

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Badji Mokhtar Annaba University  
Université Badji Mokhtar – Annaba  
Faculté des Sciences



جامعة باجي مختار - عنابة

كلية العلوم

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

## Thèse

Présentée pour obtenir le diplôme de

## Doctorat

Filière : Biologie

Spécialité : Physio-toxicologie animale

Par : **BOULARES Mohamed**

Thème :

Etude des diptères (Culicidae et Chironomidae) dans les milieux lacustres (Lac des oiseaux et Lac Fezzara) : Inventaire, écologie et lutte

Thèse soutenue le 09/02/2026 devant le jury composé de :

N°	Nom et prénom	Grade	Etablissement	Qualité
01	CHOUAHDA Salima	Prof.	Université Badji Mokhtar -Annaba	Président
02	REHIMI Nassima	Prof.	Université Badji Mokhtar -Annaba	Rapporteur
03	BOUAZIZ Ali	Prof.	Université Badji Mokhtar -Annaba	Examineur
04	DJEGHADER Nour Al Houda	MCA.	Université Badji Mokhtar -Annaba	Examineur



## **Remerciements**

Je suis très reconnaissant, Mme la Présidente du Jury Pr. CHOUAHDA Salima. Je tiens à vous adresser mes plus sincères et chaleureux remerciements pour l'honneur que vous me faites en présidant le jury de cette thèse. Votre présence apporte à ce travail une dimension particulière et représente pour moi un grand privilège. Je suis profondément reconnaissant du temps précieux que vous avez consacré à l'examen de ce travail, ainsi que de l'attention et de la bienveillance avec lesquelles vous avez accepté cette responsabilité. Je suis profondément reconnaissant du temps précieux que vous avez consacré à l'examen de ce travail, ainsi que de l'attention et de la bienveillance avec lesquelles vous avez accepté cette responsabilité. Je vous remercie pour votre sourire angélique qui insuffle la sérénité dans l'âme du candidat, atténue la solennité du moment et procure un sentiment de calme et de confiance.

Je tiens à exprimer ma gratitude et reconnaissance envers mon directeur de thèse, Madame REHIMI Nassima (Professeur à l'Université d'Annaba), pour la supervision qu'elle a fournie, son assistance, sa disponibilité et sa patience malgré ses multiples responsabilités. Grâce à ses conseils avisés et à son enthousiasme contagieux, j'ai réussi à accomplir ce travail et j'espère avoir répondu à ses attentes.

Je tiens à vous adresser Monsieur L'examineur le Pr. BOUAZIZ Ali mes sincères remerciements pour l'attention rigoureuse et bienveillante que vous avez accordée à l'examen de cette thèse. Je vous suis particulièrement reconnaissant pour la pertinence de vos observations, la précision de votre analyse et l'intérêt soutenu que vous avez manifesté à l'égard de ce travail. Vos remarques constructives contribuent de manière significative à l'enrichissement et à l'amélioration de cette recherche.

Je vous exprime Mme L'examinatrice DJEGHADER Nour Alhouda (MCA.) ma profonde gratitude pour l'honneur que vous me faites en acceptant d'examiner cette thèse. Je vous remercie très sincèrement pour la rigueur, l'attention et la hauteur scientifique avec lesquelles vous avez évalué ce travail. La pertinence de vos analyses et la qualité de vos remarques constituent pour moi un apport précieux et un encouragement à poursuivre mes recherches avec exigence et détermination.



## *Remerciements*



Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Madame ABDERRAHIM Jaouida pour l'aide précieuse qu'elle m'a apportée tout au long de la réalisation des travaux pratiques et des analyses statistiques. Sa disponibilité, sa rigueur scientifique et ses conseils avisés ont grandement contribué à la qualité de ce travail. Son accompagnement m'a permis de mieux comprendre les méthodes statistiques et d'appliquer les outils nécessaires avec précision. Je lui adresse mes sincères remerciements pour son soutien constant et son engagement bienveillant.

Mes sincères remerciements s'adressent à Monsieur le Professeur HAMEL Tarek (Université d'Annaba) Pour le soutien inestimable qu'il m'a apporté, en particulier durant les périodes les plus difficiles de mon parcours. Son écoute, sa bienveillance et ses encouragements constants ont été pour moi une source de force et de motivation. Grâce à son accompagnement, j'ai pu surmonter les épreuves avec confiance et persévérance. Qu'il reçoive, Monsieur le Professeur, l'expression de ma reconnaissance sincère et de mon profond respect.

Je tiens à remercier chaleureusement Pr. HOUHAMDI Moussa pour son aide précieuse et son accompagnement tout au long du processus de publication de mon article.

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude et mes remerciements aux ingénieurs du laboratoire de Biologie Animale Appliquée : Mme Dalila LADJAMAA et Mme Zahra GUERFI pour leur assistance, leur disponibilité et pour les Ressources techniques mises à ma disposition pour accomplir mon travail.



# SOMMAIRE



## Sommaire

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>01</b>
<b>2. MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>06</b>
<b>2.1. Présentation de la région d'étude .....</b>	<b>08</b>
2.1.1. Situation géographique de la région .....	08
2.1.2. La géomorphologie du lac de Fetzara.....	08
<b>2.2. Présentation des stations d'étude .....</b>	<b>10</b>
2.2.1. La Station 1.....	10
2.2.2. La Station 2.....	11
2.2.3. La Station 3.....	12
<b>2.3. Données climatiques de la zone d'étude.....</b>	<b>13</b>
2.3.1. Température.....	13
2.3.2. Précipitations .....	14
2.3.3. Humidité .....	16
<b>2.4. Classification du climat .....</b>	<b>17</b>
2.4.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen .....	17
<b>2.5 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des gîtes .....</b>	<b>17</b>
2.5.1 Le potentiel d'hydrogène .....	18
<b>2.6. Choix des stations d'étude.....</b>	<b>19</b>
<b>2.7. Echantillonnage et identification des populations culicidiennes.....</b>	<b>20</b>
2.7.1. Echantillonnage .....	20
a. Au niveau des gites .....	20
b. Au niveau de laboratoire.....	21
c. Identification des populations culicidiennes .....	22
<b>2.8. Les Indices écologiques.....</b>	<b>23</b>
2.8.1. Indices de composition .....	24
a. Richesse spécifique (totale) et moyenne.....	24
b. Abondance relative .....	24



# Sommaire



c. Fréquence d'occurrence .....	24
2.8.2. Les Indices de structure.....	24
a. Indice de diversité de Shannon-Weaver.....	24
b. Equitabilité (équirépartition).....	25
2.8.3. Analyse factorielle des correspondances .....	25
2.8.4. Classification ascendante hiérarchique .....	26
2.8.5. Analyse de covariance .....	26
<b>2.9. Position systématique des moustiques.....</b>	<b>26</b>
<b>2.10. Cycle de développement des moustiques .....</b>	<b>27</b>
2.10.1. Les œufs.....	28
2.10.2. Les stades larvaires (L1, L2, L3, L4).....	29
2.10.3. La Nymphe .....	30
2.10.4. L'adulte.....	31
<b>2.11. Le comportement de recherche de l'hôte.....</b>	<b>32</b>
2.11.1. L'activité spontanée .....	33
2.11.2. Le vol.....	33
2.11.3. Le contact.....	34
2.11.4. La piqûre .....	35
<b>2.12. Les méthodes de lutte anti-vectorielle .....</b>	<b>37</b>
2.12.1. Lutte mécanique.....	37
2.12.2. Lutte physique .....	38
2.12.3. Lutte chimique.....	38
2.12.4. Lutte biologique .....	38
2.12.5. Lutte génétique.....	39
<b>2.13. Présentations du matériel animal.....</b>	<b>39</b>
2.13.1. <i>Culex tritaeniorhynchus</i> .....	39
2.13.2. Ecologie de l'espèce étudiée ( <i>Culex tritaeniorhynchus</i> ) .....	39
<b>2.14. Présentation du matériel végétale utilisée .....</b>	<b>40</b>
2.14.1. Détermination géographique de la zone de récolte.....	40
2.14.2. La récolte et ses précautions.....	41



# Sommaire



2.14.3. Séchage de la plante.....	42
2.14.4. Présentation de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L).....	42
a. Historique .....	42
b. Caractéristiques .....	42
c. Particularités botaniques .....	43
d. Famille botanique .....	43
e. Types de plantes médicinales.....	40
<b>2.15. Les huiles essentielles .....</b>	<b>44</b>
2.15.1. Définition des huiles essentielles.....	44
2.15.2. Extraction et conservation des HE.....	44
2.15.3. Le rendement des huiles essentielles obtenues.....	47
2.15.4. Caractéristiques organoleptiques .....	47
2.15.5 Analyse physico-chimiques de l'huile essentielle de la camomille .....	47
<b>2.16. Les Essais bio-insecticides .....</b>	<b>49</b>
2.16.1. Effet larvicide des HE sur les larves L4.....	49
2.16.2. Effet ovicide de l'HE sur le moustique <i>Culex tritaeniorhynchus</i> .....	50
2.16.3. Activité Bio-insecticide de l'HEs sur la durée de l'embryogénèse.....	50
2.16.4. Evaluation de l'impact de l'HE sur quelques paramètres de la reproduction.....	51
a. Effet de l'huile essentielle de la camomille sur la fécondité et la fertilité.....	51
<b>2.17. Analyses statistiques .....</b>	<b>51</b>
<b>3. RESULTATS .....</b>	<b>53</b>
<b>3.1. Inventaire des Culicidae.....</b>	<b>53</b>
<b>3.2. Présentations des espèces inventoriées.....</b>	<b>54</b>
3.2.1 <i>Culex tritaeniorhynchus</i> Giles, 1901 .....	54
3.2.1.1. Biologie de l'espèce.....	54
3.2.1.2. Identification du Genre .....	55
3.2.1.3. Identification de l'espèce.....	56
3.2.2. <i>Orthopodomyia pulcripalpis</i> (Rondani), 1872.....	58
3.2.2.1. Biologie de l'espèce.....	58
3.2.2.2. Identification du genre et espèce .....	58
3.2.3. <i>Aedes punctator</i> (Kirby), 1837 .....	59



# Sommaire



3.2.3.1. Biologie de l'espèce.....	59
3.2.3.2. Identification du genre et espèce .....	60
3.2.4. <i>Aedes vexans</i> (Meigen), 1830 .....	63
3.2.4.1. Biologie de l'espèce.....	63
3.2.4.2. Identification du genre .....	64
3.2.4.3. Identification de l'espèce .....	65
3.2.5. <i>Culiseta longiareolta</i> (Maquart) ,1838 .....	66
3.2.5.1. Biologie de l'espèce.....	66
3.2.5.2. Identification du genre .....	66
3.2.5.3. Identification de l'espèce .....	67
3.2.6. <i>Culex pipiens</i> (Linné), 1758 .....	68
3.2.6.1. Biologie de l'espèce.....	68
3.2.6.2. Identification du genre .....	68
3.2.6.3. Identification de l'espèce .....	69
<b>3.3. Analyse de la faune culicidienne par des indices écologiques .....</b>	<b>71</b>
3.3.1. Indices écologiques de composition .....	71
3.3.1.1. Richesse spécifique.....	71
3.3.1.2. Abondance relative .....	72
3.3.2. Indices écologiques de structure .....	73
<b>3.4. Analyse de la répartition des espèces .....</b>	<b>74</b>
3.4.1. Traitement multivarié .....	74
<b>3.5. Rendement de l'huile essentiel de la camomille .....</b>	<b>76</b>
<b>3.6. Caractéristiques Organoleptiques .....</b>	<b>76</b>
<b>3.7. Composition physico-chimique de l'HE de la <i>Chamaemelum nobile</i> L.....</b>	<b>77</b>
<b>3.8. Tests Toxicologiques .....</b>	<b>81</b>
3.8.1. Effet larvicide des HE sur les larves L4 .....	81
3.8.1.2. Effets de L'HE sur la mortalité des larves L4.....	81
3.8.2. Effet ovicide de l'HE sur le moustique <i>culex tritaeniorhynchus</i> .....	86
3.8.3. Activité Bio-insecticide de l'HEs sur la durée de l'embryogénèse.....	88
3.8.4. Evaluation de l'impact de l'HE sur quelques paramètres de la reproduction .....	90



# Sommaire



3.8.4.1. Effet sur la fécondité.....	90
3.8.4.2. Effet sur la fertilité.....	91
<b>4. DISCUSSION.....</b>	<b>94</b>
4.1. Inventaire des Culicidae .....	94
4.2. Rendement des huiles essentielles .....	96
4.3. Composition chimique des huiles essentielles.....	97
4.4. Effet larvicide .....	98
4.5. Activité ovicide.....	99
4.6. Activité de l'HE de <i>Chamaemelum nobile</i> L. sur la durée de l'embryogénèse.....	100
4.7. Activité de l'HE sur quelques paramètres de la reproductio .....	102
<b>5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>103</b>
<b>6. REFFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	
<b>RESUME</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
ملخص	
<b>ANNEXES</b>	



# **LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES**



## Liste des tableaux

N° de tableaux	titres	pages
1	Températures moyennes enregistrées durant l'année 2016 au niveau du lac de Fetzara.	13
2	Répartition mensuelle des précipitations (mm) sur une période de l'année 2016 au niveau le lac de Fetzara.	15
3	L'humidité moyenne (%) enregistrées durant l'année 2016 au niveau le lac Fetzara.	16
4	Evolution saisonnière du pH de l'eau des gîtes au niveau du lac Fetzara.	18
5	Liste des espèces de Culicidae inventoriées dans les sites d'étude du lac Fetzara pendant année 2016.	53
6	Nombre d'espèces rencontrées dans les sites d'étude du lac fetzara.	54
7	Distribution de la richesse spécifique dans les stations d'étude (station 1,2 et 3) au niveau du lac Fetzara.	71
8	Abondance relative de chaque espèce récoltée dans les trois stations étudiées.	72
9	Indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espèces culicidiennes récoltées dans les 3 stations étudiées.	74
10	Rendements des HEs (%) de la <i>Chamaemelum nobile</i> L. obtenues par hydrodistillation.	76
11	Caractéristiques organoleptiques des HEs obtenues par hydrodistillation.	76
12	Composants chimiques (%) de l'HE de <i>Chamaemelum nobile</i> L.	78
13	. Effet de l'Huile Essentielle de la ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrée à différentes concentrations (mg/ml) chez <i>Cx. tritaeniorhynchus</i> : Mortalité observée (%) ( $m \pm sd$ , $n = 3$ répétitions de 25 individus chacune), après 24 heures.	81
14	Effet de l'Huile Essentielle de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L. sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrée à différentes concentrations (mg/ml) chez <i>Cx. tritaeniorhynchus</i> : Mortalité corrigée (%) ( $m \pm sd$ , $n = 3$ répétitions de 25 individus chacune), après 24 heures.	82
15	Effet de l'Huile Essentielle de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrées à différentes concentrations (mg/ml) chez <i>Cx. tritaeniorhynchus</i> : Transformation angulaire ( $m \pm sd$ , $n = 3$ répétitions de 25 individus chacune).	83
16	Effet de l'Huile Essentielle de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrée à différentes concentrations (mg/ml) chez <i>Cx. tritaeniorhynchus</i> : Analyse de la variance a un critère de classification. ( $m \pm sd$ ; $n = 3$ répétitions de 25 individus chacune).	84



17	Transformation en logarithmes décimaux des différentes concentrations (mg/ml) a' l'égard des larves nouvellement exuviées L4 <i>Cx. Tritaeniorhynchus</i> (m ± sd; n = 3 répétitions de 25 individus chacune).	84
18	Effet de l'Huile Essentielle de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrée à différentes concentrations (mg/ml) chez <i>Cx. tritaeniorhynchus</i> : Détermination des concentrations sublétales (CL en mg/ml) et leurs intervalles de confiance à 95%.	85
19	. Nombre d'œufs pondus et éclos chez les séries témoins et traités par l'HE de <i>Chamaemelum nobile</i> L. (m±s, n=4 contenant chacune 2 nacelles).	86
20	Effet de l'HE de la <i>Chamaemelum nobile</i> L. appliqué à la concentration sur le pourcentage d'éclosion après traitement des œufs nouvellement pondus de <i>Culex tritaeniorhynchus</i> (m±s ; n= 4 contenant chacune 2 nacelles).	86
21	Pourcentage (%) d'éclosion des œufs dans les séries témoins et traités par l'HE de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) : analyse de la variance à un seul critère (ANOVA1).	87
22	Effet de l'HE de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) sur la durée moyenne (jours) de développement embryonnaire de <i>Culex tritaeniorhynchus</i> (m ± SD ; n= 4).	88
23	Effet de l'HE de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) sur la durée moyenne (jours) de développement embryonnaire de <i>Culex tritaeniorhynchus</i> (m ± SD ; n= 4). (Test « t » de student).	89
24	Nombre d'œufs pondus après traitement à l'HE de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) (CL <sub>25</sub> =4,27mg/ml et CL <sub>50</sub> = 4,80 mg/ml) des larves du quatrième stade de <i>Cx.tritaeniorhynchus</i> (m±s; n=3).	90
25	Nombre d'œufs de <i>Cx. tritaeniorhynchus</i> après traitement à l'HE de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) des larves du quatrième stade : analyse de la variance (ANOVA1) (m ± s; n=3).	91
26	Pourcentage (%) d'éclosion des œufs après traitement à l'HE des larves du dernier stade de <i>Cx. tritaeniorhynchus</i> (CL <sub>25</sub> =4,27mg/ml et CL <sub>50</sub> = 4,80 mg/ml) ( m±s ; n=3).	92
27	Pourcentage d'éclosion (%) de <i>Cx. tritaeniorhynchus</i> après traitement à l'HE de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) (CL <sub>25</sub> =4,27mg/ml et CL <sub>50</sub> = 4,80 mg/ml) des larves du quatrième stade: analyse de la variance (ANOVA 1) (m ± s; n=3).	92



## Liste des figures :

N° de figures	titres	pages
1	Diagramme général de la procédure expérimentale.	7
2	Présentation des sites d'étude au niveau du lac Fetzara.	9
3	Station Sud-Est du lac Fetzara.	10
4	Station d'Oued El Hout.	11
5	Station sud-west du lac Fetzara.	12
6	Températures moyennes (C°) enregistrées durant l'année 2016 au niveau du lac de Fetzara.	14
7	Répartition mensuelle des précipitations (mm) sur une période de l'année 2016 au niveau le lac de Fetzara.	15
8	Répartition mensuelle d'humidité (%) sur une période de l'année 2016 au niveau du lac Fetzara.	16
9	Diagramme Ombrothermique de Gaussen du lac Fetzara	17
10	Evolution saisonnière du pH de l'eau des gîtes au niveau du lac Fetzara.	19
11	Les procédures de l'échantillonnage au niveau des gîtes.	20
12	Élevage des moustiques au laboratoire A : cages des adultes B : récipients des larves.	21
13	Le repas sanguin pour les femelles des moustiques.	22
14	Les étapes d'identification des larves au stade L <sub>4</sub> .	23
15	Le cycle des moustiques genre Culex.	28
16	Les différents types des œufs des genres de culicidae (A : Anopheles. B : Aedes. C : Culex)	29
17	Les larves des différents genres des Culicedes.	30
18	La puppe (La nymphe) (Gr : 40x).	31
19	<i>Culex pipiens</i> adulte (x7) A- Femelle B- Mâle (Thèse de KHAROUBI Rym).	32
20	Le contact du moustique avec l'hôte.	35
21	Les Changements morphologiques de l'adulte femelle de moustique lors d'une prise de repas sanguine ( <b>A : T1. B : T2. C : T3</b> ). <b>T : Temps</b> .	37
22	Détermination géographique de la zone de récolte.	40
23	Les parties aériennes récoltées de la camomille.	41
24	Les différentes étapes d'extraction des huiles essentielles de la <i>Camomille nobile</i> L.	46
25	L'appareillage de la CPG/SM.	48
26	Longueur de la tête >= longueur de L'antenne.	55
27	L'orifice respiratoire s'ouvrant à l'extrémité d'un tube cylindrique.	55
28	L'ornementation du siphon qui se caractérise par un peigne basal et plusieurs touffes ventrales.	55
29	L'insertion de la soie antennaire 3- A «à proximité de 4-A ».	56



30	Disposition des soies 1-S du S « des soies ventrales et latérales ».	56
31	Nombre de soies latérales (1-S) du siphon « 3soies et plus ».	56
32	Nombre de branches de la soie 1a-s du siphon « 2 à 5 branches ».	56
33	Longueur de la soie 1-as comparée au diamètre du siphon, au point d'insertion « L plus grand que D ».	57
34	Position de la soie 1a-s par rapport à la dent distale du peigne du siphon « Au-delà ».	57
35	Le nombre de dents du mentum qui est formé de 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane.	57
36	Position de l'orifice respiratoire (s'ouvrant à l'extrémité d'un tube cylindrique).	58
37	Abdomen sans peignes et avec une seule touffe médiane.	58
38	Tête : la longueur de l'antenne est moyenne antenne moyenne ( $L=1/2$ de la longueur de la tête).	60
39	Abdomen : la position de l'orifice respiratoire « s'ouvrant à l'extrémité d'un tube cylindrique ».	60
40	Abdomen : ornementation du siphon « avec peignes basales et 1 seule touffe de soies médiane ».	61
41	La taille du siphon « moyen ( $3 < a/b <= 4$ ) ».	62
42	Disposition des dents des peignes du siphon « pas de dents nettement isolées ».	62
43	Position de la soie antennaire 1-A « sur la moitié basal ».	62
44	Forme de la selle « complète ».	62
45	Tête : la longueur de l'antenne est moyenne ( $L=1/2$ de la longueur de la tête).	64
46	La position de l'orifice respiratoire S'ouvrant à l'extrémité d'un tube cylindrique.	64
47	Abdomen ; ornementation du siphon « avec peignes basales et 1 seule touffe de soies médiane ».	64
48	La taille du siphon « moyen ( $3 < a/b <= 4$ ) ».	65
49	L'ornementation dorsale du siphon « absence de soie dorsale ».	65
50	Disposition des dents des peignes du siphon « de 1 à 3 dents nettement isolées ».	65
51	Forme de la selle « complète ».	65
52	La longueur de l'antenne est moyenne.	66
53	La position de l'orifice respiratoire « s'ouvrant à l'extrémité d'un tube cylindrique ».	66
54	Ornementation du siphon « avec peignes et 1 touffe basale ».	67



55	Ornementation du tégument de l'antenne « lisses ».	67
56	Longueur de la tête $\geq$ longueur de l'antenne.	68
57	La position de l'orifice respiratoire « s'ouvrant à l'extrémité d'un tube cylindrique ».	68
58	Ornementation du siphon « avec peigne basale et plusieurs touffes ventrales ».	69
59	L'insertion de la soie antennaire 3-A «à proximité de 4-A ».	69
60	Nombre de branches de la soie 1a-s du siphon « 2 à 5 branches ».	69
61	Longueur de la soie 1-as comparée au diamètre du siphon, au point d'insertion « $L > D$ ».	70
62	Position de la soie 1a-s par rapport à la dent distale du peigne du siphon.	70
63	Le nombre de dents du mentum qui est formé de 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane.	70
64	Indice du siphon $a > 3$ fois « b » .	70
65	Distribution de la richesse spécifique dans les sites d'étude.	71
66	Abondance relative de chaque espèce récoltée dans les trois stations étudiées du lac Fetzara année 2016.	73
67	Projection de la nature des gîtes et des espèces dans le plan factoriel.	75
68	Chromatogramme de l'HE de <i>Chamaemelum nobile</i> L.) (Abondance en fonction du temps en min).	80
69	Effet de l'Huile Essentielle de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrées à différentes concentrations (mg/ml) chez <i>Cx. tritaeniorhynchus</i> : mortalité corrigée et classement des concentrations testées par le test HSD de Tukey.	83
70	Effet de l'Huile Essentielle de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrée à différentes concentrations (mg/ml) chez <i>Cx. tritaeniorhynchus</i> : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme de la dose des HEs.	85
71	Pourcentage d'éclosion après traitement des œufs nouvellement pondus de <i>Culex tritaeniorhynchus</i> . Test de Tukey (HSD) ( $m \pm s$ ; $n=4$ contenant chacune 2 nacelles).	87
72	Effet de l'HE de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) sur la durée moyenne (jours) de développement embryonnaire de <i>culex tritaeniorhynchus</i> ( $m \pm SD$ ; $n=4$ ).	89



73	Nombre d'œufs pondus après traitement à l'HE de la camomille ( <i>Chamaemelum nobile</i> L.) (CL25= 4,27mg/ml et CL50 = 4,80 mg/ml) des larves du quatrième stade de <i>Cx.tritaeniorhynchus</i> (m±s; n=3).	91
74	Pourcentage (%) d'éclosion des œufs après traitement à l'HE de de la camomille (CL25=4,27mg/ml et CL50 = 4,80 mg/ml) des larves du quatrième stade de <i>Cx. tritaeniorhynchus</i> (m±s; n=3).	92



# INTRODUCTION



## Introduction

Les Diptera sont l'un des ordres d'insectes les plus importants et les plus diversifiés, à la fois en raison de leur morphologie, de leur écologie et de leur importance en entomologie médicale et vétérinaire (Duvallet et *al.* 2017).

Les Culicidae, connus sous le nom commun de moustiques sont des Arthropodes, ayant apparu bien avant l'homme, tous les autres mammifères et les oiseaux ; leur histoire évolutive remonte au moins à la période du Dévonien, il y a environ 450 millions d'années (Eldridge & Edman, 2012).

Ces insectes sont présents dans pratiquement toutes les régions de tous les continents du monde, à l'exception de l'Antarctique (Foster & Walker, 2019). Les Culicidae se divisent en trois sous-familles : les Taxorhynchitinae, les Anophelinae, les Culicinae. En Algérie, six genres regroupés dans les sous-familles des Anophelinae et les Culicinae. Les Taxorhynchitinae ne sont pas représentés (Berchi, 2000).

Les moustiques comptent plus de 3 600 espèces, disséminées sous toutes les latitudes et longitudes (Walter Reed Biosystematics Unit, 2001). L'hématophagie concernerait 14 000 espèces d'insectes appartenant à cinq ordres (Adams, 1999).

