lisses (Figure A-21) et un mentum doté de moins de 5 dents de part et d'autre de la dent médiane (Figure B-21).



A- Tête d'une larve d'*An. claviger*



B- Mentum d'*An. claviger*

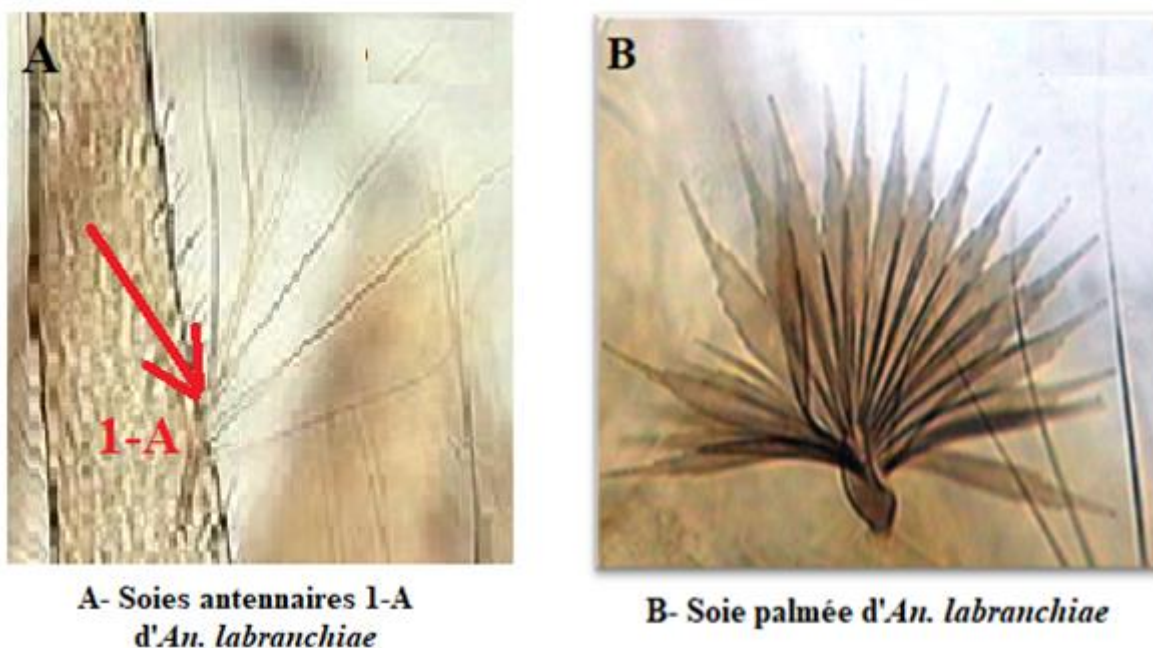
**Figure 21.** Caractères morphologiques d'*Anopheles claviger* (objectif x40).

### 3.2.1.8. *Anopheles labranchiae* Falleroni, 1926

D'après Seguy (1923) *Anopheles labranchiae* a pour synonyme *Anopheles bifurcatus* Meigen, 1804 et *Anophele clavigers* 1805. Cette espèce est une variété d'*Anopheles maculipennis*, pratiquement la seule identifiée en Afrique du Nord.

*Anopheles labranchiae* est multivoltin et eurygame. La diapause est incomplète ; les femelles semi-hivernantes se réfugient dans les abris obscurs (caves, grottes...) ; elles pondent dès les premiers jours. Les œufs sont pourvus de flotteurs latéraux. Les gîtes larvaires sont des plus variés (marais, mares, marges de rivières, canaux, rizières, bassins, puits,...) ; l'eau peut être douce ou saumâtre, mais toujours exposée au soleil. Les femelles sont très anthropophiles. On les rencontre dans les habitations et dans les abris pour animaux. Leur distance de vol peut être de 2 à 5 km. L'espèce a joué un rôle vectoriel important dans la transmission du paludisme en région méditerranéenne (Schaffner *et al.*, 2001).

L'espèce a joué un rôle vectoriel important dans la transmission du paludisme en région méditerranéenne. (Brunhes *et al.*, 1999). La larve d'*Anopheles labranchiae* se caractérise par des soies antennaires 1-A formant plus de 5 branches (Figure A-22) ainsi qu'une soie palmée sur la tête (Figure B-22) (Brunhes *et al.*, 1999).



**Figure 22.** Caractères morphologiques d'*Anopheles labranchiae* (Brunhes *et al.*, 1999).

## 3.2.2. Indice écologique de composition

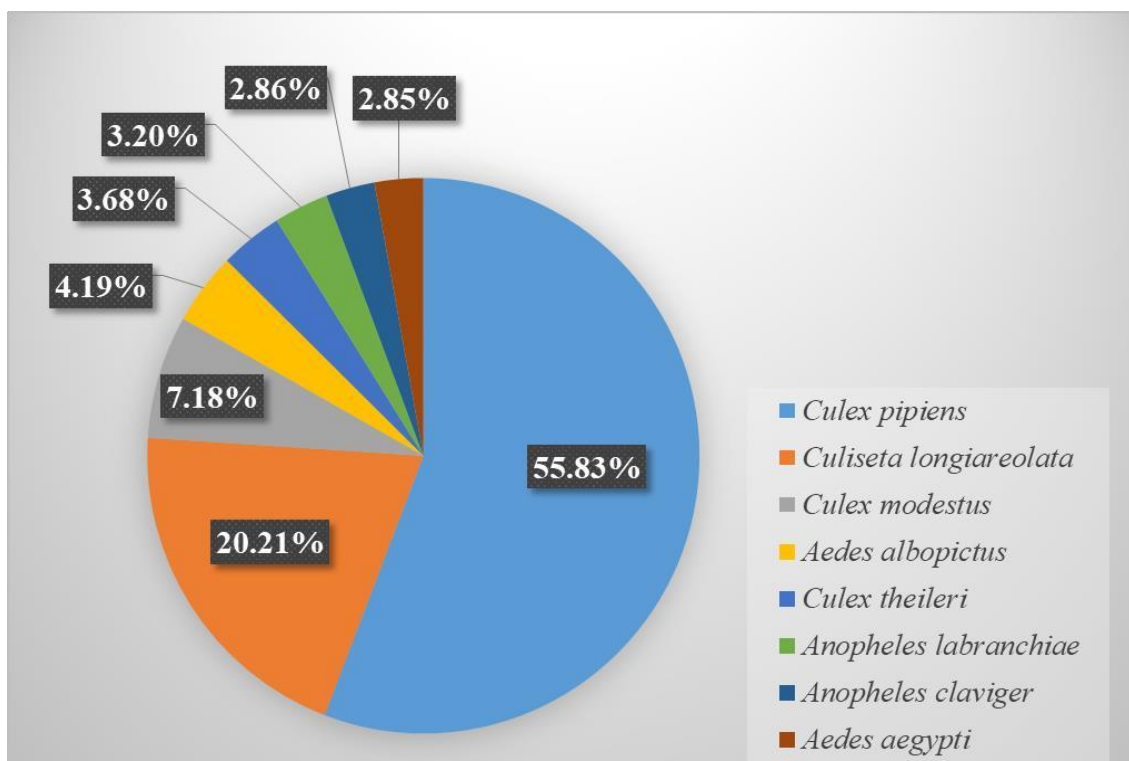
L'échantillonnage des moustiques a été effectué, dans quatre zones situées dans la région d'étude qui sont : Annaba, Sidi Amar, Berrahal et Treat. 5127 larves de moustiques ont été collectées révélant la présence de 8 espèces, appartenant à 4 genres, répartis en deux sous-familles. La première est la Culicinae et est représentée par 3 genres ; *Culex*, *Culiseta*, et *Aedes*. La seconde est Anophelinae avec un seul genre l'*Anopheles*. Parmi ces genres, le genre *Culex* s'est avéré être le taxon prédominant, avec l'enregistrement de 3 espèces : *Culex pipiens*, *Culex theileri*, et *Culex modestus*. *Culiseta* suit avec une espèce, *Culiseta longiareolata*. Les deux genres, *Anopheles* et *Aedes*, étaient tous deux respectivement représentés par deux espèces, *Anopheles labranchiae* et *Anopheles claviger*, *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*. L'espèce la plus abondante était *Cx. pipiens* 55,83% suivie de *Culiseta longiareolata* 20,21%. Les autres espèces de moustiques collectées étaient *Cx. modestus* et *Cx. theileri* avec 7,18 et 3,68% respectivement. L'abondance d'*An. labranchiae* était de 3,20% et celle d'*An. claviger* de 2,86%. Les espèces d'*Aedes* enregistrées pour la première fois dans cette zone étaient *Ae. albopictus* avec 4,19% et *Ae. Aegypti*, avec 2,85% d'abondance. (Tableau 9 ; Figure 23).

**Tableau 9.** Paramètres des indices écologiques de composition des populations culicidiennes récoltées dans les différentes stations d'étude.

Espèces	Ni	% Ni	Occ	F	Catégorie
<i>Culex pipiens</i>	2862	55,83	156	81,25	Constante
<i>Culex theileri</i>	189	3,68	42	21,87	Accidentelle
<i>Culex modestus</i>	368	7,18	48	25,00	Accessoire
<i>Culiseta longiareolata</i>	1036	20,21	120	62,5	Régulière
<i>Anopheles labranchiae</i>	164	3,20	57	5,62	Accessoire
<i>Anopheles claviger</i>	147	2,86	65	33,85	Accidentelle
<i>Aedes albopictus</i>	215	4,19	40	20,83	Accidentelle
<i>Aedes aegypti</i>	146	2,85	7	3,64	Rare
<b>Total</b>	5127	100	192	/	/

**Ni** : nombre d'individus ; **% Ni** : abondance relative ; **Occ** : le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée ; **F** : fréquence d'occurrence.

## RÉSULTATS



**Figure 23.** Diversité et abondance relative (AR%) des espèces de moustiques récoltées dans la région d'étude (mars 2018 à février 2019).

La dominance des espèces de moustiques pour chaque zone a été estimée par l'abondance relative (AR %) et est présentée dans le tableau 10. Les résultats ont montré que *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* étaient les espèces les plus abondantes et dominantes enregistrées dans tous les sites, elles avaient ainsi la plus grande distribution et adaptation aux différents types d'habitats larvaires. Ces deux espèces ont été collectées dans tous les habitats larvaires, situés dans des sites urbains et périurbains et les habitats de reproduction sont couverts d'eaux usées permanentes stagnantes. En revanche, *Cx. theileri*, *Cx. modestus*, *An. labranchiae* et *An. claviger*, n'ont été trouvés que dans des sites périurbains, dans des cours d'eau, des eaux stagnantes, propres ou turbides, avec un substrat boueux exposé à la lumière du soleil. La distribution d'*Ae. Albopictus* et d'*Ae. Aegypti* a été observée principalement dans de petits habitats larvaires comme des pots, des pneus usagés et des conteneurs, avec de l'eau propre et ils étaient couverts de différents types de plantes (Tableau 10).

## RÉSULTATS

**Tableau 10.** Diversité et abondance relative (AR %) des espèces de moustiques inventoriées dans les quatre zones d'étude.

Espèces	Abondance relative (AR%) des espèces de moustiques/sites			
	Annaba	Berrahal	Treat	Sidi Ammar
<i>Culex pipiens</i>	51,62%	64,49%	27,45	66,52
<i>Culex theileri</i>	/	6,57%	9,89	/
<i>Culex modestus</i>	/	12,40%	20,19	/
<i>Culiseta longiareolata</i>	33,15%	6,11%	25,32	21,66
<i>Anopheles labranchiae</i>	/	5,30%	9,50	/
<i>Anopheles claviger</i>	/	5,13%	7,65	/
<i>Aedes albopictus</i>	9,20%	/	/	6,88
<i>Aedes aegypti</i>	6,04%	/	/	4,93

### 3.2.3. Indice écologique de structure

Les valeurs de l'indice de diversité de Simpson, l'indice de Shannon- Weaver (H'), l'équitabilité (E) de la commune de Annaba sont mentionnées dans le tableau 11. On constate l'apparition de *Aedes albopictus* et *Aedes aegypti* pour la première fois dans la ville, *Culex pipiens* est l'espèce la plus abondante suivie de *Culiseta longiareolata*. (Tableau 11).

**Tableau 11.** Indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espèces culicidiennes récoltées à Annaba.

Espèces	Ni	Pi	Log2 x Pi	Pi x (Log2 x Pi)
<i>Culex pipiens</i>	752	0,516	-0,954	-0,492
<i>Culiseta longiareolata</i>	484	0,332	-1,590	-0,528
<i>Aedes albopictus</i>	134	0,092	-3,440	-0,320
<i>Aedes aegypti</i>	88	0,060	-4,060	-0,240
Total	1458	1	/	-1,580
<b>H'</b>				1,580
H'max				2,000
<b>E</b>				0,790

Ni : nombre d'individus, Pi : abondance de l'espèce, H' : indice de Shannon-Weaver, H'max : diversité maximale, E : équitabilité.

## RÉSULTATS

Les valeurs de l'indice de diversité de Simpson, l'indice de Shannon- Weaver (H'), l'équitabilité (E) de la commune de Sidi Amar sont mentionnées dans le tableau 12. *Culex pipiens* est l'espèce la plus abondante à son tour suivie de *Culiseta longiareolata*. *Aedes albopictus* ainsi que *Aedes aegypti* sont aussi inventoriées à Sidi Amar (Tableau 12).

**Tableau 12.** Indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espèces culicidiennes récoltées à Sidi Amar.

Espèces	Ni	Pi	Log2 x Pi	Pi x (Log2 x Pi)
<i>Culex pipiens</i>	783	0,665	-0,588	-0,391
<i>Culiseta longiareolata</i>	255	0,217	-2,20	-0,478
<i>Aedes albopictus</i>	81	0,069	-3,857	-0,266
<i>Aedes aegypti</i>	58	0,049	-4,351	-0,213
Total	1177	1	/	-1,348
<b>H'</b>				1,348
H'max				2,000
<b>E</b>				0,674

Ni : nombre d'individus, Pi : abondance de l'espèce, H' : indice de Shannon-Weaver, H'max : diversité maximale, E : équitabilité.

Les valeurs de l'indice de diversité de Simpson, l'indice de Shannon- Weaver (H'), l'équitabilité (E) de la commune de Berrahal sont mentionnées dans le tableau 13. Une diversité considérable a été constatée, ceci peut être expliqué par la nature des gîtes trouvés à Berrahal. *Culex pipiens* est toujours l'espèce la plus abondante suivie de *Culex modestus*. (Tableau 13).

**Tableau 13.** Indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espèces culicidiennes récoltées à Berrahal.

Espèces	Ni	Pi	Log2 x Pi	Pi x (Log2 x Pi)
<i>Culex pipiens</i>	1119	0,644	-0,615	-0,396
<i>Culex theileri</i>	114	0,066	-3,921	-0,259
<i>Culex modestus</i>	216	0,124	-3,012	-0,373
<i>Culiseta longiareolata</i>	104	0,060	-4,059	-0,243
<i>Anopheles labranchiae</i>	92	0,053	-4,238	-0,225
<i>Anopheles claviger</i>	90	0,052	-4,265	-0,222
Total	1735	1	/	-1,718
<b>H'</b>				1,718
H'max				2,585
<b>E</b>				0,665

Ni : nombre d'individus, Pi : abondance de l'espèce, H' : indice de Shannon-Weaver, H'max : diversité maximale, E : équitabilité.

## RÉSULTATS

Les valeurs de l'indice de diversité de Simpson, l'indice de Shannon- Weaver (H'), l'équitabilité (E) de la commune de Berrahal sont mentionnées dans le tableau 14. Une diversité considérable a été constatée, ceci peut être expliqué par la nature des gîtes trouvés à Treat. *Culex pipiens* est toujours l'espèce la plus abondante suivie de *Culex modestus*. (Tableau 14).

**Tableau 14.** Indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espèces culicidiennes récoltées à Tréat.

Espèces	Ni	Pi	Log2 x Pi	Pi x (Log2 x Pi)
<i>Culex pipiens</i>	208	0,275	-1,862	-0,512
<i>Culex theileri</i>	75	0,099	-3,234	-0,320
<i>Culex modestus</i>	152	0,200	-2,322	-0,464
<i>Culiseta longiareolata</i>	193	0,255	-1,971	-0,503
<i>Anopheles labranchiae</i>	72	0,095	-3,396	-0,322
<i>Anopheles claviger</i>	57	0,075	-3,737	-0,280
Total	757	1	/	-2,401
<b>H'</b>				2,401
H'max				2,584
<b>E</b>				0,929

Ni : nombre d'individus, Pi : abondance de l'espèce, H' : indice de Shannon-Weaver, H'max : diversité maximale, E : équitabilité.

Les valeurs de l'indice de diversité de Simpson, l'indice de Shannon- Weaver (H'), l'équitabilité (E) de chaque zone d'étude sont indiquées dans le tableau 15. Il y'a des différences dans la diversité des espèces de moustiques inventoriés dans les quatre zones d'étude, Les deux plus fortes valeurs ont été trouvés dans la commune de Treat (H' : 2,40 et E : 0,93) respectivement, tandis que la diversité estimée (H' : 1,35) et l'équitabilité (E : 0,66) étaient les plus faibles dans la commune de Sidi Amar (Tableau 15).

**Tableau 15.** Indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espèces culicidiennes récoltées dans les 4 zones d'étude.

Indices écologiques Sites	H'	E
<b>Annaba</b>	<b>1,58</b>	<b>0,79</b>
<b>Sidi Amar</b>	<b>1,35</b>	<b>0,67</b>
<b>Berrahal</b>	<b>1,72</b>	<b>0,66</b>
<b>Treat</b>	<b>2,40</b>	<b>0,93</b>

## RÉSULTATS

La présence de la faune culicidienne dans les différents gîtes présente une corrélation avec la température de l'eau et le pH de ces derniers. La densité maximale a été observée dans une température allant de  $24,9 \pm 2,64$  à  $25,8 \pm 2,66$  °C et un milieu alcalin dont le pH varie de 8 à 9 (Tableau 16). Ces gîtes sont la plupart des vides sanitaires des bâtiments où la température de l'eau est toujours élevée et ça durant toute l'année. Ceci est dû à l'utilisation massive de l'eau chaude par les habitants et le fait que les vides sanitaires soient couverts. La présence de différents types de matières organiques rend le pH supérieur à 8 dans ce type de gîte. Contrairement aux vides sanitaires où la présence des moustiques s'étale sur toute l'année, la présence de ces derniers au niveau des gîtes ouverts a un rapport avec la température de l'eau qui varie d'une saison à une autre de 15 à 23 °C (Tableau 16). Le pH dans ce type habitats est estimé de 7,3 à 7,7 (Tableau 16).

**Tableau 16.** Caractéristiques des sites d'échantillonnage de larves de moustiques dans larégion de Annaba durant la période d'étude.

Zones	Types d'habitats	T °C	pH
Annaba	Urbain : Ouvert, permanent, eau stagnante et propre.	18,9 $\pm 3,31$	7,5 $\pm 0,27$
	Urbain : Couvert, permanente, stagnante et eaux usées	24,9 $\pm 2,64$	8,4 $\pm 0,29$
Sidi Amar	Urbain : Ouvert, permanent, stagnant, propre.	20,0 $\pm 3,50$	7,6 $\pm 0,3$
	Urbain : Couvert, permanente, stagnante, eaux usées.	25,8 $\pm 2,66$	8,6 $\pm 0,54$
Berrahal	Périurbain : Ouvert, permanent, stagnant, propre.	19,8 $\pm 2,90$	7,5 $\pm 0,34$
Treat	Périurbain : Ouvert, permanent, stagnant, propre.	19,6 $\pm 3,67$	7,7 $\pm 0,55$



## 3.2.4. Distribution temporelle selon les saisons

L'étude a été menée pendant quatre saisons où 2 espèces, *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* étaient principalement distribuées pendant toute l'année. Alors que durant la période chaude qui commence le dernier mois de la saison printanière (Mai) et qui s'étend jusqu'à la fin de la saison estivale (Août), on a constaté une omniprésence de toutes les espèces inventoriées dans la région d'étude. Enfin durant la saison automnale, on a constaté une diminution assez remarquable des espèces identifiées et ceci est en corrélation avec la baisse de la température durant cette période (Tableau 17).

**Tableau 17.** Répartition temporelle des espèces de moustiques enregistrées au niveau des sites d'étude durant la période qui s'est étendue de Mars 2018 à Février 2019.

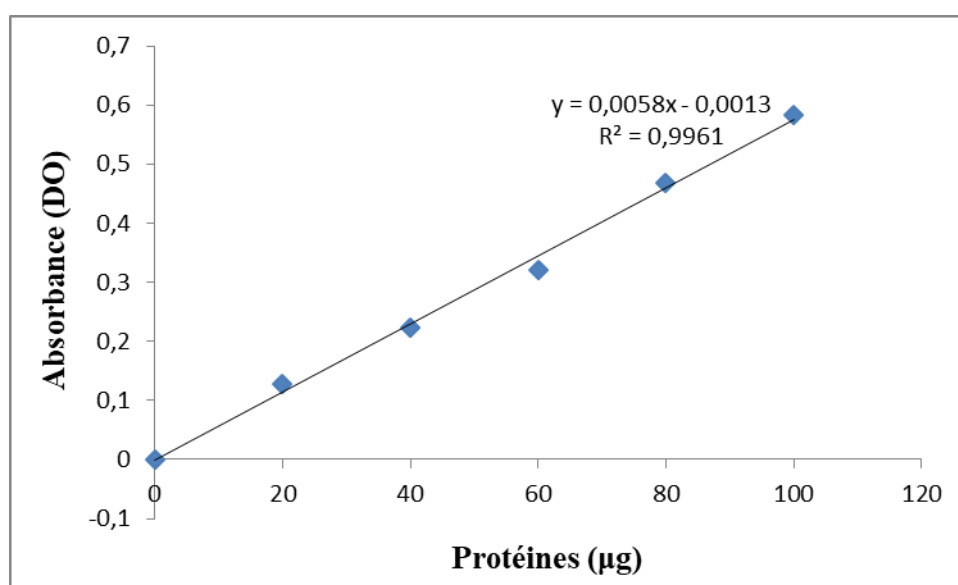
Mois	Printemps			Été			Automne			Hiver		
	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
<i>Culex pipiens</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Culex theileri</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Culex modestus</i>	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Culiseta longiareolata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Anopheles labranchiae</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Anopheles claviger</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Aedes albopictus</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Aedes aegypti</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

## 3.3. Résultats Dosages

### 3.3.1. Dosages des métabolites

#### 3.3.1.1. Dosage des protéines totales

La gamme d'étalonnage exprimée par l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine a permis de calculer les quantités de protéines de *Culex pipiens*. (Figure 24).