La prolifération et l'abondance des stades larvaires dans les habitats aquatiques dépendent des facteurs physico-chimiques tels que la température, la composition chimique de l'eau du gîte et les mouvements de l'eau (Herrel et *al.*, 2001 ; Medeiros-Sousa et *al.*, 2020).

Le moustique, étant ectotherme, dépend de la température de l'eau pour la régulation des activités enzymatiques nécessaires à la locomotion et à sa croissance (Abram et *al.* 2017) .

Les stades pré-imaginaux des insectes holométaboles sont présentes dans les écosystèmes humides tandis que les adultes se rencontrent dans les milieux terrestres (Consoli & Oliveira, 1994). L'étude de l'écologie et de la répartition de la faune Culicidienne et l'impact des facteurs écologiques responsables de cette répartition est l'un des objectifs des écologistes et entomologistes depuis longtemps (Gillett, 1971 ; Service, 1993).

Une étude récente indique également que les espèces de moustiques continueront de se propager dans le monde au cours des prochaines décennies, ce qui pourrait mettre environ 50% de la population mondiale à risque de transmission de maladies virales transmises par les moustiques d'ici 2050 (Kraemer et *al.*, 2019).

Le changement climatique devrait augmenter les maladies transmises par les moustiques malgré les interventions de lutte contre les maladies en cours (Mordecai et al., 2020).

L'objectif principal de notre étude est l'inventaire des moustiques au lac Fetzara et déterminer l'un des espèces nocives la plus répandue (*Cx. Tritaeniorhynchus*) pour des tests bio pesticides.

Le *Cx. tritaeniorhynchus* est le principal vecteur du virus de l'encéphalite japonaise (Shi et al., 2014), et il est répandu en Asie du Sud-est, au Moyen-Orient, en Afrique et en Europe (Longbottom et al., 2017). L'encéphalite japonaise est causée par une infection par le virus de l'encéphalite japonaise avec une incidence globale de 1,8 pour 100 000 (Turtle et al., 2018 ; Tsai et al., 1998), Parmi eux, 20 à 30 % sont mortels et 30 à 50 % des survivants ont un mauvais pronostic vital (Fischer et al., 2008). D'autres maladies virales humaines et animales sont également transmises par *Culex. tritaeniorhynchus*, notamment la dengue, la fièvre de la vallée du Rift et l'infection par le virus de Tembusu (Naeem et al., 2016 ; Sanisuriwong et al., 2021) Le *Cx. tritaeniorhynchus* se reproduit principalement dans les rizières (Yoo & al. 2023) et montre une grande de la distribution géographique et de l'ampleur dans de nombreux pays en raison du développement de la riziculture (Lytra & Emmanouel, 2014 ; Li et al., 2020).

Depuis près de deux décennies, un nombre très important et diversifié de travaux a été réalisé sur la faune Culicidienne d'Algérie qui s'intéresse particulièrement à la systématique, la biochimie, la morphométrie, la lutte chimique et biologique contre les moustiques (Bendali & al., 2001 ; Rehim, 2004 ; Boudjelida et al., 2005 ; Tine-Djebbar & Soltani, 2008 ; Tine- Djebbar, 2009). Parmi les travaux qui s'intéressent à la systématique des moustiques, on peut citer : Bouabida et al., 2012; Berchi et al., 2012 ; Tahraoui, 2012 ; Boudemagh et al., 2013 ; Benhissen et al., 2014 ; Oudainia, 2015 ; Lounaci, 2015 ; Benmalek et al., 2017 ; Dahchar et al., 2017 ; Houmani et al., 2017 ; Hamaïdia & Berchi, 2018 ; Benhissen et al., 2018 ; Serradj et al., 2018 ; Nabti & Bounechada, 2019 ; Chahed et al., 2021; Arrousi et al., 2021.

Grâce à l'analyse de l'inventaire des moustiques, nous avons pu obtenir une vision complète de leur diversité actuelle et identifier les espèces nocives afin de rechercher des solutions de lutte plus efficaces et moins risquées. Un nombre considérable de

recherches ont été menées sur la lutte biologique, en remplacement des efforts de lutte chimique qui ont été réalisés par le passé. Pour combattre les insectes nuisibles, il est devenu essentiel d'utiliser des insecticides d'origine

biologique, dans le but de préserver les organismes bénéfiques et de préserver l'environnement de toute pollution. La lutte biologique offre des solutions durables dans les environnements naturels, car elle présente une variété, une spécificité, une compatibilité intrinsèque avec le milieu naturel et une capacité à évoluer avec et sans intervention humaine (Cloutier & Cloutier, 1992).

Les insecticides synthétiques ont été largement utilisés, ce qui a entraîné de nombreuses conséquences néfastes telles que la résistance aux insecticides, la toxicité sur la faune auxiliaire, les problèmes de résidu et la pollution environnementale. Cela a entraîné une attention croissante aux produits naturels (Isman & Machial, 2006).

Dans le bassin méditerranéen, l'Algérie possède une grande diversité biologique en raison de son paysage contrasté (Yahi *et al.*, 2012). Le Tell, qui couvre plus de 4 % de la superficie du pays, regroupe à elle seule deux tiers de la faune et de la flore algériennes. Plusieurs auteurs considèrent la partie littorale de l'Algérie en particulier comme une zone d'intérêt majeur en raison de sa biodiversité et de son endémisme élevé (Quézel, 1964 ; Véla & Benhouhou, 2007).

Depuis quelques décennies, les plantes aromatiques et médicinales (PAM) ont joué un rôle essentiel à l'échelle mondiale. Elles sont disponibles en tant que produits frais ou secs, en fonction de leur utilisation. La plante fraîche ne peut pas être commercialisée à l'échelle mondiale en raison de sa teneur élevée en eau, elle est dégradée par la prolifération des microorganismes et les modifications biochimiques (Ouafi *et al.*, 2015).

Les plantes fournissent une abondance de composés chimiques organiques bioactifs et produisent divers produits phytochimiques secondaires afin de créer des composés de résistance aux attaques d'insectes par les insectes (Elumalai *et al.*, 2012 ; Gokulakrishnan *et al.*, 2013).

Plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides ont été répertoriées (Grainge & Armed, 1988).

Les espèces de la famille des Lamiaceae, Rutaceae, Asteraceae, Lamiaceae et Canellaceae sont les principales familles les plus prometteuses comme source de

bioinsecticides (Benayad, 2008). Mais seulement 344 espèces ont une activité anti culicidienne (Sukumar et *al.*, 1991), En effet, les plantes contiennent, selon leurs différents organes (feuilles, tiges, racines, fleurs...etc), des substances dotées de propriétés antimicrobiennes et antiparasitaires (tanins, flavonoïdes, alcaloïdes, terpènes...). Certaines huiles essentielles possèdent des propriétés biologiques (acaricides, insecticides, bactéricides, fongicides,...) et ont fait l'objet d'études phytochimiques et biologiques (Pamo et *al.*, 2004).

Plusieurs recherches se sont concentrées sur l'amélioration des méthodes d'utilisation des plantes qui favorisent leur activité insecticide et leur rentabilité (Isman, 1994). Les petits agriculteurs ont choisi d'utiliser des pesticides de synthèse en raison de leurs effets immédiats et visibles (Fatope et *al.*, 1995). Lorsqu'on cherche une méthode alternative de lutte, le règne végétal présente de nombreuses opportunités. Depuis des siècles, on utilise des méthodes traditionnelles et des extraits de plantes pour protéger contre les infestations multiples (Philolgene et *al.*, 2008). Plusieurs recherches sont en cours afin d'isoler ou de déterminer des composés secondaires, extraits de plantes, ayant une activité insecticide, répulsive ou antiappétante envers les insectes.

Les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (Cseke & Kaufman, 1999).

Les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou. Isman (1999) émet cette hypothèse car plusieurs huiles essentielles semblent plus efficaces sur les arthropodes à corps mou.

Cette thèse aborde trois grands thèmes complémentaires et les points suivants sont les plus importants qui ont été étudiés :

-Inventaire des Culicidés au lac Fetzara avec une étude écologique qui a été faite en parallèle et on détermine de l'espèce nocive le plus abondant pour des tests bio-pesticides.

-Extraction des huiles essentielles d'une plante aromatique (*Chamaemelum nobile* L.) qui a un effet biocide sur les moustiques et l'analyse physico-chimiques de leur huile essentielle.

-Test toxicologiques pour évaluer l'efficacité insecticide des huiles essentielles de la camomille noble sur un vecteur responsable de maladies infectieuses, sur les

paramètres suivants : effet larvicide, effet, ovicide, effet sur l'embryogenèse et effet sur quelques paramètres de la reproduction (fécondité et fertilité).



# MATERIEL ET METHODES



## 2. MATERIEL ET METHODES

Nous avons pour but de réaliser une étude exhaustive du grand lac à Annaba (lac Fetzara) afin de repérer le nombre d'espèces dispersées et de signaler les espèces nocives. De plus, nous avons choisi l'espèce vectrice la plus répandue pour effectuer des tests bio-insecticides. Notre travail vise principalement à identifier un nouvel insecticide biologique à partir de l'huile essentielle d'une plante aromatique et médicinale (*Cammomille nobile* L.) et à l'appliquer sur l'espèce vectrice sélectionné dans la première partie de recherche. Les diverses expériences de cette étude ont été effectuées en :

- terrain (Lac Fetzara).
- laboratoire de biologie animale appliqué de la faculté de science de l'université Badji mokhtar \_Annaba.
- Le Centre de Recherche en Biotechnologie « CRBt ».
- Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico – Chimiques (CRAPC Tipaza).

Les thématiques ont été réalisées selon le diagramme suivant (**Figure 1**).

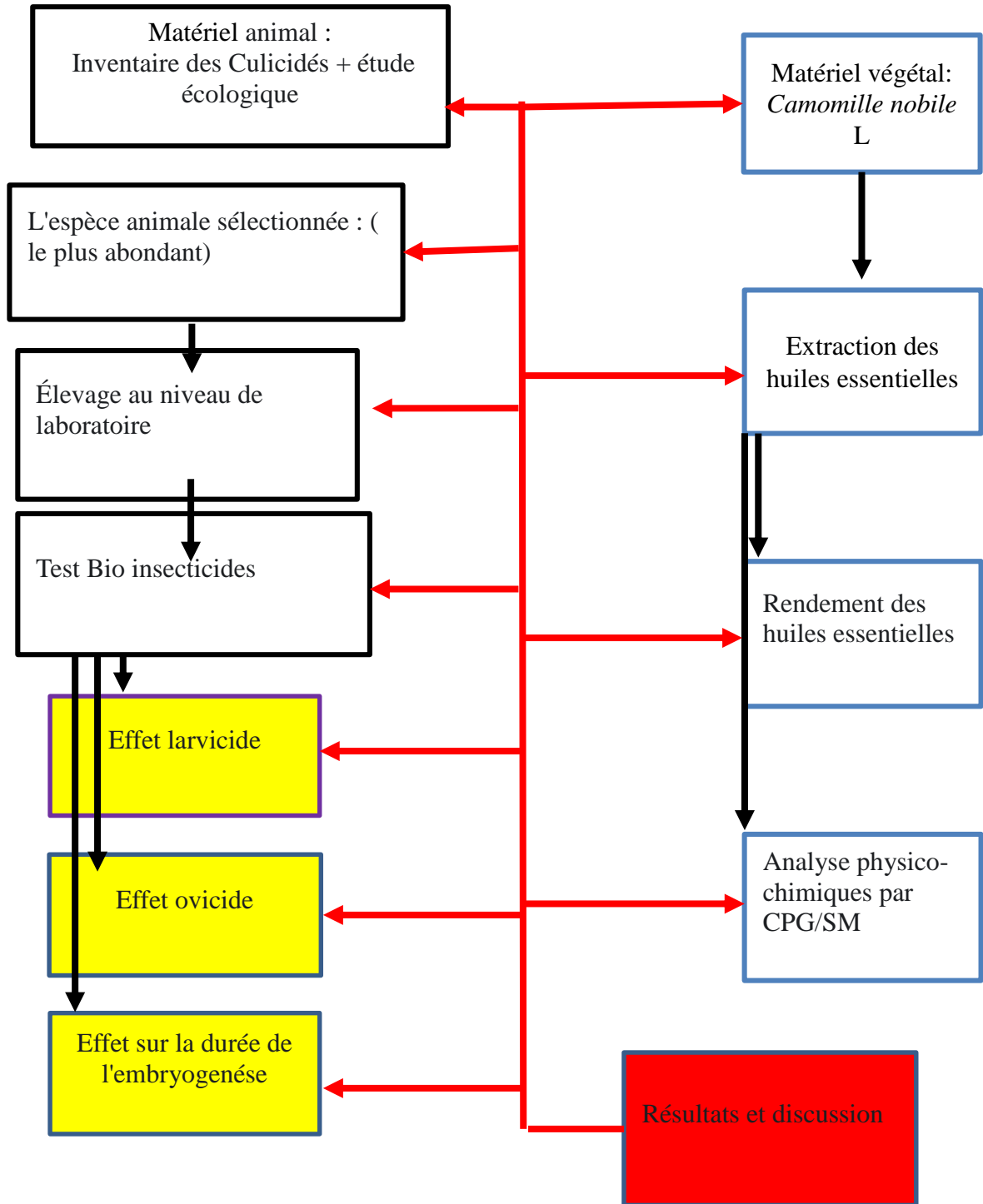


Figure 1. Diagramme général de la procédure expérimentale.



## 2.1. Présentation de la région d'étude

### 2.1.1. Situation géographique de la région

Le lac Fetzara est situé au Nord-Est de l'Algérie (36°47'21.0"N 7°29'57.6"E), il se trouve à 18 km au Sud-Ouest de la ville d'Annaba. Il s'allonge sur 17 km d'Est en Ouest et sur 13 km du Nord au Sud avec une superficie d'environ 18600ha. Il est bordé par la péninsule de l'Edough au Nord, les collines d'Ain Berda au Sud, la plaine de Kherazza à l'Est et les cordons dunaires de Beni Azzouz à l'Ouest. Tout autour du lac Fetzara, existent plusieurs agglomérations, au Nord la commune de Berrahal, au Sud les communes d'El-Eulma et de Cheurfa et à l'Est les petits villages d'El Gantra et Oued Zièd (Fetnaci *et al.*, 2019).

### 2.1.2. La géomorphologie du lac Fetzara

La géomorphologie du lac Fetzara présente deux formes morphologiques distinctes, il s'agit des reliefs montagneux qui correspondent à la retombée de la péninsule de l'Edough et Belleleita au Nord et aux chaînes telliennes au Sud et de la plaine d'Annaba. Ces structures sont dues essentiellement à la tectonique ayant affectée la région au Quaternaire, ces unités appartiennent à deux sous bassins versant principaux qui sont celui du lac Fetzara à l'Ouest avec une superficie de 515km<sup>2</sup>, et celui d'oued Meboudja à l'Est avec 252 km<sup>2</sup> de superficie (**Figure 2**).

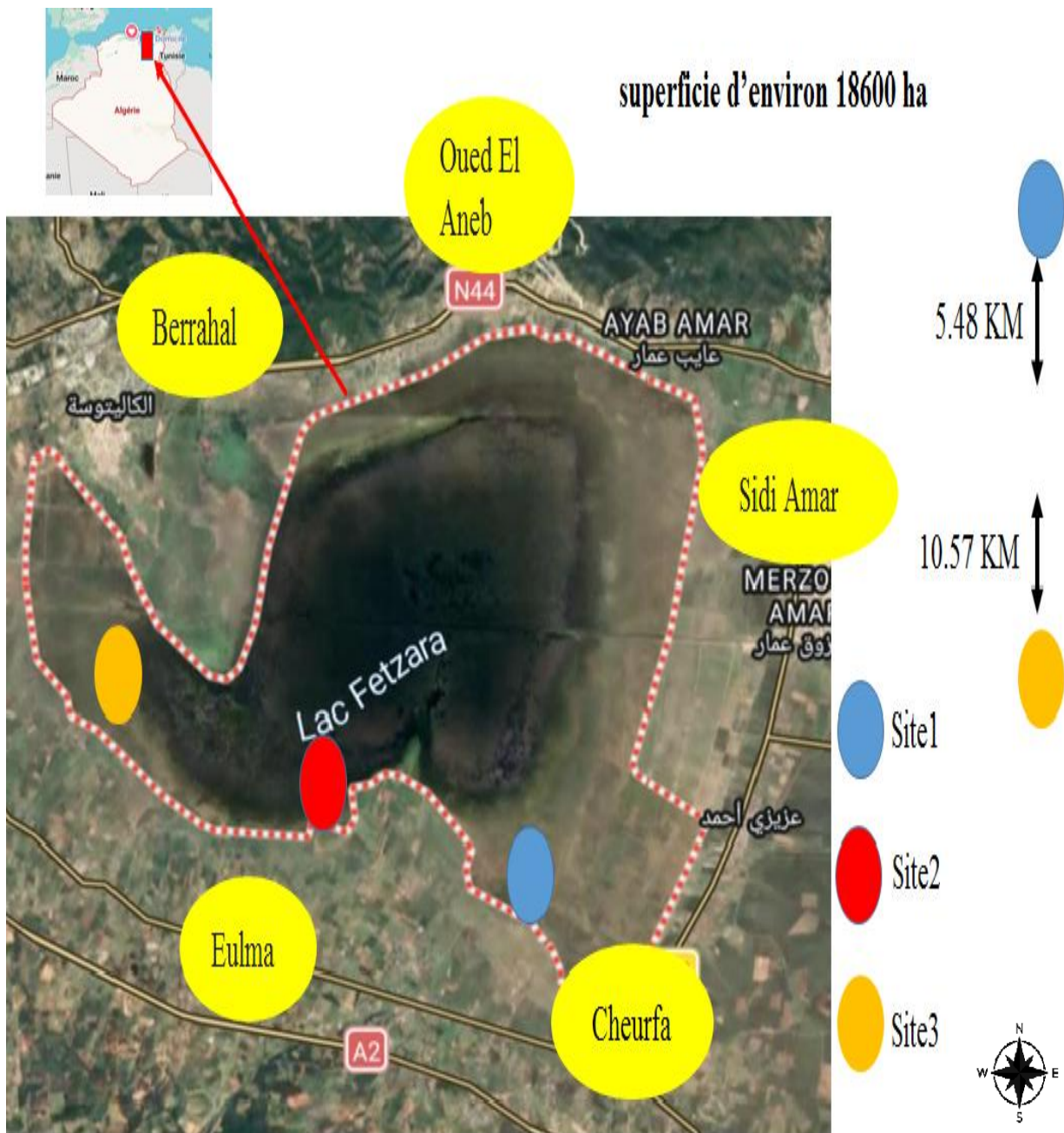


Figure 2. Présentation des sites d'étude au niveau du lac Fetzara (Capture Google maps).



## 2.2. Présentation des stations d'étude

### 2.2.1. La Station 1

Cette station située au sud-est du lac de Fetzara proche de la commune de chorfa près de la route nationale N°84 et plus précisément ( $36^{\circ}43'19.6''N$   $7^{\circ}32'24.5''E$ ) (**Figure 3**). C'est une station riche en végétation parmi lesquels *Lemna minor* L (Lentilles d'eau).



**Figure 3.** Station Sud-Est du lac Fetzara.



### 2.2.2. La station 2 (Oued El Hout)

Cette station se situe au sud du lac Fetzara représente une source très important d'eau du lac, il traverse la commune d'Eulma et s'écoule vers 5,5 km jusqu'au lac. Cette station est très riche en végétation et matières organiques (Présence de cadavres) .la situation géographique de cette station est la suivante : (36°44'05.2"N 7°28'50.9"E) (Figure 4).

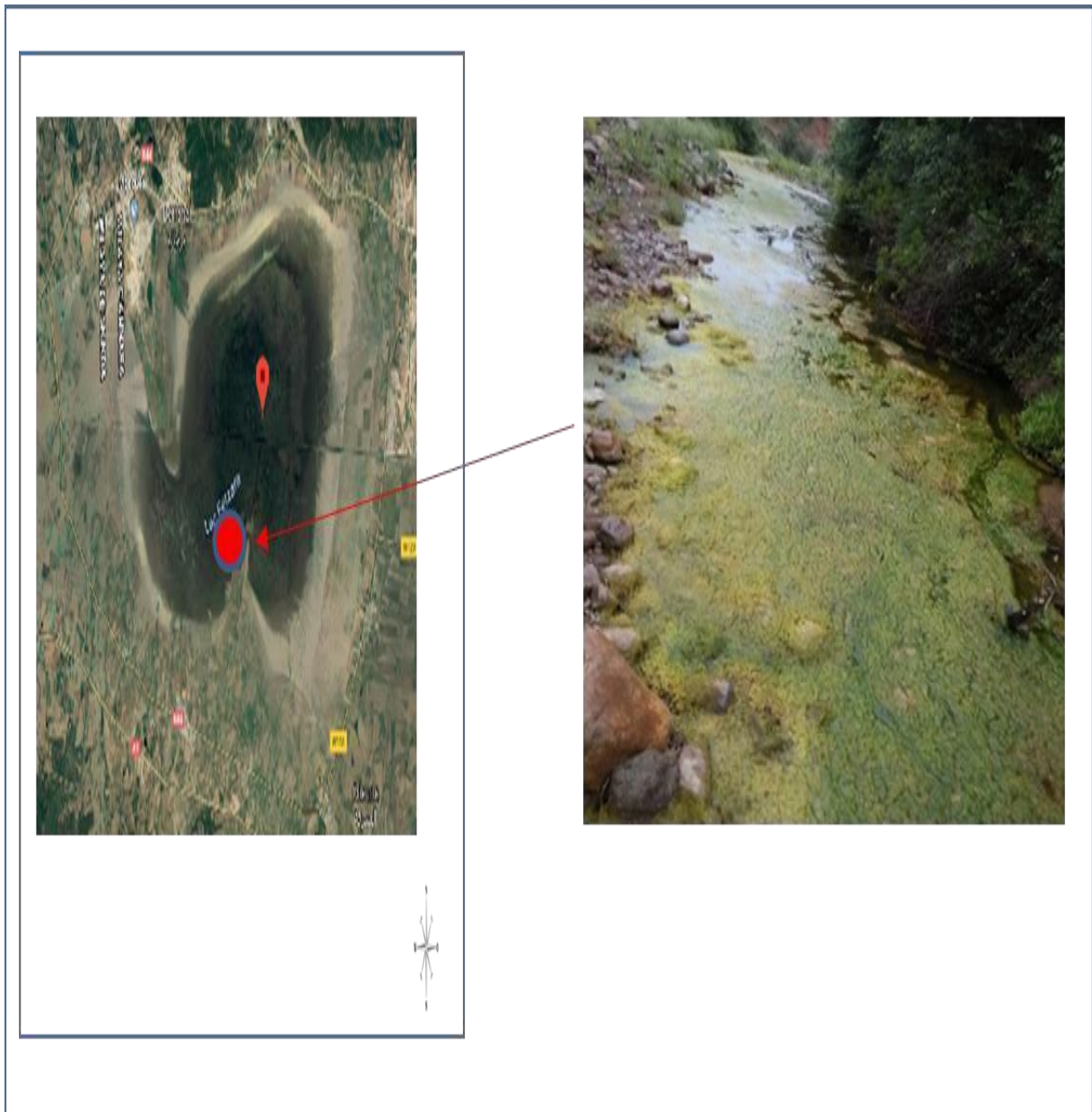


Figure 4. Station d'Oued El Hout.



### 2.1.1. La station 3

Cette station située au sud-ouest du lac fetzara près de la Commune de Berrahal, elle est un peu sec par apport les deux autres stations. Elle se caractérise une richesse floristique .la situation géographique est la suivate : (36°47'29.2"N 7°26'27.9"E) (**Figure 5**).



**Figure 5.** Station sud-west du lac Fetzara.



## 2.3. Données climatiques de la zone d'étude

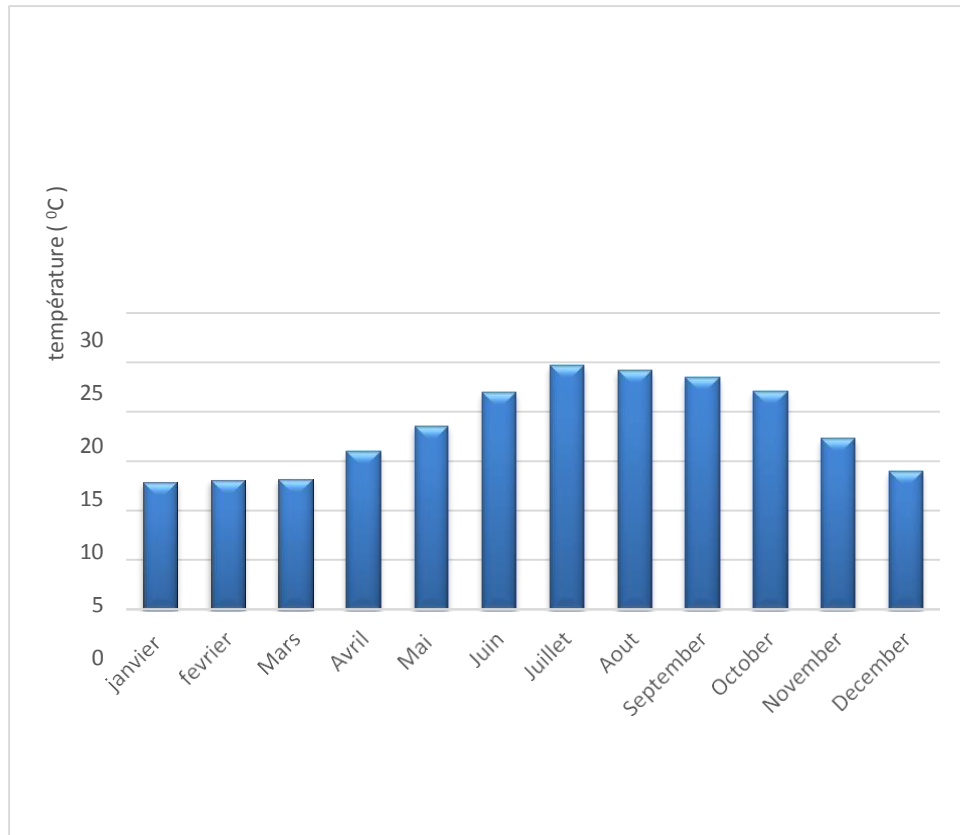
L'étude des caractéristiques hydroclimatiques d'un bassin versant (précipitations, Température, humidité) durant l'année de la récolte est très importante pour comprendre le rôle de ces facteurs dans la biodiversité et la répartition du culicidés dans les différents gites.

### 2.3.1. La température

La température peut déterminer une fonte des neiges et les crues nivales qui y sont liées, ou un réchauffement des eaux stagnantes favorisant l'éclosion des œufs. Certaines conditions de température et d'humidité relative de l'air conditionneront l'activité des imagos mâle ou femelle. Enfin, les baisses de température sont les facteurs déclenchant le phénomène d'hibernation pour plusieurs espèces. La température se change toute l'année selon les 4 saisons, elle est généralement élevée pendant toute l'année. Nous avons noté un bas degré de température le mois de janvier avec une température moyenne 12,9 °C et un haut degré le mois de juillet avec une température moyenne 24,7 °C (**tableau1 et figure 6**).

**Tableau 1.** Températures moyennes enregistrées durant l'année 2016 au niveau du lac de Fetzara.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Moyenne (° C)	12,9	13,1	13,2	16	18,6	22	24,7	24,2	23,5	22,1	17,3	14



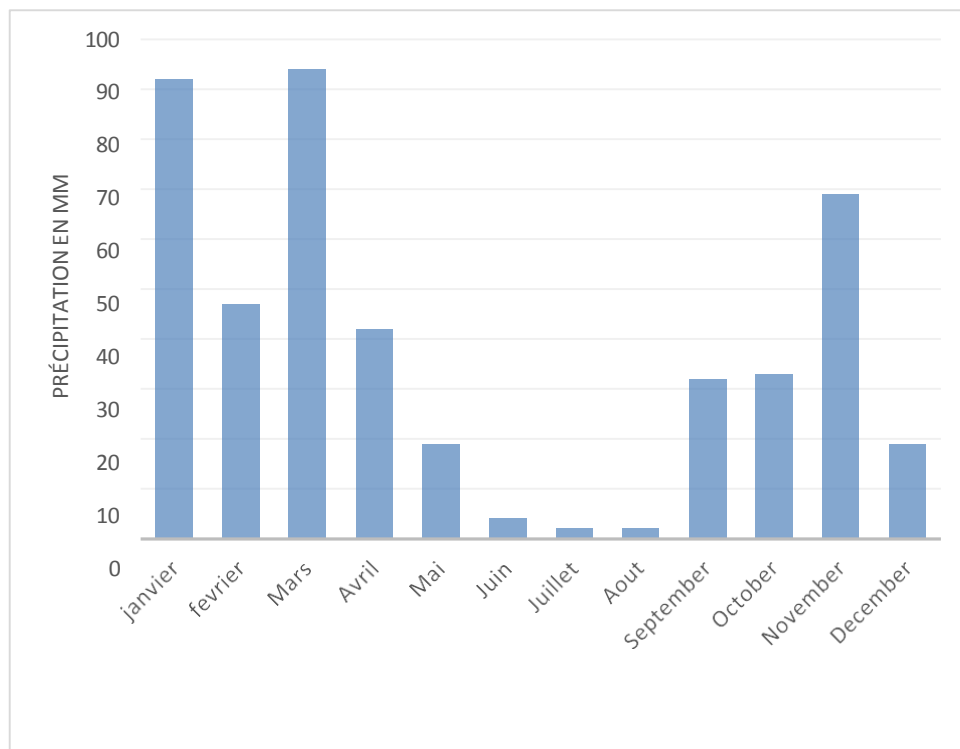
**Figure 6.** Températures moyennes (°C) enregistrées durant l'année 2016 au niveau du lac Fetzara

### 2.3.2. La précipitation

La précipitation ou la pluviométrie est un facteur très important pour l'évolution des êtres vivants en générale et les moustiques précisément. Les précipitations peuvent être à l'origine des crues de certains fleuves ou rivières dont les débordements immergent des gîtes Larvaires potentiels. La quantité de précipitation dans chaque mois et les cumulus totaux est mentionnée dans le **tableau 2**. La quantité de pluie est perturbée et se diffère d'un mois à l'autre. Les mois les plus pluvieux sont Janvier, Mars et Novembre avec respectivement 92 mm, 94 mm et 69 mm et les mois les moins pluvieux sont Juin, Juillet et Aout avec respectivement 4mm, 2mm et 2 mm. Le totale de précipitation estimé de 455mm (**Figure 7**).

**Tableau 2.** Répartition mensuelle des précipitations (mm) sur une période de l'année 2016 au niveau le lac de Fetzara.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Cumuls totale
Moyenne (mm)	9	47	94	42	19	04	02	02	32	33	69	19	455



**Figure 7.** Répartition mensuelle des précipitations (mm) sur une période de l'année 2016 au niveau du lac Fetzara.



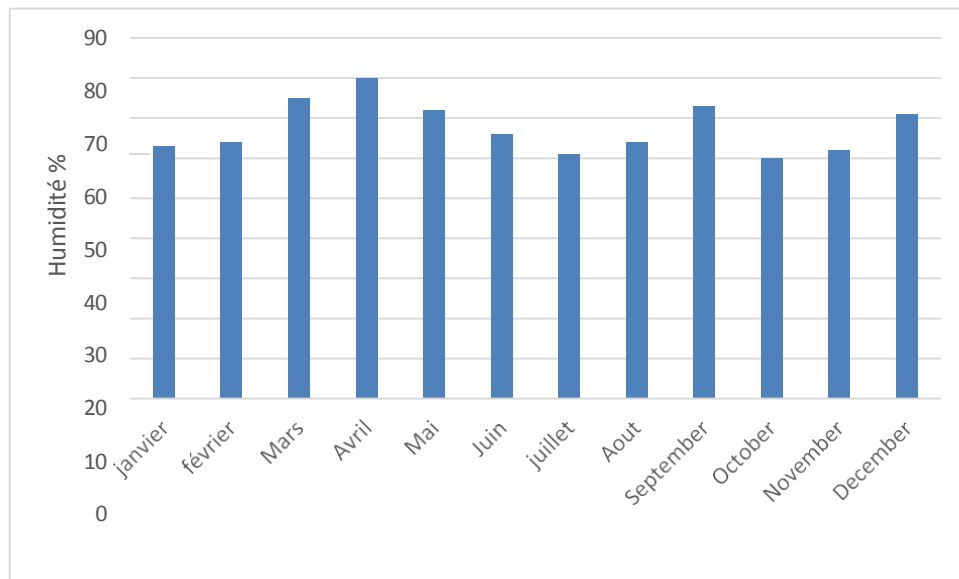
### 2.3.3. L'humidité

Il faut mettre l'accent sur l'interdépendance qui existe entre l'humidité relative et la température, les évolutions de ces paramètres étant généralement inverses : une diminution du second entraînant une augmentation du premier. Le gradient d'humidité relative du sol semble bien diriger les femelles vers leur lieu de ponte. On voit un écart de 20% entre la valeur la plus élevée au mois d'avril avec 80% et la valeur la plus diminuée au mois d'octobre 60% (**Tableau 3** et **Figure 8**).

En générale l'humidité est élevée ce qui donne un milieu favorable pour la survie des moustiques.

**Tableau 3.** L'humidité moyenne (%) enregistrées durant l'année 2016 au niveau le lac Fetzara.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Moyenne (%)	63	64	75	80	72	66	61	64	73	60	62	71



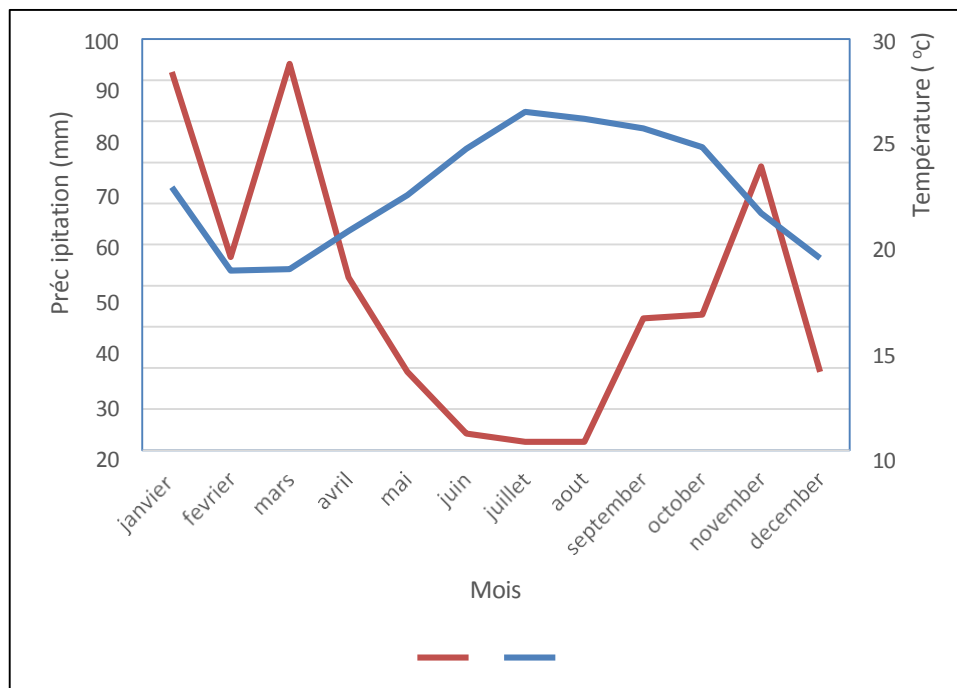
**Figure 8.** Répartition mensuelle d'humidité (%) sur une période de l'année 2016 au niveau du Lac Fetzara.

## 2.4. Classification du climat

La classification du climat ainsi que la détermination des mois secs est faites d'après le Diagramme ombrothermique de Gausсен et le climagramme pluviothermique d'Emberger

### 2.4.1. Diagramme ombrothermique de Gausсен

Gausсен considère que la sécheresse s'établit lorsque pour un mois donné, le total des précipitations exprimé en millimètres est égal ou inférieur au double de la température exprimée en degré Celsius, soit  $P \leq 2T$  (Dajoz, 1971). Ainsi, le climat est sec quand la courbe des températures se trouve au-dessus de celle des précipitations. Il est humide dans le cas contraire. On remarque que l'année 2016 subdivise en 2 périodes bien distincte, une sec et longue qui se dure presque 6,5 mois d'Avril jusqu'à la mi-octobre et autre humide de mi-octobre jusqu'au Mars entrecoupée par une période sèche le mois de décembre (**Figure 9**).



**Figure 9.** Diagramme Ombrothermique de Gausсен du lac Fetzara.

## 2.5. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des gîtes

Les paramètres physico-chimiques qu'ils interviennent non seulement dans la biologie de chaque espèce mais aussi dans la structure et la dynamique de la biocénose tout entière. Pour les moustiques, ils jouent un rôle primordial puisque la nature de l'eau est un élément caractérisant le milieu dans lequel évoluent les stades pré-imaginaux.

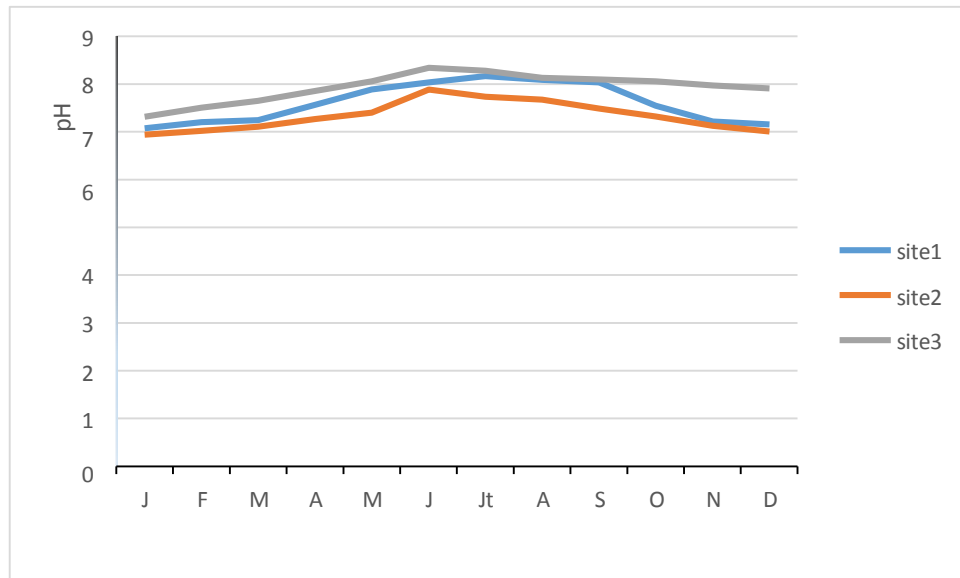
En effet, le gîte larvaire des Culicidae lié aux caractéristiques physico-chimique de l'eau est déterminant dans la distribution et l'abondance des espèces à l'échelle de biotope. Les paramètres physico-chimiques de l'eau des gîtes sont mesurés sur terrain au moyen d'un appareil multiparamètre.

### 2.5.1. Le potentiel d'hydrogène

Les résultats de pH dans les trois stations sont proche l'un de l'autre et se caractérise par le parallélisme (**Figure 10**). Les résultats observés révèlent des valeurs faibles les premiers trois mois de l'année 2016 (Janvier, Février et Mars) et les trois derniers (Octobre, Novembre et Décembre) avec des valeurs qui s'étalent entre 7,01 et 8,06. On observe des forte valeurs les 6 mois médianes d'Avril jusqu'au Septembre avec une valeur maximal qui atteigne 8,34 le mois de Juin dans le site 3 (**Tableau 4**).

**Tableau 4.** Evolution saisonnière du pH de l'eau des gîtes au niveau du lac Fetzara.

Mois Sites	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Site1	7,08	7,21	7,25	7,57	7,89	8,04	8,17	8,09	8,04	7,55	7,22	7,16
Site2	6,94	7,02	7,11	7,27	7,4	7,89	7,74	7,68	7,49	7,32	7,13	7,01
Site3	7,32	7,51	7,65	7,86	8,06	8,34	8,28	8,13	8,1	8,06	7,97	7,91



**Figure 10.** Evolution saisonnière du pH de l'eau des gîtes au niveau du lac Fetzara.

## 2.6. Choix des stations d'étude

Le lac Fetzara (wilaya d'Annaba), a été choisi comme station d'étude parce qu'elle présente une grande richesse écologique. Cette zone humide présente l'habitat d'une grande diversité faunistique et floristique (flore, Oiseaux d'eau, des arthropodes aquatiques, et les Batraciens,...) et aussi abrite de nombreuses espèces des vertébrés et invertébrés tel que les Moustiques.

Une prospection préliminaire réalisée dans le lac Fetzara nous a permis de choisir trois stations distantes d'environ 5 km entre eux. Les trois stations ont des critères communs : la présence des larves de Culicidés dans un lot de gîte, l'accessibilité, la pérennité et le non traitement par les insecticides.



## 2.7. Echantillonnage et identification des populations culicidiennes

### 2.7.1. Echantillonnage

#### a. au niveau des gîtes

Au cours de notre étude, l'échantillonnage des stades pré-imaginaux a été fait à l'aide d'une louche en plastique de 1000 ml et les larves récoltées sont déposées dans des bouteilles d'eau de 5 litres portant des étiquettes (la date et le site). L'échantillonnage a été faite à l'aide d'un multi paramètre (HANA) pour déterminer les facteurs physico chimiques de chaque gîte au moment de l'échantillonnage (**Figure11**).

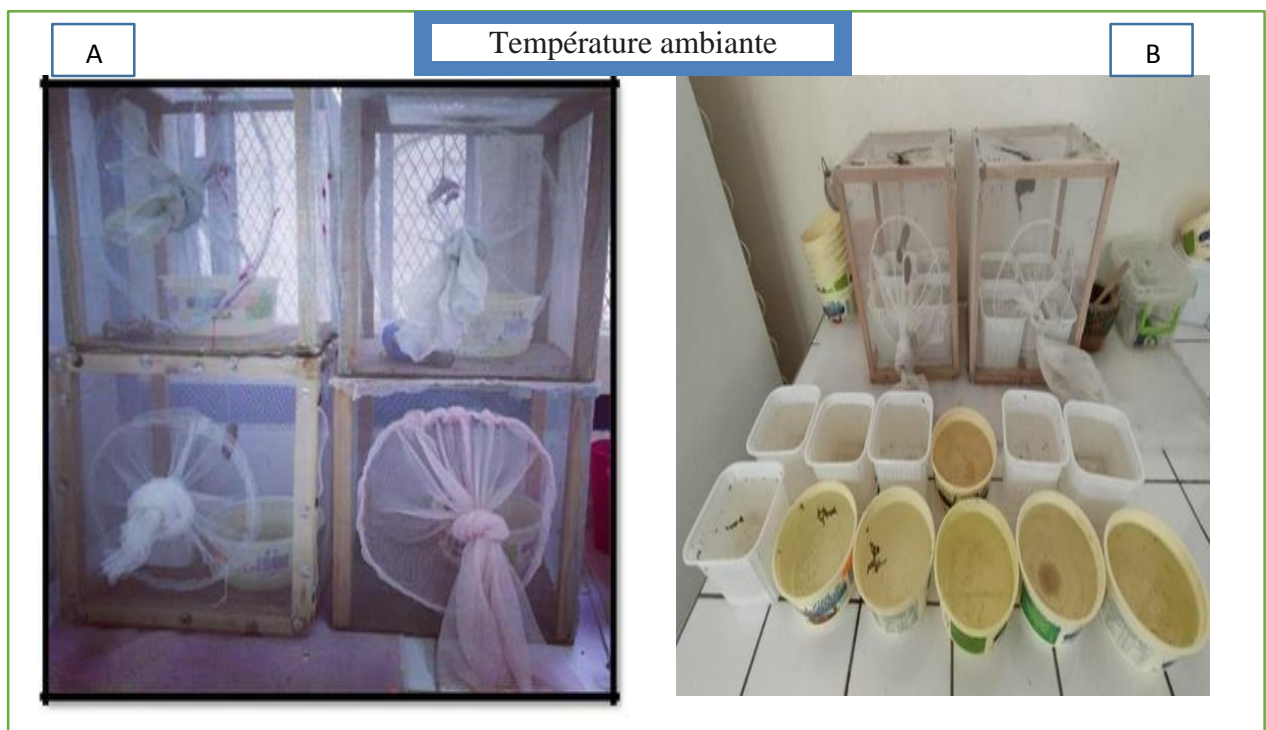


**Figure11.** Les procédures de l'échantillonnage au niveau des gîtes.



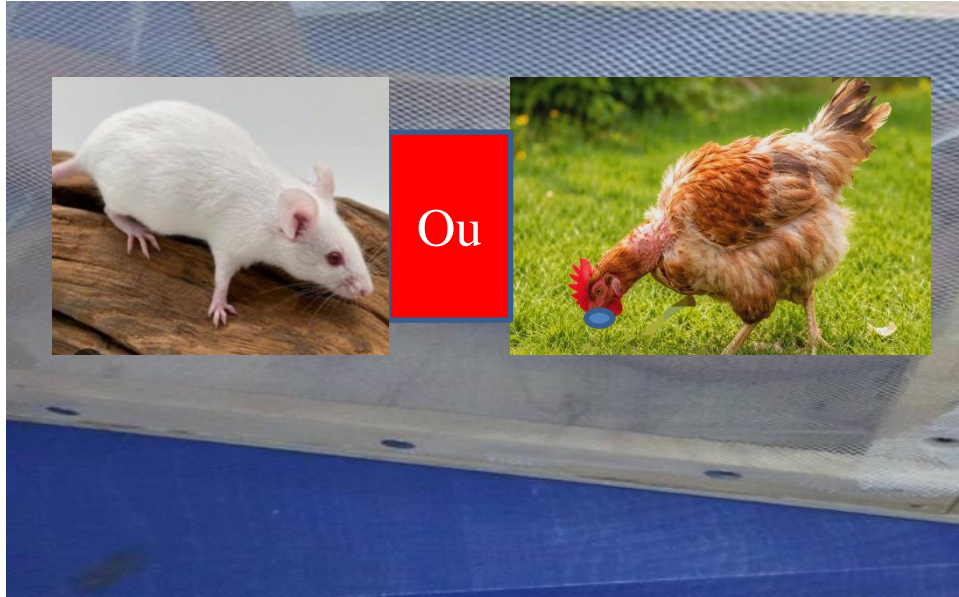
**a. Au niveau de laboratoire**

Un comptage et tri des larves et des nymphes est effectué. Les nymphes sont placées dans des récipients contenant de l'eau du gîte, puis déposées dans des cages contenant la nourriture des adultes (dattes) jusqu'à l'émergence (**Figure 12**). Tandis que les larves ont été élevées dans des récipients contenant de 150 ml d'eau déchlorurée et nourries avec 0,04 g du mélange biscuit 75% - levure 25% (Rehimi & Soltani, 1999). L'eau est renouvelée après quelques jours. Les nymphes obtenues sont transférées dans des cages jusqu'à l'émergence des adultes pour effectuer notre élevage de masse en leur donnant un repas sanguin pour le développement des œufs (**Figure 13**). On met les larves du quatrième stade dans une solution de NaOH à 10% pendant 24 heures jusqu'à l'éclaircissement désiré pour faire l'identification après le rinçage des larves par l'alcool et les mettre entre lame et lamelle (Appliquer la glycérine sur les larves).



**Figure 12.** Élevage des moustiques au laboratoire.

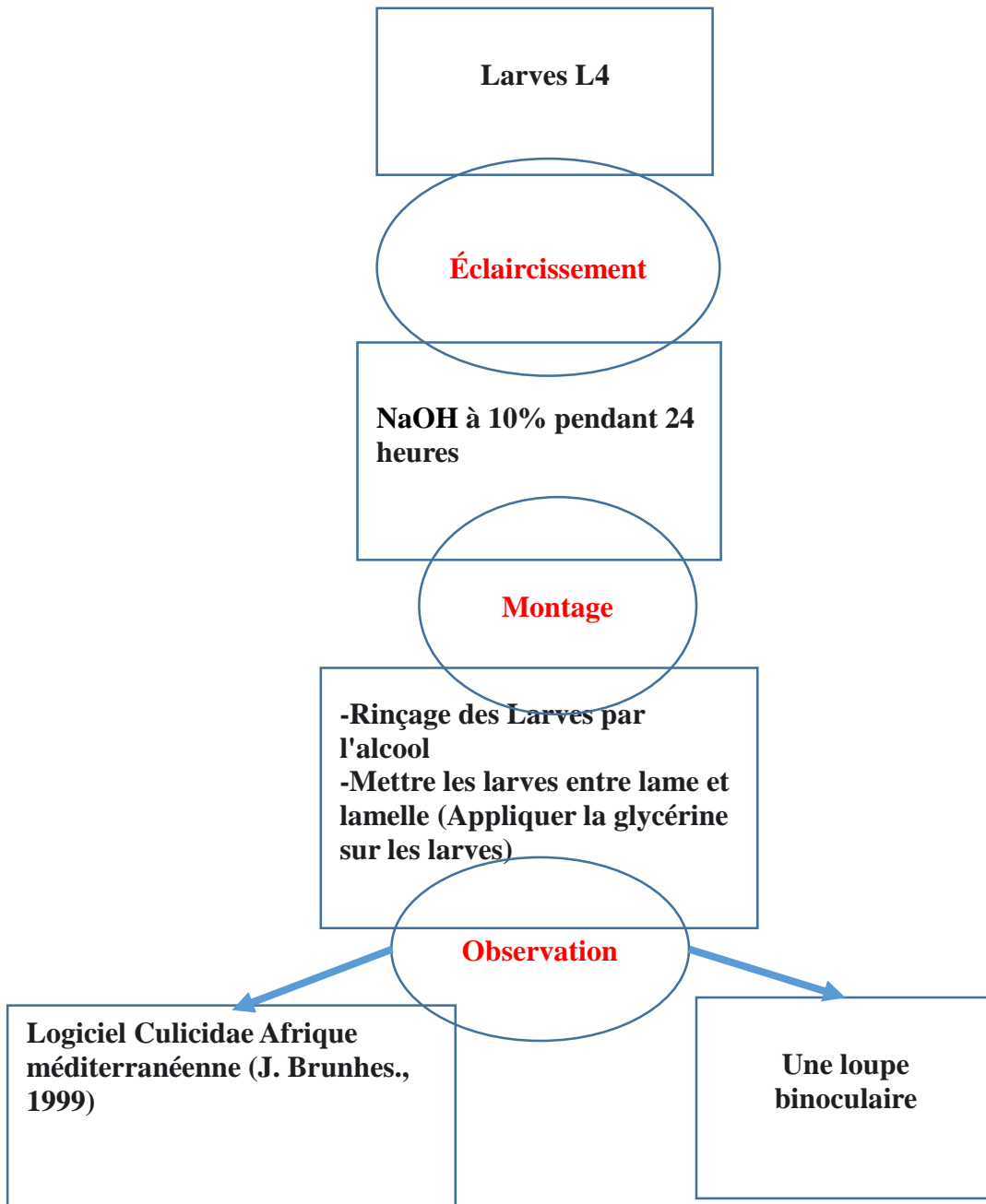
**A : cages des adultes    B : récipients des larves**



**Figure 13.** Le repas sanguin pour les femelles des moustiques

### c. Identification des populations culicidiennes

Les larves dont les caractères de détermination sont souvent microscopiques, doivent être montées entre lame et lamelle, l'identification du genre et espèce a été réalisé sous une loupe binoculaire, en utilisant le dernier stade larvaire (L<sub>4</sub>) et la confirmation par l'adulte selon des critères morphologiques définis par un logiciel d'identifications des Culicidae celui de Schaffner *et al.*, 2001 « le Moustiques d'Europe » et une clé dichotomique (Himmi *et al.*, 1995) (**Figure 14**).



**Figure 14.** Les étapes d'identification des larves au stade L4.

## 2.8. Les indices écologiques

Dans cette recherche, on prend en compte les indices écologiques suivants : ceux de composition (richesse spécifique, abondance relative, fréquence d'occurrence) et ceux de structure (indice de Shannon-Waever, indice de Simpson, indice de Hill et indice d'équirrépartition).