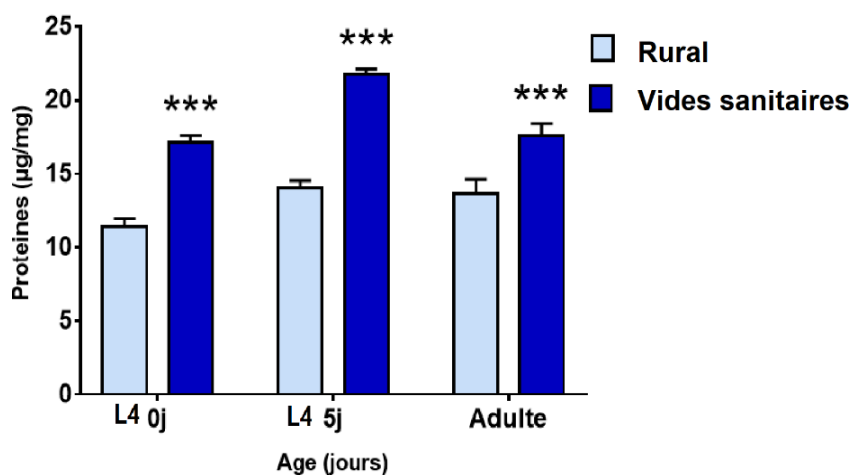


**Figure 24.** Dosage des protéines totales de *Culex pipiens*, courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des protéines (µg) ( $R^2$  = Coefficient de détermination).

Les résultats du contenu en protéines totales des larves du quatrième stade 0 et 5j ainsi que les adultes de *Culex pipiens* prélevés des zones rurales et des vides sanitaires de la région d'étude sont mentionnés dans la figure 25.

Chez les larves du gîte rural une augmentation de la quantité des protéines a été enregistrée chez les L4 0j (11,40 µg/mg) jusqu'au 5<sup>ème</sup> jour (14,02 µg/mg), puis une diminution chez les adultes enregistrant une valeur de 13,66 µg/mg (Figure 25). Chez les larves des vides sanitaires une augmentation de la quantité des protéines a été enregistrée à son tour, les valeurs obtenus sont 17,14 µg/mg chez les L4 0j et 21,74 µg/mg chez les L4 du 5<sup>ème</sup> jour. Une diminution a aussi été enregistrée chez les adultes avec une valeur de 17,56 µg/mg. L'analyse statistique révèle une différence hautement significative entre la quantité des protéines chez les individus prélevés du gîte rural et des vides sanitaires (Figure 25).

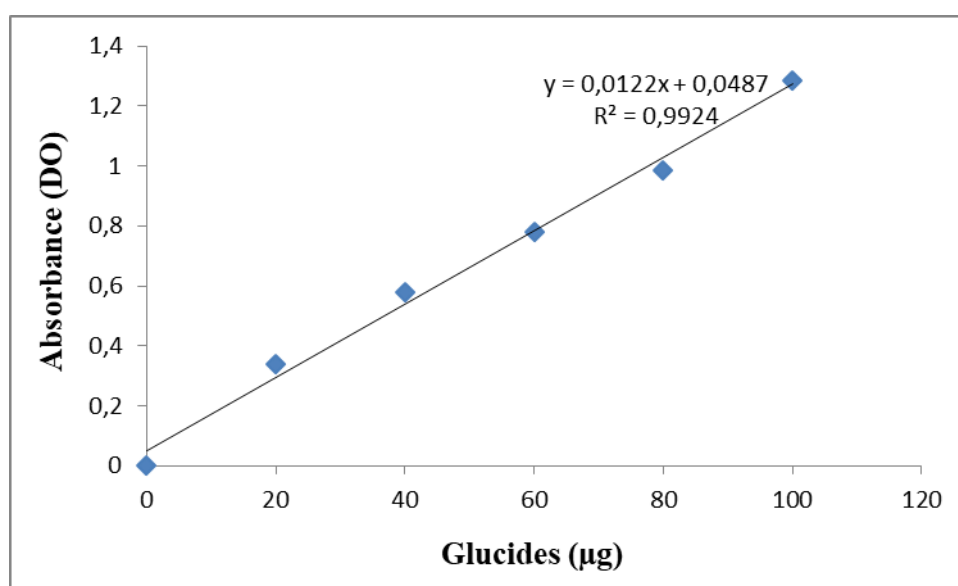
## RÉSULTATS



**Figure 25.** Comparaison du contenu en protéines totales ( $\mu\text{g}/\text{individu}$ ) chez les larves du quatrième stade 0 et 5j, et des adultes de *Culex pipiens* prélevés des zones rurales et des vides sanitaires ( $n = 3$  répétitions comportant chacune 30 individus). \*\*\*  $P < 0,001$  = différence hautement significative.

### 3.3.1.2. Dosage des glucides totaux

Le taux de glucides totaux de *Culex pipiens* a été calculé d'après une courbe de référence, utilisant le glucose comme standard, représenté par la figure 26.

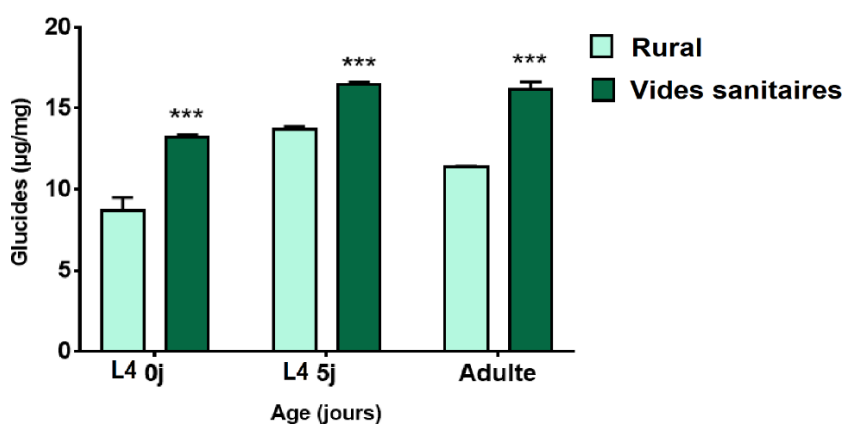


**Figure 26.** Dosage des glucides totaux de *Culex pipiens*, courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des glucides ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2$  = Coefficient de détermination).

## RÉSULTATS

Les résultats du contenu en glucides totaux des larves du quatrième stade 0 et 5j ainsi que les adultes de *Culex pipiens* prélevés des zones rurales et des vides sanitaires de la région d'étude sont donnés dans la figure 27.

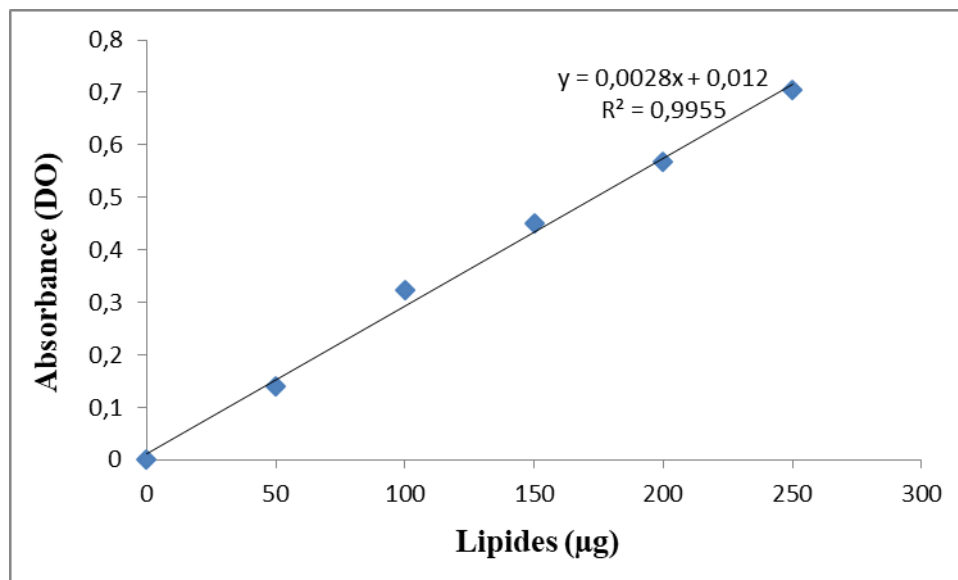
La quantité des glucides dans le corps entier des larves du 4<sup>ème</sup> stade nouvellement exuvies du gîte rural a été estimée à 8,67  $\mu\text{g}/\text{mg}$ , une augmentation a été enregistrée pour les L4 du 5<sup>ème</sup> jour avec une valeur de 13,71  $\mu\text{g}/\text{mg}$ . Concernant les adultes une diminution a été notée enregistrant une valeur de 11,40  $\mu\text{g}/\text{mg}$  (Figure 27). Chez les L4 des vides sanitaires une augmentation des valeurs a été obtenue 13,19  $\mu\text{g}/\text{mg}$  et 16,46  $\mu\text{g}/\text{mg}$  de 0j à 5j respectivement ainsi qu'une diminution chez les adultes (16,14 $\mu\text{g}/\text{mg}$ ). L'analyse statistique des résultats obtenus, révèle une différence hautement significative entre la quantité des glucides chez les individus prélevés du gîte rural et des vides sanitaires (Figure 27).



**Figure 27.** Comparaison du contenu en glucides totaux ( $\mu\text{g}/\text{individu}$ ) chez les larves du quatrième stade 0 et 5j, et des adultes de *Culex pipiens* prélevés des zones rurales et des vides sanitaires (n = 3 répétitions comportant chacune 30 individus). \*\*\*  $P < 0,001$  = différence hautement significative.

### 3.3.1.3. Dosages des lipides totaux

La quantité des lipides de *Culex pipiens*, a été évaluée à partir de la droite de régression de la gamme d'étalonnage représentée par la figure 28.

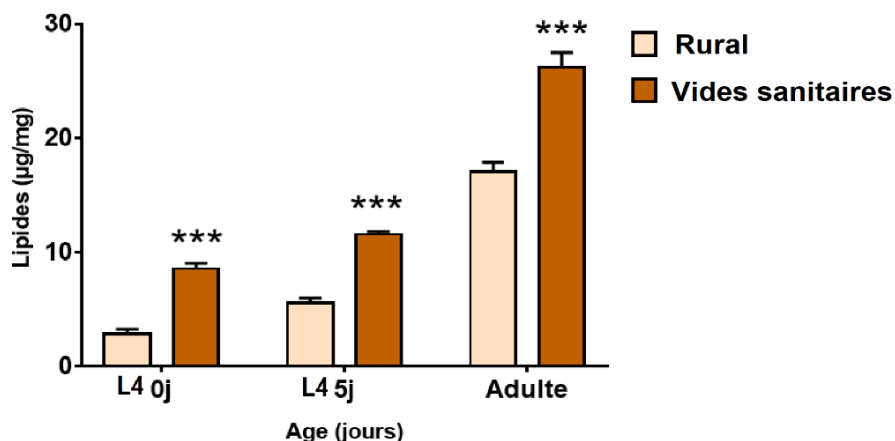


**Figure 28.** Dosage des lipides totaux de *Culex pipiens*, courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des lipides (µg) ( $R^2$  = Coefficient de détermination).

Les résultats du contenu en lipides totaux des larves du quatrième stade 0 et 5j ainsi que les adultes de *Culex pipiens* prélevés des zones rurales et des vides sanitaires de la région d'étude sont donnés dans la figure 29.

Les résultats obtenus du dosage biochimique de ce métabolite, montre une augmentation quantitative des lipides en fonction des jours. En effet, chez les L4 0 jour du gîte rural une valeur de 2,82 µg/mg a été enregistrée, qui augmente jusqu'à 5,57 µg/mg au 5<sup>ème</sup> jour ainsi que chez les adultes avec une valeur de 17,05 µg/mg. Chez les larves des vides sanitaires les mêmes augmentations ont été enregistrées chez les L4 0j ; 5j et les adultes enregistrant les valeurs suivantes : 8,54 µg/mg ; 11,57 et 26,21 µg/mg respectivement (Figure 29). L'analyse statistique des données obtenues, révèle une différence hautement significative entre la quantité des lipides chez les individus prélevés du gîte rural et des vides sanitaires (Figure 29).

## RÉSULTATS



**Figure 29.** Comparaison du contenu en lipides totaux ( $\mu\text{g}/\text{individu}$ ) chez les larves du quatrième stade 0 et 5j, et des adultes de *Culex pipiens* prélevés des zones rurales et des vides sanitaires ( $n = 3$  répétitions comportant chacune 30 individus). \*\*\*  $P < 0,001$  = différence hautement significative.

### 3.3.2. Dosage des biomarqueurs

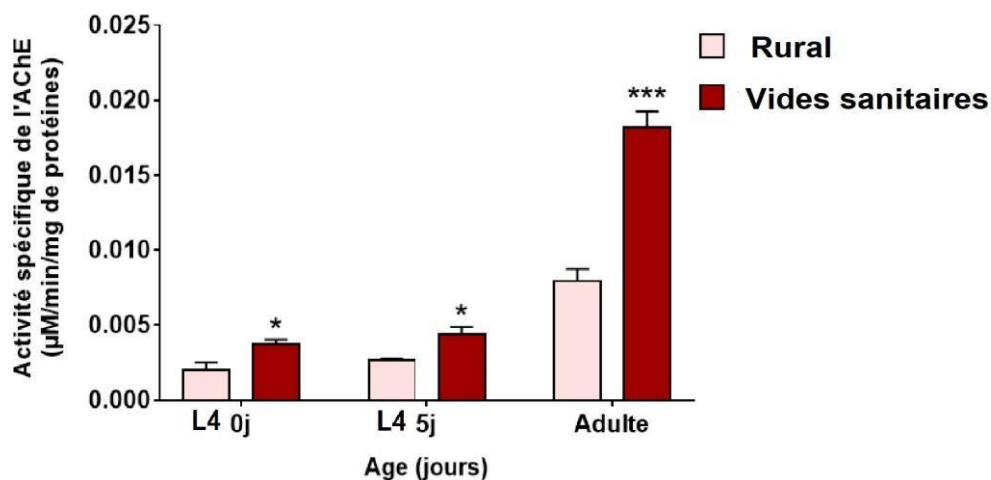
#### 3.3.2.1. Dosages de l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (AChE)

Les résultats obtenus montrent que l'activité de l'acétylcholinestérase ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) augmenté d'une manière significative en fonction des jours chez les larves prélevés des deux différents gîtes (rural et vides sanitaires) et elle augmente de façon hautement significative chez les adultes.

L'activité de l'AChE chez les larves du 4<sup>ème</sup> stade nouvellement exuvies du gîte rural a été estimée à  $0,0020 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines, une augmentation a été enregistrée pour les L4 du 5<sup>ème</sup> jour avec une valeur de  $0,0027 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines, pour les adultes une augmentation hautement significative a été notée  $0,0079 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines. Chez les L4 des vides sanitaires une augmentation des valeurs a été obtenue  $0,0037$  et  $0,0044 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines de 0j à 5j respectivement ainsi qu'une augmentation hautement significative chez les adultes avec une valeur de  $0,018 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines (Figure 30).

L'analyse statistique des résultats obtenus, révèle une différence significative entre l'activité de l'AChE chez les larves prélevés du gîte rural et des vides sanitaires, et une différence hautement significative entre les adultes des deux gîtes (Figure 30).

## RÉSULTATS



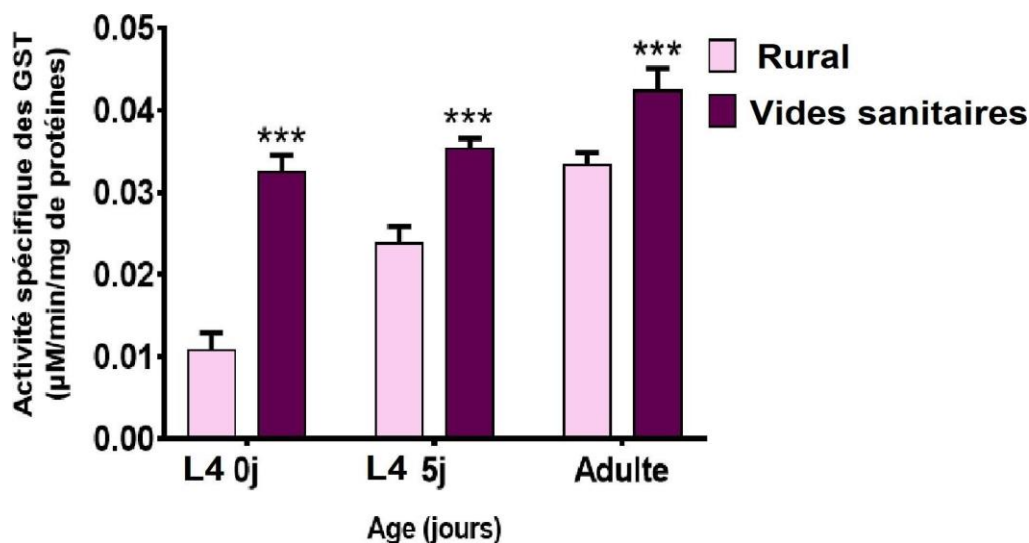
**Figure 30.** Comparaison de l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (AChE) ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) chez les larves du quatrième stade 0 et 5j, et des adultes de *Culex pipiens* prélevés des zones rurales et des vides sanitaires ( $n = 3$  répétitions comportant chacune 30 individus) (\* $P < 0,05$  = différence significative ; \*\*\*  $P < 0,001$  = différence hautement significative)

### 3.3.2.2. Dosage de l'activité spécifique de la glutathion S-transférase (GST)

Les résultats obtenus montrent que l'activité de la glutathion S-transférase ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) augmente d'une manière hautement significative en fonction des jours chez les individus prélevés des deux différents gîtes (rural et vides sanitaires). L'activité de la GST chez les larves du 4<sup>ème</sup> stade nouvellement exuvies du gîte rural a été estimée à  $0,010 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines, une augmentation significative a été enregistrée pour les L4 du 5<sup>ème</sup> jour ainsi que pour les adultes avec des valeurs de  $0,024$  et  $0,033 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines respectivement. Chez les L4 des vides sanitaires les valeurs obtenues sont de  $0,032$  et  $0,035 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines de 0j à 5j respectivement, pour les adultes une valeur de  $0,042 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines a été obtenue. (Figure 31).

L'analyse statistique des résultats obtenus, révèle une différence hautement significative entre l'activité de la GST chez les larves et les adultes prélevés du gîte rural et des vides sanitaires (Figure 31).

## RÉSULTATS



**Figure 31.** Comparaison de l'activité spécifique de la glutathion S-transférase (GST) ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) chez les larves du quatrième stade 0 et 5j, et des adultes de *Culex pipiens* prélevés des zones rurales et des vides sanitaires ( $n = 3$  répétitions comportant chacune 30 individus) (\*\*\*)  $P < 0,001$  = différence hautement significative).

### 3.4. Le potentiel de reproduction

Les résultats obtenus de la comparaison des paramètres du potentiel de la reproduction entre les adultes émergés des larves de *Culex pipiens* prélevées d'une zone urbaine et rurale sont mentionnés sur le tableau 18. Le nombre des œufs pondus des femelles émergées des larves récoltées des vides sanitaires (zone urbaine) est estimé à 2682 œufs, tandis que chez les femelles émergées des larves récoltées d'un marais (zone rurale), le nombre est de 1291 œufs. Une différence significative a été notée pour le pourcentage d'éclosion 97,20% contre 51,66% ainsi que le pourcentage de la fécondité avec 89,4% pour les adultes émergés des larves des vides sanitaires contre 43,03% des adultes émergés des larves du gîte rural (Tableau 18).

**Tableau 18.** Comparaison des paramètres du potentiel de reproduction auprès des larves de *Culex pipiens* prélevées de deux zones (urbaine et rurale) ( $n = 30$  femelles, durée = 30j).

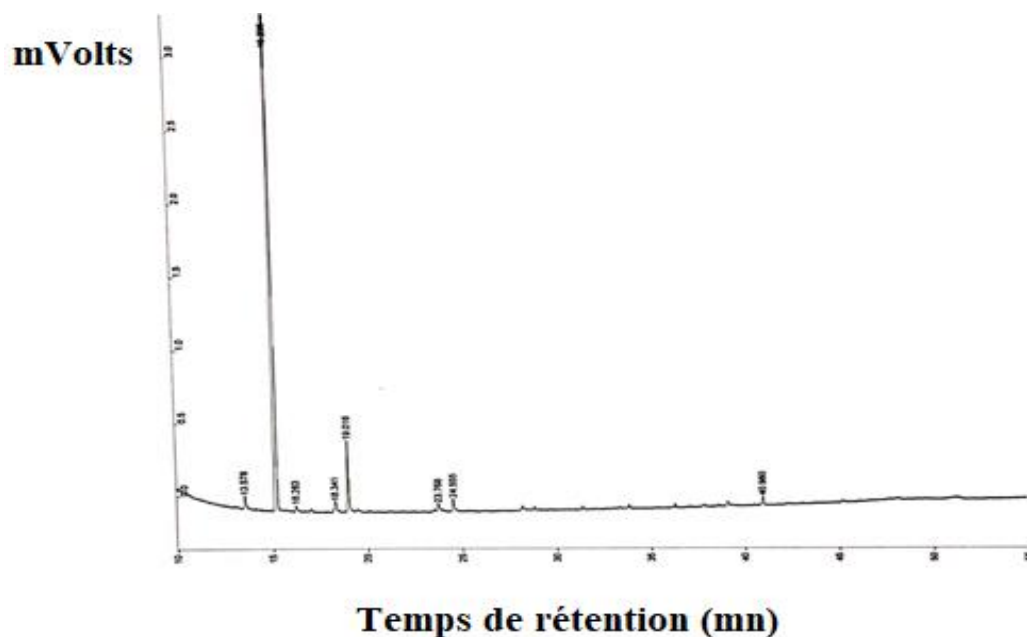
Paramètres Sites	Nombre d'œufs pondus	Pourcentage d'éclosion (PE)%	Fécondité (%)
Zone urbaine	2682	97,20%	89,4%
Zone rurale	1291	51,66%	43,03%



## 3.5. Caractérisation des hydrocarbures cuticulaires

Une analyse des taux des hydrocarbures cuticulaires chez des larves L4 du 4<sup>ème</sup> jour ainsi que des adultes mâles et femelles de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* a été réalisée.

Une courbe standard a été faite afin de détecter les hydrocarbures cuticulaires majeurs, (Figure 32).



**Figure 32.** Courbe standard des hydrocarbures cuticulaires majeurs obtenus.

Les résultats de CPG-SM (chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse) ont indiqué que ces produits chimiques sont principalement de type n-alkanes, 7 hydrocarbures cuticulaires majeurs (HCCs) ont été détectés qui sont constitués de 22 à 28 carbones correspondants aux ; (Docosane, Tricosane, Tetracosane, Pentacosane, Hexacosane, Heptacosane, et Octacosane respectivement) (Tableau 19).

**Tableau 19.** Nomenclature des sept hydrocarbures majeurs détectés.

Hydrocarbures majeurs	Nomenclature
C22 (HC 1)	Docosane
C23 (HC 2)	Tricosane
C24 (HC 3)	Tetracosane
C25 (HC 4)	Pentacosane
C26 (HC 5)	Hexacosane
C27 (HC 6)	Heptacosane
C28 (HC 7)	Octacosane

# RÉSULTATS

Les profils des sept hydrocarbures cuticulaires majeurs des larves du quatrième stade de *Culex pipiens* et de *Culiseta longiareolata* sont représentés dans les figures 33 et 34 respectivement.

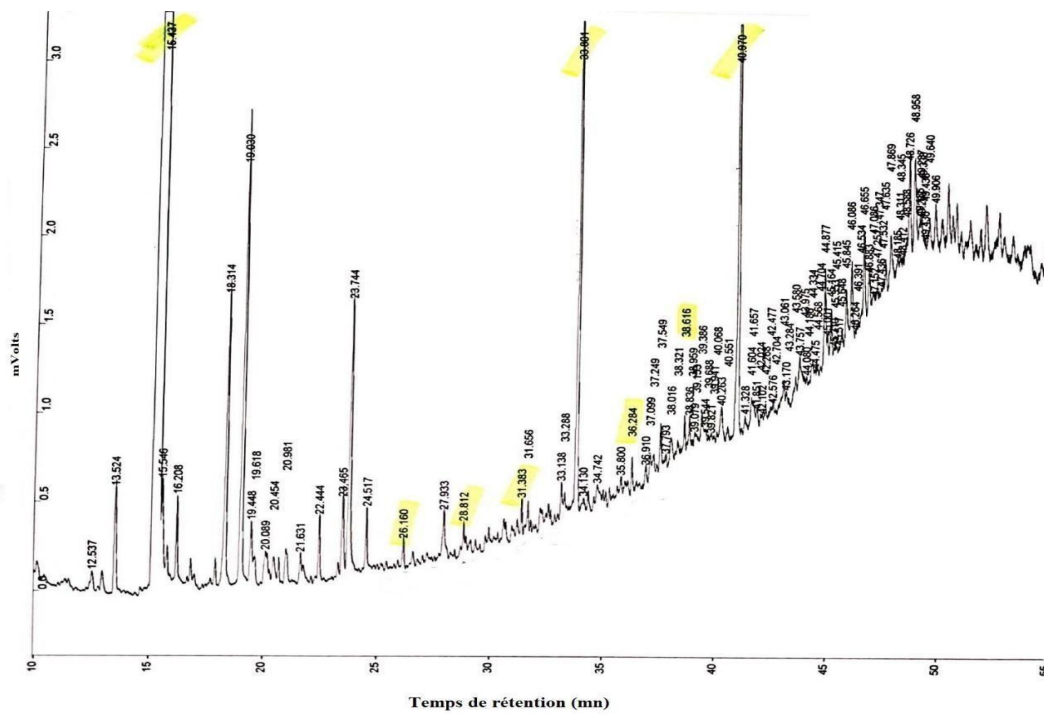


Figure 33. Profil des hydrocarbures cuticulaires des larves du quatrième stade de *Culex pipiens*

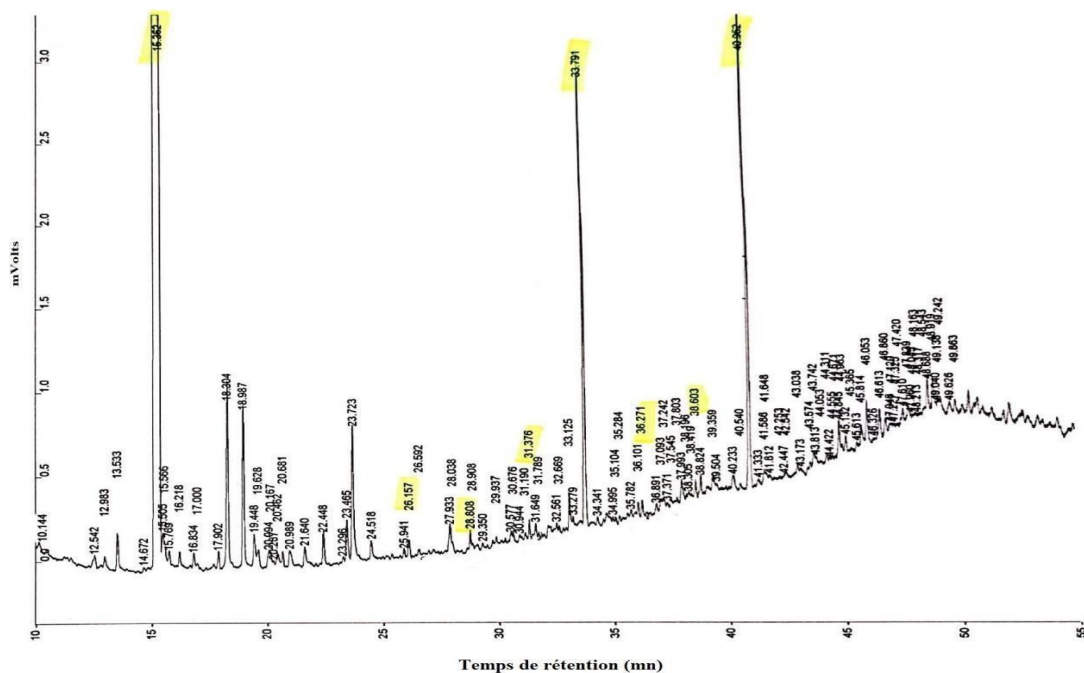
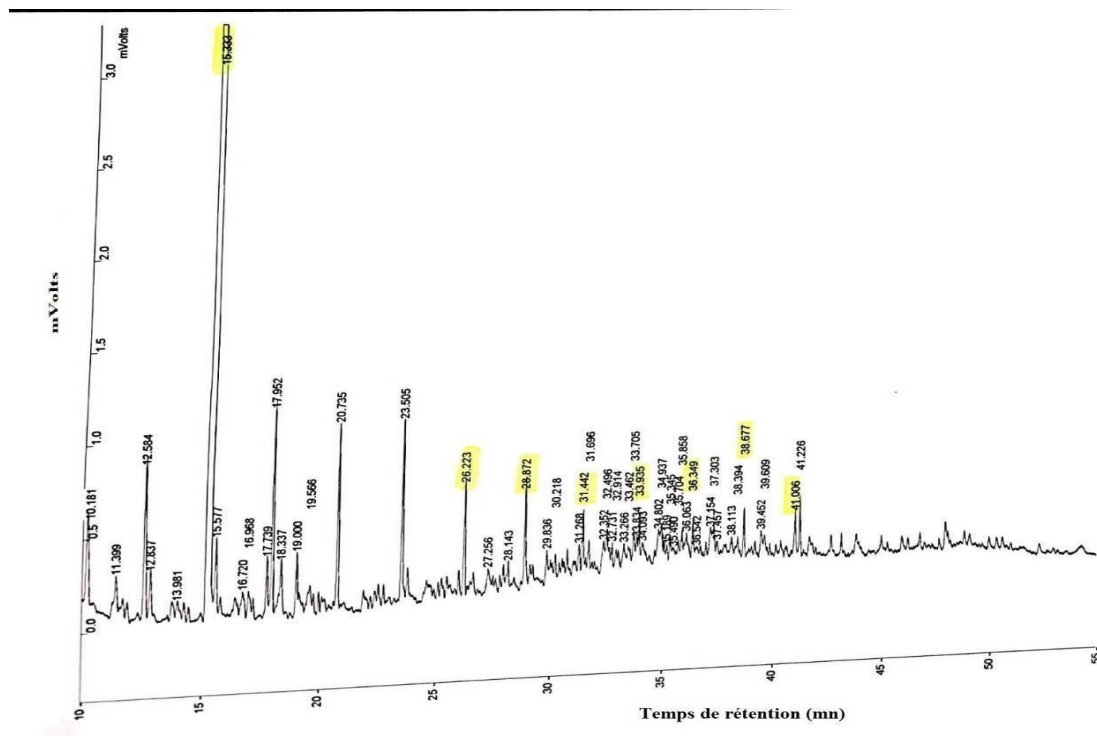
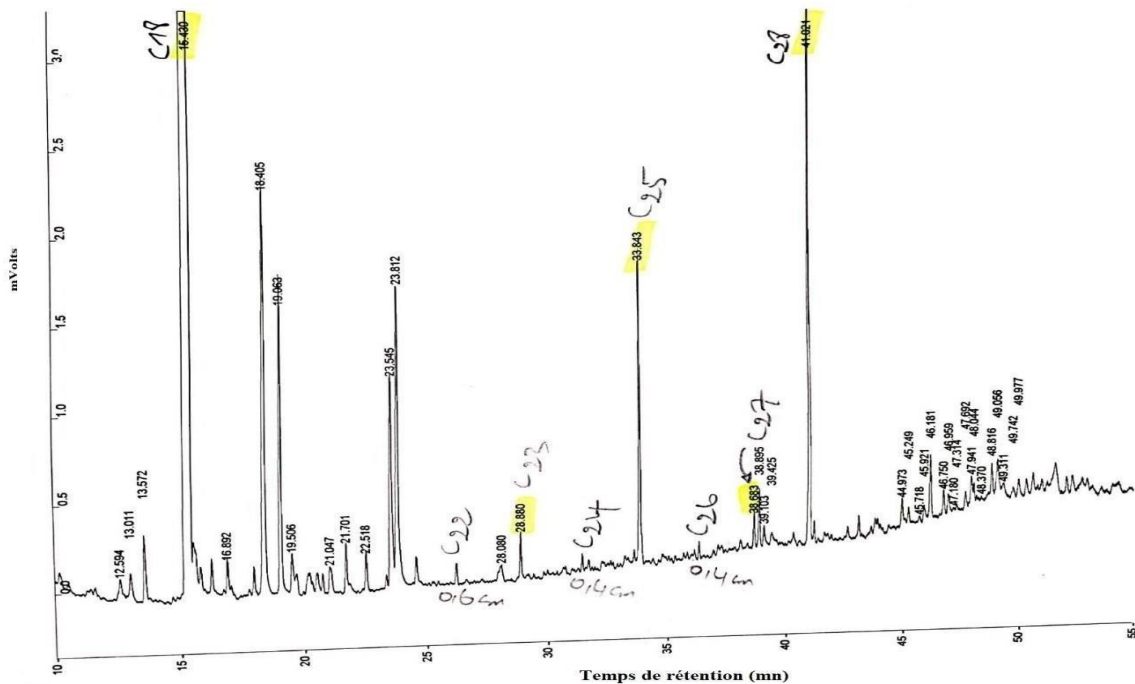


Figure 34. Profil des hydrocarbures cuticulaires des larves du quatrième stade de *Culiseta longiareolata*.

# RÉSULTATS

Les profils des sept hydrocarbures cuticulaires majeurs des adultes mâles et femelles de *Culex pipiens* sont représentés dans les figures 35 et 36 respectivement.



# RÉSULTATS

Les profils des sept hydrocarbures cuticulaires majeurs des adultes mâles et femelles de *Culiseta longiareolata* sont représentés dans les figures 37 et 38 respectivement.

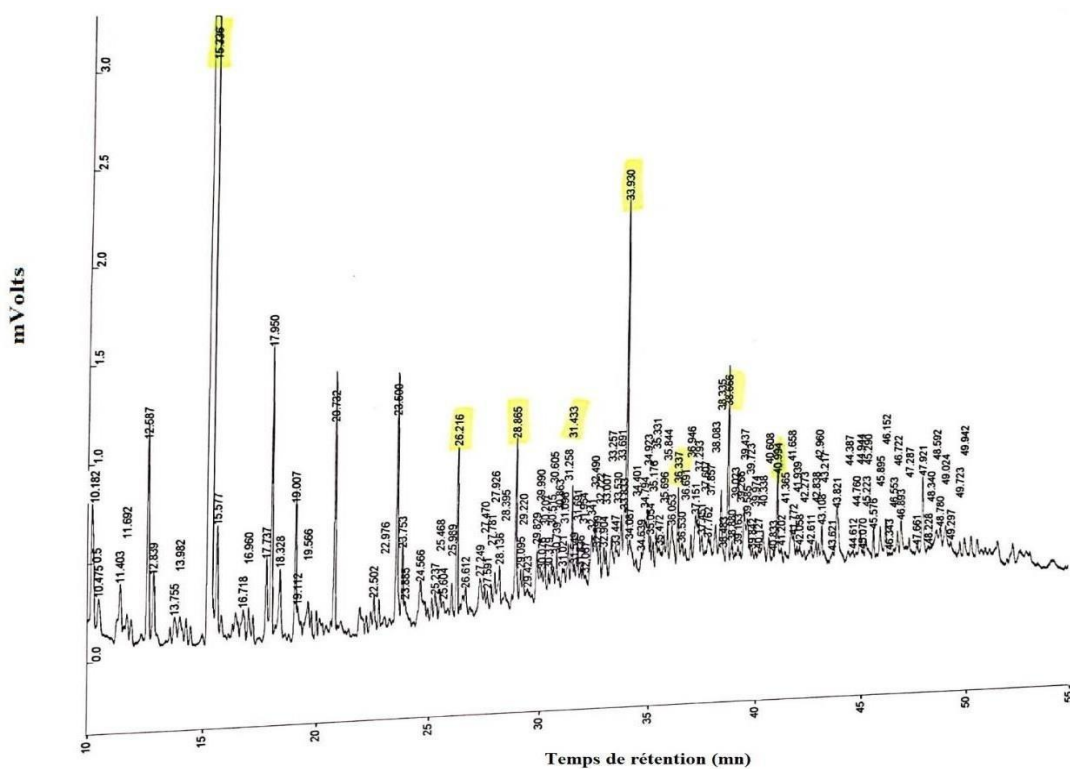


Figure 37. Profil des hydrocarbures cuticulaires des adultes mâles de *Culiseta longiareolata*.

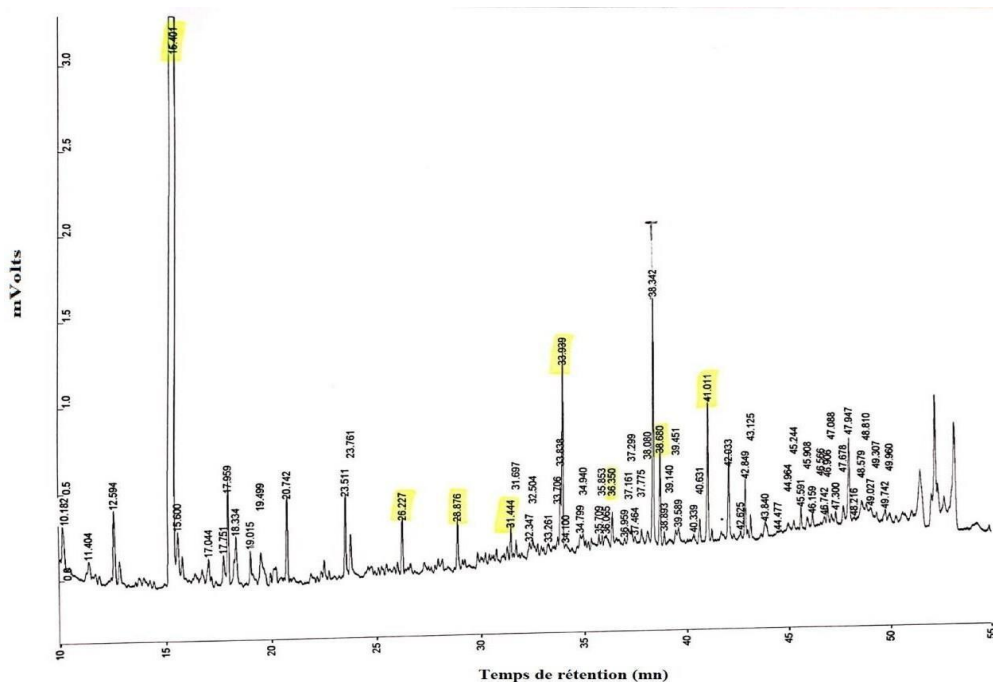
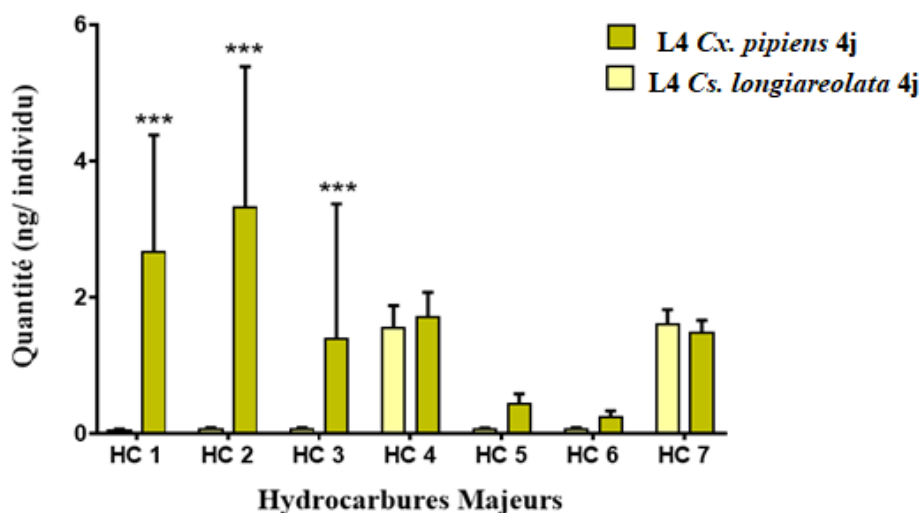


Figure 38. Profil des hydrocarbures cuticulaires des adultes femelles de *Culiseta longiareolata*.

## RÉSULTATS

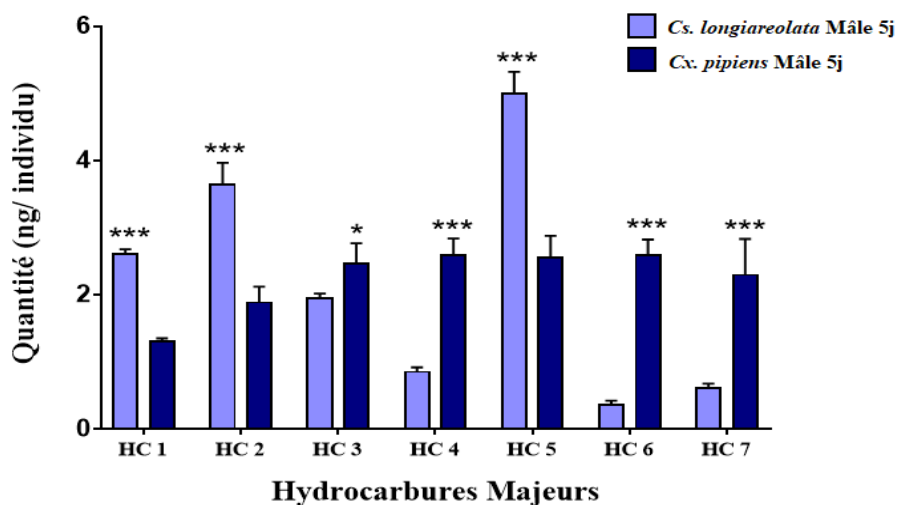
Le taux des différents pics des HCCs des larves du 4<sup>ème</sup> stade au quatrième jour des deux espèces *Culex pipiens* et de *Culiseta longiareolata* se varie uniquement sur le plan quantitatif et non qualitatif. Une différence hautement significative a été constatée entre les deux espèces respectives (*Culex pipiens* et de *Culiseta longiareolata*) avec des quantités plus conséquentes chez *Culex pipiens* au niveau des trois premiers pics (HC 1 ; HC 2 et HC 3), tandis qu'aucune différence significative n'a été notée sur les autres pics (HC 4 ; HC 5 ; HC 6 et HC 7) (Figure 39).



**Figure 39.** Chromatogramme des hydrocarbures cuticulaires des larves du quatrième stade 4j de *Culex pipiens* et de *Culiseta longiareolata*. (\*\*\*)  $P < 0,001$  = différence hautement significative)

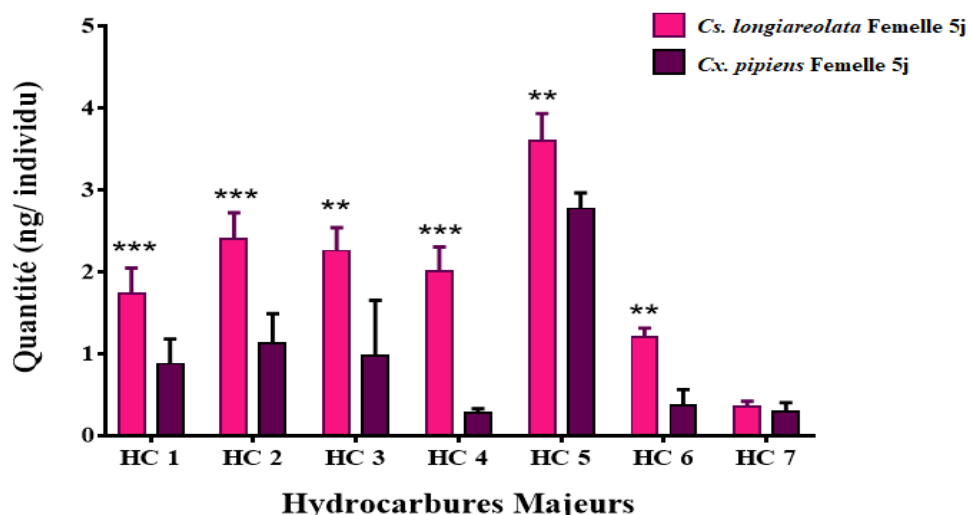
Le taux des différents pics des HCCs des adultes mâles au 5<sup>ème</sup> jour des deux espèces *Culex pipiens* et de *Culiseta longiareolata* se varie uniquement sur le plan quantitatif et non qualitatif. Une différence significative et hautement significative a été constatée entre les deux espèces, avec des quantités plus importantes chez *Culiseta longiareolata* au niveau des trois pics (HC 1 ; HC 2 et HC 5), tandis que les quantités des autres pics (HC 3 ; HC 4 ; HC 6 et HC 7) sont plus élevées chez *Culex pipiens* (Figure 40).

## RÉSULTATS



**Figure 40.** Chromatogramme des hydrocarbures cuticulaires des adultes mâles de 5j de *Culex pipiens* et de *Culiseta longiareolata*. (\* $P < 0,05$  = différence significative ; \*\*\*  $P < 0,001$  = différence hautement significative)

Le taux des différents pics des HCCs des adultes femelles au 5<sup>ème</sup> jour des deux espèces *Culex pipiens* et de *Culiseta longiareolata* se varie uniquement à leur tour sur le plan quantitatif et non qualitatif. Une différence très significative et hautement significative a été constatée entre les deux espèces au niveau de six premiers pics avec des quantités plus importante chez les femelles de *Culiseta longiareolata*, tandis qu'aucune différence significative n'a été mentionnée sur le 7<sup>ème</sup> pic (Figure 41).



**Figure 41.** Chromatogramme des hydrocarbures cuticulaires des adultes femelles de 5j de *Culex pipiens* et de *Culiseta longiareolata*. (\*\*  $P < 0,01$  = différence très significative ; \*\*\*  $P < 0,001$  = différence hautement significative).