L'analyse des données obtenues relatives aux espèces Culicidiennes inventoriées, est réalisée par le calcul des indices écologiques et des méthodes statistiques.



### 2.8.1. Les Indices de composition

Ils sont représentés par :

#### a. Richesse spécifique (totale) et moyenne

Le nombre de taxons total d'un peuplement est exprimée par un nombre d'espèce (S) recensées dans le site. Par contre la richesse moyenne (S') est le quotient du nombre total d'individu (Ki) pour chaque espèce sur le nombre total de prélèvements effectués (N).

$$S' = K_i / N$$

#### b. Abondance relative

La fréquence (F) est le pourcentage des individus d'une espèce (ni) par rapport au nombre total des individus (N) (Dajoz, 1971).

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

**ni** : Abondance spécifique de l'espèce i.

**N** : Abondance du peuplement.

#### c. Fréquence d'occurrence

Parmi les indices écologiques de composition utilisés pour l'exploitation de nos données de terrain, la fréquence d'occurrence d'un taxon donné, qui présente le rapport exprimé en pourcentage du nombre de prélèvements où cette espèce est notée au nombre total de prélèvements effectués :

$$F = P / P' \times 100$$

F : est la fréquence d'occurrence de l'espèce.

P : est le nombre total de prélèvements contenant l'espèce prise en considération. P' : est le nombre total de prélèvements faits.

### 2.8.2. Les Indice de structure

#### a. Indice écologique de Shannon-Weaver

L'indice de diversité de Shannon & Weaver (1963), permis d'avoir une information statistique ; apportée par un échantillon, sur les structures du groupement dont provient l'échantillon analysé et sur la façon dont les individus sont répartis entre plusieurs taxons :

$$H' = - \sum [P_i \log_2 P_i] \text{ ou } P_i = n_i / N$$

H' : Diversité spécifique exprimé en Bit par individu



Pi : Fréquence relative de l'espèce i dans un peuplement

ni : Effectif de l'espèce i

N : Effectif total du peuplement

### **b- Equitabilité (équirépartition)**

L'équitabilité (E), résulte du rapport de la fonction d'information de Shannon (1948), H, pour les occurrences et de la valeur théorique maximale (H'max).

H' : Est l'indice de diversité de Shannon- Weaver exprimé en bits.

H'max : C'est la diversité maximale en bits. Elle égale à  $H'max = \log^2 S$ , S étant le nombre d'espèces.

L'indice d'équirépartition E est compris entre 0 et 1. S'il tend vers 1, les effectifs des espèces de peuplement sont en équilibre entre elles (Ramade, 1984).

### **2.8.3. Analyse factorielle des correspondances**

L'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C) est l'une des façons les plus efficaces pour interpréter les données et de les traiter.

L'analyse factorielle des correspondances est une méthode descriptive qui permet le traitement des variables qualitatives.

De ce fait, elle fournit d'une part une analyse de la variable et d'autre part une analyse de la répartition des individus.

L'analyse factorielle des correspondances (A.F.C) est essentiellement un mode de représentation graphique des tables de contingences (Delagarde, 1983).



#### 2.8.4. Classification ascendante hiérarchique

La Classification Ascendante Hiérarchique (C.A.H) a pour but de constituer des groupes homogènes d'objets (classes) sur la base de leur description par un ensemble de variables, ou à partir d'une matrice décrivant la similarité ou la dissimilarité entre les objets.

#### 2.8.5. Analyse de covariance

L'Analyse de la covariance consiste à modéliser une variable dépendante quantitative en utilisant des variables explicatives quantitatives et qualitatives dans le cadre du modèle linéaire (Xlsta version, 2013).

#### 2.9. Position systématique des moustiques

Les Culicidae sont des insectes piqueur-suceurs, appartenant à l'ordre des Diptères et au sous ordre des Nématocères. Ils occupent la première place, soit par le rôle de vecteur d'organismes pathogènes de certaines espèces, soit par la nuisance des autres (Himmi, 2007). Les Culicidae se divisent en trois sous familles : Les Culicidae, les Anophelinae et les Toxorhynchitinae, cette dernière n'est pas présente en Algérie, sauf les deux premières qui existent et elles regroupent sept genres (Chahed *et al.*, 2022). On aborde l'espèce *Culex pipiens* pour déterminer leur position systématique qui est selon (Guitsevitch *et al.*, 1974) est la suivante:

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Ordre : Diptera

Sous-ordre : Nématocera

Famille : Culicidae

Sous famille : Culicinae Genre : *Culex*

Espèce : *Culex pipiens* (Linné, 1857)

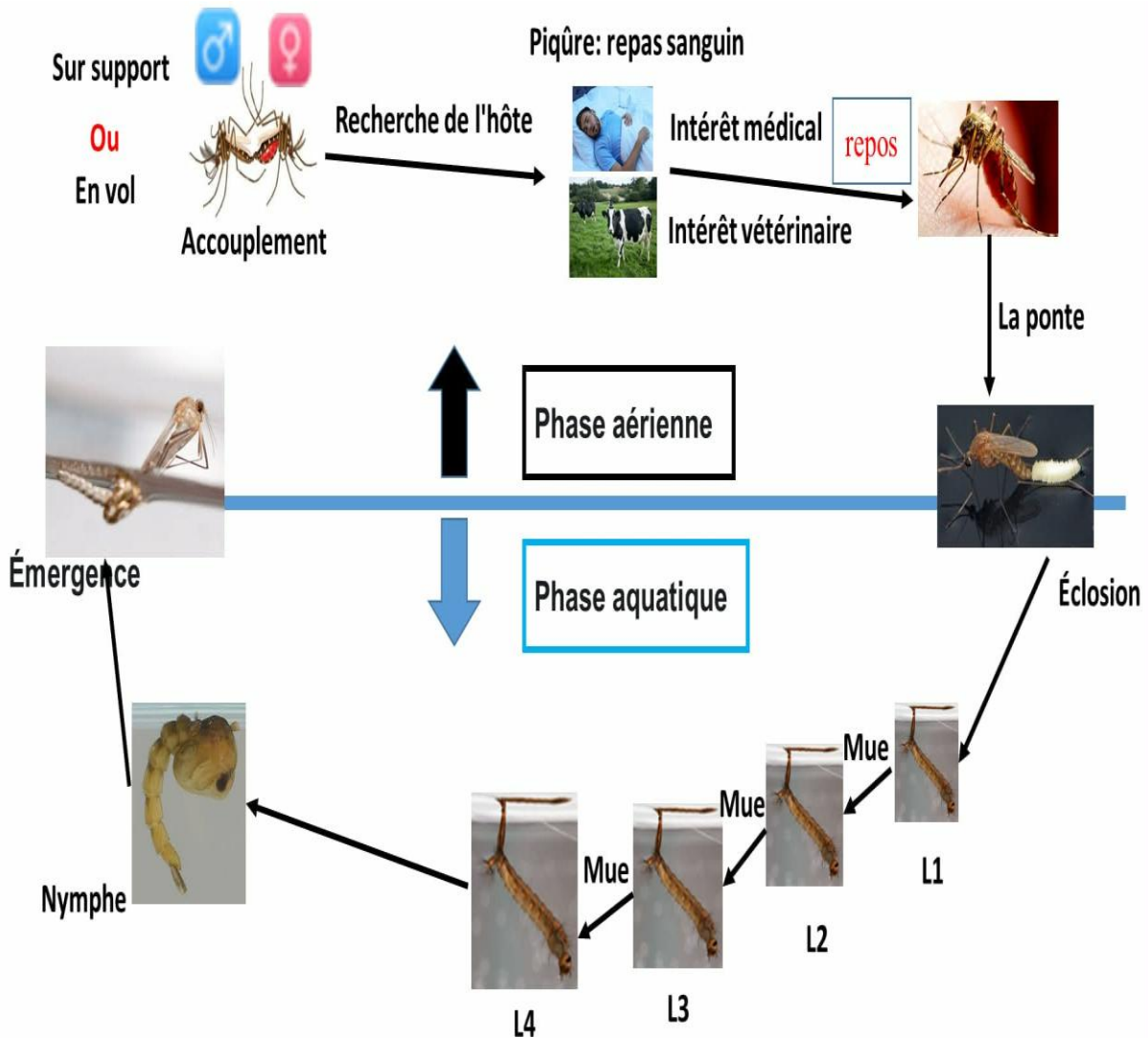


### 2.10. Cycle de développement des moustiques

Le cycle des culicidés dure de 2 à 3 semaines si les conditions climatiques sont favorables, beaucoup plus longtemps si la température est basse grâce à l'existence de formes de résistance (œufs, larves, formes adultes quiescentes) (Auriane, 2010).

La structure externe, notamment la chétotaxie de chaque étape, permet de distinguer les espèces. Ainsi, il est essentiel de décrire dans cette section les 8 caractéristiques morphologiques de l'adulte, ainsi que les stades pré-imaginaux dont la compréhension est essentielle de manière systématique (Boukraa, 2010). Les adultes se distinguent par leurs longues et fines antennes avec de nombreux articles, ainsi que par leurs longues pièces buccales en forme de trompe rigide, de type piqueur-suceur (Rodhain & Perez, 1985).

Les Culicidae sont entièrement métamorphosés (Holométaboles), ce qui signifie que les trois stades de développement (larve, nymphe et adulte) présentent des morphologies distinctes, adaptées à leurs modes de vie : aquatique pour les stades pré-imaginaux et aériens



**Figure 15.** Le cycle des moustiques genre *Culex*.

### 2.10.1. Les œufs

Les femelles pondent leurs œufs de différentes façons selon les différents genres de moustiques. Les œufs d'*Aedes* sont généralement déposés individuellement sur un substrat humide à l'interface entre l'air et l'eau.

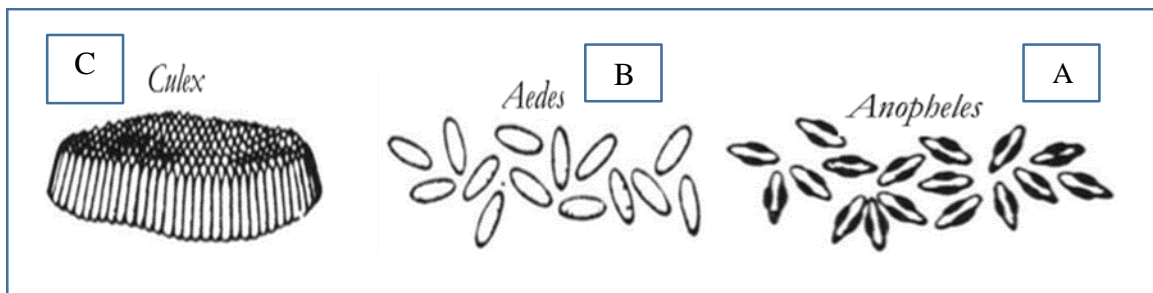
Les œufs sont pondus à la surface de l'eau par les femelles du genre *Culex* et *Culiseta* sous forme de barquettes ou de nacelle, tandis que les œufs du genre *Anopheles* sont pondus individuellement. Selon les espèces, le nombre d'œufs pondus peut atteindre 300 (Urquhart et *al.*, 1996). Elles éclosent dans 24 à 48 heures (Ripert, 2007).

Les femelles pondent, quarante-huit heures après la prise de repas sanguin, des œufs fusiformes, d'environ 0,5 mm de long. Au moment de la ponte les œufs s'apparaissent



blanchâtres et s'assombrissent en raison de l'oxydation de certains composants chimiques de la thèque (Bendali-Saoudi, 1989 ; Rehim, 2004).

L'œuf comprend de l'intérieur vers l'extérieur : l'embryon, la membrane vitelline pellucide, un endo-chorion plus ou moins pigmenté et orné (Tahraoui, 2012). Les œufs d'Anopheles sont plus ou moins ovoïde et pourvu latéralement de flotteurs leur permettent de conserver une position horizontale (**Figure 16.a**). Les œufs d'Aedes sont allongés, rétrécis et montrent un réseau de fines dépressions. Ils flottent horizontalement à la surface de l'eau (**Figure 16.b**). Les œufs de Culex groupés en nacelle sont cylindro-coniques et se tiennent verticalement (**Figure 16.c**).



**Figure 16.** Les différents types des œufs des genres de culicidae. (A : Anopheles. B : Aedes. C : Culex).

### 2.10.2. Les stades larvaires (L1, L2, L3, L4)

Selon les espèces de moustiques et les écotypes, les stades pré-imaginaux (larvaire et nymphal) se développent dans des gîtes naturels (étangs, lagunes, mares, flaques, creux de rocher ou d'arbre), ou bien artificiels (réservoirs d'eau, égouts, regards, gouttières, pneus, ou tout autre contenant inondé ...) (Pages et al. 2007).

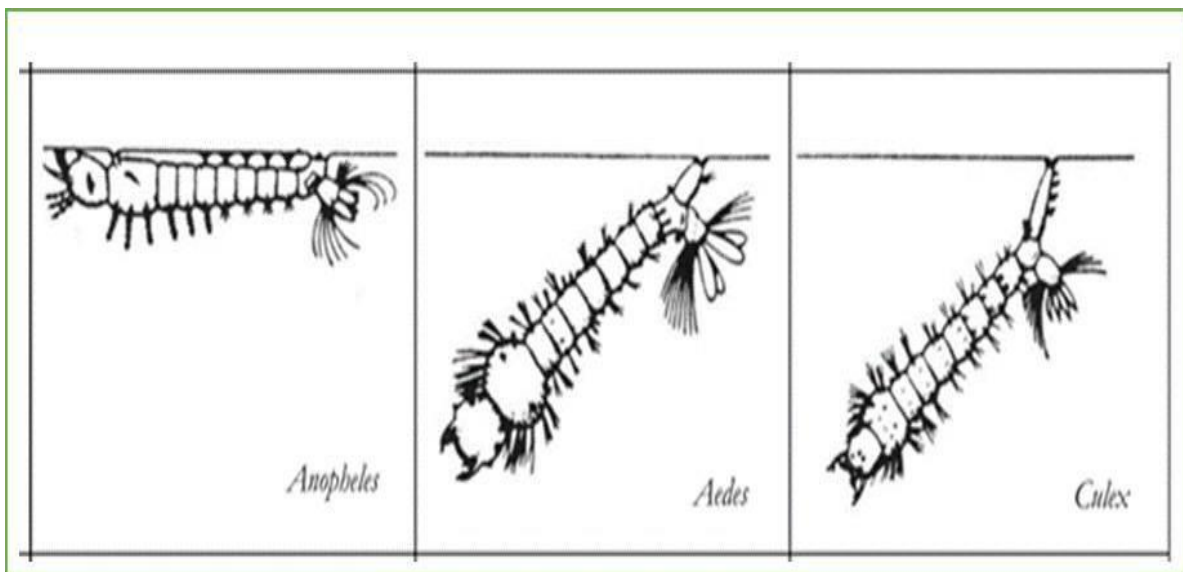
Les moustiques font partie intégrante de l'écosystème. Au stade larvaire, ils représentent une biomasse dont se nourrissent certains organismes aquatiques (batraciens, poissons, insectes) et participent aussi au recyclage de la matière organique aquatique. Au stade adulte, ils représentent aussi une source de nourriture pour certains organismes (oiseaux, chauvesouris, batraciens et insectes) et contribuent à la pollinisation des plantes à fleurs (Carnevale & Vincent, 2009).

Le développement embryonnaire donne naissance à une larve ; trois mues successives



permettront de distinguer quatre stades larvaires (Cachareul, 1997). La durée du stade larvaire varie selon les espèces de Culicidae, la température du milieu, la densité larvaire ainsi que la disponibilité en nourriture. Les larves de moustiques sont toujours aquatiques colonisent les eaux temporaires ou permanentes. Elles peuvent vivre également dans les eaux stagnantes ou courantes et même, au niveau des petites accumulations. Leur évolution s'accomplit en quatre stades, séparés par une mue hormis la taille (de 1 mm-1,5 cm), les trois premiers stades présentent généralement des caractères chétotaxiques variable, ne permettant pas une identification sûre des espèces (Robert, 2001).

Le corps de la larve est composé en trois parties bien distinctes et la figure 17 ci-dessous illustre le positionnement de différentes larves de moustiques des genres *Culex*, *Aedes* et *Anopheles* à la surface de l'eau.



**Figure 17.** Les larves des différents genres des Culicédes.

### 2.10.3. La Nympe

Dans ce stade qui dure en moyenne 1 à 3 jours, la nymphe ne se nourrit pas, la bouche et l'anus sont clos (Fig. 18) (Himmi et al, 1995).

La tête et le thorax de la nymphe fusionnent pour donner un céphalothorax sur lequel on trouve deux trompes qui permettent à la nymphe de respirer. Sa forme globale rappelle celle d'un point d'interrogation. Ses palettes natatoires, situées sur l'abdomen, lui permettent de se déplacer (Rioux, 1958).

La nymphe de Culicidae, se caractérise par une tête et un thorax réunis en une seule masse globuleuse le céphalothorax. La partie postérieure effilée et recourbée constituant l'abdomen. Ce dernier donne à la forme générale de la nymphe un aspect d'une virgule ou



en point d'interrogation. L'abdomen est formée de huit segments dont le dernier, est pourvu de deux palettes natatoires, alors que le neuvième est atrophié (Rodhain & Perez, 1985). Au niveau du céphalothorax se situent les ébauches des yeux et des différents appendices (Antennes, trompe, pattes, ailes), deux trompettes respiratoires prothoraciques, de forme très variable, équivalents physiologiques du siphon respiratoires de la larve. Elle est extrêmement sensible et plonge dans l'eau au moindre mouvement perçu (Urquhart et *al.*, 1996; Cachareul, 1997 ; Wall, 1997 ).

Les distinctions taxonomiques des nymphes sont fondées sur les caractères des trompettes respiratoires, la chétotaxie et les caractères des palettes natatoires.



**Figure 18.** La pupe (La nymphe) (Gr : 40x)

#### 2.10.4. L'adulte

Les moustiques sont des insectes facilement reconnaissables au stade adulte par leur corps effilé portant de longues pattes, leur trompe également longue et la présence d'écailles sur la plupart des parties du corps. Le *Culex* adulte mesure 3 à 6 mm de long (**Figure 19**). Les différentes parties sont :

**La tête :** Il est constitué de trois plaques chitineuses : une plaque médiane et impaire dorsale, appelée frontoclypeus, ainsi que deux autres plaques latérales et symétriques. La capsule sclérotinisée comprend la tête (Becker et *al.*, 2010). Les pièces buccales sont de type broyeur,

dotées de mandibules mobiles transversales composées de longues soies courbées qui jouent un rôle dans la préhension. Les antennes, positionnées sur les flancs, sont habituellement longues et spéculées. Elles touffe de de soies couramment employé en systématique (Himmi et *al.*, 1995).

**Le thorax :** Le prothorax, le mésothorax et le métathorax sont constitués de trois segments



soudés, chacun ayant une paire de pattes. Les ailes fonctionnelles et les balanciers sont portés respectivement par le mésothorax et le métathorax. Il est constitué de trois métamères constitués de plaques sclérifiées, les sternites sont les plaques ventrales, les pleurites les plaques latérales et les tergites les plaques dorsales (Brunhes, 1970). Le corps est recouvert d'écailles dont la disposition, la forme et la couleur forment souvent une ornementation particulière. Le second segment, le plus développé, porte une paire d'ailes couvertes de nombreuses écailles et dont la nervation est assez simple ; sur cet anneau, on voit aussi une paire de cuillerons, petites écailles membraneuses, épaisses sur les bords, que l'on appelle des dépendances des ailes. Le troisième segment, peu perceptible, n'a pas d'ailes, mais il est équipé d'un réseau nerveux dense et semble avoir un rôle sensoriel. Il est essentiel pour le vol : l'élimination d'un seul balancier rend impossible l'utilisation de celui-ci (Villeneuve & Desire, 1965).

**L'abdomen** : Il est mince et long, formé de dix segments, dont les neuvième et dixième constituent les génitalia (ou hypopygium) qui sont les organes sexuels. Les écailles des tergites et des sternites abdominaux forment des caractères particuliers, en particulier chez la femelle (Schaffner *et al.*, 2001).



**Figure 19.** *Culex pipiens* adulte (x7) A- Femelle B- Mâle (Kharoubi R. mai 2020).

### 2.11. Le comportement de recherche de l'hôte

La biologie d'un moustique femelle se caractérise par la recherche d'hôte. En effet, après l'accouplement avec un mâle, la consommation de sang est nécessaire pour le développement des œufs, ce qui permet de produire une nouvelle génération de moustiques. Chez la femelle,



les mécanismes de sélection de l'hôte sont complexes. En premier lieu, les femelles peuvent posséder une préférence naturelle pour une espèce d'hôtes. Le moustique dans son état physiologique et l'effet des répulsifs sur les vecteurs de pathogène. Par exemple, *Anopheles gambiae* est hautement anthropophile (Takken & Verhulst, 2013).

Malgré leur préférence pour les humains, *Aedes albopictus* et *Aedes aegypti* sont opportunistes et peuvent se nourrir sur une grande diversité d'hôtes (Savage et al. 1993, Scott et al. 1993, Harrington et al. 2001, Ponlawat & Harrington 2005, Faraji et al. 2014).

Le choix de l'hôte ne se fait donc pas de manière passive ; il résulte d'une séquence comportementale où le moustique perçoit, intègre et réagit à des stimuli de différentes natures (Clements, 1999 ; Cardé & Gibson, 2010).

**2.11.1. L'activité spontanée** La première étape de la recherche d'un hôte est l'activité spontanée qui implique la détection de composés volatils provenant de celui-ci. Elle n'est pas influencée par des éléments internes à l'hôte, mais est endogènement régulée par le rythme circadien et l'état physiologique de la femelle moustique. Le comportement des Anopheles, se produit principalement la nuit et à l'intérieur des milieux de reproduction (Lundwall et al., 2005; Carnevale & Robert 2009), et à l'extérieur pendant les 23 premières et dernières heures du jour chez les Aedes (Cardé & Gibson, 2010).

Il existe deux stratégies chez les insectes hématophages :

**Passive** (stratégie "sit and wait") : l'insecte demeure immobile et attend de recevoir un signal signalant la présence d'une personne. On retrouve fréquemment cette stratégie chez les insectes diurnes tels qu'*Aedes aegypti*, qui peut utiliser des signaux visuels pour repérer son hôte (Cardé & Gibson, 2010).

(Stratégie "search") : l'insecte réalise un vol de recherche, en défiant le vent, souvent en zigzag, afin de trouver un ensemble d'odeurs attrayantes. On a observé cette stratégie chez *Anophele gambiae* et elle consiste en un comportement de klinokinèse, où l'insecte se dirige vers l'endroit où l'intensité de ce stimulus est la plus élevée (Cardé & Gibson, 2010).

Une femelle a perçu un bouquet d'odeurs provenant de l'hôte, elle va modifier son comportement et passer en vol orienté.

**2.11.2. Le vol éclairé** l'activation de la femelle par les composés volatils qui se dégagent d'un hôte lui permet de changer de direction et de se diriger vers cet hôte. Au cours de cette



phase, elle évolue en utilisant des facteurs distaux : L'émission de CO<sub>2</sub> par l'hôte (Gillies, 1980), ainsi que les odeurs émises, plus précisément les composés organiques volatils (COVs) qui se dégagent dans l'environnement proche de la peau (Takken & Verhulst, 2013).

De nombreux COVs ont été identifiés comme actifs pour la femelle (Acree et *al.*, 1968; Bosch et *al.*, 2000; Braks et *al.*, 2001). Parmi ceux-ci, l'acide lactique (Steib et *al.* 2001, Dekker et *al.* 2002), les composés aliphatiques (Kwon et *al.* 2006), les acides carboxyliques (Puri et *al.*, 2006), ou encore l'ammoniac (Geier et *al.*, 1999) sont décrits comme jouant un rôle crucial dans l'attractivité d'un hôte. Durant cette phase, les signaux visuels jouent également un rôle important (Hawkes & Gibson, 2016).

**2.11.3. Le contact :** Une fois qu'elle s'est rapprochée assez de l'hôte, la femelle va chercher un endroit approprié à la surface de l'hôte pour y faire son repas de sang (**figure 20**). Pendant cette période, elle est exposée aux 24 comportements défensifs, ce qui entraîne un risque élevé de mortalité. Pendant le contact, la femelle s'oriente en utilisant des signaux proches, tels que la température et l'humidité de l'hôte (Carnevale & Robert, 2009 ; Takken & Verhulst, 2013).



**Figure 20.** Le contact du moustique avec l'hôte (site web <https://www.boiron.fr/nos-conseils-sante/piqures-de-moustiques-comment-les-eviter-cet-ete> ).

**2.11.4. La piqûre :** Une fois que la femelle a choisi la zone à piquer, elle se posera sur la peau de l'hôte. Par la suite, elle procède à une nouvelle évaluation de sa qualité à partir des récepteurs gustatifs présents dans les pattes et au niveau du proboscis (Clements, 1999).

En effet, les moustiques repèrent les composés organiques volatils spécifiques des hôtes grâce à leurs antennes, leur proboscis et leurs palpes maxillaires (Kwon et *al.* 2006 ; Cardé & Gibson 2010).

Ces organes ont des extensions cuticulaires connues sous le nom de sensilles, qui abritent de nombreux pores, permettant ainsi l'entrée des COVs. Des neurones spécialisés, les ORNs (olfactory receptor neurons), seront chargés de repérer les composés en exprimant à leur surface des récepteurs olfactifs, les ORs (odorant receptors), ainsi que des récepteurs ionotropiques, les IRs (ionotropic receptors). (Cardé & Gibson 2010 ; Pitts et *al.*, 2017). Chez l'*Anophele gambiae*, chaque sensille héberge deux à trois neurones (Riabinina et *al.*, 2016).

Les ORs et les IRs sont toujours liés à un co-récepteur (Orco et IRco) chez tous les insectes. Finalement, la perception gustative est également un élément essentiel du comportement



de recherche d'hôte. Effectivement, lorsque le moustique est placé sur son hôte, il va évaluer sa qualité en utilisant des récepteurs gustatifs appelés GRs (gustatory receptors). Ils se trouvent sur le labellum du proboscis, ainsi que sur les palpes maxillaires et les tarsi. Il est également crucial d'avoir des récepteurs gustatifs pour détecter la chaleur et le CO<sub>2</sub> (McIver & Siemicki, 1978 ; Hill & Smith, 2000 ; Sparks *et al.*, 2013).

À l'instar d'autres insectes suceurs de sang, les moustiques utilisent une combinaison de signaux visuels, thermiques et chimiques émis par leurs hôtes vertébrés afin de repérer leurs repas sanguins (Lehane, 2005 ; Hawkes & Gibson, 2016) (**figure 21**).



**Figure 21.** Les Changements morphologiques de l'adulte femelle de moustique lors d'une prise de repas sanguine (A : T1. B : T2. C : T3). T : Temps.

## 2.12. Les méthodes de lutte anti-vectorielle

Basées sur le contrôle des moustiques, elles sont constituées des luttés mécaniques (physique), chimiques, biologiques et génétiques.

### 2.12.1. Lutte mécanique

L'objectif est de restreindre la propagation des insectes vecteurs et de diminuer le contact entre les hommes et les moustiques. L'élimination des gîtes larvaires potentiels de moustiques autour des habitations humaines est réalisée en asséchant et en remblayant



les marins, en creusant des dépressions, etc., en utilisant des moustiquaires imprégnées, et l'entretien des habitats (Carnevale & Mouchet, 1999 cité par Kone, 2009).

### **2.12.2. Lutte physique**

Il s'agit d'une modification intentionnelle du biotope qui a pour objectif de faire disparaître ou de réduire les nappes d'eau de surface dans lesquelles les moustiques se développent par des méthodes physiques. On peut identifier : le drainage, la mise en boîte, la collecte des résurgences, le remplissage et la plantation de bois. En général, l'action physique implique de réaliser des travaux de régulation du régime des eaux, d'aménagement de l'écoulement ou d'autres modifications physiques (OMS,1999).

### **2.12.3. Lutte chimique**

Les principales actions entreprises contre les moustiques sont basées sur la lutte chimique en utilisant des insecticides. Les mesures anti larvaires (dispersion d'insecticides dans les gîtes) ou adulticides (pulvérisation intra-domicile) peuvent être utilisées en fonction des cas. Les insectes sont tués par ingestion ou contact par des produits synthétiques ou végétaux utilisés dans la lutte chimique. Les insecticides contre les moustiques rassemblent diverses substances provenant de diverses familles chimiques (organophosphorés, carbamates, pérythrinoides, bio-insecticides, etc.) et ayant des actions différentes (Goislard. 2012).

### **2.12.4. Lutte biologique**

L'objectif est d'introduire des espèces d'organismes différents qui forment leurs ennemis dans le biotope des moustiques. Ce poisson larvivoire (*Gambusia affinis*) a une activité restreinte dans les eaux permanentes, ainsi que la bactérie *Bacillus*. (Margot, 2010).qui provoque une mortalité chez les larves de moustique des genres *Culex* et *Anopheles*, à un degré moindre sur les *Aedes*. En Chine, les poissons herbivores (carpes) sont employés pour consommer les herbes qui abritent les larves de moustiques (Wu & coll., 1991 cité par Kone 2009).



### 2.12.5. Lutte génétique

Cette méthode implique de manipuler le patrimoine génétique des moustiques pour obtenir des individus transgéniques qui peuvent être soit stériles, soit résistants aux parasites qu'ils transmettent généralement. Les plantes comme les algues qui se reproduisent dans les gîtes larvaires sont également intéressées par les manipulations. Grâce à l'intégration de gènes de toxines bactériennes, ces algues génétiquement modifiées ont un effet sur les larves de moustiques (Tabachnick, 2003 cité par Kone, 2009).

## 2.13. Présentation du matériel animale

### 2.13. 1. *Culex tritaeniorhynchus*

*Culex tritaeniorhynchus* Giles, 1901 est une espèce de moustique largement répandue dans toute l'Asie du Sud-Est et s'étendant au Moyen-Orient et à l'Afrique et à l'Europe, mais elle est considérée comme absente d'Australie (Lee et *al.*, 1988 ; Van den Hurk et *al.*, 2019).

Le vecteur est un sujet de préoccupation pour les professionnels de la santé, car l'espèce est un vecteur important du virus de l'encéphalite japonaise (JEV ; Flaviviridae : Flavivirus). Cet arbovirus est la principale cause d'encéphalite virale chez l'homme, avec 68 000 cas rapportés dans le monde chaque année, entraînant 20 400 décès (taux de mortalité de 25 %) et 14 000 décès (taux de mortalité de 20 %). (Taux de mortalité de 25 %) et de 14 000 à 24 000 déficiences neurologiques, dont un grand nombre chez les enfants de moins de 12 ans (CDCP 2013 ; Bosco-Lauth et *al.*, 2013).

Le JEV affecte également les animaux qui agissent en tant qu'hôtes réservoirs, notamment les oiseaux, les vaches et les moutons. D'autres animaux domestiques (Halstead & Jacobson., 2003 ; Wilkerson et *al.*, 2021), et peut provoquer des troubles de la reproduction et des avortements chez les porcs (Himani et *al.*, 2014).

### 2.13. 2. Ecologie de l'espèce étudiée (*Culex tritaeniorhynchus*)

*Culex tritaeniorhynchus* est une espèce assez courante du Sud-Ouest asiatique. Dans les rizières, les eaux d'inondation et les zones marécageuses avec une végétation flottante ou émergente, on trouve les stades immatures. Les étangs, les marécages, les ruisseaux, les sources, les fossés d'irrigation, mares herbeuses, suintements et traces de sabots d'animaux sont également représentés. L'eau peut être douce ou un peu saumâtre, mais elle reste toujours transparente et propre. Il est courant que les femelles de *Culex tritaeniorhynchus* entrent dans



les habitations et pique l'homme pendant la nuit, à tout moment de la nuit (Kirkpatrick, 1925 ; Khalaf, 1962).

Cette espèce a été associée à divers virus et agents pathogènes filariens dans de nombreuses régions de l'est et du sud-est de l'Asie.

## 2.14. Présentation du matériel végétale utilisée

### 2.14.1. Détermination géographique de la zone de récolte

L'échantillonnage a été réalisé à Koudiet Merah au nord de la commune d'Ain El-Berda et à la Frontière sud de la commune d'El-Hadjar (**Figure 22**), l'endroit situé près de la route nationale N° 21 Guelma-Annaba côté gauche (36°44'10.1"N 7°39'15.2"E).



**Figure 22.** Détermination géographique de la zone de récolte.



### 2.14.2 .La récolte et ses précautions.

La collecte est en relation avec les changements climatiques et saisonniers. Afin d'évaluer les caractéristiques d'une plante, il faut tenir compte de la partie utilisée, sa morphologie, sa couleur, de sa nature, de sa saveur. Le maximum de principes actifs est concentré dans chaque partie de la plante à une période spécifique de l'année, à laquelle il faut procéder à la récolte. Le moment idéal pour cueillir peut différer en fonction de l'altitude, notamment pendant les périodes de floraison.

Les caractéristiques des plantes sont principalement influencées par la région de production, la période et les méthodes de cueillette.

La récolte a été faite au mois de février (28 Février 2023) dans l'après-midi.

-On a déterminé un champ non cultivé pour éviter l'influence de tous les herbicides, fongicides et aussi l'influence des engrais chimiques.

-On a utilisé une faucille pour une coupure bien déterminer de la plante récolté, chaque coupure a été mettre directement dans un carton pour éviter la perte des composants de la plante.

-La position de la coupure été bien déterminée sur la tige, dont la distance entre la tige et la fleur est 10 cm (**Figure 23**).



**Figure 23.** Les parties aériennes récoltées de la camomille.



### 2.14. 3. Séchage de la plante

Le séchage a été fait selon les étapes suivantes :

-Le séchage de la plante a lieu complètement à l'ombre sans exposition au soleil pour éviter les rayons de la lumière.

-Mettre un support pour distribuer les différents éléments de la plante et on élimine les herbes étrangères le jour même où la différence entre la plante principale récoltée et les herbes fraîches étrangères est très claire pour éviter un mélange qui peut perturber l'opération de l'hydrodistillation et l'huile essentiel obtenu soit pure.

Le temps nécessaire pour sécher les plantes varie de quelques jours à 15 jours, mais ne dépasse pas les 3 semaines pour éviter toute accumulation de poussière. Les écorces et les racines sont les plus difficiles à sécher ; on atteint le bon degré de séchage lorsque les feuilles et les fleurs sont solides, mais ne se brisent pas ou ne se touchent pas.

### 2.14. 4. Présentation de la camomille (*Chamaemelum nobile* L.)

#### a. Historique

Selon Galien, les sages de l'Égypte ancienne ont consacré la fleur de la camomille romaine au dieu du Soleil en raison de ses propriétés antipyrétiques (Faucon, 2019). Elle a été utilisée notamment pour embaumer le pharaon de Ramsès II. Elle a été découverte par les Grecs et les Romains , Elle a été utilisée en Europe, en même temps que l'expansion de l'Empire romain. La camomille romaine, considérée comme l'une des 7 plantes sacrées (plantes de la Saint-Jean), arrive en Allemagne à la fin du Moyen Âge. Dans le capitulaire de Villis, l'empereur d'Occident Charlemagne recommande la culture de 88 plantes, y compris la camomille romaine, dans les jardins royaux. La camomille romaine est considérée comme antispasmodique dans la médecine traditionnelle française. Dans la médecine arabe, on trouve des recommandations de se laver les yeux avec de l'eau de camomille afin de soulager les douleurs. Cependant, son espèce étant très similaire à la camomille matricaire (allemande), il est probable qu'elles aient été confondues (Fleurentin, 2018).

#### b. Caractéristiques

Son nom d'origine grecque fait référence aux caractéristiques de la camomille : elle pousse près du sol (chamos) et l'odeur de ses fleurs évoque celle de la pomme (melos) (Millet, 2015). La camomille romaine est mésohygrophile, c'est-à-dire qu'elle aime les



environnements humides. Elle se rencontre à proximité des cours d'eau, au bord des étangs, dans les chemins étroits, sur les sols sablonneux (Fleurentin, 2014 ; Tison *et al.*, 2014) .

### **c. Particularités botaniques**

La camomille romaine, qui mesure entre 10 et 30 cm de haut, est une plante hémicryptophyte : elle est une plante herbacée vivace en pleine nature (annuelle lorsqu'elle est plantée, cultivée et récoltée, de mai à septembre). À l'extrémité des tiges, les fleurs sont capitulées, l'espèce sauvage a des fleurs tubulées jaunes au centre et des fleurs ligulées blanches en périphérie, tandis que la variété cultivée n'a que des fleurs blanches. Les fleurs sont placées dans un réceptacle conique. Les capitules floraux sont collectés avant leur épanouissement et sont constitués de nombreuses fleurs qui représentent une seule fleur (Faucon, 2019 ; Fleurentin, 2014 ; Tison *et al.*, 2014) .

### **d. Famille botanique**

*Chamaemelum nobile* L., avec des synonymes tels que *Anthemis nobilis* L. et *Ormenis nobilis* Coss. & Germ. À titre d'anecdote, il est appelé localement la Camomène Romène (De Wever, 1980). Il s'agit d'une espèce de trachéophytes spermatiques du clade des Angiospermes (Dicotylédones). C'est une espèce de plantes de la famille des Asteraceae, la plus grande de tous les végétaux, de la tribu des Anthemideae (Quézel & Santa 1963).

### **e. Types de plantes médicinales**

La classification des plantes porte sur deux origines à la fois. En premier lieu les plantes spontanées dites "sauvages" ou "de cueillette", puis en second les plantes cultivées (Bruneton, 1999).

Les plantes spontanées sont toutes les plantes qui poussent naturellement dans une région sans y avoir été introduites par l'homme. Ce sont des espèces spontanées que l'homme utilise mais ne sème pas et ne cultive pas (Bellakhdar, 1997). Les plantes spontanées vivaces constituent un facteur de protection de l'environnement contre l'érosion éolienne et hydrique, ainsi que la fixation du sol et des dunes. Certaines plantes spontanées forment un habitat naturel d'autres espèces faunistique (Bézanger-Beauquesne *et al.*, 1986). La valorisation de bio ressource végétale spontanée à des fins alimentaires, médicales, cosmétiques, peut constituer une voie de développement économique (Ould el Hadj *et al.*, 2001).



Pour l'approvisionnement de marché des plantes médicinales et la protection de la biodiversité floristique. Le reboisement des plantes médicinales est indispensable pour assurer leur disponibilité prévisible au moment et en quantité voulu et, entre autre, assurer le non sur les plantes médicinales cinq besoin de déplacer aux forets pour éviter de détruire les espèces sauvages et protéger les plantes actuellement rares ou en voie de disparition et, enfin, garantir un contrôle plus facile de la qualité, de la sécurité et de la propreté des plantes. La teneur en principes actifs d'une plante médicinale varie avec l'organe considéré, mais aussi avec l'âge de la plante, l'époque de l'année et l'heure de la journée. Il y a donc une grande variabilité dont il faut tenir compte pour récolter au moment le plus opportun (Bouacherine & Benrabia, 2017).

## **2.15. Les huiles essentielles (HE)**

### **2.15.1. Définition des huiles essentielles**

Les huiles essentielles sont des combinaisons extrêmement complexes de composés volatils extraits de plantes. Ces plantes sont composées de divers éléments tels que l'espèce végétale, les parties de la plante utilisées pour l'extraction, la nature du sol, le moment de la récolte, la phase du cycle végétatif et l'extraction. La période de récolte, la période de croissance des plantes et l'extraction (Vigan, 2010). Les huiles essentielles ont pour principale fonction de parfumer et d'aromatiser les plantes. Elles ont aussi un rôle crucial en matière de communication, en attirant les pollinisateurs et en repoussant les insectes nuisibles. Les pollinisateurs et les ravageurs sont repérés. Ils peuvent aussi être utilisés comme des signaux pour d'autres plantes de la même espèce (Gershenzon et *al.*, 2007).

Depuis des siècles, les plantes aromatiques et les extraits obtenus à partir d'elles sont réputés pour leurs propriétés antiseptiques, bactéricides, fongicides, antivirales et médicinales (Swamy et *al.*, 2016 ; Bassolé et *al.*, 2012). Ces propriétés sont utilisées pour l'embaumement, les cérémonies religieuses, la préservation des aliments, les insecticides et parasitocides en agriculture, ainsi que pour les agents antimicrobiens, antispasmodiques, sédatifs, anesthésiques topiques et anticancéreux (Kowalczyk et *al.*, 2023 ; Mostafa et *al.*, 2023).

### **2.15.2. Extraction et conservation des HE**

Hydro-distillation c'est la méthode la plus simple, cette technique consiste à immerger la matière première végétale dans un bain d'eau. Les composés volatils contenus dans les cellules diffusent à travers les parois cellulaires sous l'action physique qui exerce le Gonflement de la matière végétale. La chaleur intense fait exploser les petites poches qui contiennent des molécules odorantes.



Elles sont ensuite canalisées dans un condensées et réfrigérées pour se liquéfier à nouveau, du fait que la différence de densité entre l'eau et les composés aromatiques entraîne la formation d'une phase organique et d'une phase aqueuse (Bruneton, 1999 ; Fakhari et *al.*, 2005). Puis le distillat (eau+ huiles essentielles) est récupéré. Les huiles essentielles ont été séchées sur MgSO<sub>4</sub>. Ensuite conservées dans des piluliers bruns hermétiquement fermés à 4°C jusqu'à leur analyse (**Figure 24**).

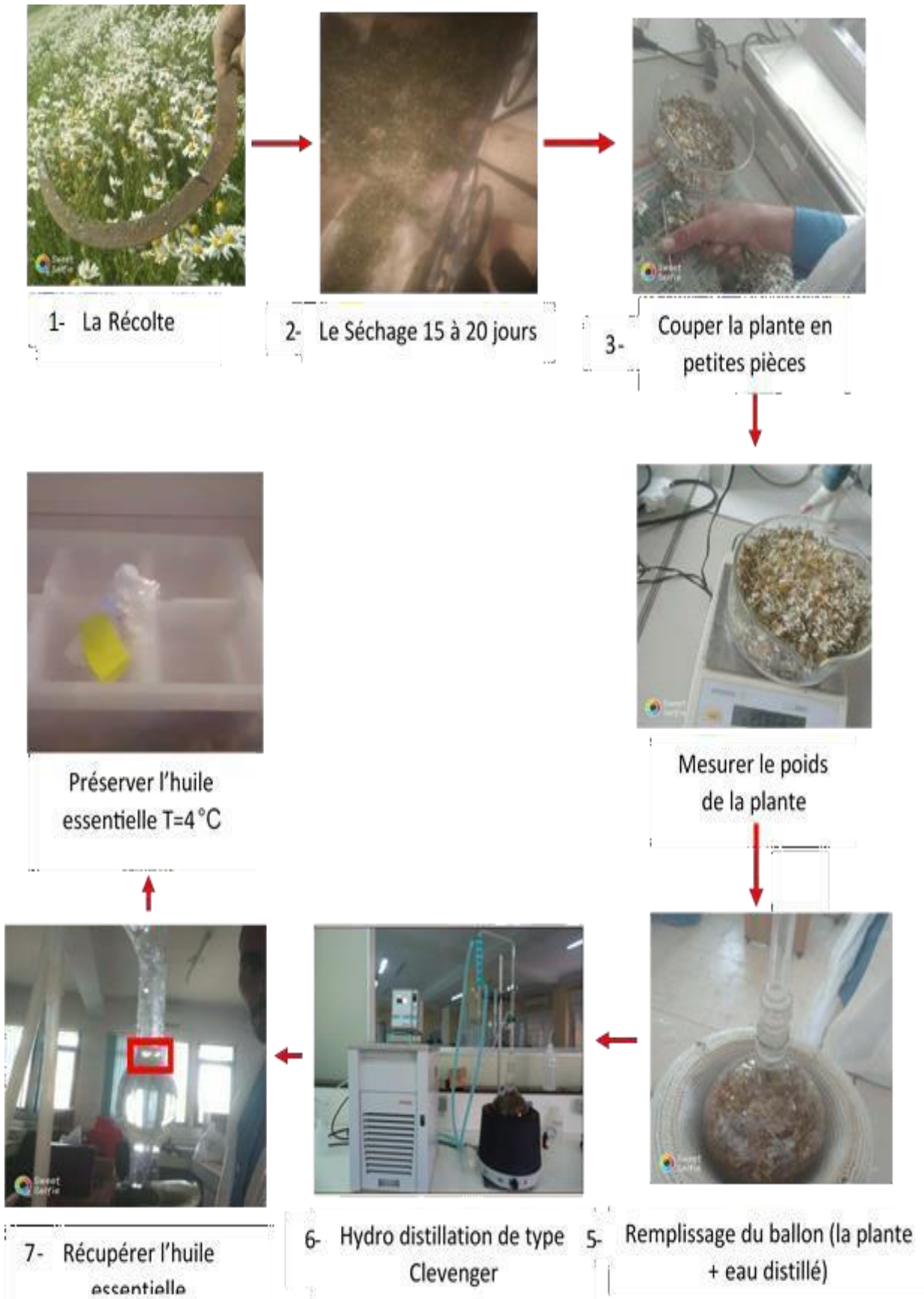


Figure 24. Les différentes étapes d'extraction des huiles essentielles de la *Camomille noble*



### 2.15.3. Le rendement des huiles essentielles obtenues

Selon AFNOR (2000), le rendement est défini comme la proportion entre la masse de l'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal utilisé. Une fois que les Huiles Essentielles ont été récupérées, le rendement est calculé en utilisant la formule suivante:

$$\text{Rdt} = m/m_0 \times 100$$

Rdt : rendement en Huiles Essentielles (en %) pour 100 g de la matière sèche m

: masse d'Huiles Essentielles récupérées (g)

$m_0$  : prise d'essai du matériel végétal (g).

### 2.15.4. Caractéristiques organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques de chaque huile essentielle sont spécifiques, telles que l'odeur, l'aspect et la couleur, qui sont définies par la norme (AFNOR, 1989).

### 2.15.5 Analyse physico-chimiques de l'huile essentielle de la camomille

#### Détermination des Composés par CPG/SM

La chromatographie en phase gazeuse - spectrométrie de masse (CPG/SM) s'est avérée être la méthode appropriée pour la séparation et l'identification des composants d'une huile essentielle ; elle permet une analyse à la fois qualitative et quantitative. Elle est basée sur le principe de la chromatographie de partage (Skoog et *al.*, 2003) (**Figure 25**).

L'analyse par CPG/SM a été réalisée dans les Conditions Opératoires suivantes :

#### **Injecteur :**

Température : 250°C

Mode d'injection : Split 1 ; 80

Volume injecté : 0.2  $\mu$ l

#### **Colonne :**

Type : HP-5MS

Dimensions : long 30 m \* D int 0.25 mm \* épaisseur film 0.25  $\mu$ m

Phase stationnaire :5% Phenyl 95% dimethylpolysiloxane



**Température du four :**

60°C pendant 8 min, 2°C/min jusqu'à 250°C. ; Isotherme 10 min ;

Durée d'analyse : 113 min

Gaz vecteur : hélium pur 6.0 Débit  
: 0.6 ml/min

**Détecteur de masse :**

Mode d'analyse : SIM Délai

du solvant : 3.5 min

Température de l'interface : 270 °c Type

d'ionisation : Impact électronique

Intensité du filament : 70 év

Type de l'analyseur de masse : Quadripôles Température

de la source : 230 °c

**Equipement :**

Chromatographe : Hewlett Packard Agilent 6890 plus Spectromètre

de masse : Hewlett Packard Agilent 5973



**Figure 25.** L'appareillage de la CPG/SM .



## 2.16. Les essais de bio-insecticides.

### 2.16.1. Effet larvicide des HE sur les larves L4

La méthodologie de nos tests est inspirée de la technique des tests de sensibilité normalisés par l'Organisation Mondiale de la Santé. L'huile essentielle de la *Chamaemelum nobile* L. a été diluée dans 1 ml d'éthanol. A partir de l'extrait initial (solution stock 10mg /ml) de l'huile essentielle de la camomille différentes concentrations de 3mg/ml, 4mg/ml, 5mg/ml et 6 mg/ml ont été préparées. Un screening préalable nous a permis de sélectionner cette gamme de concentrations. Des lots de 25 larves sont répartis dans des gobelets contenant 100 ml d'eau déchlorurée. L'essai pour chaque concentration est conduit en utilisant 3 réplifications qui comportent chacune 25 larves du quatrième stade nouvellement exuviées. Une série témoin est conduite en parallèle et les individus reçoivent uniquement le solvant (1ml d'éthanol).

Après 24h de traitement, les larves sont rincées et placées dans des nouveaux récipients contenant de l'eau déchlorurée et de la nourriture. Les taux de mortalité sont enregistrés 24,48 et 72 après la première exposition au produit.

Les pourcentages de mortalité observée (1) des différentes séries ont été déterminés puis corrigés selon la formule d'Abbott (1925) (2) pour éliminer la mortalité naturelle. Les pourcentages de mortalité corrigés subissent une transformation angulaire selon les tables de Bliss (1938), cités par Fisher et Yates (1957) et font l'objet d'une analyse de la variance à un critère de classification qui permet le classement des doses par le test HSD de Tukey, afin d'évaluer l'effet du bioinsecticide. Enfin, la régression non linéaire exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme de la dose a permis d'estimer, pour l'huile essentielle de de la camomille des CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub> avec leurs intervalles de confiance.

$$(1) \text{Mortalité observée (\%)} = \frac{\text{Nombre d'individus morts}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$$

$$(2) \text{Mortalité corrigée (\%)} = \frac{\% \text{Mortalité des traités} - \% \text{Mortalité des témoins}}{100 - \text{Mortalité observée des témoins}} \times 100$$



### 2.16.2. Effet ovicide de l'HE sur le moustique *Culex tritaeniorhynchus*

La méthodologie de nos tests est inspirée de la technique des tests préconisés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2005). L'huile essentielle de la camomille (*Chamaemelum nobile L.*) été diluée dans 1 ml d'éthanol à partir de l'extrait initial (solution stock 10mg/ml). Les concentrations de l'HE de *Chamaemelum nobile L.* utilisé dans notre test sont la CL<sub>25</sub> (4,27mg/ml) et la CL<sub>50</sub> (4,80mg/ml). L'expérience consiste à transférer les nacelles d'œufs nouvellement pondus (moins de 24h) de *Cx. Tritaeniorhynchus* dans des gobelets contenant l'HE de de la camomille additionné à l'eau d'élevage (100 ml/gobelet) pendant 24 heures (exposition indirecte). En parallèle, les témoins ont été exposés seulement à l'eau déchlorurée. L'essai a été réalisé avec quatre répétitions contenant chacune 2 nacelles d'œufs de la même taille. Après 24 heures, les œufs sont rincés et placés dans des nouveaux récipients contenant de l'eau déchlorurée propre. Le nombre d'œufs éclos chez les lots témoins et les traités sont comptés quotidiennement sous la loupe binoculaire. Les expériences ont été menées dans les conditions de laboratoire.

- **Calcul du pourcentage d'éclosion** : Le taux d'éclosion (PE) % des œufs pondus par les femelles ont été calculés selon la formule suivante :

$$\text{PE (\%)} = (\text{Nombre des œufs éclos} / \text{Nombre total des œufs}) \times 100$$

### 2.16.3 Activité Bio-insecticide de l'HEs sur la durée de l'embryogénèse

L'expérience consiste à exposer des larves du quatrième stade nouvellement exuvies de *Culex tritaeniorhynchus* à l'HE de de la camomille. Chaque essai comporte 25 larves du quatrième stade qui sont mises en contact pendant 24 heures avec l'insecticide, dans des récipients remplis d'eau d'une contenance de 100 ml. L'essai est réalisé à raison de 4 réplifications. Une série témoin est conduite en parallèle et les individus reçoivent uniquement le solvant (1ml d'éthanol). Après 24 heures, les larves sont rincées et placées dans des nouveaux récipients et sont nourries avec de l'alimentation pour poissons (Fish-food). Le comptage du nombre d'œufs chez les lots témoins et les traités a été effectué sous la loupe binoculaire. Ensuite, en fonction de l'éclosion des œufs nous avons déterminé la durée moyenne de l'incubation des œufs. Les expériences ont été menées dans les conditions de laboratoire. Le suivi de la durée de l'incubation des œufs s'est déroulé quotidiennement pour les traités et les témoins.