# DISCUSSION

## 4. DISCUSSION

### 4.1. Impact des activités anthropiques sur le développement des moustiques

Si d'importants travaux sur la faune culicidienne ont été réalisés en Algérie, l'impact des activités anthropiques sur cette dernière n'a jamais fait l'objet d'une étude. La bioécologie des culicidae que l'on pensait bien connaître reste à préciser, particulièrement celles des zones urbaines et péri-urbaines qui sont caractérisées par des activités anthropiques variées (activités agricoles, industries croissantes, urbanisation accrue et aménagement des espaces). Ces zones offrent, en effet, une grande hétérogénéité d'unités paysagères, auxquelles s'intègrent des biotopes d'eaux usées ménagères et des eaux stagnantes, d'origine pluviale, constituant des gîtes larvaires artificiels. La majorité des gîtes larvaires prospectés sont souvent liés à la pratique d'irrigation par les eaux usées domestiques, ou liés aux terrassements de bâtisses abandonnées, ou bien des sources d'eau liées à l'agriculture et l'abrévement du bétail...etc. Cependant des gîtes naturels ont été prospectés à leur tour, ceux-ci sont moins fréquents et en nombre réduit et permettent ainsi la prolifération naturelle de différentes espèces moustiques.

Les activités anthropiques rendent la wilaya de Annaba une région où les gîtes artificiels créés par l'homme et souvent par négligence sont nettement plus nombreux que les autres types de gîtes. Ces gîtes possèdent aussi grâce à leur richesse en matières organiques une très grande capacité d'accueil pour de grandes colonies **de reproduction** et plus particulièrement l'espèce *Culex pipiens* d'où la nuisance qui touche la majorité des quartiers de la ville.

De ce fait une comparaison du potentiel de la reproduction a été réalisée entre des larves prélevées des vides sanitaires et un gîte situé dans une zone rurale. Les résultats obtenus révèlent une différence significative entre le pourcentage d'éclosion et la fécondité des adultes émergés des larves issues des vides sanitaires et les adultes émergés des larves du gîte situé dans la zone rurale. Il a été constaté que ces deux paramètres sont nettement plus importants chez les adultes des vides sanitaires. Ceci est dû à l'absence de l'impact humain dans les zones rurales ce qui rend leurs adultes moins hématophages (piquent moins l'homme) que les adultes des zones urbaines.



## 4.2. Inventaire des culicidés

L'enquête a été menée dans le but d'étudier la diversité, la distribution des espèces de moustiques (Diptera : Culicidae), de déterminer la dynamique des populations en différentes saisons et de corrélérer leur distribution avec la température saisonnière. La position géographique, au bord de la mer Méditerranée, de l'agglomération d'Annaba représente un pôle touristique. La présence et la grande distribution des moustiques, dans cette région, représentent un sérieux problème de société en raison de leur nuisance et sont considérés comme des vecteurs potentiels de pathogènes. La surveillance des moustiques devient impérative pour le contrôle.

Cette étude systématique a montré la présence de 8 espèces appartenant à 4 genres : *Culex*, *Culiseta*, *Aedes* et *Anopheles*. Le genre *Culex* est essentiellement composé de *Cx. pipiens*, que l'on trouve dans les zones urbaines et périurbaines, et avec un degré modeste *Cx. modestus* et *Cx. theileri*. Le genre *Culiseta* était présent avec une espèce, *Cs. longiareolata*. Les deux genres, anophèles et *Aedes*, ont été enregistrés par deux espèces ; *An. labranchiae*, *An. claviger* et *Ae. aegypti* et *Ae. albopictus* respectivement. Des études précédentes sur les Culicidae algériens, basées sur des données bibliographiques, ont rapporté la présence de 48 espèces, (Brunhes *et al.*, 2000). Depuis qu'une nouvelle espèce a été identifiée et ajoutée à la faune des moustiques algériens ; *An. Gambiae* et *Cx. quinquefasciatus*, le moustique tigre *Ae. albopictus*, et *Cx. territans* (Izri *et al.*, 2011, Lafri *et al.*, 2014). Une enquête, dans un habitat rural, situé à l'extrême nord-est du pays, a révélé la présence de 13 espèces de moustiques, appartenant à 5 genres (Amara Korba *et al.*, 2015). Dans le centre nord de l'Algérie, 27 espèces de Culicidae ont été répertoriées dans la région d'Alger (Senevet & Andarelli, 1963, Senevet & Andarelli, 1966). Alors que dans l'ouest du pays, un nombre de 20 espèces de Culicidae a été noté (Senevet & Andarelli, 1963). Dans la partie intérieure du pays, l'inventaire des moustiques a révélé la présence de 12 et 7 espèces, respectivement à Mila (Senevet & Andarelli, 1966 ; Hassain 2002) et Constantine (Messai *et al.*, 2011) et il a été indiqué que l'espèce *Culex* était dominante. Dans une région semi-aride, Tébessa, une étude culicidaire a révélé la présence de 10 espèces appartenant à 3 genres ; *Culex*, *Culiseta* et *Aedes* (Aïssaoui & Boudjelida, 2017). Des études similaires ont été réalisées dans la région nord des Aurès, 4 espèces de *Culex* (*Cx. mimeticus*, *Cx. hortensis*, *Cx. laticinctus* et *Cx. pipiens*), 3 espèces d'*Anopheles* ; (*An. labranchiae*, *An. Hispaniola*, et *An. Marteri*) et une seule espèce de *Culiseta* ; *Cs. Longiareolata*, ont été enregistrées (Senevet & Andarelli, 1960), avec l'absence du genre *Aedes*.

## DISCUSSION

La distribution et la densité des espèces de moustiques étaient inconstantes, car pendant l'échantillonnage, certaines espèces étaient présentes avec un grand nombre de larves tandis que d'autres n'étaient présentes qu'avec quelques-unes. Par conséquent, la différence dans la densité des moustiques dans les différents sites d'étude était probablement due à la phénologie des espèces pendant la période d'étude et aux biotopes et conditions climatiques, y compris la température et les précipitations, qui jouent le rôle de facteur limitant pour la prolifération de nombreux insectes. Les différences dans le nombre d'espèces sont le résultat des méthodes d'échantillonnage, des différences entre les emplacements environnementaux, des types d'habitat des moustiques, de la durée de l'étude et de l'apparition de nouveaux habitats artificiels de reproduction des moustiques, résultant de l'activité de construction de grands bâtiments.

La compréhension de la composition des espèces de moustiques refléterait la présence de différents vecteurs potentiels de moustiques dans cet environnement. A partir de la communauté de moustiques enregistrée, des espèces peuvent être identifiées comme vecteurs potentiels de pathogènes. Les espèces des genres *Culex* et *Aedes* sont connues pour transmettre des agents pathogènes (Becker *et al.*, 2010). *Cx. pipiens* a été piégé en grand nombre dans tous les sites et dans la plupart des habitats. *Cx. pipiens* est connu comme un vecteur potentiel de la maladie WNV, qui circule déjà dans de nombreuses régions d'Afrique (Han *et al.*, 1996 ; Turell *et al.*, 2005). Le moustique tigre *Aedes albopictus* montre une distribution explosive même dans les sites urbains (Amraoui *et al.*, 2019) et représente un vecteur de certains arbovirus dont la fièvre jaune, la dengue, le chikungunya et peut-être le Zika (Petrić *et al.*, 2014 ; Akiner *et al.*, 2016 ; Aliota *et al.*, 2016 ; Chouin-Carneiro *et al.*, 2016).

La présence des espèces de moustiques *Culex*, *Aedes* et *Anopheles*, dans cette zone, exposera la population à un risque de maladies transmises par les moustiques ; notamment le paludisme, la filariose et les arbovirus. L'Algérie est un pays où le paludisme est endémique et les grandes épidémies dans le nord du pays sont attribuées à *Plasmodium vivax* (Hammadi *et al.*, 2009). Le principal facteur contribuant à la résurgence et à la propagation du paludisme est le déplacement des personnes infectées des zones endémiques vers d'autres où les moustiques vecteurs sont présents malgré l'éradication de la maladie (Martens & Hall, 2000).

Les résultats spatio-temporels ont montré que le *Culex pipiens* et le *Culiseta longiareolata* étaient distribués sur toute l'année, ce qui concorde avec un travail précédent (Aïssaoui & Boudjelida, 2017). Ce fait pourrait être expliqué par le réchauffement climatique traduit en Afrique du Nord par un hiver doux (Izri *et al.*, 2011). L'analyse écologique des résultats tels que

## DISCUSSION

l'abondance relative révèle que *Cx. pipiens* était l'espèce la plus distribuée suivie de *Culiseta longiareolata*. Il a été signalé que les espèces *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* étaient très largement distribuées dans les pays africains méditerranéens, (Himmi *et al.*, 1995). Des travaux antérieurs, rapportant l'abondance et la dominance de ces deux espèces (Wilkerson *et al.*, 2015 ; Spellerberg & Fedor, 2003), l'ont confirmé. La distribution spatio-temporelle d'*Aedes aegypti* et *Aedes albopictus* présente une corrélation avec la végétation des habitats de ponte, constituant une matière organique essentielle au développement des stades immatures. Certains paramètres ont été représentés pour montrer l'association à l'échelle mondiale entre les facteurs climatiques et le développement, la distribution potentielle et la dynamique des populations de moustiques *Aedes* (Senevet & Andarelli, 1966). Alors que la densité maximale des espèces a été observée dans une température allant de 19,6 à 31,4 °C et un milieu alcalin avec un pH variant de 7,5 à 8,6 (Schaffner *et al.*, 2001). Les variations saisonnières affectent directement la croissance, le développement et les activités des moustiques *Aedes*. Les œufs des espèces *Aedes* sont résistants à la dessiccation ; ce facteur est d'une grande importance entomologique car même pendant la saison sèche, les œufs restent viables.

Les propriétés physico-chimiques des habitats larvaires régulent l'abondance des espèces de moustiques, par exemple, les espèces d'anophèles ont été trouvées plus dans les habitats larvaires naturels et les espèces de *Culex* dans les habitats larvaires artificiels (Alahmed *et al.*, 2011 ; Paksa *et al.*, 2019). Dans la présente étude, les espèces d'*Anopheles* ont été trouvées dans des habitats artificiels, tandis que les espèces de *Culex* ont été collectées dans différents types d'habitats larvaires, indiquant que ces moustiques peuvent vivre dans une large gamme d'habitats aquatiques, même dans les eaux usées. Dans cette étude, les habitats larvaires étaient les eaux stagnantes, les ruisseaux et les suintements, les récipients d'eau, les eaux turbides et claires, les eaux exposées au soleil ou couvertes par la lumière du soleil. Des études ont montré que certaines espèces larvaires de *Culex* ont été trouvées seules ou avec d'autres espèces, telles que *Anopheles* et *Aedes* (Alahmed *et al.*, 2009), ce qui a été observé dans cette étude.

### 4.3. Composition biochimique

Au cours du développement des insectes, l'hémolymphe passe par des modifications métaboliques intenses liées aux différents systèmes hormonaux et neurosécrétoires durant les différents stades évolutifs (stade larvaire, nymphal, imaginal) (Sugumaran, 2010). Dans la littérature les chercheurs ont remarqué des changements des concentrations de protéines, glucides et de lipides dans l'hémolymphe d'un cricket *Acheta domesticus* L, à différents âges, ils affirment que les fortes variations des différents métabolites s'observent pendant le cycle de mue, la vitellogénèse et l'embryogénèse.

Durant la métamorphose et le développement embryonnaire, les glucides jouent un double rôle au niveau de tous les tissus, structural et fonctionnel (Kaufmann & Brown, 2008). Quant aux protéines, elles entrent dans diverses réactions, comme la régulation hormonale et le catabolisme enzymatique, et sont incorporer dans la structure cellulaire en même temps comme les glucides et les lipides (Cohen, 2010 ; Sugumaran, 2010). Les lipides sont considérés comme la source d'énergie la plus importante chez les insectes. La quantité des lipides disponible pour les réserves semble être la résultante d'un équilibre entre la nutrition et la demande énergétiques pour de différents processus comme la croissance et surtout pour fournir de l'énergie durant de longues périodes du non alimentation (Beenackers *et al.*, 1985).

Le dosage des principaux constituants biochimiques (protéines, glucides et lipides) réalisés dans le corps entier des larves du quatrième stade 0 et 5j ainsi que les adultes de l'espèce la plus abondante *Culex pipiens* des deux milieux (urbain et rural), révèle que les individus prélevés des vides sanitaires sont plus riches en réserves nutritives comparativement aux individus prélevés des zones rurales. Ceci peut être expliqué par la nature de l'eau car les eaux usées sont riches en matières organiques.

Un dosage des biomarqueurs (AchE et GST) a été effectué à son tour, l'acétylcholinestérase a été découverte en 1938 par Nachmanshn (Haubruge & Amichot, 1998). Son rôle est d'hydrolyser l'acétylcholine en acétate et choline afin de stopper la stimulation du récepteur et par conséquent la dépolarisation de la membrane (Soreq & Zakut, 1993 ; Charpentier *et al.*, 2000). Son site actif possède un site catalytique qui peut être décomposé en 2 parties, le sous-site estérasique et anionique. Le sous-site anionique est responsable de la stabilisation du substrat lors de catalyse par fixation de l'ammonium quaternaire de la partie choline de l'ACh (Rosenberry, 1975). Le sous-site estérasique contenant la triade catalytique Ser200, His440 et Glu327 constitue le lieu de la catalyse (Kerkut & Gilbert, 1985).

## DISCUSSION

Au niveau des jonctions neuromusculaires et interneuronales, l'influx nerveux est transmis grâce à la libération d'acétylcholine par la terminaison nerveuse dans l'espace synaptique, ce qui permet la transmission du message nerveux d'une cellule à une autre. Une fois l'information transmise, l'acétylcholine est rapidement inactivée par l'acétylcholinestérase, ce qui permet au système de revenir à son état de repos (Badila, 1995 ; Bainsy, 2000).

L'analyse des résultats obtenus après dosage de l'activité enzymatique de l'AChE des larves du quatrième stade 0, 4j et les adultes révèle une activité plus importante chez les individus des vides sanitaires comparés aux individus des zones rurales.

La GST est une enzyme antioxydante impliquée dans la phase II de détoxification des xénobiotiques (Sau *et al.*, 2010) en catalysant la conjugaison de ces substances avec le groupement thiol du glutathion endogène (Chelvanayagama *et al.*, 2001 ; Boyer, 2006 ; Walters *et al.*, 2009 ; Ebadoallahi *et al.*, 2013). Le rôle majeur du glutathion est de convertir des composés lipophiles en molécules hydrophiles facilement excrétables (Habig *et al.*, 1974). Les GSTs permettent le développement de la résistance envers les agents chimiothérapeutiques, les insecticides, les herbicides et les antibiotiques microbiens. Elles jouent un rôle important dans la physiologie du stress, le transport intracellulaire et dans les différentes voies de biosynthèse (Oppenoorth *et al.*, 1977 ; Kao & Sun, 1991 ; Sun *et al.*, 2001).

L'analyse des résultats obtenus après dosage de l'activité enzymatique de la GST des larves du quatrième stade 0, 4j et les adultes révèle une activité plus importante chez les individus des vides sanitaires comparés aux individus des zones rurales.

La stimulation de ces deux activités enzymatiques (AChE et GST) est nettement supérieure chez les individus prélevés des vides sanitaires car l'eau est non seulement polluée mais elle est aussi riche en matière organiques, détergents toxiques.

### 4.5. Caractérisation des hydrocarbures cuticulaires

Les HCs ont été étudiés chez différentes espèces d'orthoptères (Thomas & Leigh, 2008; Thomas & Simmons, 2009 ; Bounechada *et al.*, 2011), coléoptères (Nelson *et al.*, 2003; South *et al.*, 2008; Golebiowski *et al.*, 2008), hyménoptères (Bernier *et al.*, 1998 ; de Biseau *et al.*, 2004; Ferreira-caliman *et al.*, 2010 ; Choe & Ramirez, 2012), diptères (Horne & Priestman, 2002; Zhu *et al.*, 2006; Caputo *et al.*, 2007; Claude Wicker, 2007, Amira *et al.*, 2013) et autres. Cette étude vise à caractériser les HCs des larves du quatrième stade au 4<sup>ème</sup> jour et les adultes de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. Les résultats issus de la CPG/SM montrent 7 pics majeurs de type alkane de C22 à C28 chez les deux espèces donc il n'y a pas de différence qualitative.

## DISCUSSION

Cependant des différences quantitatives des 7 pics détectés ont été observées chez les larves et chez les adultes, certains pics présentent des taux supérieurs chez les larves de *Culex pipiens*. Ceci est peut-être dû à la cuticule des larves de *Culex pipiens* qui ont développés une forme de résistance et adaptation afin de survivre dans différents types de gîtes. Tandis que chez les adultes mâles et femelles les quantités sont plus importantes chez l'espèce *Culiseta longiareolata* surtout pour les femelles. Cette différence entre les deux sexes est due au rôle des hydrocarbures dans la reproduction, qui agissent comme des phéromones sexuelles. Les mêmes résultats ont été mentionnés par (Cuvillier-Hot *et al.*, 2002; Ferveur, 2005 ; Zhu *et al.*, 2006; Caputo *et al.*, 2007; South *et al.*, 2008; Thomas & Simmons, 2008; Bounechada *et al.*, 2011; Sharma *et al.*, 2011, 2012), qui ont observés une différence quantitative des HCs en fonction de sexe. Et aucune différence qualitative n'a été observée chez différentes espèces d'insectes ; Horne & Priestman, 2002 ont trouvés qu'il n'y a pas une différence qualitative entre les deux sexes et que les femelles ont des taux des HCs supérieurs à ceux des mâles parce que la taille des femelles est plus importante que la taille des mâles. D'autres auteurs ont observés des différences qualitatives entre les deux sexes tels que Cobb & Jallon, 1990 sur *Drosophila melanogaster*, Mullen *et al.*, 2008 sur les crickets *Laupala*; Zhu *et al.*, 2006 sur des larves de *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae); Thomas & Simmons, 2009 sur *Teleogryllus oceanicus* (Orthoptera: Gryllidae) et Yoon *et al.*, 2012 sur *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae). De plus, le taux des HCs changent avec les variations géographiques, climatiques et environnementales (Kruger & Pappas, 1993; Anyanwu *et al.*, 1993) la présence d'endoparasites (Trabalon *et al.*, 2000); l'activité ou le développement ovariens (de Biseau *et al.*, 2004; Heinze *et al.*, 2002; Izzo *et al.*, 2010) et la reproduction (Cuvillier-Hot *et al.*, 2004; Foitzik *et al.*, 2011). En résumé, le taux des HCs varie en fonction du stade du développement ainsi qu'en fonction de sexe chez les adultes chez les deux espèces *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*.

# CONCLUSION

### 5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La détermination de la distribution et l'écologie d'habitat des vecteurs d'arbovirus dans la région de Annaba peuvent fournir des informations écologiques importantes pour la lutte contre l'émergence des différentes maladies transmises par les moustiques. Cela souligne la nécessité d'un suivi approprié et de stratégies de contrôle contre les moustiques, et de cette façon, empêcher les vecteurs potentiels (*Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* et *Culex pipiens*) d'augmenter et de s'établir dans cette zone en raison de l'évolution des gîtes dus au développement des activités humaines et des changements climatiques.

L'étude des activités anthropiques a montré que les gîtes de moustiques recensés représentent plus de 85% de gîtes artificiels. La distribution désordonnée de ces gîtes et leur concentration au niveau des caves des bâtiments permettront la présence des moustiques durant de toute l'année.

L'étude systématique culicidienne dans la région d'étude a révélé la présence de huit espèces *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex modestus*, *Culiseta longiareolata*, *Aedes albopictus*, *Aedes aegypti*, *Anopheles labranchiae* et *Anopheles claviger*. L'espèce la plus abondante que ce soit dans les zones urbaines ou rurale est *Culex pipiens* avec une abondance relative de 55,83% et une fréquence d'occurrence de 81,21%.

Afin de mieux expliquer l'impact des activités anthropiques une étude comparative de l'espèce la plus abondante *Culex pipiens* des deux milieux (urbain et rural) a été réalisée. On a comparé en premier lieu les caractérisations biochimiques en réalisant des dosages de métabolites (protéines totales, glucides et lipides totaux) ensuite les dosages des biomarqueurs (AchE et GST). Et pour compléter cette comparaison on a calculé le potentiel de la reproduction de la même espèce récoltée des deux différents milieux. Et effectivement, des différences significatives et hautement significatives ont été notées en comparant les différents résultats. Ceci peut être expliqué par la différence de la qualité de l'eau où on constate que l'eau des vides sanitaires est beaucoup plus polluée, elle contient des produits ménagers et elle est riche en matière organique.

La dernière partie a été consacrée à la caractérisation des hydrocarbures cuticulaires des larves et des adultes des deux espèces *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. Les résultats de CPG-SM (chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse) ont indiqué que ces produits chimiques sont principalement de type n-alkanes, 7 hydrocarbures majeurs ont été



## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

déTECTÉS qui sont constitués de 22 à 28 carbones correspondants aux ; (Docosane, Tricosane, Tetracosane, Pentacosane, Hexacosane, Heptacosane, et Octacosane respectivement). La CPG-SM a révélé qu'il n'y a aucune différence qualitative entre ces deux espèces mais une différence quantitative est bel et bien présente.

En perspectives il serait intéressant de réaliser un suivi sur la présence des moustiques dans les différents sites.

- Recensement des différents gîtes dans les zones rurales, urbaines et péri-urbaines.
- Définir les biotopes de chaque espèce
- L'étude de la résistance des espèces et leur adaptation dans les nouveaux milieux

Il serait souhaitable de mettre en œuvre un programme de lutte contre les moustiques urbains nuisibles et vecteurs de maladies en l'élaborant au niveau du laboratoire de biologie animale appliquée en collaboration avec les responsables des douze communes de la wilaya de Annaba.

Étant donné que la majorité des gîtes de la région de Annaba sont artificiels une lutte mécanique serait le choix idéal pour l'élimination de ces gîtes, cette dernière comprendra l'ensemble des techniques qui vont permettre d'éliminer les moustiques par une action physique sur les lieux de développement des gîtes larvaires.

**RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

## 6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aïssaoui L. & Boudjelida H. 2017.** Diversity and distribution of culicinae fauna in Tebessa district (North-East of Algeria). *International Journal of Mosquito Research*, **4(1)**: 07-12.
- Akiner M.M., Demirci B., Babuadze G., Robert V. & Schaffner F. 2016.** Spread of the Invasive Mosquitoes *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in the Black Sea Region Increases Risk of Chikungunya, Dengue, and Zika Outbreaks in Europe. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, **10(4)**: 46-64.
- Alahmed A.M., Al Kuriiji M.A., Kheir S.M., Alahmedi S.A., Al Hatabbi M.J. & Gashmari M.A. 2009.** Mosquito fauna (Diptera: Culicidae) and seasonal activity in Makka Al Mukarramah Region, Saudi Arabia. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, **39(3)**: 991–1013.
- Alahmed A.M., Kheir S.M., Al Kuriiji M.A. & Sallam M.F. 2011.** Breeding habitats characterization of *Anopheles* mosquito (Diptera: Culicidae) in Najran Province, Saudi Arabia. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, **41(2)**: 275–288.
- Aliota M.T., Peinado S.A., Osorio J.E. & Bartholomay L.C. 2016.** *Culex pipiens* and *Aedes triseriatus* Mosquito susceptibility to Zika virus. *Emerging Infectious Diseases*, **22 (10)**:1857.
- Amara Korba R., Boukraa S., Alayat M.D., Bendjeddou M.L., Francis F., Boubidi S.C. & Bouslama Z. 2015.** Preliminary report of mosquitoes survey at Tonga Lake (North-East Algeria). *Advances in Environmental Biology*, **9(27)**: 288-294.
- Amira K., Boudjelid H., Farine J-P. & Djeghader N-E H. 2013.** Caractérisation des hydrocarbures cuticulaires de moustique *Culex pipiens*. *Microbiologie et Hygiene Alimentaire*, **25 (73)**:112-115.
- Amira K., Boudjelid H., Farine J-P. 2013.** Effect of an insect growth regulator (halofenozide) on the cuticular hydrocarbons of *Culex pipiens* larvae. *African Entomology*, **21(2)**: 343–348.
- Amraoui F., Ben Ayed W., Madec Y., Faraj C., Himmi O., Btissam A., Sarih M. & Failloux A.B. 2019.** Potential of *Aedes albopictus* to cause the emergence of arboviruses in Morocco. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, **13(2)**: 69–97.
- Andrean J., Gilbert L. & Regine F. 1981.** Dictionnaire de Biochimie alimentaire et de nutrition Technique et Documentation. *Cedex 08*, Paris, p21.
- Anyanwu G.I., Molyneux D.H. & Phillips A. 1993.** Variation in cuticular hydrocarbons among strains of the *Anopheles gambiae* sensu stricto by analysis of cuticular hydrocarbons using gas liquid chromatography of larvae. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, **95(3)**: 295–300.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Assani Y., Yakti R. & El-Dermch R. 2012.** Taxonomic study of mosquito larvae Diptera: Culicidae (genus *Culex*) In the North of Aleppo Governorate – Syria. *Al-Rafidain Sciences Journal*, **23(4)**: 112-127.
- Badila S. 1995.** Regulation and research issues related to cholinesterase inhibition. *Toxicology*, **102**: 105.
- Bainy A.C.D. 2000.** Biochemical reponses in peneids caused by contaminants. *Aquaculture*, **191**: 163- 168.
- Becker N., Petrić D., Boase C., Lane J., Zgomba M., Dahl C., Boase C., Lane J. & Kaiser A. 2010.** Mosquitoes and their control. *Springer*, ISBN 978-1-4757-5897-9.
- Beenackers A.M.T.H., Vander Host D.G., Van Marrewijk W.J.A., 1985.** Insect lipids and lipoproteins and their role in physiological process. *Progress in Lipid Research*, **24**: 19-67.
- Bendali F. 1989.** Etude de *Culex pipiens pipiens* anautogène. Systématique, biologie, lutte (*Bacillus thuringiensis israeliensis* serotype H14, *Bacillus sphaericus* 1953) et deux espèces d'hydracariens. Thèse de Magister en Arthropodologie, Université de Annaba.
- Bendali F., Djebbar F. & Soltani N. 2001.** Efficacité comparée de quelques espèces de poissons à l'égard de divers stades de *Culex pipiens* L. dans des conditions de laboratoire. *Parasitica*, **57 (4)**: 255 - 265.
- Bendali-Saoudi F. 2006.** Etude bioécologique, Systématique et Biochimique des Culicidae (Diptera- Nematocera) de la région d'Annaba. Lutte biologique anticulicidiène. Thèse de Doctorat d'Etat en science Naturelle. Universiré Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- Benedict M.Q., Levine R.S., Hawley W.A. & Lounibos L.P. 2007.** Spread of the tiger: Global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, **7**: 76-85.
- Benmalek L., Bendali-Saoudi F. & Soltani N.** Inventory and distribution of mosquitoes (Diptera; Culicidae) of the Burgas lakes (Northeast Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, **6(1)**: 838-843.
- Bernier U.R., Carlson D.A. & Geden C.J. 1998.** Gas chromatography/mass spectrometry analysis of the cuticular hydrocarbons from parasitic wasps of the genus *Muscidifurax*. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, **9**: 320–332.
- Blair R.B. 1996.** Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications*, **6**: 506-519.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bouabida H., Djebbar F., Soltani N., 2012.** Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). *Entomologie faunistique – Faunistic Entomology*. 65: 99-103.
- Boudjelida H., Bouaziz A., Smaghe G. & Soltani N. 2002.** Insecticidal activity of a nonsteroidal molting hormone agonist on mosquito larvae and effects on ecdysteroid amounts. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent*, 67 (3): 657-663.
- Boudjelida H., Bouaziz A., Thomas S., Smaghe G. & Soltani N., 2005.** Effects of ecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 83: 115-123.
- Boudjelida H., Aïssaoui L., Bouaziz A., Smaghe G. & Soltani N. 2008.** Laboratory evaluation of *Bacillus thuringiensis* (Vectobac WDG) against mosquito larvae, *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. *Communications in Agricultural and Applied*, 73 (3): 603-9.
- Boudjelida H. & Soltani N. 2010.** Lutte biologique avec un champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* Metch à l'égard de *Cydia pomonella* L. *Travaux de l'institut scientifique, série Zoologie, Rabat*, 47: 113-116.
- Bouguerra N., Tine-Djebbar & Soltani N. 2019.** Oregano Essential Oil as Potential Mosquito Larvicides. *Transylvanian Review*, 27(39): 9612-9619.
- Bounechada M., Benia F., Aiouaz M., Bouharati S., Djirar N. & Benamrani H. 2011.** Use Cuticular Hydrocarbons as Chemotaxonomic of The Pamphagidae *Pamphagus elephas* (Insecta, Orthoptera) of Algeria. World Academy of Science. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 5(5): 266-271.
- Boyer S. 2006.** Résistance Métabolique des Larves de Moustiques aux Insecticides : Conséquences Environnementales. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat. Université Joseph Fourier – Grenoble I, 78.
- Bradford M.M. 1976.** A rapid and sensitive method for the quantitation microgram quantities of protein utilizing the principal of protein binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Brunhes J., Rhaim A., Geoffroy B., Angel G. & Hervy J.P. 1999.** Les Culicidae de l'Afrique méditerranéenne. *Logiciel de l'Institut de Recherche et de Développement de Montpellier (France)*.
- Brunhes J., Hassaine K., Rahaim A. & Hervy J.P. 2000.** Les Culicidae d'Afrique méditerranéenne. Liste et répartition des espèces. *Bulletin de la société Entomologique de France*, 8 (2) : 91-100.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Caputo B., Dani F.R., Horne G.L., N’Fale S., Diabate A., Turillazzi S., Coluzzi M., Costantini C., Priestman A.A., Petrarca V. & della-Torre A. 2007.** Comparative analysis of epicuticular lipid profiles of sympatric and allopatric field populations of *Anopheles gambiae* s.s. molecular forms and *An. arabiensis* from Burkina Faso (West Africa). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, **37**: 389-398.
- Chapman A.D. 2009.** Numbers of Living Species in Australia and the World. *Australian Biological Resources Study*. **1-84**.
- Charpentier A., Menozzi P., Marcel V., Villatte F. & Fournier D. 2000.** A Method to Estimate Acetylcholinesterase-Active Sites and Turnover in Insects. *Analytical Biochemistry*, **285**: 76–81.
- Chelvanayagama G., Parker M.W. & Board P.G. 2001.** Fly fishing for GSTs: A unified nomenclature for mammalian and insect glutathione transferases. *Chemico- Biological Interactions*, **133 (1–3)**: 256–260.
- Choe D.H. & Ramirez S.R. 2012.** A Silica Gel Based Method for Extracting Insect Surface Hydrocarbons. *Journal of Chemical Ecology*, **38**: 176-187.
- Chouin-Carneiro T., Vega-Rua A., Vazeille M., Yebakima A., Girod R., Goindin D., Dupont-Rouzeyrol M., Lourenço-de-Oliveira L. & Failloux A-B. 2016.** Differential susceptibilities of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* from the Americas to Zika virus. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, **10(3)**: 43-45.
- Chugh M., Adak T., Neelam S. & Gakhar S.K. 2011.** Effect of anti-mosquito midgut antibodies on development of malaria parasite, *Plasmodium vivax* and fecundity in vector mosquito *Anopheles culicifacies* (Diptera; Culicidae). *Indian Journal of Experimental Biology*, **49**: 245 - 253.
- Claude Wicker T. 2007.** Pheromonal communication involved in courtship behavior in Diptera. *Journal of Insect Physiology*, **53**: 1089-1100.
- Clements A.N. 1999.** The Biology of Mosquitoes: Sensory Reception and Behavior. *CAB International Publishing*, **576 p**.
- Clergeau P., Savard J-P L., Mennechez G. & Falardeau G. 1998.** Bird Abundance and Diversity along an Urban-Rural Gradient: A Comparative Study between Two Cities on Different Continents. *The Condor*, **100(3)**:413-425.
- Clergeau P., Jokimäki J. & Savard J-P L. 2001.** Are urban bird communities influenced by the bird diversity of adjacent landscapes? *Journal of Applied Ecology*, **38**: 1122–1134.
- Cobb M. & Jallon J.M. 1990.** Pheromones, mate recognition and courtship stimulation in the

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Drosophila melanogaster* species sub-group. *The British Journal of Animal Behaviour*, **39**: 1058–1067.
- Cohen E., 2010.** Chitin biochemistry: Synthesis, hydrolysis and inhibition. *Advances in Insect Physiology*. **38**: 5-74.
- Cuvillier-Hot V., Gadagkar R., Peeters C. & Cobb M. 2002.** Regulation of reproduction in a queenless ant: aggression, pheromones and reduction in conflict. *Proceedings of the Royal Society of London*, **269(B)** : 1295-1300.
- Cuvillier-Hot V., Lenoir A., Crewe R., Malosse C. & Peeters C. 2004.** Fertility signalling and reproductive skew in queenless ants. *The British Journal of Animal Behaviour*, **68**: 1209–1219.
- Daget J., 1976.** Les modèles mathématiques en écologie. Collection d'écologie. *Edition Masson*, Paris, 172p.
- Dajoz R. 1971.** Précis d'écologie. *Edition Dunod*, Paris. 443p.
- Dajoz R., 1975.** Précis d'écologie *Edition Bordas* Paris : 549p.
- Dajoz R. 2006.** Précis d'écologie. Cours et questions de réflexions 8<sup>ème</sup> *Edition Dunod*, Paris.
- Darriet F. 2014.** Des moustiques et des hommes. *IRD Editions*. 142p.
- De Biseau J.C., Passera L., Daloze D. & Aron S. 2004.** Ovarian activity correlates with extreme changes in cuticular hydrocarbon profile in the highly polygynous ant, *Linepithema humile*. *Journal of Insect Physiology*, **50**: 585-593.
- Djehader N. E-H., Aïssaoui L., Amira K. & Boudjelida H. 2014.** Impact of a Chitin Synthesis Inhibitor, Novaluron, on the Development and the Reproductive Performance of Mosquito *Culex pipiens*. *World Applied Sciences Journal*, **29 (7)**: 954-960.
- De La Rocque S., Balenghien T., Halos L., Dietze K., Claes F., Ferrari G., Guberti V. & Slingenbergh J. 2011.** A review of trends in the distribution of vector-borne diseases: is international trade contributing to their spread? *Revue scientifique et technique International Office of Epizootics*, **30** : 119-130.
- Dreux P. 1980.** Précis d'écologie. *Edition Presses Université de France*, Paris, **231p**.
- Dris D., Tine-Djebbar F. & Soltani N. 2017.** Lavandula dentata essential oils: chemical composition and larvicidal activity against *Culiseta longiareolata* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *African Entomology*, **25(2)**: 387–394.
- Duchateau G., Florkin M., 1959.** Sur la tréhalosémie des insectes et sa signification. *Archives*

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- of Insect Physiology and Biochemistry*, **67**: 306-314.
- Ebadollahi A., Khosravi, R., Sendi J.J., Honarmand P. & Amini R.M. 2013.** Toxicity and Physiological Effects of Essential Oil from *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze Against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) Larvae. *Annual Review & Research in Biology*, **3(4)**: 649-658.
- Ellman G.L., Courtney K.D., Andres V. & Featherstone R.M. 1961.** A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*, **7**: 88 – 95.
- Eritja R., Escosa R., Lucientes J., Marque`s E., Molina R., Roiz D. & Ruiz S. 2005.** Worldwide invasion of vector mosquitoes: present European distribution and challenges for Spain. *Biological Invasions*, **7**: 87–97.
- Ferreira-caliman M.J., Nascimento F.S., Turatti I.C., Mateus S., Lopesand N.P. & Zucchi R. 2010.** The cuticular hydrocarbons profiles in the stinless bee *Melipona marginata* reflect taskrelated differences. *Journal of Insect Physiology*, **36(7)**: 800-804.
- Ferveur J.F. 2005.** Cuticular hydrocarbons: their evolution and roles in *Drosophila* pheromonal communication. *Behavior Genetics*, **35**: 279–295.
- Foitzik A., Fröba J., Rüger M.H. & Witte V. 2011.** Competition over workers: fertility signalling in wingless queens of *Hypoponera opacior*. *Insectes Sociaux*, **58**: 271–278.
- Malins D.C. 1994.** Enzymology and molecular biology of phase II xenobiotic conjugating enzymes in fish. *Aquatic Toxicology*, **50p**.
- Germaine S. & Wakeling B.F. 2001.** Lizard species distributions and habitat occupation along an urban gradient in Tucson, Arizona, USA. *Biological Conservation*, **97(2)**:229-237.
- Goldsworthy A.C., Mordue W. & Guthkelch J. 1972.** Studies on insect adipokinetic hormone. *General and Comparative Endocrinology*, **18**: 306-314.
- Golebiowski M., Malinski E., Nawrot J. & Stepnowski P. 2008.** Identification and characterization of surface lipid components of the dried-bean beetle *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, **44**: 386-388.
- Gould E.A., Gallian P., De Lamballerie X. & Charrel R.N. 2010.** First cases of autochthonous dengue fever and chikungunya fever in France: from bad dream to reality. *Clinical Microbiology and Infection*, **16**: 1702-1704.
- Gould E.A. & Higgs S. 2009.** Impact of climate change and other factors on emerging arbovirus diseases. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, **103 (2)**:109-211.



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Gourmelon A. & Ahtiainen J. 2007.** Developing test guidelines on invertebrate development and reproduction for the assessment of chemicals, including potential endocrine active substances-The OECD perspective. *Ecotoxicology*, **16**: 161-167.
- Guillaumot L. 2009.** Les moustiques et la dengue. Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie, 115p.
- Habig W.H., Pabst M.J. & Jakoby W.B. 1974.** Glutathione S-Transferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry*, **249**: 7130-7139.
- Hamaidia K. & Soltani N. 2014.** Laboratory Evaluation of a Biorational Insecticide, Kinoprene, against *Culex pipiens* Larvae: Effects on Growth and Development. *Annual Research & Review in Biology*, **4(14)**: 2263-2273.
- Hamaidia K. & Soltani N. 2019.** Compensation of kinoprene effect on reproduction of *Culex pipiens* by methoxyfenozide, an ecdysone agonist. *Journal of Entomological Research*, **43(2)**: 125-130.
- Hamaidia K. & Soltani N. 2021.** New report of *Aedes albopictus* in Souk Ahras, Northeast Algeria. *Biodiversitas*, **22(7)**: 2901-2906.
- Hammadi D., Boubidi S.C., Chaib S.E., Saber A., Khechache Y., Gasmi M. & Harrat Z. 2009.** Le paludisme au Sahara algérien. *Le Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, **102(3)** :185–192.
- Han L.L., Popovici F., Alexander J.P., Laurentia V., Tengelsen L.A., Cernescu Gary C.H.E. Jr., Ion-Nedelcu N., Campbell G.L. & Tsai T.F. 1996.** Risk factors for West Nile virus infection and meningoencephalitis, Romania. *The Journal of Infectious Diseases*, **179 (1)**: 230–233.
- Harbach R. E., Dahi C. & With G. B. 1995.** *Culex pipiens* L (Diptera: Culicidae): Concepts, type designation and description. *Proceedings of the Entomological Society*, **87 (1)** : 1-24.
- Hassain K. 2002.** Biogéographie et biotypologie des Culicidae (Diptera : Nematocera), de l'Afrique méditerranéenne. Bioécologie des espèces les plus vulnérantes (*Aedes Caspius*, *Aedes détritius*, *Aedes mariaae* et *Culex pipiens*) de la région occidentale d'Algérie. Thèse de Doctorat en sciences. Université de Tlemcen, Algérie.
- Heinze J., Stengl B. & Sledge M.F. 2002.** Worker rank, reproductive status and cuticular hydrocarbon signature in the ant, *Pachycondyla* cf. *inversa*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **52**: 59-65.
- Hemingway J. & Ranson H. 2000.** Insecticide resistance in insect vectors of human disease.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

*Annual Review of Entomology*, **45**: 371-391.

**Himmi O., Dakki M., Trari B. & Elagbani M.A. 1995.** Les Culicidae du Maroc. Clés d'identification avec données biologiques et écologiques. *Travaux de l'Institut Scientifique série Zoologie*, 44-50.

**Horne G.L. & Priestman A.A. 2002.** The chemical characterization of the epicuticular hydrocarbons of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Bulletin of Entomological Research*, **92**: 287-294.

**Izri A., Bitam I. & Charrel R.N. 2011.** First entomological documentation of *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894) in Algeria. *Clinical Microbiology and Infection*, **17(7)**: 1116-8.

**Izzo A., Wells M., Huang Z. & Tibbetts E. 2010.** Cuticular hydrocarbons correlate with fertility, not dominance, in a paper wasp, *Polistes dominulus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **64**: 857-864.

**Kao C.H. & Sun C.N. 1991.** In vitro degradation of some organophosphorus insecticides by susceptible and resistant diamondback moth. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **41**: 132-141.

**Kaufmann C. & Brown M.R. 2008.** Regulation of carbohydrate metabolism and flight performance by a hypertrehalosaemic hormone in the mosquito *Anopheles gambiae*. *Journal of Insect Physiology*, **54**: 367-377.

**Kerkut G.A. & Gilbert L.I. 1985.** Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology., *Oxford [Oxfordshire] ; New York : Pergamon Press*, **12** : 263- 272.

**Kilpatrick A.M., Peters R.J., Dupuis A.P., Jones M.J., Marra P.P. & Kramer L.D. 2013.** Predicted and observed mortality from vector-borne disease in small songbirds. *Biological Conservation*, **165** : 79-85.

**Kruger E.L. & Pappas C.D. 1993.** Geographic variation of cuticular hydrocarbons among fourteen populations of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, **30**: 544- 548.

**Lafri I., Bitam I., Beneldjouzi A. & Benmahdi M.H. 2014.** An Inventory of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Algeria. *Bulletin de la Société zoologique de France*, **139 (1-4)** :255- 261.

**Laouabdia-Sellami N. 1992.** Lutte biologique contre *Culex pipiens pipiens* (Diptera: Culicidae): effet de la reculture et de la conservation de *Bacillus sphaericus* sur la toxicité à l'égard des moustiques. Mémoire de Magistère en Biologie et physiologie des invertébrés, Option

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Arthropodologie, Université de Annaba.

**Leston L. & Rodewald A.D. 2006.** Are urban forests ecological traps for understory birds ? An examination using Northern Cardinals. *Biological Conservation*, **131(4)** : 566-574.

**Lévêque C. & Mounolou J-C. 2008.** Biodiversité - 2<sup>ème</sup> édition Dynamique biologique et conservation. *UniverSciences, Dunod*. **272p.**

**Marquardt W.C. 2005.** Biology of disease vectors, second edition. *Clinical Infectious Diseases*, **41 (11)** : 1692-1693.

**Martens P. & Hall L. 2000.** Malaria on the Move: Human Population Movement and Malaria Transmission. *Emerging Infectious Diseases*, **6(2)** :103-109.

**Matile L. 1993.** Les Diptères d'Europe Occidentale. Introduction, techniques d'étude et morphologies. Nematocères, Brachycères, Orthorhaphes et Aschizes. *Edition Boubée*, Paris. **439p.**

**Mavoungou J.F., Simo G., De Stordeur E. & Duvallet G. 2008.** Ecologie des stomoxes (Diptera : Muscidae) au Gabon II. Origine de repas de sang et conséquences épidémiologiques. *Parasite*, **15**: 611-615.

**McKinney M-L. 2006.** Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, **127**: 247-260.

**Mebarki A. 1984.** Ressources en eau et aménagement en Algérie : le Bassin du Kebir Rhumel (Algérie). Publications universitaires, Alger, **(1)**: 302 p.

**Messai N., Berchi S., Boulknafd F. & Louadi K. 2011.** Inventaire, systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera : Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunistique - Faunistic Entomology*, **63(3)**: 203–206.

**Morse S.S. 1995.** Factors in the emergence of infectious diseases. *Emerging Infectious Diseases*, **1**: 7-15.

**Mullen G. & Durden L. 2002.** Medical and Veterinary Entomology. *Third Editions*, **769p.**

**Mullen S.P., Millar J.G., Schal G. & Shaw K.L. 2008.** Identification and characterization of cuticular hydrocarbons from rapid Species radiation of Hawaiian Swordtailed crickets (Gryllidae: laupala). *Journal of Chemical Ecology*, **34**: 198-204.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Nelson D.R., Adams T.S. & Fatland C.L. 2003.** Hydrocarbons in the surface wax of eggs and adults of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **134(B)** : 447-466.
- Oppenoorth F.J., Smissaert H.R., Welling W., Van Der Pas L.J.T. & Hitman K.T. 1977.** Insensitive acetylcholinesterase, high glutathione-S-transferase, and hydrolytic activity as resistance factors in a tetrachlorvinphos-resistant strain of house fly. *Pesticides Biochemistry and Physiology*, **7**: 34-47.
- Paksa A., Sedaghat M.M., Vatandoost H., Yaghoobi-Ershadi M.R., Moosa Kazemi S.H., Hazratian T., Sanei-Dehkordi A. & Oshaghi M.A. 2019.** Biodiversity of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) with Emphasis on Potential Arbovirus Vectors in East Azerbaijan Province, Northwestern Iran. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, **13(1)**: 62–75.
- Patz J.A., Epstein P.R., Burke T.A. & Balbus, J.M. 1996.** Global climate change and emerging Infectious diseases. *Jama-Journal of The American Medical Association*, **275**: 217-223.
- Pavan M. 1986.** Una revolutione. Cultural. Europea .La carte sugli invetebrate .University Pavia, **33**: 1-15.
- Petrić D., Bellini R., Scholte E-J., Rakotoarivony L.M. & Schaffner F. 2014.** Monitoring population and environmental parameters of invasive mosquito species in Europe. *Parasites & Vectors*, **7**:187.
- Prevot-Julliard A.C. & Servais V. 2008.** La ville, un dénominateur commun entre l'Homme et la nature, une démarche pour des relations durables, *UNESCO- notes techniques*, Paris, 86-87.
- Ramade F. 1984.** Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. *Edition Mc Graw-Hill*, Paris, 397p.
- Regniere J. 2009.** Predicting insect continental distributions from species physiology. *Physiological Entomology*, **17**: 14-19.
- Rehimi N. 1993.** Activité biologique de trios molécules dérivées de la benzoylurée (Dart, Andalin, Alsystem) à l'égard de *Culex pipiens pipiens*. Thèse de Magister en Biologie et physiologie des invertébrés, option Arthropodologie. ISN Université de Annaba.
- Rosenberry, T.L. 1975.** Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology, Acetylcholinestrace. *Wiley*, **43** : 103-218.
- Sau A., Pellizzari Tregno F., Valentino F., Federici G. & Caccuri A.M. 2010.** Glutathione transferases and development of new principles to overcome drug resistance. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **500 (2)**: 116–122.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Schaffner F., Angel G., Geoffroy B., Hervy J.P., Rhaïem A. & Brunhes J. 2001.** The mosquitoes of Europe. An identification and training programme. *IRD Edition & EID Méditerranée*, **2**–7099–1485–9.
- Seguy E. 1951.** Ordre des diptères (Diptera, Linné, 1758) : in Grasse. 449 – 744.
- Senevet G. & Andarelli L. 1963.** Les moustiques de l’Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III : Les *Aedes* 2<sup>ème</sup> partie : Description des espèces du sous genre *Ochlerotatus*, groupe B. Archives de l’Institut Pasteur, Algérie, **41**: 142–172.
- Senevet G. & Andarelli L. 1966.** Les moustiques de l’Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III : Les *Aedes* 2<sup>ème</sup> partie : Description des espèces du sous genre *Ochlerotatus*, groupe H. Archives de l’Institut Pasteur, Algérie, **44**: 51–74.
- Sharma M.D., Hunt J. & Hosken D.J. 2011.** Antagonistic responses to natural and sexual selection and the sex-specific evolution of cuticular hydrocarbons in *Drosophila simulans*. *Evolution*. **66-3**: 665–677.
- Sharma M.D., Mitchell C., Hunt J., Tregenza T. & Hosken D.J. 2012.** The Genetics of Cuticular Hydrocarbon Profiles in the Fruit Fly *Drosophila Simulans*. *Journal of Heredity*, **103(2)** : 230–239.
- Shibko S., Koivistoinen P., Tratnyneck C., New Hall & Feidman L. 1966.** A method for the sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, lipid and glycogen from a single rat liver homogenate or from a subcellular fraction. *Analytical Biochemistry*, **19**: 415-528.
- Soltani N., Rehim H. & Bendali F. 1999.** Activité du Triflumuron sur *Culex pipiens* pallens (Diptira : Culicidaea) et impacts sur 2 espèces larvivores non visés. *Annales de la Société entomologique de France*.
- Soreq H. & Zakut H. 1993.** Human Cholinesterase and Anticholinesterase. *Academic Press*, New York. **328p**.
- South A., LeVan K., Leombruni L., Orians C.M. & Lewis S.M. 2008.** Examining the Role of Cuticular Hydrocarbons in Firefly Species Recognition. *Ethology : International Journal of Behavioral Biology*, **114**: 916-924.
- Spellerberg I.F. & Fedor P.J. 2003.** A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species diversity and the “Shannon-Wiener” Index. *Global Ecology and Biogeography*, **12(3)**: 177-183.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Seltezer P. 1946.** Le climat de l'Algérie. *La typo-Litho*, 220 p.
- Sugumaran M. 2010.** Chemistry of cuticular sclerotization. *Advances in Insect Physiology*. **39**: 151-209.
- Sukhdev P. 2008.** L'économie des écosystèmes et de la biodiversité. *Production Banson*, Cambridge, Royaume-Uni. **70p**.
- Sun C.N., Huang S.Y., Hu N.T. & Chung W.Y. 2001.** Glutathione S-transferase and insect resistance to insecticides. *Biochemical Sites of Insecticide Action and Resistance*, 239-254.
- Takken W. & Knols B.G.J. 2007.** Emerging Pests and Vector-borne Diseases in Europe. *Wageningen Academic*. Wageningen, Netherlands, **500p**.
- Thai K.T.D. & Anders K.L. 2011.** The role of climate variability and change in the transmission dynamics and geographic distribution of dengue. *Experimental Biology and Medicine*, **236**: 944- 954.
- Thomas L. & Leigh W.S. 2008.** Sexual dimorphism in cuticular hydrocarbons of the Australian field cricket *Teleogryllus oceanicus* (Orthoptera, Gryllidae). *Journal of Insect Physiology*, **54(6)**: 1081-1089.
- Thomas M.L. & Simmons L.W. 2009.** Sexual selection on cuticular hydrocarbons in the Australian field cricket, *Teleogryllus oceanicus*. *BMC Evolutionary Biology*, **9**: 162.
- Tine-Djebbar F. & Soltani N. 2008.** Activité biologique d'un agoniste non stéroïdien de l'hormone de mue sur *Culiseta longiareolata*: analyses morphométrique, biochimique et énergétique. *Synthèse*, 18: 23-34.
- Tine-Djebbar F. 2009.** Bioécologie des moustiques de la région de Tébessa et évaluation de deux régulateurs de croissance (halofenozide et méthoxyfenozide) à l'égard de deux espèces de moustiques *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*: toxicologie, morphométrie, biochimie et reproduction. Thèse de doctorat, Faculté des sciences, Université de Annaba, Algérie. 168 p.
- Tine-Djebbar F., Rehim N. & Soltani N. 2011.** Enzyme immunoassay measurements of ecdysteroids in the last larval stage of *Culex pipiens* L. (Diptera, Culicidae): Hormonal profile and correlation with cuticle secretion. *African Journal of Biotechnology*., 11 (20): 4693-4698.
- Trabalon M., Plateaux L., Peru L., Bagnères A.G. & Hartmann N. 2000.** Modification of morphological characters and cuticular compounds in worker ants *Leptothora nylanderii* induced by endoparasites *Anomotaenia breis*. *Journal of Insect Physiology*, **46**: 169-178.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Turell M.J., Dohm D.J., Sardelis M.R., O'guinn M.L., Andreadis T.G. & Blow J.A. 2005.** An update on the potential of North American mosquitoes (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile virus. *Journal Medical of Entomology*, **42(1)**:57–62.
- Walters K.B., Grant P. & Johnson D.L.E. 2009.** Evolution of the GST omega gene family in 12 *Drosophila* species. *Journal of Heredity*, **100 (6)**: 742–753.
- Weaver S.C. & Reisen, W.K. 2010.** Present and future arboviral threats. *Antiviral Research*, **85**: 328-345.
- WHO (World Health Organization). 2009.** The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification. *World Health Organization*, Stuttgart, Germany, **81p**.
- Wilkerson R.C., Linton Y.M., Fonseca D.M., Schultz T.R., Price D.C. & Strickman D.A. 2015.** Making mosquito taxonomy useful: A stable classification of Tribe Aedini that balances utility with current knowledge of evolutionary relationships. *PLoS One*, 10(7).
- Wilson T.G. & Fabian J., 1986.** A *Drosophila melanogaster* mutant resistant to a chemical analog of juvenile hormone. *Developmental Biology*, **118**: 190-201.
- Wilson J.D., Morris A.J., Arroyo B.E., Clark S.C. & Bradbury R.B. 1999.** A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **75**:13-30.
- Yoon C., Yang J.O., Youn Y.N. & Kim G.H. 2012.** Changes in cuticular hydrocarbons in different developmental stages of the Bean Bug, *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 1-26.
- Zhu G.H., Ye G.Y., Hu C., Xu X.H. & Li K. 2006.** Development changes of cuticular hydrocarbons in *Chrysomya rufifacies* larvae: potential for determining larval age. *Medical and Veterinary Entomology*, **20** : 438-444.

# RÉSUMÉS



### Résumé :

En Algérie les Culicidés sont considérés comme la première préoccupation dans l'environnement à cause de leur double rôle d'abord écologique dans les écosystèmes aquatiques et terrestre ensuite économique par leur impact sur la santé publique. Suite à des activités anthropiques intenses ces dernières années une étude sur l'impact de ces activités en zones urbaines et rurales sur la biodiversité, la physiologie et le développement des moustiques, dans la région de Annaba a été réalisée.

Après un large recensement des différents gîtes de la région de Annaba et une période d'étude qui a duré une année (de mars 2018 à février 2019), les résultats révèlent que plus de 85% de gîtes sont artificiels. Leur présence, qui touche la majorité des quartiers de la wilaya explique le niveau d'hygiène et la nuisance. Dans le but de mieux contrôler cette nuisance et de limiter les risques épidémiologiques à transmission vectorielles, une étude écologique de la faune culicidienne est menée. L'étude a porté sur les Culicidae capturés aux stades larvaire et nymphal au niveau des quatre zones d'étude (Annaba, Sidi Amar, Berrahal et Tréat). Nos récoltes bimensuelles se sont effectuées par la méthode « dipping », au total, 5127 individus ont été récolté appartenant à quatre genre, répartis en huit espèces : *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex modestus*, *Culiseta longiareolata*, *Aedes albopictus*, *Aedes aegypti*, *Anopheles labranchiae* et *Anopheles claviger*. Les espèces les plus abondantes sont *Culex pipiens* avec une abondance relative de 55,83% et une fréquence d'occurrence de 81,21%, suivi de *Culiseta longiareolata* avec 20,21% d'abondance relative et 62,5 de fréquence d'occurrence.

Ensuite Une comparaison des caractérisations biochimiques de l'espèce la plus abondante *Culex pipiens* des deux milieux (urbain et rural) a été réalisée par un dosage des protéines, lipides et glucides ainsi qu'un dosage des biomarqueurs l'acétylcholinestérase (AchE) et la glutathion S-transférase (GST) dans le corps entier des larves du 4<sup>ème</sup> stade et des adultes. Les résultats ont mis en évidence des différences significatives dans la composition biochimique entre les individus deux milieux.

Une comparaison du potentiel de reproduction de *Culex pipiens* des deux milieux (urbain et rural) a été menée. Les résultats montrent qu'il y a une différence significative entre le pourcentage d'éclosion (97,20% contre 51,66%) et la fécondité des adultes émergés des larves issues des vides sanitaires et les adultes émergés des larves du gîte situé dans la zone rurale (89,4% contre 43,03%).

## RÉSUMÉS

La dernière partie de ce travail consiste à analyser les caractérisations des hydrocarbures cuticulaires des larves et des adultes des deux espèces les plus abondantes *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. Sept hydrocarbures majeurs ont été détectés qui sont constitués de 22 à 28 carbones correspondants aux ; (Docosane, Tricosane, Tetracosane, Pentacosane, Hexacosane, Heptacosane, et Octacosane respectivement). Une différence quantitative des HCs a été notée entre les larves du 4<sup>ème</sup> stade au quatrième jour et les adultes des deux espèces respectives larvaire.

**Mots clés :** Moustiques, Inventaire, Systématique, Biochimie, Développement, hydrocarbures cuticulaires.

### Summary:

In Algeria, Culicidae are considered as the first concern in the environment because of their double role first ecological in aquatic and terrestrial ecosystems and secondly economic by their impact on public health. Following intense anthropic activities in recent years, a study on the impact of these activities in urban and rural areas on biodiversity, physiology and development of mosquitoes in the region of Annaba was conducted.

After a broad census of the various lodges in the region of Annaba and a study period that lasted one year (from March 2018 to February 2019), the results reveal that more than 85% of lodges are artificial. Their presence, which affects the majority of neighborhoods in the wilaya explains the level of hygiene and nuisance. In order to better control this nuisance and to limit the epidemiological risks of vector transmission, an ecological study of the culicidian fauna is conducted. The study focused on Culicidae captured at the larval and nymphal stages in the four study areas (Annaba, Sidi Amar, Berrahal and Tréat). Our bimonthly collections were made by the method "dipping", in total, 5127 individuals were collected belonging to four genera, divided into eight species: *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex modestus*, *Culiseta longiareolata*, *Aedes albopictus*, *Aedes aegypti*, *Anopheles labranchiae* and *Anopheles claviger*. The most abundant species were *Culex pipiens* with a relative abundance of 55.83% and a frequency of occurrence of 81.21%, followed by *Culiseta longiareolata* with 20.21% relative abundance and 62.5 frequency of occurrence.

Then a comparison of biochemical characterization of the most abundant species *Culex pipiens* of the two environments (urban and rural) was carried out by an assay of proteins, lipids and carbohydrates as well as an assay of biomarkers acetylcholinesterase (AChE) and glutathione S-transferase (GST) in the whole body of the 4th instar larvae and the adults. The results showed significant differences in biochemical composition between the two environments.

A comparison of the reproductive potential of *Culex pipiens* in the two environments (urban and rural) was conducted. The results show that there is a significant difference between the percentage of hatching (97.20% vs. 51.66%) and fecundity of adults emerged from larvae from crawl spaces and adults emerged from larvae in the rural area (89.4% vs. 43.03%).

## RÉSUMÉS

The last part of this work consists in analyzing the characterization of cuticular hydrocarbons of larvae and adults of the two most abundant species *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. Seven major hydrocarbons were detected which consist of 22 to 28 carbons corresponding to; (Docosane, Tricosane, Tetracosane, Pentacosane, Hexacosane, Heptacosane, and Octacosane respectively). A quantitative difference in HCs was noted between fourth instar larvae to day 4 and adults of the two respective larval species.

**Keywords:** Mosquitoes, Inventory, Systematics, Biochemistry, Development, Cuticular hydrocarbons.

## ملخص:

في الجزائر، يعتبر البعوض الاهتمام الأول في البيئة بسبب دوره المزدوج البيئي أولاً في النظم الإيكولوجية المائية والبرية ثانياً من خلال تأثيره على الصحة العامة. نتيجة الأنشطة البشرية الشديدة في السنوات الأخيرة دراسة حول تأثير هذه الأنشطة في المناطق الحضرية والريفية في التنوع البيولوجي، تم تنفيذ علم وظائف الأعضاء وتنمية البعوض، في منطقة عنابة قد أجريت.

بعد احصاء كبير لمساكن البعوض المختلفة في منطقة عنابة وفترة دراسة استمرت لمدة عام (من مارس 2018 إلى فيفري 2019)، كشفت النتائج أن أكثر من 85% من المساكن مصطنعة. وجودهم، الذي يؤثر على غالبية أحياء الولاية، يفسر مستوى الإزعاج الذي يتسبب له انتشار هذه الحشرة. من أجل السيطرة بشكل أفضل على هذا الإزعاج والحد من المخاطر الوبائية لانتقال ناقلات الأمراض، يتم إجراء دراسة بيئية للبعوض. ركزت الدراسة على *Culicidae* التي تم أسرها في طور اليرقات في مناطق الدراسة الأربعة (عنابة، سيدي عمار، براحل، تريعات). تم إجراء حصاد مرتين في الشهر بطريقة "الغمس"، تم جمع 5127 فرداً ينتمون إلى أربعة أجناس، مقسمة إلى ثمانية أنواع: *Culiseta*، *Culex modestus*، *Culex theileri*، *Culex pipiens*، *Anopheles labranchiae*، *Anopheles* و *Aedes aegypti*، *Aedes albopictus*، *longiareolata* و *claviger*. الأنواع الأكثر وفرة هي *Culex pipiens* مع وفرة نسبية 55.83% وتكرار حدوث 81.21%، تليها *Culiseta longiareolata* بنسبة 20.21% و 62.5% نسبة حدوث.

ثم تم إجراء مقارنة بين الخصائص البيوكيميائية لأكثر أنواع *Culex pipiens* وفرة في البيئتين (الحضرية والريفية) عن طريق فحص البروتينات والدهون والكاربوهيدرات بالإضافة إلى اختبار المؤشرات الحيوية (*AchE*) *acetylcholinesterase* والجلوتاثيون - *S* ترانسفيراز (*GST*) في كامل جسم يرقات الطور الرابع والبالغات. كشفت النتائج عن وجود فروق ذات دلالة إحصائية في التركيب الكيميائي الحيوي بين الأفراد والخلفيتين.

تم إجراء مقارنة بين القدرة الإنجابية لـ *Culex pipiens* من الموقعين (الحضري والريفي). بينت النتائج أن هناك فرقا بين نسبة الفقس (97.20% مقابل 51.66%) وخصوبة البالغين الخارجة من اليرقات من والبالغات الخارجة من مساكن مائية في الريف والحضر (89.4% مقابل 43.03%). يتكون الجزء الأخير من هذا العمل من تحليل توصيفات الهيدروكربونات الجلدية من اليرقات والبالغات من النوعين الأكثر وفرة *Culex pipiens* و *longiareolata Culiseta*. تم الكشف عن سبعة هيدروكربونات رئيسية تتكون من 22 إلى 28 ذرة كربون مقابلة؛ (دوكوسان، تريكوزان، تتراكوزان، بنتاكوزان، هيكساكوزان، هيبتاكوزان، وأوكتاكوسان على التوالي). لوحظ اختلاف كمي في *HCS* بين اليرقات من العمر الرابع والبالغات من النوعين المعنيين.

**الكلمات المفتاحية:** البعوض، احصاء، النظميات، الكيمياء الحيوية، النمو، الهيدروكربونات الجلدية.

# **PRODUCTION SCIENTIFIQUE**

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE

### - Publications :

**Djamel Eddine Rachid Arroussi**, Ali Bouaziz and Hamid Boudjelida. **2021**. Mosquito survey reveals the first record of *Aedes* (Diptera: Culicidae) species in urban area, Annaba district, Northeastern Algeria. *Polish Journal of Entomology*, **90(1)**: 14–26.

Hakima Djeddar, Hamid Boudjelida and **Djamel Eddine Rachid Arroussi**. **2020**. Biological control using aqueous extract of *Artemisia absinthium* against larvae of *Culex pipiens*. *Commission for IP and Biocontrol in North-African Countries. IOBC-WPRS Bulletin*, **151**: 110-118.

### - Communications internationales :

**Djamel Eddine Rachid ARROUSSI**, Hakima DJEDDAR & Hamid BOUDJEIDA. **2019**. Risques épidémiologiques par la présence d'*Aedes* dans La wilaya de Annaba. Colloque international d'Environnement, risques et santé du 05 au 07 novembre, Université Mohamed Cherif Messaadia, Faculté de science et de la nature. Laboratoire des sciences et techniques de l'eau et de l'environnement, Souk-Ahras : Algérie.

**Rachid ARROUSSI**, Hakima DJEDDAR & Hamid BOUDJEIDA. **2018**. Biosurveillance des gîtes de moustiques dans la région d'Annaba. VIème congrès International de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources, du 20 au 23 mars, Tabarka : Tunisie.

**Rachid ARROUSSI**, Hamid BOUDJELIDA & Nour El Houda DJEGHADER. **2018**. Impact d'un extrait végétal, la Saponine, sur la biologie du développement des moustiques. 1er Colloque International Bio-ressources, Economie Bleue et Verte, du 26 au 29 Avril, Hammamet : Tunisie.

**Djamel Eddine Rachid ARROUSSI**, Hakima DJEDDAR & Hamid BOUDJEIDA. **2018**. Inventaire et étude écologique des gîtes de moustiques dans la région de Annaba, Nord-Est algérien. 6ème Congrès Franco-Tunisien de Zoologie, 6ème Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et aux 119èmes Journées Annuelles de la SZF, du 21 au 23 novembre, Paris : France.

**Djamel Eddine Rachid ARROUSSI**, Hakima DJEDDAR & Hamid BOUDJELIDA. **2018**. Bio-écologie des gîtes de moustiques dans la région d'Annaba Agroseme II, du 9 au 10 décembre. L'équipe Développement Durable "2D", (laboratoire "DEDSPAZA"), le Département des Sciences Agronomiques, la faculté des sciences exactes ; des sciences de la nature et de la vie, le CRSTRA Biskra et l'Association des producteurs de dattes. Biskra : Algérie.

**Djamel Eddine Rachid ARROUSSI**, Hamid BOUDJELIDA & Hakima DJEDDAR. **2019**. Inventaire préliminaire des moustiques des zones urbaines de Annaba. Le premier Colloque International sur la Lutte Biologique et Intégrée CILBIA1 du 4 au 6 février, l'université Mostefa Ben Boulaid Batna 2 Faculté des sciences de la nature et de la vie (SNV), Batna : Algérie.

Hakima DJEDDAR, Hamid BOUDJELIDA & **Rachid ARROUSSI**. **2018**. Etude comparative de la structure de la faune culicidienne dans la région du Nord -est de l'Algérie. Agrosem II. La connaissance, la valorisation et la gestion durable des ressources naturelles. Le 9 au 10 Décembre 2018, au département des sciences agronomiques. Université Mohamed khider de Biskra.

Hakima DJEDDAR, **Rachid ARROUSSI** & Hamid BOUDJEIDA. **2018**. Reconnaissance et distribution des gîtes de prolifération des Culicidae dans la région de Souk-Ahras, Algérie. VI ème congrès International de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources qui aura lieu du 20 au 23 mars 2018 à Tabarka.

Hakima DJEDDAR, Hamid BOUDJEIDA & **Djamel Eddine Rachid ARROUSSI**. **2018**. Contribution à l'évaluation de l'activité larvicide de l'extrait aqueux d'*Artemisia absinthium* sur les larves de *Culex pipiens* (diptera:culicidae ). Le premier Colloque International sur la Lutte Biologique et Intégrée CILBIA1. Les 4, 5 et 6 février 2019, l'université Mostefa Ben Boulaid Batna 2 Faculté des sciences de la nature et de la vie (SNV).

Hakima DJEDDAR, **Djamel Eddine Rachid ARROUSSI**, & Hamid BOUDJEIDA. **2019**. Evaluation de l'activité larvicide de l'extrait aqueux de *Pteridium aquilinum* à l'égard des larves de *Culex pipiens*, Diptera Culicidae. The 30th international congress of the Tunisian society of Biological Sciences (ATSB) held in Sousse, Tunisia on 25-28 March.

Hakima DJEDDAR, **Djamel Eddine Rachid ARROUSSI**, & Hamid BOUDJEIDA. **2019**. Composition spécifique des populations de moustique dans la région Nord-Est Algérie. Colloque international d'Environnement, risques et santé 05 - 07 novembre, Université de Mohamed Cherif Messaadia (SOUK-AHRAS) Faculté de science et de la nature. Laboratoire des sciences et techniques de l'eau et de l'environnement.

#### - **Communications nationales :**

**Rachid ARROUSSI**, Hakima DJEDDAR & Hamid BOUDJELIDA. **2018**. Etude écologique de la faune culicidienne dans la wilaya de Annaba. Troisième Colloque National sur la Biodiversité en Algérie (CNBA 03), le 25 Avril, Université d'Oum El Bouaghi, Algérie.

Hakima DJEDDAR, Lynda AISSAOUI, **Rachid ARROUSSI** & Hamid BOUDJELIDA. **2018**. Biodiversité et distribution de la faune culicidienne dans la wilaya de Tebessa .Troisième Colloque National sur la Biodiversité en Algérie (CNBA 03), le 25 Avril, Université d'Oum El Bouaghi, Algérie.