#### 2.16.4 Evaluation de l'impact de l'HE sur quelques paramètres de la reproduction

La méthodologie de nos tests est inspirée de la technique des tests de sensibilité normalisés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2005). L'huile essentielle de la camomille noble été diluée dans 1 ml d'éthanol à partir de l'extrait initial (solution stock 10mg /ml). Les concentrations de l'HE de de la camomille utilisé dans notre test sont la CL<sub>25</sub> (4,27mg/ml) et la CL<sub>50</sub> (4,80mg/ml). L'expérience consiste à exposer des larves du quatrième stade nouvellement exuvies de *Culex tritaeniorhynchus* à l'HE de de la camomille. Chaque essai comporte 25 larves du quatrième stade qui sont mises en contact pendant 24 heures avec la biocide, dans des récipients remplis d'eau déchlorurée d'une contenance de 100 ml. L'essai est réalisé à raison de trois réplifications. Une série témoin est conduite en parallèle et les individus reçoivent uniquement le solvant (1ml d'éthanol). Après 24 heures, les larves sont rincées et placées dans des nouveaux récipients contenant de l'eau déchlorurée. Les larves sont nourries avec de l'alimentation pour poissons (Fish-food). Les expériences ont été menées dans les conditions de laboratoire.

##### a. Effet de l'huile essentielle de de la camomille sur la fécondité et la fertilité

Dans le but de déterminer la fécondité (nombre d'œufs pondus) et la fertilité, les nymphes nouvellement formées sont placées dans des récipients d'eau puis mis dans des cages jusqu'à l'émergence. Les adultes ayant survécu au traitement par l'HE de de la camomille sont nourris du suc des dattes (apport énergétique) suspendues dans la cage. D'autre part les femelles reçoivent un repas sanguin. Deux à trois jours après la fécondation des pontes ont lieu. Le nombre d'œufs pondus et le nombre d'œufs éclos sont comptés quotidiennement sous la loupe binoculaire. Le pourcentage d'éclosion a été calculé par la formule suivante :

$$PE (\%) = (\text{Nombre des œufs éclos} / \text{Nombre total des œufs}) \times 100$$

#### 2.17. Analyses statistiques

Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne  $\pm$  écart type ( $m \pm sd$ ) pour chaque groupe expérimental. L'égalité des variances a été vérifiée à l'aide des tests de Bartlett et de Levene avant l'application des tests paramétriques. Les analyses statistiques comprenaient une régression non linéaire et une analyse de la variance



(ANOVA) à un seul critère de classification.

Lorsque des différences significatives étaient détectées, le test HSD (Honest Significant Difference) de Tukey a été utilisé pour comparer les moyennes et classer les concentrations selon leurs effets. Les comparaisons deux à deux ont été réalisées à l'aide du test t de Student. Les analyses ont été effectuées à l'aide des logiciels GraphPad Prism (version 6.01) et MINITAB (version 16), avec un seuil de signification fixé à  $p < 0,05$ .



*RESULTAT*



# RÉSULTATS



### 3. Résultat

#### 3.1. Inventaire des Culicidae

La liste des espèces de Culicidés recensées dans les sites du lac Fetzara : Site1, Site2 et Site3 est mentionnée dans le tableau au-dessous. Les résultats mettent en évidence 6 espèces de Culicidae appartenant à une seule sous-famille, celle des Culicinae, où on a noté la présence de quatre tribus :

La tribu des Aedini est représentée par deux espèces : *Aedes pinctor* et *Aedes vexans*, la tribu des Culicini comprenant un seul genre, celui des *Culex* avec deux espèces : *Culex tritaeniorhynchus* et *Culex pipiens*, la tribu d'Orthopodomyini avec une seule espèce *Orthopodomyia pulcripalpis* et enfin la tribu des Culisetini représentée par une seule espèce *Culiseta longiareolata*.

L'analyse de la composition en espèces de Culicidae dans les différents sites d'étude montre d'abord que chaque milieu présente une particularité faunistique. En effet, d'après le tableau (5), *Culiseta longiareolata* se trouvent dans deux types de gîte. De plus, le site 3 est le plus riche en espèces (03espèces) comparativement aux autres sites où le nombre d'espèce varie entre 1 à 2 (tableau 6).

**Tableau 5** : Liste des espèces de Culicidae inventoriées dans les sites d'étude du lac Fetzara pendant année 2016.

Famille	Sous famille	Tribu	Genre	Eepèce
Culicidae	Culicinae	Culicini	Culex	<i>Culex tritaeniorhynchus</i> Giles, 1901
				<i>Culex pipiens</i> Linné, 1758
		Aedini	Aedes	<i>Aedes punctor</i> (Kirby), 1837 :
				<i>Aedes vexans</i> : (Meigen), 1830
		Culisetini	Culiseta	<i>Culiseta longiareolata</i> (Macquart), 1838
Orthopodomyini	Orthopodomyia	<i>Orthopodomyia pulcripalpis</i> (Rondani), 1872		

**Tableau 6** : Nombre d'espèces rencontrées dans les sites d'étude du lac fetzara.

<b>Espèces</b>	<b>Site1</b>	<b>Site2</b>	<b>Site3</b>
<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	+	-	-
<i>Culex pipiens</i>	-	+	-
<i>Orthopodomyia pulcripalpis</i>	+	-	-
<i>Culiseta longiareolata</i>	-	+	+
<i>Aedes punctor</i>	-	-	+
<i>Aedes vexans</i>	-	-	+
Nombre d'espèce	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

(+) et (-) signifie la présence ou absence de l'espèce dans le site.

### 3.2. Présentations des espèces inventoriées

#### 3.2.1. *Culex tritaeniorhynchus* Giles 1901

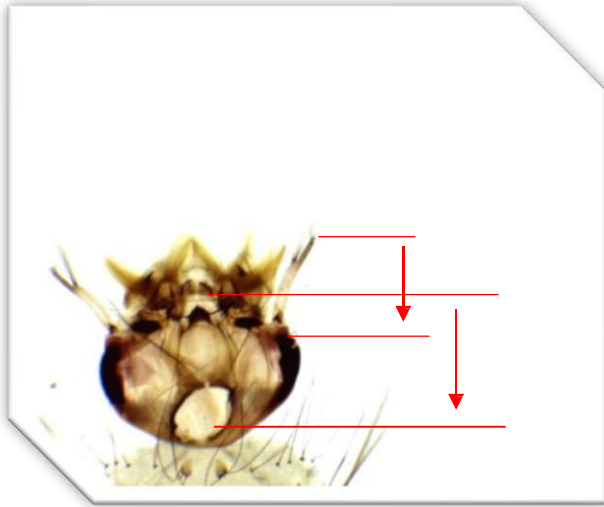
##### 3.2.1.1 Biologie de l'espèce

*Cx. tritaeniorhynchus* est une espèce endémique de l'Afrique tropicale, du Moyen-Orient, de l'Inde (d'où l'espèce a été décrite) et du Sud de la Russie. Elle n'a été observée en Afrique méditerranéenne qu'en Égypte. Ses larves s'épanouissent dans l'eau douce, mais peuvent être soumises à une certaine concentration de sel. Les lieux de résidence les plus courants sont : les rizières, les mares, les prairies inondées, les canaux d'irrigation, les trous de rocher, les traces dans le rocher. On trouve fréquemment cette espèce dans les marais côtiers. De nuit, les femelles piquent tous les mammifères ; elles pénètrent dans les habitations pour prendre son repas sanguin. L'espèce est responsable de la propagation de l'encéphalite japonaise en Iran et en Irak, elle a également la capacité de propager le virus West Nile. En Arabie Saoudi, on a isolé le virus Sindbis à partir de *Cx. tritaeniorhynchus* (Himmi et al., 1995).



### 3.2.1.2 Identification du Genre

Les larves de l'espèce étudiée peuvent se rencontrer dans un grand nombre de gîtes dans les zones humides à l'eau douce. Ce qui caractérise la larve du taxon étudié selon le logiciel d'identification de Schaffner et *al.* (2001) est illustré dans les figures 26, 27 et 28.



**Figure 26.** Longueur de la tête >= longueur de L'antenne



**Figure 27.** L'orifice respiratoire s'ouvrant à l'extrémité d'un tube cylindrique



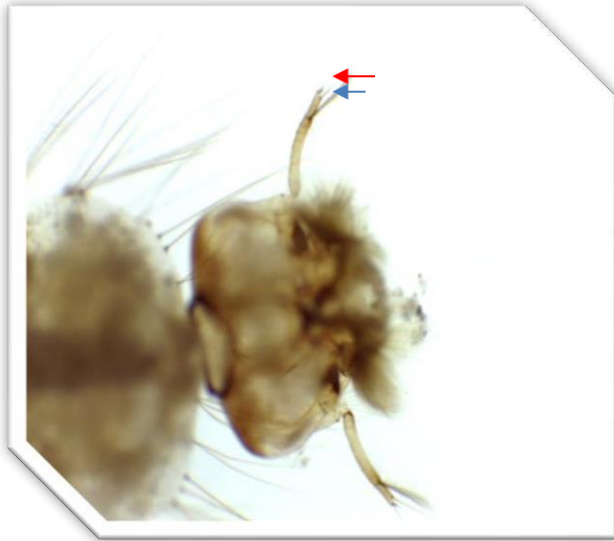
**Figure 28.** L'ornementation du siphon qui se caractérise par un peigne basal et plusieurs touffes ventrales.



Grace à tous ces critères, le genre qui a été déterminé dans notre étude est le genre *Culex*.

### 3.2.1.3 Identification de l'espèce

Les critères d'identification les plus importants chez les larves sont Ceux présentés dans les figures 29, 30, 31, 32, 33,34 et 35.



**Figure 29.** L'insertion de la soie antennaire 3- A «à proximité de 4-A»



**Figure 30.** Disposition des soies 1-S du S « des soies ventrales et latérales»



**Figure 31.** Nombre de soies latérales (1- S) du siphon « 3soies et plus ».



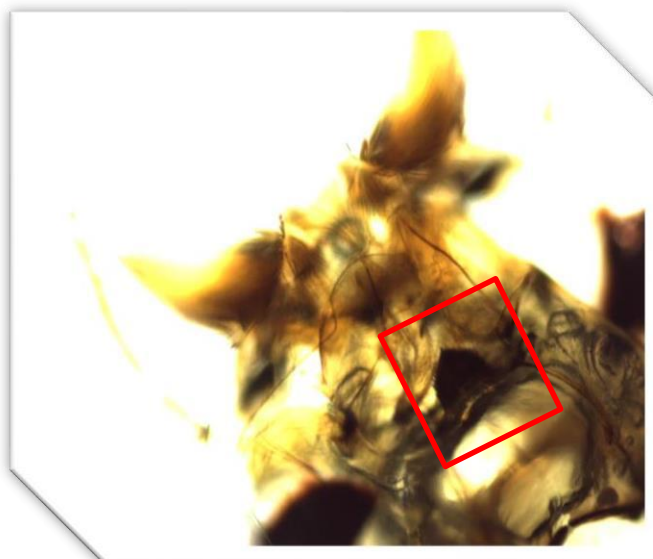
**Figure 32.** Nombre de branches de la soie 1a-s du siphon « 2 à 5 branches ».



**Figure 33.** Longueur de la soie 1a-s comparée au diamètre du siphon, au point d'insertion « L plus grand que D »



**Figure 34.** Position de la soie 1a-s par rapport à la dent distale du peigne du siphon « Au-delà ».



**Figure 35.** Le nombre de dents du mentum qui est formé de 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane.



Toutes ces caractéristiques nous indiquent l'espèce de *tritaeniorhynchus* (Giles, 1901).

### 3.2.2. *Orthopodomyia pulcripalpis* (Rondani), 1872

#### 3.2.2.1 Biologie de l'espèce

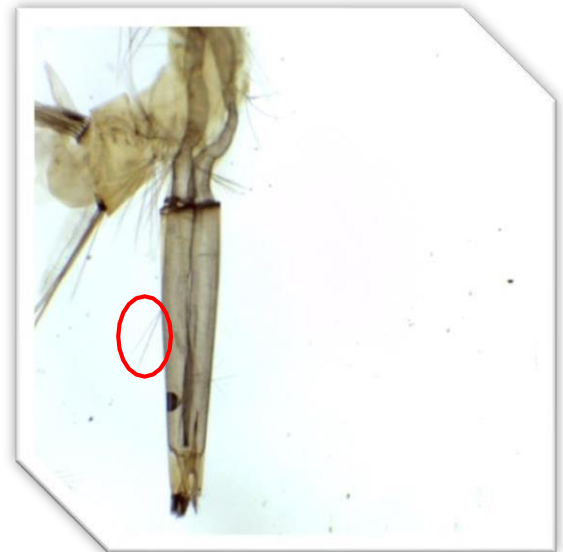
Dans toute l'Europe occidentale et dans la sous-région paléarctique méditerranéenne, on trouve l'*O. pulcripalpis*, qui se développe du Maroc à la Tunisie. L'œuf possède un réseau de motifs hexagonaux et une frange ajourée très originale qui se déploie dans le plan équatorial. Les œufs sont placés individuellement sur les parois du gîte, au-dessus du niveau de l'eau, puis recouverts d'un enduit gélatineux. Les larves s'élèvent dans les trous naturels, creusés dans les troncs d'arbres, qui retiennent longtemps l'eau potable. Les chênes-liège et le platane, qui sont souvent cariés, sont très appréciés. La couleur de l'eau de ces gîtes est toujours d'un brun foncé, car elle contient des tannins et de la matière organique. Les larves se cachent dans le vase du fond et ne remontent que rarement en surface. La durée du développement préimaginal est d'environ un an. L'espèce vit à l'état larvaire pendant l'hiver ; la nymphose survient au début du printemps (Schaffner et *al.*, 2001).

#### 3.2.2.2. Identification du genre et espèce

Les critères d'identification sont présentés dans les figures 36 et 37



**Figure 36.** Position de l'orifice respiratoire (s'ouvrant à l'extrémité d'un tube cylindrique)



**Figure 37.** Abdomen sans peignes et avec une seule touffe médiane.



### 3.2.3. *Aedes punctor* (Kirby), 1837

#### 3.2.3.1. Biologie de l'espèce

Il s'agit d'un moustique sténotherme froid qui est très répandu dans les régions septentrionales et côtières. Cette espèce n'a été observée qu'en Algérie et avec des réserves importantes, car elle est collectée dans une rizière. En cas d'exactitude de cette mention, *Ae. punctor* se situerait là au sud de son aire de répartition. Les œufs sont placés au-dessus de l'eau ou sur les feuilles encore humides de gîtes asséchés. Ils sont résistants à la déshydratation et au gel ; ils ne commencent à croître que lorsque l'oxygène diminue, parfois plusieurs semaines après la mise en eau du gîte.

La croissance des larves se fait dans des gîtes temporaires de taille variable où elles peuvent être très nombreuses. Souvent, l'eau des gîtes est acide (tourbière). *Ae. punctor* est le premier moustique à se nymphoser après la fonte des glaces dans les régions nordiques. L'espèce *Ae. punctor* est univoltine. On retrouve les adultes au printemps et au début de l'été. Pendant la journée, les femelles piquent tous les vertébrés à sang chaud et peuvent même entrer dans les maisons. Étant principalement rurale et peu mobile, l'espèce ne représente une menace majeure que près des tourbières et des marécages montagnards.



### 3.2.3.2. Identification du genre et espèce :

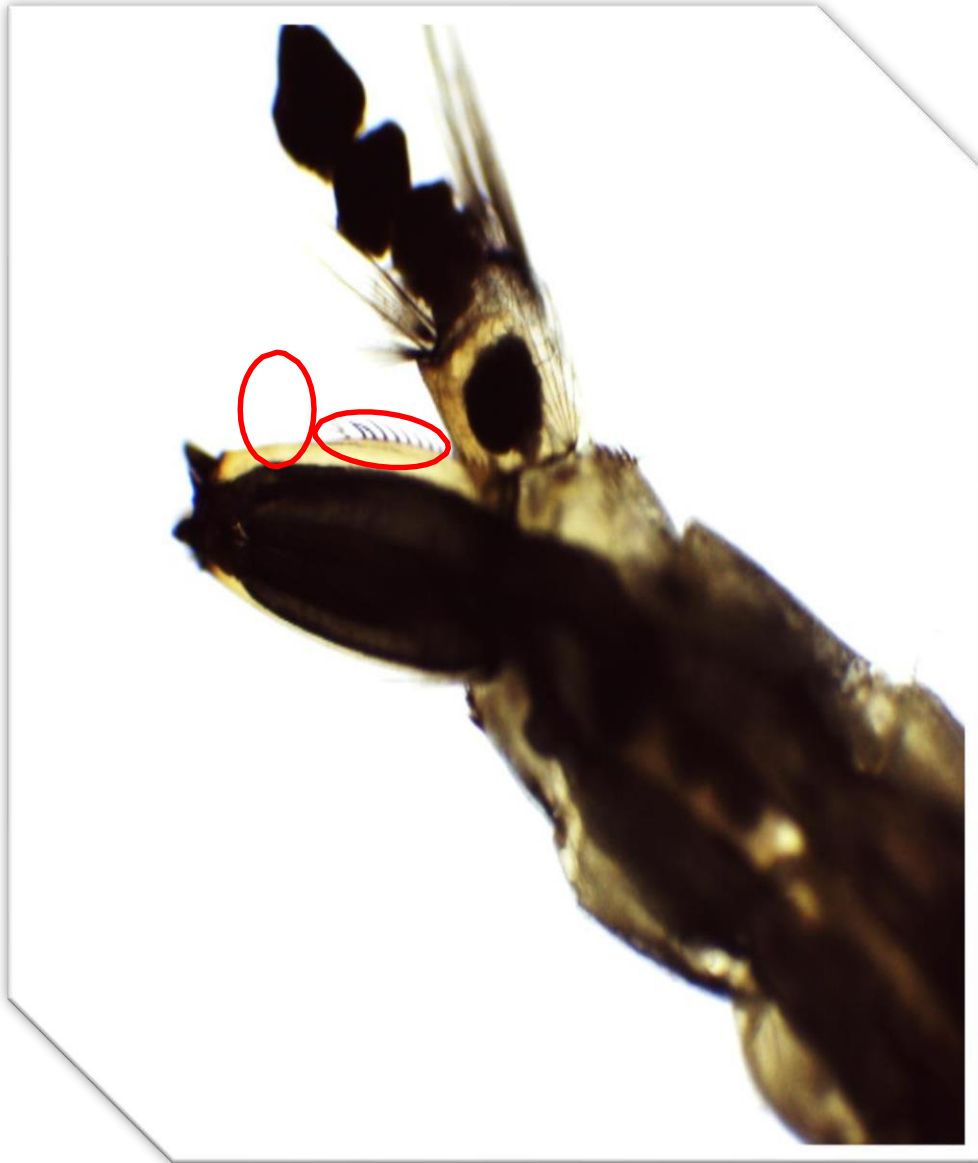
Les figures 38, 39, 40, 41, 42, 43 et 44 ci-dessous illustrent les étapes de l'identification de l'espèce *Aedes punctor*.



**Figure 38.** Tête : La longueur de l'antenne est moyenne antenne moyenne ( $L=1/2$  de la longueur de la tête)



**Figure 39.** Abdomen : La position de l'orifice respiratoire « s'ouvrant à l'extrémité d'un tube cylindrique.



**Figure 40.** Abdomen : Ornementation du siphon « avec peignes basales et 1 seule touffe de soies médiane.



**Figure 41.** La taille du siphon « moyen ( $3 < a/b \leq 4$ ) »



**Figure 42.** Disposition des dents des peignes du siphon « pas de dents nettement isolées »



**Figure 43.** Position de la soie antennaire 1-A « sur la moitié basal »



**Figure 44.** Forme de la selle « complète »



### 3.2.4. *Aedes vexans* (Meigen), 1830

#### 3.2.4.1. Biologie de l'espèce

Il s'agit d'une espèce signalée au Maroc et en Libye, avec une aire de répartition paléarctique, néarctique, orientale mais aussi australienne.

La ponde des œufs sur la vase humide des mares partiellement asséchées. Les deux extrémités sont aplaties et, au microscope, on peut observer de fines réticulations en surface. Après une période d'incubation de 4 à 10 jours, ces œufs peuvent rester secs pendant de nombreuses années. Lorsque la température et l'éclairage sont bons, ils s'écroulent simultanément lors de la remise en eau du gîte. Les œufs sont également résistants au gel.

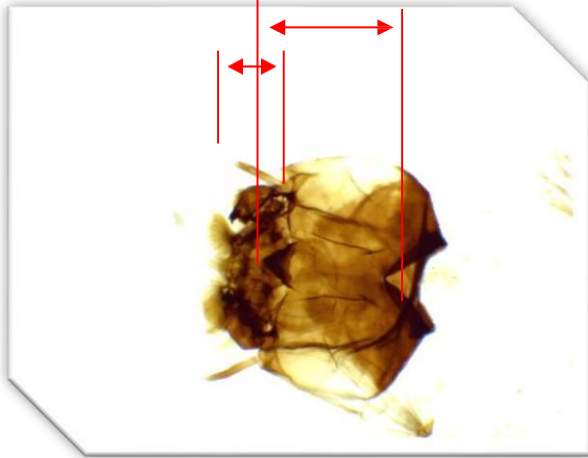
Les larves sont souvent très nombreuses dans de nombreux gîtes temporaires, petits ou grands, végétatifs ou non. Les prairies inondées, les rizières, les fossés, les mares, les bords d'oueds sont leur habitat principal. La croissance des larves s'étend de 4 à 25 jours. L'évolution d'*Ae. vexans*, une espèce multivoltine, est très rapide. Les adultes utilisent de bons voiliers pour se déplacer sur de longues distances, et un gîte très productif peut causer des problèmes 40 à 50 km plus loin. C'est principalement une espèce de printemps. Les femelles ont une durée de vie de deux mois et se nourrissent de nombreux hôtes ; elles piquent l'homme, le bétail et les oiseaux tout au long du nyctémère, mais surtout au crépuscule.

Le moustique *Ae. vexans* est l'un des moustiques nuisibles les plus répandus à travers le monde. Il transmet le virus Tahyna. Ce moustique, extrêmement agressif et parfois très nombreux, est à l'origine, au printemps, d'une grande perturbation dans les marais et les rizières (Le logiciel de Brunhes *et al.*, 2001).

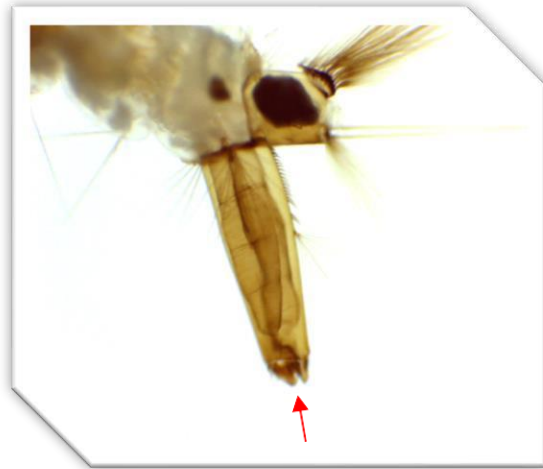


### 3-2-4.2. Identification du genre :

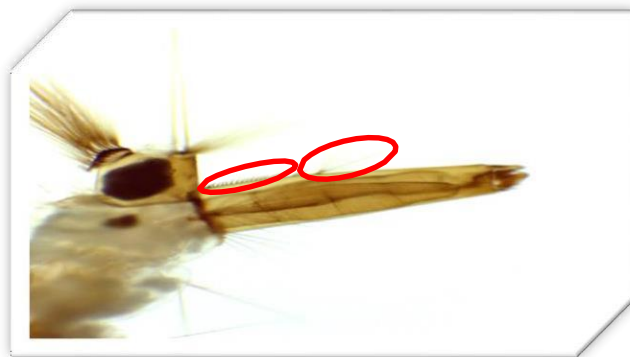
Les figures 45, 46 et 47 ci-dessous illustrent les étapes de l'identification du genre.



**Figure 45.** Tête : La longueur de l'antenne est Moyenne ( $L=1/2$  de la longueur de la tête).



**Figure 46.** La position de l'orifice respiratoire S'ouvrant à l'extrémité d'un tube cylindrique.

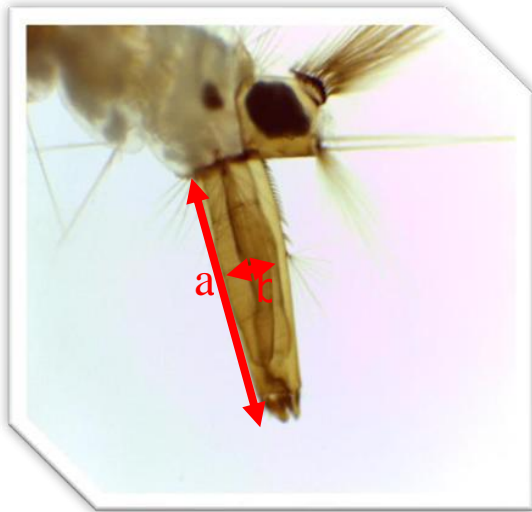


**Figure 47.** Abdomen ; ornementation du siphon « avec peignes basales et 1 seule touffe de soies médiane



**3.2.4.3. Identification de l'espèce :** Les figures 48, 49, 50 et 51 ci-dessous

illustrent les étapes de l'identification de l'espèce



**Figure 48.** La taille du siphon « moyen ( $3 < a/b \leq 4$ ) »



**Figure 49.** L'ornementation dorsale du siphon « absence de soie dorsale ».



**Figure 50.** Disposition des dents des peignes du siphon « de 1 à 3 dents nettement isolées ».



**Figure 51.** Forme de la selle « complète »



### 3.2.5. *Culiseta longiareolta* (Macquart) ,1838

#### 3.2.5.1. Biologie de l'espèce

*Cs. longiareolata* est une espèce à large répartition qui est présente dans le sud de la région paléarctique, dans les régions orientale et afro-tropicale. Elle est très commune dans toute l'Afrique méditerranéenne. Les œufs sont solidarités au moment de la ponte, ils forment ainsi une nacelle. Les gîtes larvaires sont de types très variés (bassins, abreuvoirs, puits abandonnés, trous de rochers, rizières, canaux) mais l'eau y est toujours stagnante et généralement riche en matières organiques. Ces gîtes sont permanents ou temporaires, ombragés ou ensoleillés, remplis d'eau douce ou saumâtre, propre ou polluée. Un aussi large spectre de possibilités explique la vaste répartition et l'abondance de l'espèce. Les larves sont carnivores et peuvent hiverner mais sans subir de vraie diapause. Les adultes sont présents toute l'année avec un maximum de densité au printemps et un autre en automne. Les femelles piquent les oiseaux ; elles pénètrent très rarement dans les maisons. L'espèce est multivoltine, sténogame et autogène.

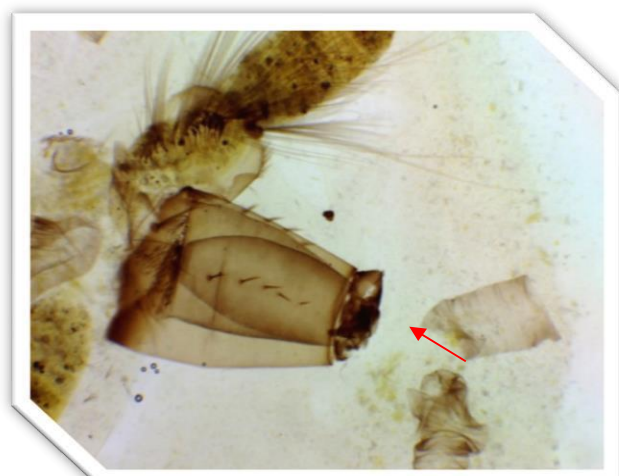
*Cs. longiareolata* ne pique pas l'homme et son rôle de vecteur de parasitoses humaines ne peut être que des plus réduits.

#### Identification du genre :

Les figures 52, 53, 54 et 55 ci-dessous illustrent les étapes de l'identification du genre et l'espèce.



**Figure 52.** La longueur de l'antenne est moyenne.



**Figure 53.** La position de l'orifice respiratoire « s'ouvrant à l'extrémité d'un tube cylindrique ».



**Figure 54.** Ornementation du siphon « avec peignes et 1 touffe basale.

### 3.2.5.2. Identification de l'espèce



**Figure 55.** Ornementation du tégument de l'antenne « lisses ».



### 3.2.6. *Culex pipiens* (Linné), 1758

#### 3.2.6.1 Biologie de l'espèce

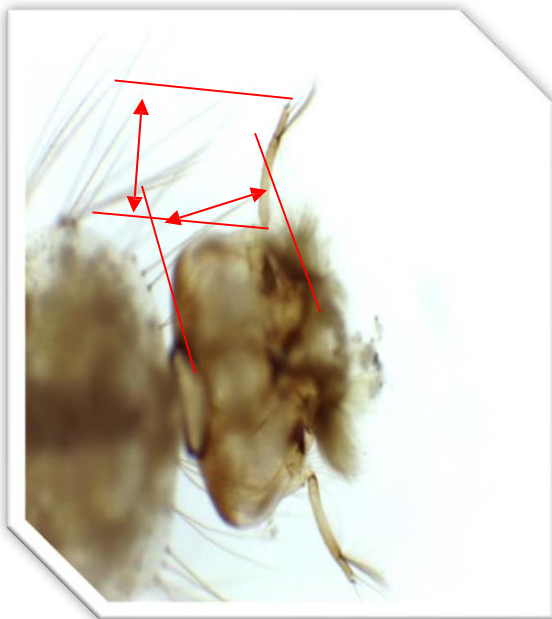
*Culex pipiens* a pour synonymes *Culex azoriensis* (Theabold, 1903), *Culex bifureatus* (Linné, 1758) et *Culex haenatophagus* (Ficalbi, 1889) (Senevet et Andarelli, 1959).

Berchi (2000) affirme qu'au milieu urbain et suburbain, certaines collections d'eau particulièrement riche en matière organique, sont responsables de la prolifération de ce moustique. Les femelles piquent la nuit toutes les vertèbres à sang chaud, elles prennent le repas surtout à l'intérieur des habitations.

Les *Culex* transmettent de nombreuses maladies. Selon Gargan et *al.*, (1983), le *Cx. pipiens* est un vecteur efficace de la filariose de Bancroft (*Wuchereria bancrofti*), qui affecte des millions de personnes en Afrique de l'Est et en Asie. De plus, le complexe *Cx. pipiens* est également un vecteur de diverses arboviroses, telles que la fièvre hémorragique de la vallée de Rift (flavivirus).

#### 3.2.6.2. Identification du genre

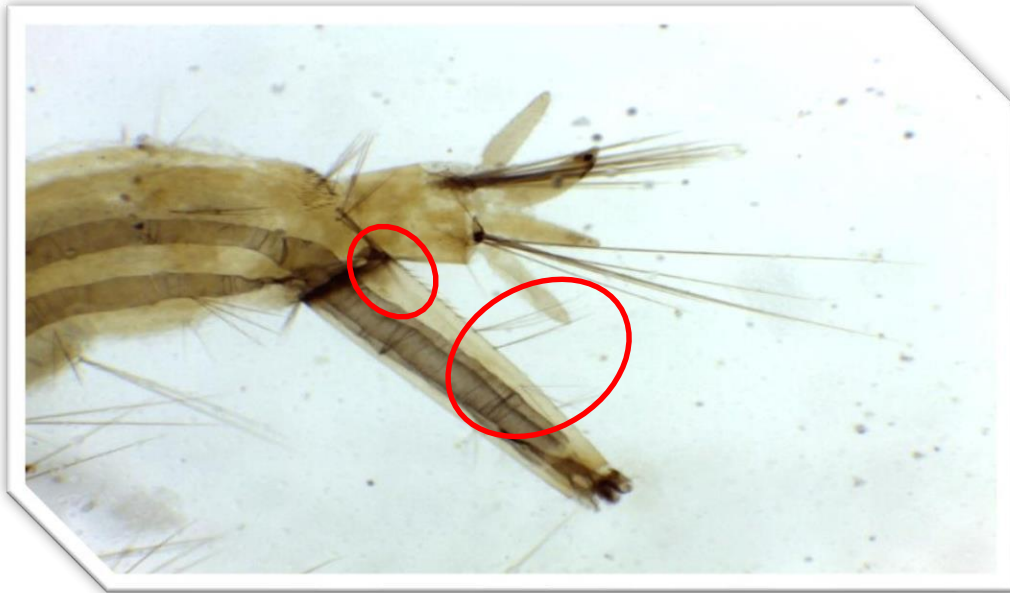
Les figures 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, et 64 ci-dessous illustrent les étapes de l'identification de l'espèce.



**Figure 56.** Longueur de tête  $\approx$  longueur de l'antenne.

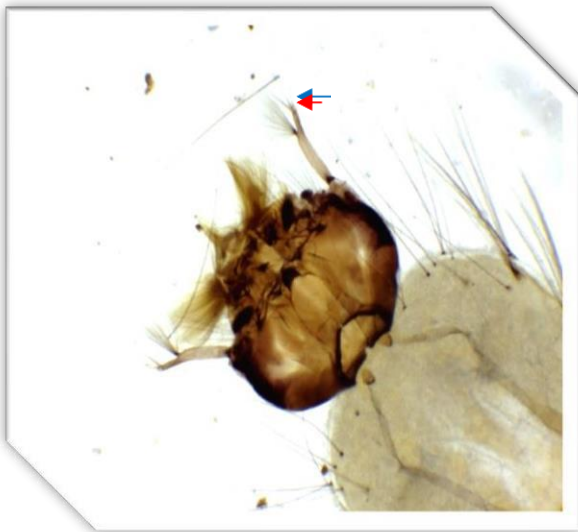


**Figure 57.** La position de l'orifice respiratoire « s'ouvrant à l'extrémité d'un tube cylindrique ».



**Figure 58.** Ornementation du siphon « avec peigne basale et plusieurs touffes ventrales ».

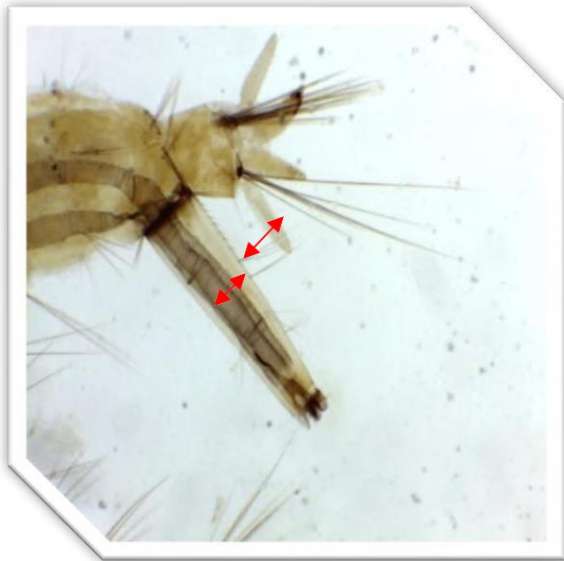
### 3.2.6.3. Identification de l'espèce



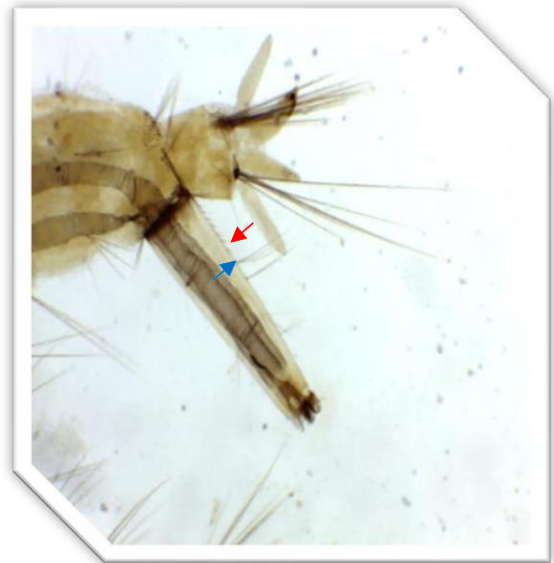
**Figure 59.** L'insertion de la soie antennaire 3-A «à proximité de 4-A ».



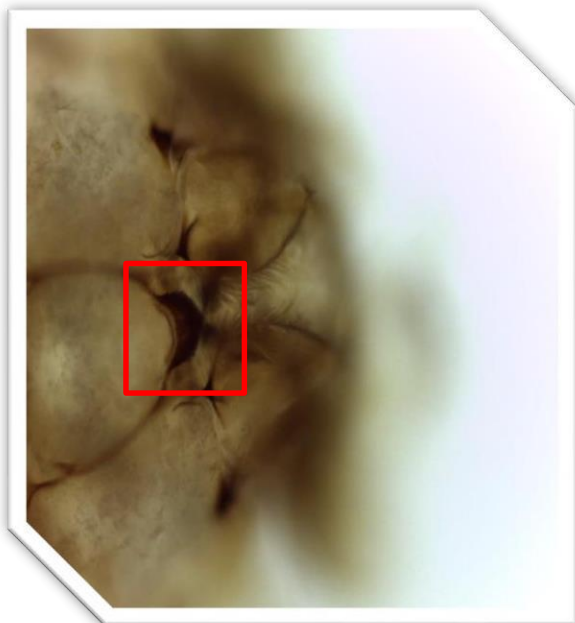
**Figure 60.** Nombre de branches de la soie 1a-s du siphon « 2 à 5 »



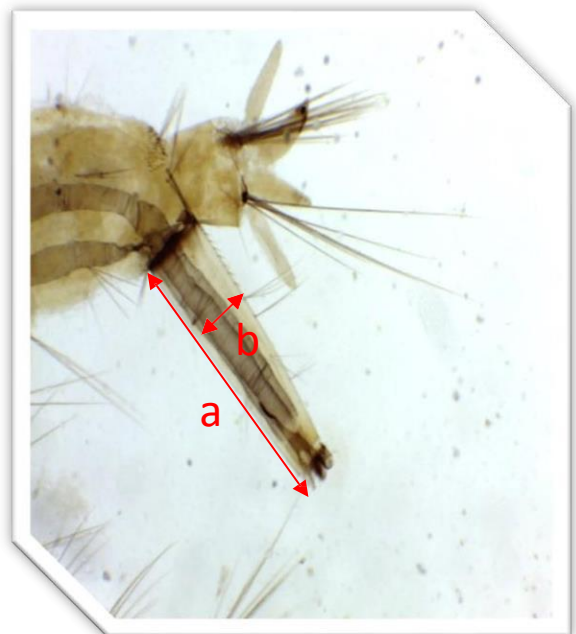
**Figure 61.** Longueur de la soie 1-as comparée au diamètre du siphon, au point d'insertion « L > D ».



**Figure 62.** Position de la soie 1a-s par rapport à la dent distale du peigne du siphon.



**Figure 63.** Le nombre de dents du mentum qui est formé de 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane.



**Figure 64.** Indice du siphon  $a > 3$  fois «b ».



### 3.3. Analyse de la faune culicidienne par des indices écologiques

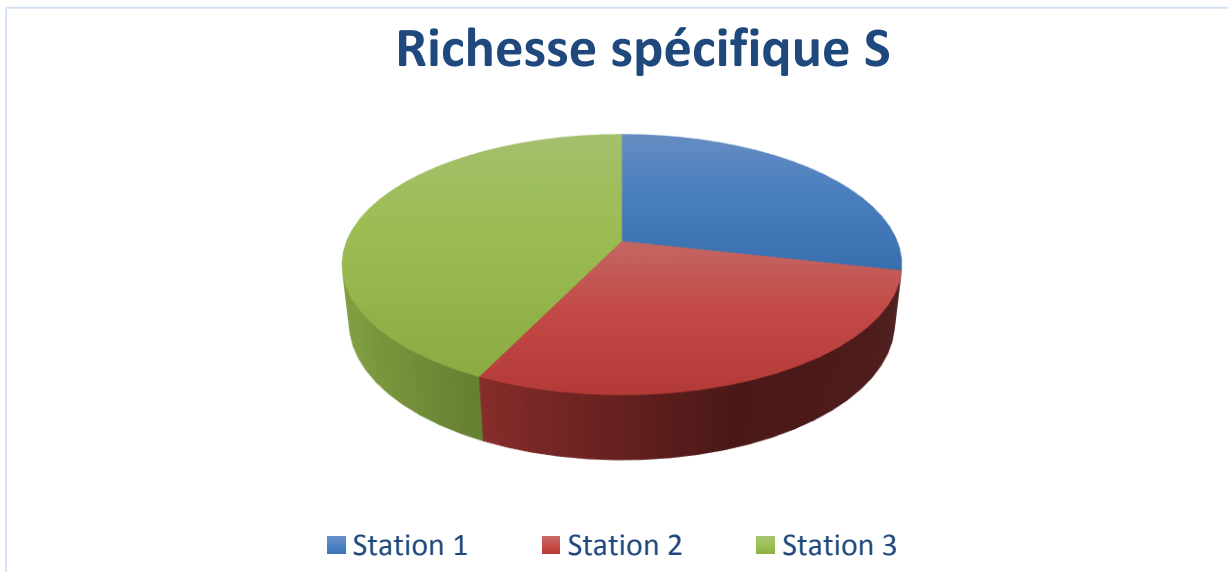
#### 3.3.1. Indices écologiques de composition

##### 3.3.1.1. Richesse spécifique

Les valeurs de la richesse spécifique dans les trois stations étudiées sont représentées dans le tableau(7) et la figure(65). Selon les valeurs de la richesse spécifique, la station 3 prend la première place, avec une richesse maximale des espèces culicidiennes de 3, suivi par les autres stations 1 et 2 avec une richesse de 2 espèces seulement.

**Tableau 7** : Distribution de la richesse spécifique dans les stations d'étude (station 1,2 et 3) au niveau du lac Fetzara.

Site (lac Fetzara)	Station 1	Station 2	Station 3
Richesse spécifique S	02	02	03
Richesse spécifique globale	06		



**Figure 65.** Distribution de la richesse spécifique dans les sites d'étude.



### 3.3.1.2. Abondance relative

Les valeurs de l'abondance relative des différentes espèces sont mentionnées dans le Tableau(8) et la figure(66). Les résultats montrent des valeurs des abondances relatives qui varient d'une espèce à l'autre selon les effectifs dans les trois stations d'étude. *Cx. tritaeniorhynchus* a été l'espèce dominante avec un taux de 49,52 %, puis en deuxième position vient *Cs. longiareolata* avec 24,87 %, suivie par *Cx. pipiens* avec 18,95%. On trouve une égalité de pourcentage entre *Or. pulcripalpis* et *Ae. punctator* avec 3,27 % et une moindre d'importance pour *Ae. vexans* avec 0,1%.

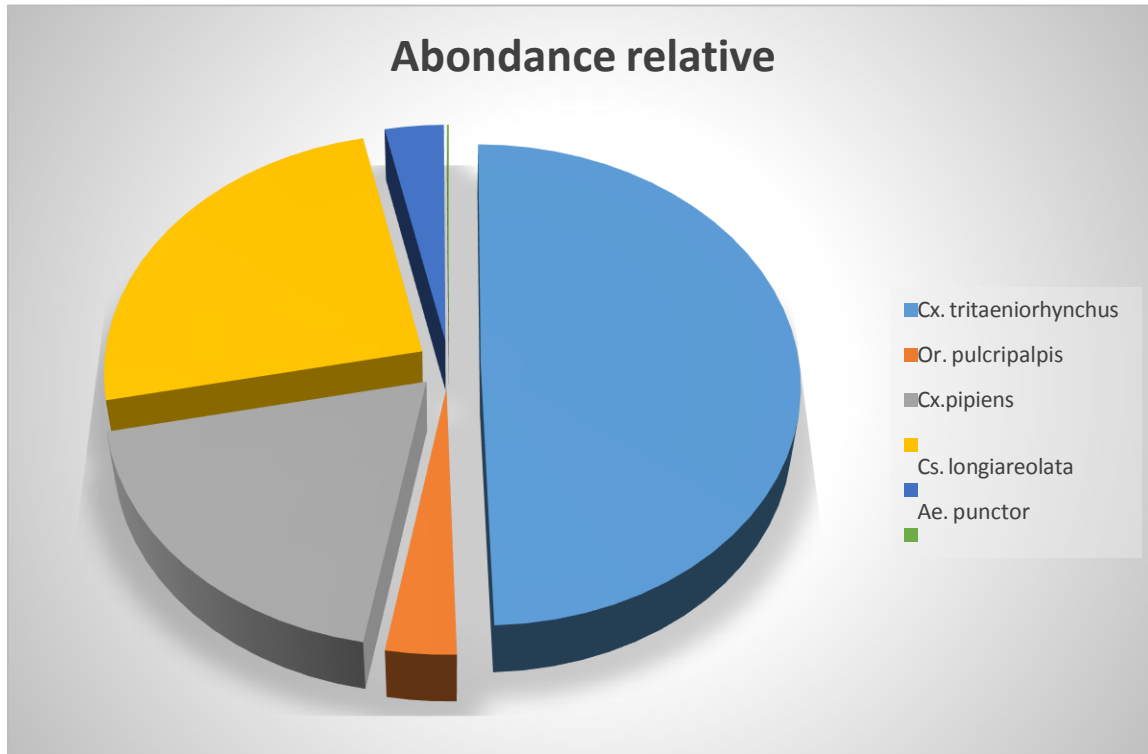
**Tableau 8 :** Abondance relative de chaque espèce récoltée dans les trois stations étudiées.

Site Espèces	Lac fetzara		
	Station1	Station2	Station3
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	49,52	-	-
<i>Or. pulcripalpis</i>	3,27	-	-
<i>Cx. pipiens</i>	-	18,95	-
<i>Cs. longiareolata</i>	-	12,32	12,57
<i>Ae. punctator</i>	-	-	3,27
<i>Ae. vexans</i>	-	-	0,1

Cx : Culex

Or : Orthopodomyia

Cs : Culiseta Ae : Aedes



**Figure 66.** Abondance relative de chaque espèce récoltée dans les trois stations étudiées du lac Fetzara année 2016.

### 3.3.2. Indices écologiques de structure

L'indice de Shannon-Weaver est le premier indice calculé. Les étapes de calcul sont mentionnées dans le tableau (9). La valeur de l'indice de Shannon-Weaver est de 0,48 bits dans la première station et de 0,52 – 0,40 dans la deuxième et troisième station. On trouve que les valeurs de Shannon-Weaver sont inférieures de la diversité maximale qui égale (1-1-1,58 bits) ce qui montre que la population culicidienne dans les trois stations étudiés n'est pas diversifiée.



**Tableau 9.** Indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espècesculicidiennes récoltées dans les 3 stations étudiées.

Site et espèces paramètres	Lac Fetzara		
	Station 1	Station 2	Station 3
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	985	-	-
<i>Or. pulcripalpis</i>	65	-	-
<i>Cx. pipiens</i>	-	377	-
<i>Cs. longiareolata</i>	-	245	250
<i>Ae. punctor</i>	-	-	65
<i>Ae. vexans</i>	-	-	02
Effectif/Station	1050	622	317
H'/station	0,48	0,52	0,40
S/station	2	2	3
H' max	1	1	1,58
E/ station	0,48	0,52	0,28

**H'** : Indice de Shannon-Weaver.

**E** : Indice d'équitabilité.

**H'** : Indice de Shannon-Weaver.

**H' max** : Diversité maximale.

**S** : est le nombre des espèces obtenu à partir du nombre total des relevés

### 3.4. Analyse de la répartition des espèces

#### 3.4.1. Traitement multivarié

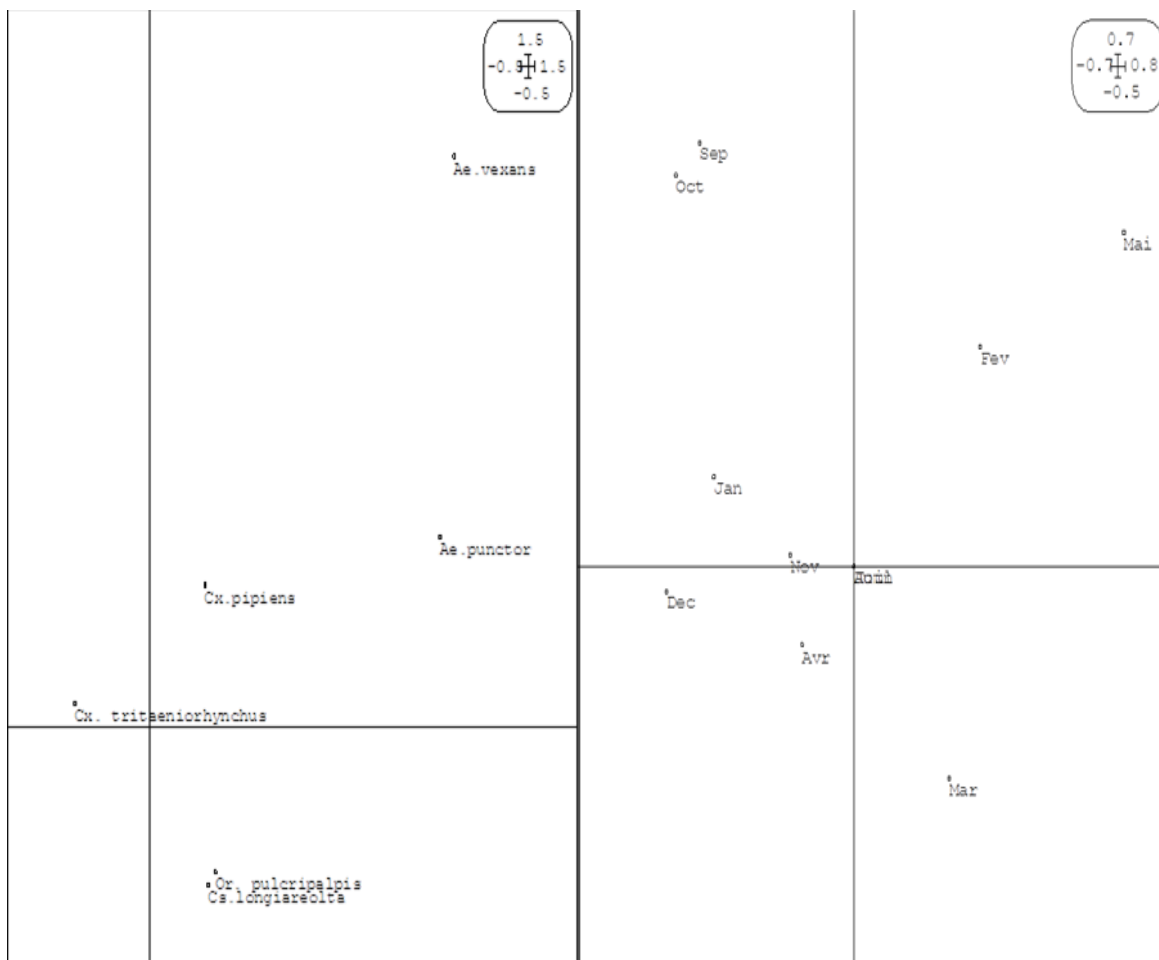
L'analyse statistique multivariée par le biais de l'AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) réalisée par le logiciel ADE version 4 (Chessel et Doledec, 1992) dans son plan factoriel 1x2 qui rassemble 55% et 34%, soit 89% de l'inertie totale nous expose les données suivantes (Fig. 67) :

Les mois de juin, juillet et aout (mois de l'été) sont concentrés au centre du graphique montrant une abondance nulle.



Le facteur 1 (Axe des ordonnés) oppose les mois de février, mars et avril ou nous observons une représentativité équilibrée en espèces surtout *Cx. tritaeniorhynchus*, *Or. pulcripalpis*, *Ae. punctor*, *Ae.vexans*, *Cs.longiareolta*, *Cx.pipiens*. Les six autres mois, soit janvier, avril, aout, septembre, octobre, novembre et décembre, les populations sont dominées par la présence de l'espèce *Cx. Tritaeniorhynchus*.