## Mosquito survey reveals the first record of *Aedes* (Diptera: Culicidae) species in urban area, Annaba district, Northeastern Algeria

Djamel Eddine Rachid Arroussi<sup>1\*</sup> , Ali Bouaziz<sup>2</sup> , Hamid Boudjelida<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Laboratory of Applied Animal Biology, Department of Biology, Faculty of Sciences, University Badji Mokhtar Annaba, Algeria.

<sup>2</sup> Department of Biology, Faculty of Nature and Life Sciences, Mohamed Cherif Messaadia University Souk Ahras, Algeria.

\* Corresponding author: arroussi.rachid@yahoo.fr

**Abstract:** The diversity, distribution and ecology of mosquitoes, especially arbovirus vectors are important indices for arthropod-borne diseases control. The mosquito larvae were collected in different habitats in four sites of Annaba district, Algeria, during the period of March 2018 to February 2019 and the properties of larval habitats were recorded for each site. The systematic study revealed the presence of 8 species belonging to 4 genera; including *Culex pipiens* (Linnaeus, 1758), *Culex modestus* (Ficalbi, 1889), *Culex theileri* (Theobald, 1903), *Culiseta longiareolata* (Macquart, 1838), *Anopheles labranchiae* (Falleroni, 1926), *Anopheles claviger* (Meigen, 1804), *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) and *Aedes albopictus* (Skuse, 1894). Among the species, *C. pipiens* presented the highest species abundance (RA %) (55.23%) followed by *C. longiareolata* (20.21%). The *Aedes* species are recorded for the first time in the study urban area. Variation of diversity in different sites depends on the type of breeding habitat. These results provided important information on species diversity, distribution and factors associated with breeding habitats. They could be used for the mosquito control and to prevent the spread of mosquito-borne diseases to the population of the region.

**Key words:** Culicidae, *Aedes*, *Culiseta*, systematics, biodiversity

### Introduction

Diseases transmitted by hematophagous arthropods represent a threat for animal and human health with the increase of their emergence outside the endemic areas. Mosquitoes (Diptera: Culicidae) are considered as the main vectors of pathogens of various important diseases such as malaria, filariasis, dengue fever, yellow fever, chikungunya, West Nile virus, Zika virus and other arboviruses responsible for encephalitis, bacteriosis, and helminthiasis, which are today among the greatest health problems in the world (Fontenille *et al.* 1995, Amraoui *et al.* 2019). Many arboviruses have been isolated from mosquito species belonging to the genera *Culex*, *Aedes* and *Culiseta* (Scott & Weaver 1989, Pfeffer & Dobler 2010). West Nile virus (WNV), which is worldwide distributed, is maintained in an enzootic cycle with birds that serve as amplification reservoir hosts and

mosquitoes as the principal transmitting vectors. Humans and animals are considered dead-end hosts because they do not produce frequently enough sufficient viremia to infect mosquitoes (Campbell *et al.* 2002, Hayes *et al.* 2005). Since the WNV appeared in Europe (Boukara *et al.* 2016), the introduction of the disease in the North Africa by infected migratory birds arriving from Europe is probable. Mosquitoes in the genus *Culex* have been widely implicated as primary vectors of WNV, since it has been detected largely as ornithophilic mosquitoes, especially *Culex pipiens* (Linnaeus, 1758), *Culex modestus* (Ficalbi, 1889), *Culex torrentium* (Martini, 1925) (Calistri *et al.* 2010), *Anopheles maculipennis* (Meigen, 1818) (Engler *et al.* 2013) and *Aedes albopictus* (Skuse, 1894; Pfeffer & Dobler 2010).

*Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) and *A. albopictus* mosquitoes are aggressive invaders of anthropogenic environments

capable of spreading. In Europe, *A. albopictus* was first detected in Albania in 1979 (Adhami & Reiter 1998) and it became quickly well established in all Mediterranean countries of the continent (Akiner *et al.* 2016). In Africa, these species were reported firstly in the early 1990s in South Africa and Nigeria (Cornel 1991). Thereafter, it was described in several West and Central African countries (Savage *et al.* 1992). In North Africa, it was detected for the first time in Algeria in 2014 (Izri *et al.* 2011, Benallal *et al.* 2016), in Morocco in 2015 (Bennouna *et al.* 2017) and in Tunisia in 2018 (Bouattour *et al.* 2019). Despite having a different biogeographical origin, with *A. aegypti* originating from Africa and *A. albopictus* from Asia (Kelly *et al.* 2019), these mosquitoes have converged on a similar ecology, ovipositing in man-made water containers. *A. aegypti* is an urban mosquito feeding exclusively on humans. On the other hand, *A. albopictus* colonizes a larger range of sites and feeds on both animals and humans (Delatte *et al.* 2010).

Environment, climate change, human activities, as well as intensification of international trade enhance vector population densities consequently allows the reemergence of mosquito-borne disease (Gould & Higgs 2009). The development period from egg to adult varies among species and is strongly influenced mainly by ambient temperature. Mosquitoes larvae live in a wide variety of natural and artificial habitats, such as temporary and permanent water resources, unclean and clean water and stagnant or stream waters (Hanafi-Bojd *et al.* 2012). Adult mosquitoes are very diverse in host searching, biting behaviour, dispersal and reproductive strategies (Blaustein & Chase 2007). The interaction of biotic and abiotic factors; contain adult sugar and blood meal types and the physicochemical parameters of larval habitats, affects significantly the mosquito ecological adaptability and vectorial capacity for disease transmission with significant concepts for vector management and control

(Juliano 2009, Boukraa *et al.* 2016). Accordingly, investigating biotic and abiotic factors for various mosquito fauna make it easier to monitor potential modifications of larval habitats affected by rains, global climate change and man-made activities (Juliano 2009, Boukraa *et al.* 2016).

Over the last two decades, several studies in Algeria have been dealing with the culicidal fauna. A large number of them have focused on systematic, biochemistry, physiology, and new alternative products for mosquito control. (Boudjelida *et al.* 2005, Boudemagh *et al.* 2013, Bouaziz *et al.* 2017, Aïssaoui & Boudjelida 2017, Amira *et al.* 2018, Djeghader *et al.* 2019). Considering the fact that in the Annaba region, some vector mosquitoes of diseases, such as West Nile virus, filariasis and malaria are recorded (Fontenille & Harrat 2010), the study on the composition, distribution and ecology of mosquito species is very important of vector control programs and monitoring strategies of disease vectors, such as *Culex* and *Aedes* species. Also such survey prevents of the vectors from spreading and establishment in the area and avoids the risk of disease transmission, since a potential disease clusters are present due to human immigration from South to North. The aim of this investigation was to estimate the composition, distribution and some ecological aspects of mosquitoes in Annaba district, with emphasis on arbovirus vectors, *Aedes* species.

## Material and Methods

### Study sites

The study was carried out in four locations, Annaba, Sidi Amar, Berrahal and Treat, situated in The North-East of Algeria, belonging to Annaba district (36°54'59.146"N, 7°46'7.044"E) (Fig. 1). This area is characterized by a Mediterranean climate, soft in winter, hot, and humid in summer. The annual rainfall varies between 650 and 1 000 mm. The average relative humidity changes from 40% to 80%. The averages of the

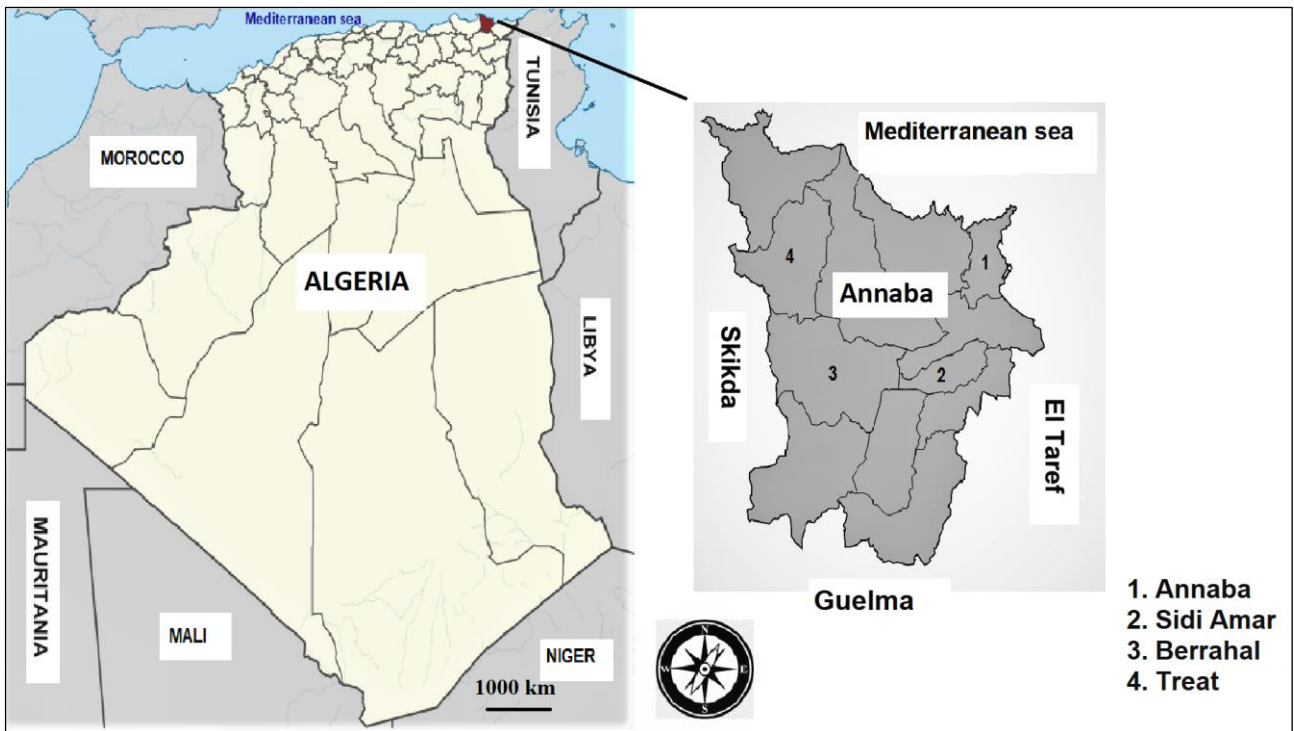


Fig. 1. Map of Algeria and locations of study sites in Annaba district, Algeria.

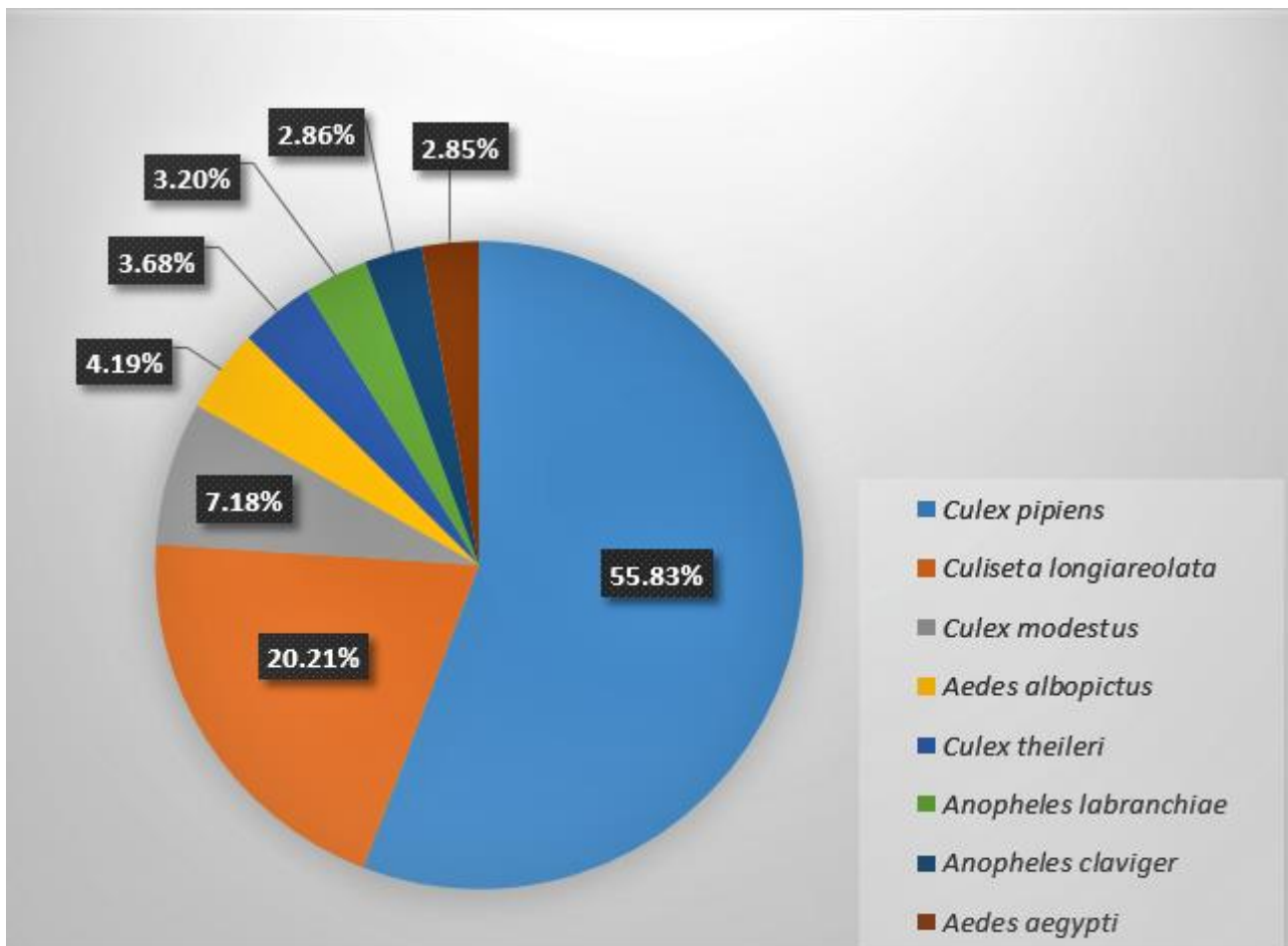


Fig. 2. Diversity and relative abundance (RA %) of mosquito species recoded in the study area (March 2018 to February 2019).

maximum and minimum temperatures are 31.4°C and 10.1°C, respectively. Weather data (precipitation and temperature) were obtained from local meteorological station.

#### *Mosquito larval habitat characteristics*

The ecological characteristics of mosquitoes larvae containing properties of collecting habitats (urban, peri-urban), type (artificial/natural), water state (stagnant, stream, seepage and water container), water appearance water (turbid and clear) and exposure to day-light (full, partial sun light and covered or shaded), were considered. The temperature and pH of the water habitats were measured and recorded directly, in the field using a Multi-parameters analyzer (Hanna HI. 9125). These were happened during the hot period of the day, in the afternoon between 13:00 and 16:00.

#### *Mosquito larvae collection*

All sites have been investigated 2 times per month, from March 2018 to February 2019. Larvae were collected by using the dipper method made-up by a plastic pan (500 ml). The collection was done in several places of breeding sites to obtain homogeneous samples (8–12 times). The samples of the same breeding sites are mixed and placed in individual plastic containers and labeled. Once in the laboratory, all larvae and pupae were counted and the immature stages were separated to the different larval stages and reared. After, the breeding jars of older stages and pupae of each sample were placed in emerging boxes (25×25×30)cm in order to obtain adults (males in particular) that were required to confirm identification by analyzing of the genitalia of some species. The younger larvae were reared in boxes, in order to collect gradually the fourth stage larvae. These were preserved in 75% ethanol in small flasks (50 ml) and labeled with date, study site, number and code of the breeding site.

#### *Morphological identification*

The identification of mosquito species was made according the morphological parameters described previously (Schaffner *et al.* 2001, Himmi *et al.* 1995). In the laboratory, the larvae of the fourth stages and the male adult genitalia were dissected using a stereo-microscope (20–40 × magnification), mounted between slide and cover slip and examined under a microscope (100–400 × magnification). The different parts of the insect were separated; head, thorax and abdomen extremity, where the main criteria of identification are located. Whereas some species there genitalia should to be examined in order to be identify. Sampled mosquito species identification was based on morpho-taxonomy analysis, using the electronic identification keys (Brunhes *et al.* 1999, Brunhes *et al.* 2001). Regarding the *Aedes* species and their recent appearance in urban areas, the new classification suggested by Wilkerson *et al.* (Wilkerson *et al.* 2015) was used, with the maintain of the traditional genera names.

#### *Data Analyses*

Several indices were used to study the mosquito populations, collected from the different study sites of the area.

The dominance of the mosquito species for each site was calculated by the relative abundance (RA %). This was expressed by the ratio between number of specimens of a species and the total number of specimens of all mosquito species collected in the site × 100.

Shannon diversity index ( $H'$ ), is the amount of information provided by a sample on the structures of the stand from which the sample comes and on the way individuals are distributed among various species (Daget 1976). It is calculated as follows:  $H' = - \sum P_i \log_2 P_i$  where:  $P_i = n_i/N$  (Hence:  $H'$ : Specific diversity,  $n_i$ : Number of species,  $N$ : Total stand size). A high value of this index corresponds to

Table 1. Characteristics of mosquito larval collection sites in Annaba district during the study period (March 2018 to February 2019).

Site name	Number of sites	Habitat types	T °C	pH
Annaba	6	Urban: Open, permanent, stagnant water and clean	18.9 ± 3.31	7.5 ± 0.27
	15	Urban: Cover, permanent, stagnant and wastewater	24.9 ± 2.64	8.4 ± 0.29
Sidi Amar	4	Urban: Open, permanent, stagnant, clean	20.0 ± 3.50	7.6 ± 0.3
	8	Urban: Cover, permanent, stagnant, wastewater	25.8 ± 2.66	8.6 ± 0.54
Berrahal	4	Peri-urban: Open, permanent, stagnant, clean	19.8 ± 2.90	7.5 ± 0.34
Treat	3	Peri-urban: Open, permanent, stagnant, clean	19.6 ± 3.67	7.7 ± 0.55

Table 2. Diversity of Culicidae species in Annaba district, during the study period (March 2018 to February 2019).

Family	Subfamily	Genera	Species
Culicidae	Culicinae	<i>Culex</i>	<i>Culex pipiens</i> Linnaeus, 1758 <i>Culex theileri</i> Theobald, 1903 <i>Culex modestus</i> Ficalbi, 1890
		<i>Culiseta</i>	<i>Culiseta longiareolata</i> Maquart, 1828
		<i>Aedes</i>	<i>Aedes albopictus</i> Skuse, 1894 <i>Aedes aegypti</i> Linnaeus, 1762
	Anophelinae	<i>Anopheles</i>	<i>Anopheles labranchiae</i> Falleroni, 1926 <i>Anopheles claviger</i> Meigen, 1804

Table 3. Spatial distribution of diversity indexes and the dominance of mosquito species recorded in the study area during the study period (March 2018 to February 2019). H': Shannon index, E: Equitability, RA: Relative Abundance (%).

Site	H'	E	Species abundance (RA%)
Annaba	1.58	0.79	<i>C. pipiens</i> (51.62%), <i>C. longiareolata</i> (33.15%), <i>A. albopictus</i> (9.20%), <i>A. aegypti</i> (6.04%)
Sidi Amar	1.35	0.67	<i>C. pipiens</i> (66.52%), <i>C. longiareolata</i> (21.66%), <i>A. albopictus</i> (6.88%), <i>A. aegypti</i> (4.93%)
Berrahal	1.72	0.66	<i>C. pipiens</i> (64.49%), <i>C. theileri</i> (6.57%), <i>C. modestus</i> (12.40%), <i>C. longiareolata</i> (6.11%), <i>A. labranchiae</i> (5.30%), <i>A. claviger</i> (5.13%)
Treat	2.40	0.93	<i>C. pipiens</i> (27.45%), <i>C. theileri</i> (9.89%), <i>C. modestus</i> (20.19%), <i>C. longiareolata</i> (25.32%), <i>A. labranchiae</i> (9.50%), <i>A. claviger</i> (7.65%)

a species-rich stand with a balanced distribution of abundance. Conversely, the low distribution value corresponds either to a stand, characterized by a low number of species for a high number of individuals, or to a stand in which there is a dominant species.

In order to estimate the distribution of mosquito population and to compare stand structures in the study sites the Equitability (E) was calculated (Ramade 1984). It is the relationship between specific diversity (H') and maximum diversity (Hmax) and is expressed as the following formula:  $E = H' / H_{max}$  with  $H'_{max} = \log_2 S$  (S: is the specific richness of species and was estimated by the total number of each species per site (Spellerberg & Fedor 2003).

## Results

### Composition of Culicidae fauna in the study region

In the present survey, different sampling sites were divided geographically in two types, urban and peri-urban sites and some ecological characteristics of the breeding habitats were considered (Table 1). Two types of the breeding habitats in the urban site were recorded, covered ones have stagnant wastewater and seepage and the open ones made of clean stagnant water. The peri-urban habitats had turbid water with muddy substrate and shallow depth. It was observed

Table 4. Temporal distribution of mosquito species recorded at study sites during the study period (March 2018 to February 2019).

Species	Season											
	Spring			Summer			Autumn			Winter		
	Month											
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
<i>C. pipiens</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. theileri</i>	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>C. modestus</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>C. longiareolata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>A. labranchiae</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>A. claviger</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>A. albopictus</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>A. aegypti</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<b>Total of species</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Table 5. The average of the temperature (°C) and the rainfall (mm) of Annaba district during the study period (March 2018 to February 2019).

Month	Season	Year	T max. (°C)	T min. (°C)	Rainfall (mm)
March	Spring	2018	19.6	13.5	57
April			20.3	17.2	68
May			23.0	17.9	53
June	Summer	2018	27.6	22.1	5
July			31.4	25.9	0
August			30.4	25.5	66
September	Autumn	2018	29.8	24.6	63
October			24.0	21.3	65
November			21.6	15.3	61
December	Winter	2019	18.3	12.6	33
January			14.7	10.3	101
February			16.0	10.1	85

that all these species exploit differently the habitats. A total of 5 127 mosquito larvae collected reveals the presence of 8 species, belonging to 4 genera, distributed into two sub-families. The first is the Culicinae and is represented by 3 genera; *Culex*, *Culiseta*, and *Aedes*. The second one is Anophelinae with a single genus the *Anopheles* (Table 1). Out of these genera, genus *Culex* was found to be the predominant taxa, with record of 3 species; *Culex pipiens*, *Culex theileri* (Theobald, 1903), and *Culex modestus*. *Culiseta* followed this with one species, *Culiseta longiareolata* (Macquart, 1838). The two genera, *Anopheles* and *Aedes*, were both represented by two species, *Anopheles labranchiae* (Falleroni, 1926), *Anopheles claviger* (Meigen, 1804) and *A. aegypti* and *A. albopictus* respectively (Table 2). The most abundance species was *C. pipiens*

55.83% followed by *C. longiareolata* 20.21% (Figure 2). Other collected mosquito species were *Culex modestus* and *C. theileri* with 7.18 and 3.68% respectively. The abundance of *A. labranchiae* was 3.20% and *A. claviger* with 2.86%. The *Aedes* species recorded for the first time in this area were *A. albopictus* with 4.19% and *A. aegypti* with 2.85% of abundance (Fig. 2).

The dominance of the mosquito species for each site was estimated by the relative abundance (RA %) and is presented in Table 3. The results showed that *C. pipiens* and *C. longiareolata* were the most abundant and dominant species recorded in all sites. *C. pipiens* and *C. longiareolata* respectively, had the most distribution and adaptation to different types of larval habitats. These two species were found in cover larval habitat, situated in urban and peri-urban sites and are

permanent with stagnant wastewater. In contrast, *C. theileri*, *C. modestus*, *A. labranchiae* and *A. claviger*, were found only in peri-urban in stream, stagnant and clean or turbid water with muddy substrate that was exposed to sunlight. The distribution of *A. albopictus* and *A. aegypti* was observed mostly in larval small habitats like jars, used tires and containers, with clean water and they were covered with different types of plants (Table 1).

The distribution of species presents a correlation with the vegetation in the breeding habitats. While the maximum species density was observed in a temperature ranging from 20 to 27.7°C and an alkaline medium with a pH varies 8 to 9. In the present study, the temperature and pH of the breeding waters are ranging between 18.9±3.31°C to 24.9±2.64°C and 7.5±0.27 to 8.6±0.54 respectively (Table 1).

There were differences in the species diversity, as indicated by the values of Simpson's diversity index, Shannon-Weaver index ( $H'$ ), the Equitability ( $E$ ) and the Relative Abundance (RA%) of the mosquito fauna in the study sites of Annaba district (Table 3). The two indices were found to be maximal in Treat site ( $H'$ : 2.40 and  $E$ : 0.93), whereas the estimated diversity ( $H'$ : 1.35) and Equitability ( $E$ : 0.66) were the lowest in Sidi Amar site.

#### Temporal distribution according to seasons

The study was conducted over four seasons where two species, *C. pipiens* and *C. longiareolata* were mainly present throughout the year (Table 4). While during the warm period that begins at the last month of the spring season and extends to the end of the autumn season, all species inventoried in the study area were found to be omnipresent. Finally, during the rainy season, there was a fairly remarkable decrease in the identified number species and this is in correlation with the decrease in temperature during the same period.

The results show that temperature and rainfall are influencing the density and the

distribution of mosquito. The average of the maximum temperatures during the period study were varying between 31.4°C and 25.9°C in hot period; the summer and 14.7°C and 10.3°C in the cold period the winter (Table 5). During the winter and the spring seasons, a fluctuation in temperatures is recoded with the absence of some species (Table 3). The mosquito distribution and increase the abundance were recorded with high temperatures mainly during the hot summer and autumn (Table 4). In the study area between 5 mm and 101 mm of rainfall were recorded and this supply the breeding habitats with water.

#### Discussion

The geographical position, by the Mediterranean Sea, Annaba agglomeration represents a touristic pole. The presence and the large distribution of mosquitoes in this region represent a serious society problem because of their nuisance and considered as a potential pathogen vectors. Mosquito monitoring becomes imperative for the control.

Our systematic investigation showed the presence of 8 species belonging to 4 genera; *Culex*, *Culiseta*, *Aedes* and *Anopheles*. The *Culex* genus is essentially composed *C. pipiens*, found in urban and peri-urban areas, and with a modest degree *C. modestus* and *C. theileri*. The *Culiseta* genus was present with one species, *C. longiareolata*. The two genera, *Anopheles* and *Aedes*, were both recorded by two species, *A. labranchiae*, *A. claviger* and *A. aegypti* and *A. albopictus*, respectively. Previous studies of Algerian Culicidae, based on literature data, reported the presence of 48 species (Brunhes *et al.* 2000). Since a new species were identified and added to the Algerian mosquito fauna; *A. gambiae* and *C. quinquefasciatus* (Boubidi *et al.* 2010), the tiger mosquito *A. albopictus*, and *C. territans* (Izri *et al.* 2011, Lafri *et al.* 2014). A survey, in a rural habitat, situated in the extreme

northeast of the country, revealed the presence of 13 mosquito species, belonging to 5 genera (Amara Korba *et al.* 2015). In the North center of Algeria, 27 species of Culicidae were listed in the region of Algiers (Senevet & Andarelli 1963, Senevet & Andarelli 1966). While in the West side of the country a number of 20 species of Culicidae were noted (Senevet & Andarelli 1963). The inside part of the country, the inventory of mosquitoes revealed the presence of 12 and 7 species, in Mila (Senevet & Andarelli 1966, Hassain 2002) and Constantine (Messai *et al.* 2011) respectively and it was indicated that the *Culex* species was the dominant. In a semi-arid region, Tebessa, a culicidal study revealed the presence of 10 species belonging to 3 genera; *Culex*, *Culiseta* and *Aedes* (Aïssaoui & Boudjelida 2017). Similar studies were done in the Northern region of Aures, 4 species of *Culex* (*C. mimeticus*, *C. hortensis*, *C. laticinctus* and *C. pipiens*), 3 species of *Anopheles*; (*A. labranchiae*, *A. hispaniola*, and *A. marteri*) and a single species of *Culiseta*; *C. longiareolata*, were recorded (Senevet & Andarelli 1960), with absence of the genus of *Aedes*.

The distribution and the density of mosquito species were inconstant, during the sampling methods. The difference in the mosquito density in the study sites was probably due to the phenology of species during the study period and the biotopes and climatic conditions, which play the role of limiting factor for much insect proliferation. Different in number species, is the result of the sampling methods, differences between environmental location, mosquito habitat types, the duration of the study and the further appearance of new artificial mosquito breeding habitats, surging from the large building construction activity (Alahmed *et al.* 2011).

Understanding mosquito species composition would reflect the presence of different potential mosquito vectors in this environment. From the recorded mosquito

community, species can be identified as potential vectors of pathogens. Species from the genera *Culex* and *Aedes* are known to transmit pathogens (Becker *et al.* 2010). *C. pipiens* was trapped in large numbers in all sites and most of the habitats. *C. pipiens* is a known as a potential vector for WNV disease, which already circulates in many parts of Africa (Han *et al.* 1996, Turell *et al.* 2005). The tiger mosquito *A. albopictus* shows an explosive distribution even in the urban sites and represents a vector of some arboviruses, including WNV, dengue, chikungunya and possibly Zika (Aliota *et al.* 2016, Petrić *et al.* 2014, Chouin-Carneiro *et al.* 2016).

The presence of *Culex*, *Aedes* and *Anopheles* mosquito species, in this area, will expose the population to a risk of mosquito-borne diseases; including malaria, filariasis, and arboviruses. Algeria was an endemic malaria country and major epidemic in the north of the country were attributed to *Plasmodium vivax* (Hammadi *et al.* 2009). The main factor contributing to the resurgence and the spread of malaria is the infected people movement from endemic areas to another where mosquito vectors are present despite of the disease has been eradicated (Martens & Hall 2000).

The spatio-temporal results showed that the *C. pipiens* and *C. longiareolata* were distributed over the all year and this concord with a previous work (Aïssaoui & Boudjelida 2017). This fact could be explained by the global warming translated into North Africa by a soft winter (Izri *et al.* 2011). The ecological analysis of the results such as the relative abundance reveals that *C. pipiens* was the most distributed species followed by *C. longiareolata*. It was reported that *C. pipiens* and *C. longiareolata* species were very widely distributed at the Mediterranean African countries, (Himmi *et al.* 1995). Previous works, reporting the abundance and the dominance of these two species (Wilkerson *et al.* 2015, Spellerberg & Fedor 2003), confirmed this. The spatio-temporal distribution of *A. aegypti* and



*A. albopictus* presents a correlation with the vegetation in the breeding habitats, constituting an organic matter essential to the development of the immature stages. Some parameters had been represented to show the global scale association between climatic factors and development, potential distribution and population dynamics of *Aedes* mosquitoes (Senevet & Andarelli 1966). While the maximum species density was observed in a temperature ranging from 19.6 to 31.4°C and an alkaline medium with a pH varies 7.5 to 8.6 (Schaffner *et al.* 2001). The seasonal variations directly affect the growth, development and activities of *Aedes* mosquitoes. The eggs of *Aedes* species are desiccation resistant; this factor is of great entomological consideration because even during the dry season the eggs remain viable.

Physicochemical properties of larval habitats regulate the abundance of mosquito species, for example, *Anopheles* species were found more in natural larval habitats and *Culex* species in artificial larval habitats (Paksa *et al.*, 2019; Alahmed *et al.* 2011). In the present study, *Anopheles* species were found in artificial habitats, while *Culex* species were collected from different types of larval habitats, indicating these mosquitoes can live in a wide range of water habitats even in the wastewater. Larval habitats in this study were stagnant, stream and seepage, water container, turbid and clear water, sun exposed or covered from sunlight. Studies showed that some of *Culex* larval species were found a lone or along with other species, such as *Anopheles* and *Aedes* (Alahmed *et al.* 2009) which has been observed in this study.

## Conclusion

The large distribution and establishment of potential vectors, such as *Culex*, *Anopheles* and *Aedes* species in the urban areas, will significantly increase the risk of pathogen transmission. Arbovirus vectors such as *A. aegypti* and *A. albopictus* along with

*C. pipiens* and are well adapted to a broad range of habitats and climatic conditions. Determining of distribution and full description of ecology of arboviral vectors habitats conditions in Annaba District have provided important ecological information on establishment of important mosquito borne diseases. This stresses the need for appropriate monitoring and control strategies against this species, and in this way prevent important vectors such as *A. aegypti* and *A. albopictus*, and *C. pipiens* to be increased and established in this area due to changing and developing human activities and weather changes.

## References

- Adhami J, Reiter P. 1998. Introduction and establishment of *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae) in Albania *Journal of the American Mosquito Control Association*, 14(3): 340–343.
- Aïssaoui L, Boudjelida H. 2017. Diversity and distribution of culicinae fauna in Tebessa district (North-East of Algeria). *International Journal of Mosquito Research*, 4(1): 07–12.
- Akiner MM, Demirci B, Babuadze G, Robert V, Schaffner F. 2016. Spread of the Invasive Mosquitoes *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in the Black Sea Region Increases Risk of Chikungunya, Dengue, and Zika Outbreaks in Europe. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(4): 46–64.
- Alahmed AM, Al Kuriji MA, Kheir SM, Alahmedi SA, Al Hatabbi MJ, Gashmari MA. 2009. Mosquito fauna (Diptera: Culicidae) and seasonal activity in Makka Al Mukarramah Region, Saudi Arabia. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 39(3): 991–1013.
- Alahmed AM, Kheir SM, Al Kuriji MA, Sallam MF. 2011. Breeding habitats characterization of *Anopheles* mosquito (Diptera: Culicidae) in Najran Prov-ince, Saudi Arabia. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 41(2): 275–288.
- Aliota MT, Peinado SA, Osorio JE, Bartholomay

- LC. 2016. *Culex pipiens* and *Aedes triseriatus* Mosquito susceptibility to Zika virus. *Emerging Infectious Diseases*, 22(10): 1857.
- Amara Korba R, Boukraa S, Alayat MD, Bendjeddou ML, Francis F, Boubidi SC, Bouslama Z. 2015. Preliminary report of mosquitoes survey at Tonga Lake (North-East Algeria). *Advances in Environmental Biology*, 9(27): 288–294.  
DOI: <http://hdl.handle.net/2268/196649>
- Amira K, Chouaib T, Djeghader NEH, Boudjelida H. 2018. Laboratory study of the larvicidal efficacy of a local plant *Hertia cheirifolia* against the most abundant mosquito species, in Algeria. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1): 258–262.
- Amraoui F, Ben Ayed W, Madec Y, Faraj C, Himmi O, Btissam A, Sarih M, Failloux AB. 2019. Potential of *Aedes albopictus* to cause the emergence of arboviruses in Morocco. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 13(2): 69–97.
- Becker N, Petrić D, Boase C, Lane J, Zgomba M, Dahl C, Boase C, Lane J, Kaiser A. 2010. *Mosquitoes and their control*. Springer, 565 pp.
- Benallal KE, Allal-Ikhlef A, Benhamouda K, Schaffner F, Harrat Z. 2016. First report of *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Diptera: Culicidae) in Oran, West of Algeria. *Acta Tropica*, 164: 411–413.
- Bennett KL, Martínez CG, Almanza A, Rovira JR, McMillan WO, Enriquez V, Barraza E, Diaz M, Sanchez Galan JE, Whiteman A, Gittens RA, Loaiza JR. 2019. High infestation of invasive *Aedes* mosquitoes in used tires along the local transport network of Panama. *Parasites & Vectors*, 12: 264.
- Bennouna A, Balenghien T, El Rhaffouli H, Schaffner F, Garros C, Gardès L, Lhor Y, Hammoumi S, Chlyeh G, FassiFihri O. 2017. First record of *Stegomyia albopicta* (= *Aedes albopictus*) in Morocco: a major threat to public health in North Africa. *Medical and Veterinary Entomology*, 31(1): 102–106.
- Blaustein L, Chase JM. 2007. Interactions between mosquito larvae and species that share the same trophic level. *Annual Review of Entomology*, 52: 489–507.
- Bouattour A, Khrouf F, Rhim A, M'Ghirbi Y. 2019. First Detection of the Asian Tiger Mosquito, *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Diptera: Culicidae), in Tunisia. *Journal of Medical Entomology*, 56(4): 111–115.
- Bouaziz A, Amira K, Djeghader NEH, Aïssaoui L, Boudjelida H. 2017. Impact of an insect growth regulator on the development and the reproduction potency of Mosquito. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(3): 1662–1667.
- Boubidi SC, Gassen I, Khechache Y, Lamali K, Tchicha B, Brengues C, Menegon M, Severini C, Fontenille D, Harrat Z. 2010. *Plasmodium falciparum* Malaria, Southern Algeria, 2007. *Emerging Infectious Diseases*, 16(2): 301–303.
- Boudemagh N, Bendali-Saoudi F, Soltani N. 2013. Inventory of Culicidae (Diptera: Nematocera) in the region of Collo (North-East Algeria). *Annals of biological research*, 4(2): 94–99.
- Boudjelida H, Bouaziz A, Thomas S, Smagghe G, Soltani N. 2005. Effects of ecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 83: 115–123.
- Boukraa S, De La Grandière MA, Bawin T, Raharimalala FN, Zimmer J-Y, Haubruge E, Thiry E, Francis EF. 2016. Diversity and ecology survey of mosquitoes potential vectors in Belgian equestrian farms: A threat prevention of mosquito-borne equine arboviruses. *Preventive Veterinary Medicine*, 124: 58–68.  
<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.12.013>
- Brunhes J, Hassaine K, Rhaim A, Hervy JP. 2000. Les Culicidés de l'Afrique méditerranéenne: espèces présentes et répartition (Diptera, Nematocera). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 105(2): 195–204.
- Brunhes J, Rhaim A, Geoffroy B, Angel G, Hervy JP. 1999. *Les Culicidae de l'Afrique méditerranéenne, logiciel d'identification et d'enseignement*, IRD France.

- Brunhes J, Schaffner F, Angel G, Geoffroy B, Hevry JP, Rhaïem A. 2001. *Moustiques d'Europe. Logiciel d'identification. Institut de recherche pour le développement, IRD France.*
- Calistri P, Giovannini A, Hubalek Z, Ionescu A, Monaco F, Savini G, Lell R. 2010. Epidemiology of West Nile in Europe and in the Mediterranean Basin. *The Open Virology Journal*, 4: 29–37.
- Campbell GL, Marfin AA, Lanciotti RS, Gubler J. 2002. West Nile virus. *The Lancet Infectious Diseases*, 2: 519–529. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(02\)00368-7](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(02)00368-7)
- Chouin-Carneiro T, Vega-Rua A, Vazeille M, Yebakima A, Girod R, Goindin D, Dupont-Rouzeyrol M, Lourenço-de-Oliveira L, Failloux A-B. 2016. Differential susceptibilities of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* from the Americas to Zika virus. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(3): e0004543.
- Cornel AJ, Hunt RH. 1991. *Aedes albopictus* in Africa? First records of live specimens in imported tires in Cape Town. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 7(1): 107–108.
- Daget J. 1976. *Les modèles mathématiques en écologie*. Masson, Paris, 172 pp.
- Delatte H, Desvars A, Bouetard A, Bord S, Gimonneau G, Vourc'h G, Fontenille D. 2010. Blood-feeding behavior of *Aedes albopictus*, a vector of Chikungunya on La Reunion. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 10(3): 249–258.
- Djehader NEH, Amira K, Boudjelida H. 2019. Preliminary study of the insecticidal activity of the medicinal plant *Anastatica hierochuntica* against *Culex pipiens* mosquito. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 7(53): 61–64.
- Engler O, Savini G, Papa A, Figuerola J, Groschup M.H, Kampen H, Medlock J, Vaux A, Wilson AJ, Werner D, Jöst H, Goffredo M, Capelli G, Federici V, Tonolla M, Patocchi N, Flacio E, Portmann J, Rossi-Pedruzzi A, Mourelatos S, Ruiz S, Vázquez A, Calzolari M, Bonilauri P, Dottori M, Schaffner F, Mathis A, Johnson N. 2013. European surveillance for West Nile virus in mosquito populations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10: 4869–4895.
- Fontenille D, Traoré-Lamizana M, Zeller H, Mondo M. 1995. Rift Valley fever in western Africa: isolations from *Aedes* mosquitoes during an interepizootic period. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 52: 403–404. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1995.52.403>
- Gould EA, Higgs S. 2009. Impact of climate change and other factors on emerging arbovirus diseases. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 103(2): 109–121.
- Hammadi D, Boubidi SC, Chaib SE, Saber A, Khechache Y, Gasmi M, Harrat Z. 2009. Le paludisme au Sahara algérien. *Le Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 102(3): 185–192.
- Han LL, Popovici F, Alexander JP, Laurentia V, Tengelsen LA, Cernescu Gary CHE Jr., Ion-Nedelcu N, Campbell GL, Tsai TF. 1996. Risk factors for West Nile virus infection and meningoencephalitis, Romania. *The Journal of Infectious Diseases*, 179(1): 230–233.
- Hanafi-Bojd AA, Vatandoost H, Oshaghi MA, Charrayh Z, Haghdoost AA, Sed-aghat MM, Abedi F, Soltani M, Raeisi A. 2012. Larval habitats and biodiversity of anopheline mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a malarious area of southern Iran. *Journal of Vector Borne Diseases*, 49(2): 91–100.
- Hassain K. 2002. Biogéographie et biotypologie des Culicidae (Diptera : Nematocera), de l'Afrique méditerranéenne. Bioécologie des espèces les plus vulnérantes (*Aedes Caspius*, *Aedes détritius*, *Aedes mariae* et *Culex pipiens*) de la région occidentale d'Algérie. Thèse de Doctorat en sciences. Université de Tlemcen, Algérie 186 pp.
- Hayes EB, Komar N, Nasci RS, Montgomery SP, O'Leary DN, Campbell GL. 2005.

- Epidemiology and Transmission Dynamics of West Nile Virus Disease. *Emerging Infectious Diseases*, 11(8): 1167–1173.
- Himmi O, Dakki M, Trari B, Elagbani MA. 1995. Les Culicidae du Maroc : clés d'identification avec données biologiques et écologiques. Travaux de l'Institut des Sciences, série Zoologie, Rabat. 44: 50–58.
- Izri A, Bitam I, Charrel RN. 2011. First entomological documentation of *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894) in Algeria. *Clinical Microbiology and Infection*, 17(7): 1116–1118.
- Juliano SA. 2009. Species interactions among larval mosquitoes: context dependence across habitat gradients. *Annual Review of Entomology*, 54: 37–56.
- Lafri I, Bitam I, Beneldjouzi A, Benmahdi MH. 2014. An Inventory of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Algeria. *Bulletin de la Société zoologique de France*, 139(1–4): 255–261.
- Martens P, Hall L. 2000. Malaria on the Move: Human Population Movement and Malaria Transmission. *Emerging Infectious Diseases*, 6(2): 103–109.
- Messai N, Berchi S, Bouknafd F, Louadi K (2011). Inventaire, systématique et diversité biolo-gique de Culicidae (Diptera : Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunis-tique – Faunistic Entomology*, 63(3): 203–206.
- Paksa A, Sedaghat MM, Vatandoost H, Yaghoobi-Ershadi MR, MoosaKazemi SH, Hazratian T, Sanei-Dehkordi A, Oshaghi MA. 2019. Biodiversity of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) with Emphasis on Potential Arbovirus Vectors in East Azerbaijan Province, *Northwestern Iran*. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 13(1): 62–75.
- Petrić D, Bellini R, Scholte E-J, Rakotoarivony LM, Schaffner F. 2014. Monitoring population and environmental parameters of invasive mosquito species in Europe. *Parasites & Vectors*, 7:187. <http://www.parasitesandvectors.com/content/7/1/187>
- Pfeffer M, Dobler G. 2010. Emergence of zoonotic arboviruses by animal trade and migration. *Parasites & Vectors*, 3: 35.
- Ramade F. 1984. *Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale*. Mc Graw-Hill, Paris, 396 pp.
- Savage HM, Ezike VI, Nwankwo AC, Spiegel R, Miller BR. 1992. First record of breeding populations of *Aedes albopictus* in continental Africa: implications for arboviral transmission. *The American Mosquito Control Association's*, 8(1): 101–103.
- Schaffner F, Angel G, Geoffroy B, Hervy JP, Rhaïem A, Brunhes J. 2001. The mosquitoes of Europe. An identification and training programme. *IRD Ed. & EID Méditerranée*, 2–7099–1485–9.
- Scott TW, Weaver SC. 1989. Eastern equine encephalomyelitis virus: epidemiology and evolution of mosquito transmission. *Advances in Virus Research*, 37: 277–328.
- Senevet G, Andarelli L. 1960. Contributions à l'étude de la biologie des moustiques en Algérie et dans le Sahara Algérien. *Archives de l'Institut Pasteur, Algérie*, (2): 305–326.
- Senevet G, Andarelli L. 1963. Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III : Les *Aedes* 2<sup>ème</sup> partie : Description des espèces du sous genre *Ochlerotatus*, groupe B. *Archives de l'Institut Pasteur, Algérie*, 41: 142–172.
- Senevet G, Andarelli L. 1966. Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III : Les *Aedes* 2<sup>ème</sup> partie : Description des espèces du sous genre *Ochlerotatus*, groupe H. *Archives de l'Institut Pasteur, Algérie*, 44: 51–74.
- Spellerberg IF, Fedor PJ. 2003. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species diversity and the “Shannon-Wiener” Index. *Global Ecology and Biogeography*, 12(3): 177–183.
- Turell MJ, Dohm DJ, Sardelis MR, O'guinn ML, Andreadis TG, Blow JA. 2005. An update on the potential of North American mosquitoes (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile virus. *Journal Medical of Entomology*, 42(1): 57–62.
- Wilkerson RC, Linton YM, Fonseca DM, Schultz TR, Price DC, Strickman DA. 2015. Making

mosquito taxonomy useful: A stable classification of Tribe Aedini that balances utility with current knowledge of

evolutionary relationships. *PLoS One*, 10(7): e0133602.

Received: 29.09.2020

Accepted: 13.02.2021

Published online: 17.03.2021