Le facteur 2 (Axe des abscisses) qui détient 34% de l'information oppose les mois de décembre, mars et avril des autres mois. Ils sont caractérisés beaucoup plus par la présence de deux espèces *Or. pulcripalpis* et *Cs. Longiareolta*.



Plan factoriel 1x2 de l'AFC

Axes d'inertie : 0.55, 0.34, 0.05 et 0.03

Figure 67. Projection 1/2 de la nature des gîtes et des espèces dans le plan factoriel.



### 3.5. Rendement de l'huile essentiel de la camomille.

Le rendement des huiles essentielles varie d'une plante à une autre et aussi au sein de la même plante à cause de nombreux facteurs. Le taux qui a été enregistré chez *Chamaemelum nobile L.* avec un pourcentage de 0.38. Les résultats de calcul des rendements obtenus lors de nos extractions par hydrodistillation sont reportés dans le **tableau 10**.

**Tableau 10.** Rendements des HEs (%) de la *Chamaemelum nobile L.* obtenues par hydrodistillation.

Paramètres Les essais	Poids	HE obtenu en g	Rendement %
La 1 <sup>ere</sup>	120 g	0.5969	0.49 %
La 2 <sup>eme</sup>	100g	0.3134	0.31%
La 3 <sup>eme</sup>	110g	0.3832	0.34%
<b>Rendement</b> (moyenne ± ecartype)	<b>R= 0.38 ± 0.09</b>		

Cette disparité de rendement entre la théorie et la pratique est causée par différents facteurs, notamment le choix de la période de récolte, qui est cruciale en termes de rendement, l'interaction avec l'environnement (sol ou climat), l'organe de la plante utilisé, la période de séchage, l'origine de la plante, la méthode et le matériel utilisés pour l'extraction, etc. Ce sont, entre autres, des éléments qui peuvent directement affecter la production d'huiles essentielles.

### 3.6. Caractéristiques Organoleptiques

A l'issue de l'hydrodistillation, les huiles essentielles obtenues sont liquide limpide, incolore à jaune pâle, odeur fraîche et cinéolée évoquant une odeur d'eucalyptus plus terreuse ou amère. Les caractères organoleptiques de cet espèce est reporté dans le **tableau 11**.

**Tableau 11.** Caractéristiques organoleptiques des HEs obtenues par hydrodistillation.

Plantes	Aspect	Couleur	Odeur
<i>Chamaemelum nobile L.</i>	liquide limpide	Jaune pâle	fraîche et cinéolée évoquant une odeur d'eucalyptus plus terreuse ou amère



### 3.7. Composition physico-chimique de l'HE

Le tableau 12 présente les principes actifs avec leurs pics, leurs temps de rétention (TR) en minutes et leurs concentrations (%) de l'huile essentielle de la *Chamaemelum nobile L.*, tandis que la figure 68 présente le chromatogramme de l'huile essentielle. Selon les résultats, l'HE renferme un nombre assez fort des composés qui atteignent 33 composés identifiés, représentant environ 98,72% de la quantité totale. Le profil de l'huile essentielle est marqué par une forte présence de (E)-2-Methylbut-2-en-1-yl methacrylate (35,80%), suivi du  $\gamma$ -Curcumene (30,84%), du 2-Methylallyl isobutyrate (04,34%), du Pinocarvone (04,12) et du (E)-2-Methyl- 2-butenyl isobutyrate (04,02%). Les autres composés (28) sont présentés de faible quantité entre (0,2 et 2,77) tandis que 1.28% des composés non identifiés sont présents.



**Tableau 12.** Composants chimiques (%) de l'HE de *Chamaemelum nobile* L.

N°	RT (min)	RI (exp)	RI (Théor)	Composés	Concentration %
1		*	<b>784</b>	3-Methy-but-2-enal	0,02
2	3,19	<b>798</b>	<b>798</b>	(3Z)-Hexenal	0,05
3	4,48	<b>844</b>	<b>855</b>	(2E)-Hexenal	0,06
4	7,1	<b>915</b>	<b>911</b>	Butyl isobutyrate	1,70
5	7,81	<b>927</b>	<b>923</b>	$\alpha$ -Thujene	2,70
6	8,35	<b>935</b>	<b>928</b>	2-Methylallyl isobutyrate	4,34
7	8,71	<b>941</b>	<b>948</b>	2-Hexyl acetate	0,48
8	9,97	<b>961</b>	<b>954</b>	Methallyl methacrylate	2,77
9	10,48	<b>969</b>	<b>973</b>	Sabinene	0,40
10	12,11	<b>995</b>	<b>993</b>	2-Pentylfuran	0,16
11	12,85	<b>1006</b>	<b>1004</b>	Isobutyl isopentanoate	0,17
12	13,98	<b>1021</b>	<b>1015</b>	2-Methylbutyl Isobutyrate	2,26
13	14,37	<b>1026</b>	<b>1031</b>	1,8-Cineole	0,15
14	15,92	<b>1047</b>	<b>1044</b>	Isopentyl methacrylate	1,20
15	17,31	<b>1066</b>	<b>1059</b>	(E)-2-Methyl-2-butenyl isobutyrate	4,02
16	20	<b>1103</b>	<b>1088</b>	(E)-2-Methylbut-2-en-1-yl methacrylate	35,80
17	23,55	<b>1152</b>	<b>1051</b>	3-methyl-2-butenyl isovalerate	1,22
18	24,34	<b>1163</b>	<b>1162</b>	Pinocarvone	4,12
19	26,66	<b>1195</b>	<b>1191</b>	Myrtenal	0,33
20	30,63	<b>1252</b>	<b>1252</b>	3-methylamyl angelate	0,60
21	40,85	<b>1409</b>	<b>1408</b>	(Z)-Caryophyllene	0,58
22	42,74	<b>1439</b>	<b>1434</b>	Trans- $\alpha$ -Bergamotene	0,30
23	45,56	<b>1485</b>	<b>1480</b>	$\gamma$ -Curcumene	30,84
24	47,12	<b>1511</b>	<b>1512</b>	$\beta$ -Curcumene	0,32
25	48,17	<b>1529</b>	<b>1536</b>	Italicene ether	0,44
26	51,5	<b>1586</b>	<b>1583</b>	Caryophyllene oxide	0,33
27	55,86	<b>1665</b>	<b>1669</b>	(+)-Valeranone	0,70
28	57,56	<b>1696</b>	<b>1697</b>	Acorenone B	0,06



29	60,31	<b>1741</b>	<b>1531</b>	Chamazulene	0,21
30	64,9	<b>1823</b>	<b>1820</b>	Acorone	1,04
31	77,23	<b>2100</b>	<b>2100</b>	heneicosane	0,75
32	85,75	<b>2298</b>	<b>2300</b>	tricosane	0,40
33	93,64	<b>2450</b>	<b>2500</b>	pentacosane	0,22
<b>Total</b>					<b>98.72</b>
Composés non identifiés					1.28

TR (min) : Temps de rétention en minute. IR

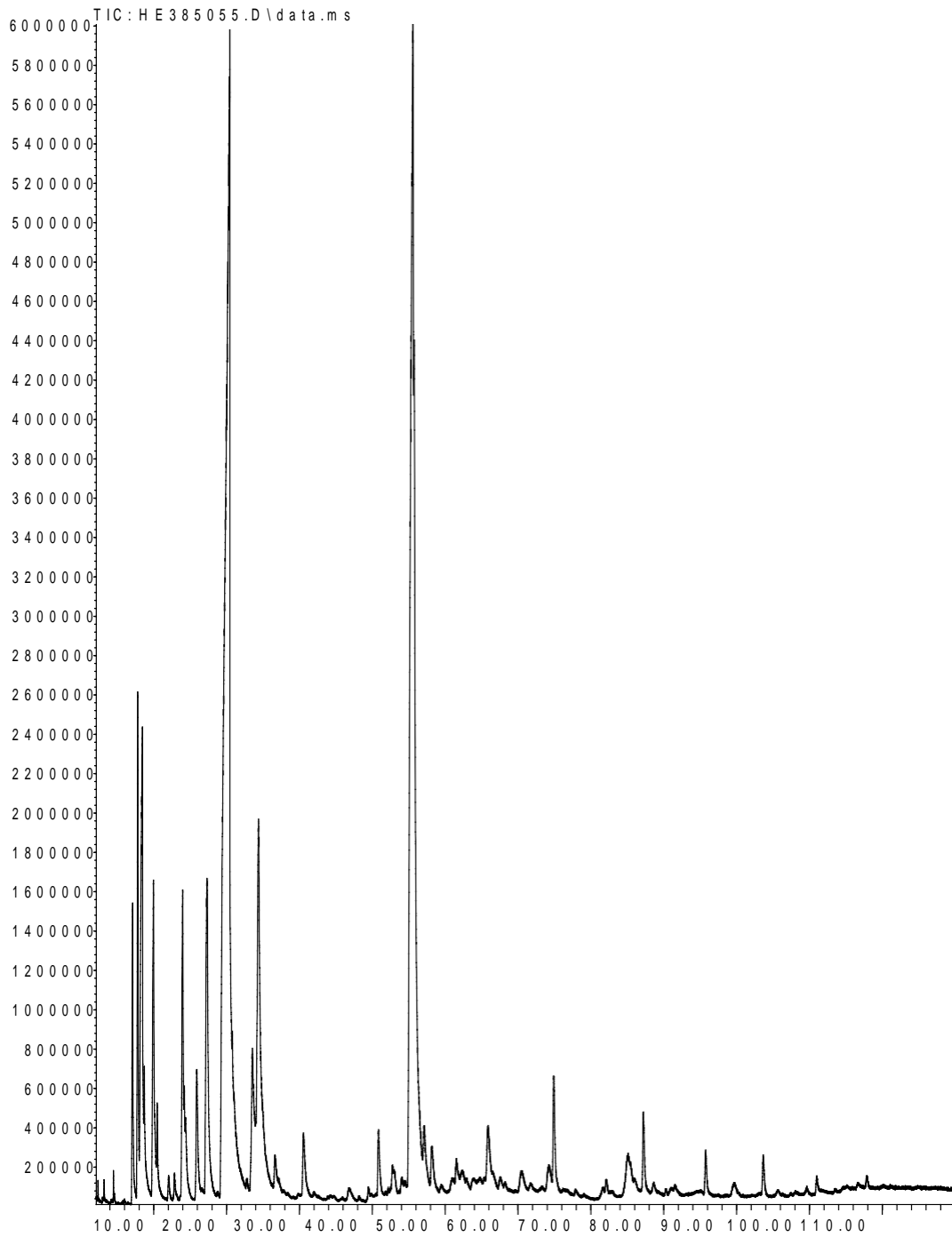
(exp) : Indice de rétention expérimentale. IR

(lit) : Indice de rétention en littérature.

% : abondance relative des composés mesurée sur colonne apolaire



Abundance



Time-->

**Figure 68.** Chromatogramme de l'HE de *Chamaemelum nobile* L.  
(Abondance en fonction du temps en min).



### 3.8. Tests Toxicologiques

#### 3.8.1. Effet larvicide des HE sur les larves L4

L'efficacité de l'huile essentielle extraite de la camomille noble été testée, par application sur des larves nouvellement exuviées du quatrième stade de *Culex tritaeniorhynchus*. La mortalité observée des larves a été relevé après un temps d'exposition de 24, 48 et 72 heures. Les concentrations sublétales ( $CL_{25}$  et  $CL_{50}$ ), caractérisant la toxicité de l'insecticide, ont été déterminées.

##### 3.8.1.1. Effet de L'HE sur la mortalité des larves L4.

Le traitement avec l'Huile Essentielle de la *Chamaemelum nobile* L. appliqué à différents concentration (3, 4, 5 et 6 mg /ml) sur des larves nouvellement exuviées *Cx. tritaeniorhynchus*, a induit une mortalité dont les pourcentages sont précisés dans le tableau 13. La mortalité chez les séries traitées augmente significativement avec une relation dose réponse ; ainsi, il est noté, pour la concentration la plus élevée, un pourcentage de mortalité observée de  $92,00 \pm 5,65$ .

**Tableau 13** : Effet de l'Huile Essentielle de la *Chamaemelum nobile* L. sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrée à différentes concentrations (mg/ml) chez *Cx. tritaeniorhynchus*: Mortalité observée (%) ( $m \pm sd$ ,  $n = 3$  répétitions de 25 individus chacune), après 24 heures.

Concentration mg/ml	Témoins	3mg/ ml	4mg/ml	5mg/ml	6mg/ml
R <sub>1</sub>	4	12	24	68	88
R <sub>2</sub>	4	12	16	52	100
R <sub>3</sub>	8	16	20	60	88
$m \pm sd$	$5,33 \pm 1,88$	$13,33 \pm 1,88$	$20,00 \pm 3,26$	$60 \pm 6,53$	$92,00 \pm 5,65$

Les pourcentages de mortalité observées, chez les séries traitées, ont été corrigées par la formule d'Abbott (1925) afin d'éliminer le pourcentage mortalité naturelle (Tableau 14).

Pourcentages de mortalité corrigées de l'ordre de  $8,45 \pm 0,16$  à la dose la plus faible (3 mg/ml)) augmentent graduellement et sont de  $91,48 \pm 6,02$  à la dose la plus élevée (6 mg/ml).



**Tableau 14 :** Effet de l’Huile Essentielle de la camomille (*Chamaemelum nobile* L.) sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrée à différentes concentrations (mg/ml) chez *Cx. tritaeniorhynchus*: Mortalité corrigée (%) ( $m \pm sd$ ,  $n = 3$  répétitions de 25 individus chacune), après 24 heures.

Concentration mg/ml	3mg/ml	4mg/ml	5mg/ml	6mg/ml
Répétitions				
R1	8,33	20,83	66,66	87,50
R2	8,33	12,50	50,00	100,00
R3	8,69	13,04	56,52	86,95
$m \pm sd$	$8,45 \pm 0,16$	$15,45 \pm 3,80$	$57,72 \pm 6,85$	$91,48 \pm 6,02$

Les taux de mortalités corrigées subissent une transformation angulaire (tableau 15) et font l’objet d’une analyse de la variance à un seul critère de classification (Tableau.16).

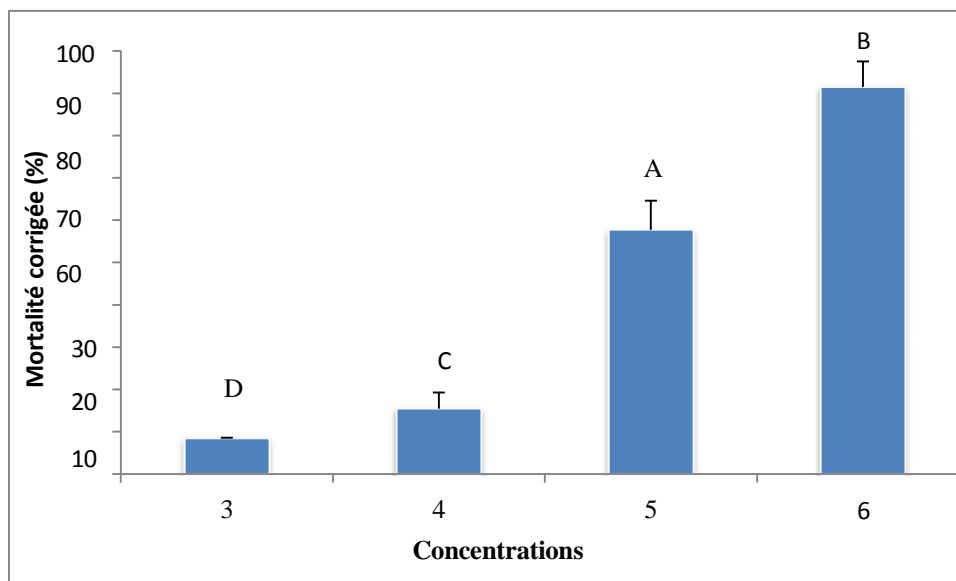
L’analyse statistique des résultats, présentée dans le (tableau 16), révèle une relation dose-réponse avec une différence hautement significative ( $p < 0,0001$ ). Un classement des concentrations réalisé, grâce au test HSD de Tukey, permet de classer les concentrations testées en fonction de leur toxicité (Fig. 69).

Les résultats révèlent l’existence de quatre groupes présentant des effets différents du pesticide sur les pourcentages de mortalité corrigée ; ainsi dans un ordre croissant les concentrations sont  $3\text{mg/ml} < 4\text{mg/ml} < 5\text{mg/ml} < 6\text{mg/ml}$  indique un effet dose hautement significatif ( $p < 0,001$ ). Un classement des concentrations réalisé, grâce au test HSD de Tukey, permet de classer les concentrations testées en fonction de leur toxicité (Fig.69). Les résultats révèlent l’existence de quatre groupes présentant des effets différents du pesticide sur les pourcentages d’inhibition de la mue adulte ; ainsi dans un ordre croissant les doses sont :  $3\text{mg/ml} < 4\text{mg/ml} < 5\text{mg/ml} < 6\text{mg/ml}$ .



**Tableau 15 :** Effet de l'Huile Essentielle de la *Chamaemelum nobile* L. sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrées à différentes concentrations (mg/ml) chez *Cx. tritaeniorhynchus*: Transformation angulaire ( $m \pm sd$ ,  $n = 3$  répétitions de 25 individus chacune).

Répétitions	3mg/ml	4mg/ml	5mg/ml	6mg/ml
R1	8,13	26,57	62,67	84 ,26
R2	8,13	18,43	49,60	84,26
R3	9,97	18,43	56,17	84,26
$m \pm sd$	$8,74 \pm 0,86$	$21,14 \pm 3,83$	$56,14 \pm 5,33$	$84,26 \pm 0$



**Figure 69.** Effet de l'Huile Essentielle de la camomille (*Chamaemelum nobile* L.) sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrées à différentes concentrations (mg/ml) chez *Cx. tritaeniorhynchus*: mortalité corrigée et classement des concentrations testées par le test HSD de Tukey.



**Tableau 16.** Effet de l’Huile Essentielle de la camomille (*Chamaemelum nobile L.*) sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrée à différentes concentrations (mg/ml) chez *Cx. tritaeniorhynchus*: Analyse de la variance a un critère de classification. ( $m \pm sd$ ; n = 3 répétitions de 25 individus chacune).

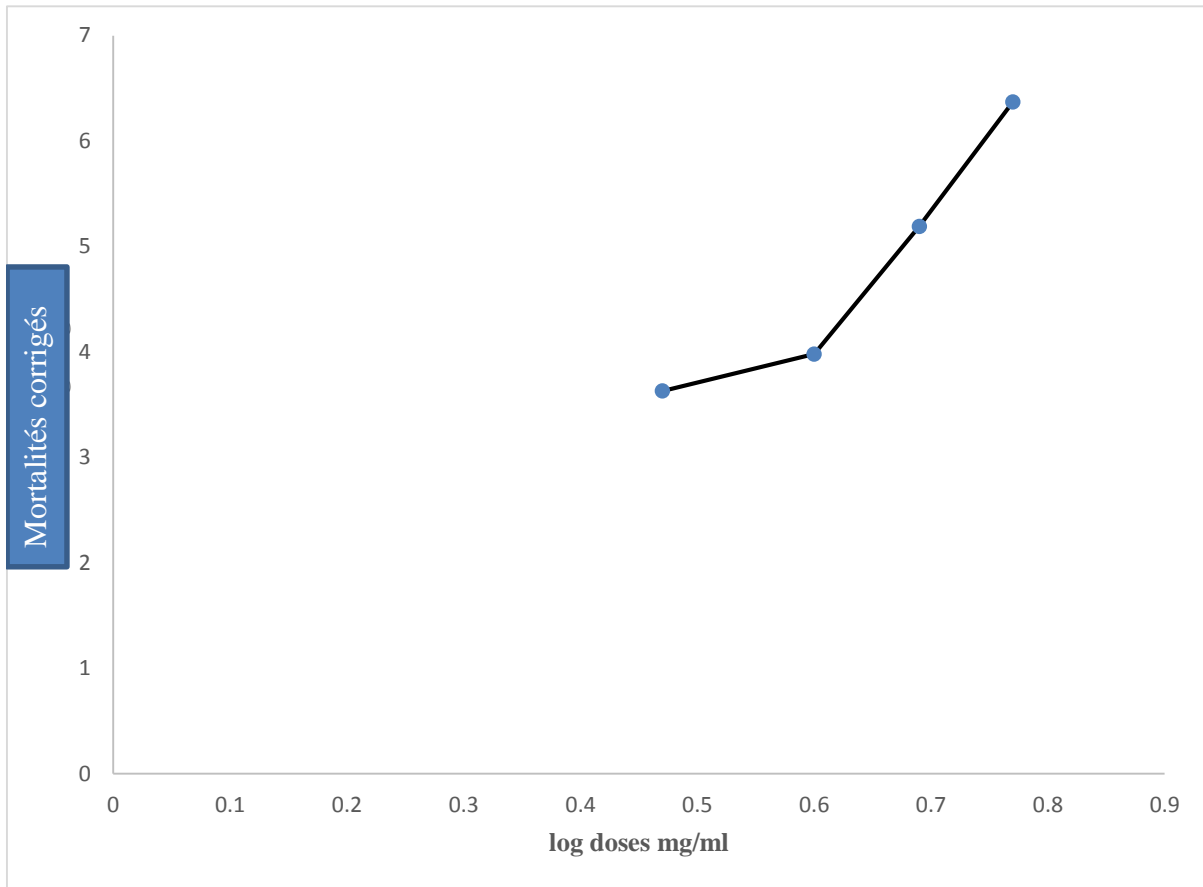
Source de variation	ddl	SCE	C M	Fobs	P
Traitement	3	10543,1	3514,4	220,32	0,000***
Erreur résiduelle	6	127.6	16,0	-	-
Total	11	10670,7	-	-	-

\*\*\* : hautement significatif ( $p < 0,001$ ). ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrés des écarts ; CM : carré moyen ; Fobs : F observé ; p: niveau de significativité.

La régression non linéaire a permis d’obtenir la courbe dose-réponse chez les larves de *Cx. tritaeniorhynchus* ; cette courbe, exprimant le pourcentage mortalité corrigée en fonction du logarithme de la dose de l’Huile Essentielle de la camomille noble (tableau 17) présente un coefficient de détermination élevé. Cette valeur révèle une liaison très forte entre le pourcentage de mortalité corrigée et le logarithme de la dose (Fig. 70).

**Tableau 17.** Transformation en logarithmes décimaux des différentes concentrations (mg/ml) a l’égard des larves nouvellement exuviées L<sub>4</sub> *Cx. Tritaeniorhynchus* ( $m \pm sd$ ; n = 3 répétitions de 25 individus chacune).

Concentration (mg/ml)	3	4	5	6
mortalités corrigées(%)	3,63	3,98	5,19	6,37
Log doses (mg/ml)	0,47	0,60	0,69	0,77



**Figure 70.** Effet de l’Huile Essentielle de la camomille noble sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrée à différentes concentrations (mg/ml) chez *Cx. tritaeniorhynchus* : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme de la dose des HEs.

Les différentes concentrations létales et leurs intervalles de confiance ont été également déterminés par cette analyse ; les CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub> sont de l’ordre de 3,66 mg/ml [2, 97-4,53] et 4,59 mg/ml [3,72 -5,67] respectivement (tableau18).

**Tableau 18.** Effet de l’Huile Essentielle de la camomille (*Chamaemelum nobile* L.) sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées administrée à différentes concentrations (mg/ml) chez *Cx. tritaeniorhynchus* : Détermination des concentrations sublétales (CL en mg/ml) et leurs intervalles de confiance à 95%.

Composé	CL <sub>25</sub>	CL <sub>50</sub>	Slope
<b>HE de <i>Chamaemelum nobile</i> L.</b>	3,66 [2,97- 4 ,53]	4,59 [3,72 -5,67]	6.84



### 3.8.2. Effet ovicide de l'HE sur le moustique *Culex tritaeniorhynchus*

L'huile essentielle (HE) *Chamaemelum nobile* L., appliquée sur les œufs de *Cx. tritaeniorhynchus* aux concentrations respectives ( $CL_{25}$ = 3,66 mg/ml et  $CL_{50}$ = 4,59 mg/ml) selon une exposition indirecte, a été évaluée sur le pourcentage d'éclosion des œufs (fertilité). Les résultats présentés dans le tableau 19 montrent que le traitement par l'HE de *Chamaemelum nobile* L. a affecté le pourcentage d'éclosion des œufs de *Culex tritaeniorhynchus*. En effet une réduction du taux d'éclosion des œufs a été enregistrée chez les œufs traités à la  $CL_{25}$  qui est de  $98,07 \pm 1,76\%$  contre  $89,69 \pm 6,36$  chez les œufs traités  $CL_{50}$  par rapport au lot témoins (Tableau 20).

**Tableau 19.** Nombre d'œufs pondus et éclos chez les séries témoins et traités par l'HE de *Chamaemelum nobile* L. ( $m \pm s$ ,  $n=4$  contenant chacune 2 nacelles).

Concentration mg/ml Répétitions	Témoins		$CL_{25}$		$CL_{50}$	
	Nbre d'œufs pondus	Nbre d'œufs éclos	Nbre d'œufs pondus	Nbre d'œufs éclos	Nbre d'œufs pondus	Nbre d'œufs éclos
1	104	104	103	102	99	80
2	107	107	104	104	97	84
3	98	98	106	101	108	104
4	101	101	101	99	103	98
$m \pm s$	$102,5 \pm 3,35$	$102,5 \pm 3,35$	$103,5 \pm 1,8$	$101,5 \pm 1,80$	$101,75 \pm 4,20$	$91,5 \pm 9,80$

**Tableau 20.** Effet de l'HE de la *Chamaemelum nobile* L. appliqué à la concentration sur le pourcentage d'éclosion après traitement des œufs nouvellement pondus de *Culex tritaeniorhynchus* ( $m \pm s$  ;  $n=4$  contenant chacune 2 nacelles).

concentration mg/ml Répétitions	Témoins	$CL_{25}$	$CL_{50}$
1	100	99,02	80,80
2	100	100	86,59
3	100	95,28	96,29
4	100	98,01	95,14
$m \pm s$	$100 \pm 0,00$	$98,07 \pm 1,76$	$89,69 \pm 6,36$

L'analyse de la variance à un seul critère (Tableau 21) révèle une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les séries témoins et traités. La comparaison des moyennes réalisée, grâce au test

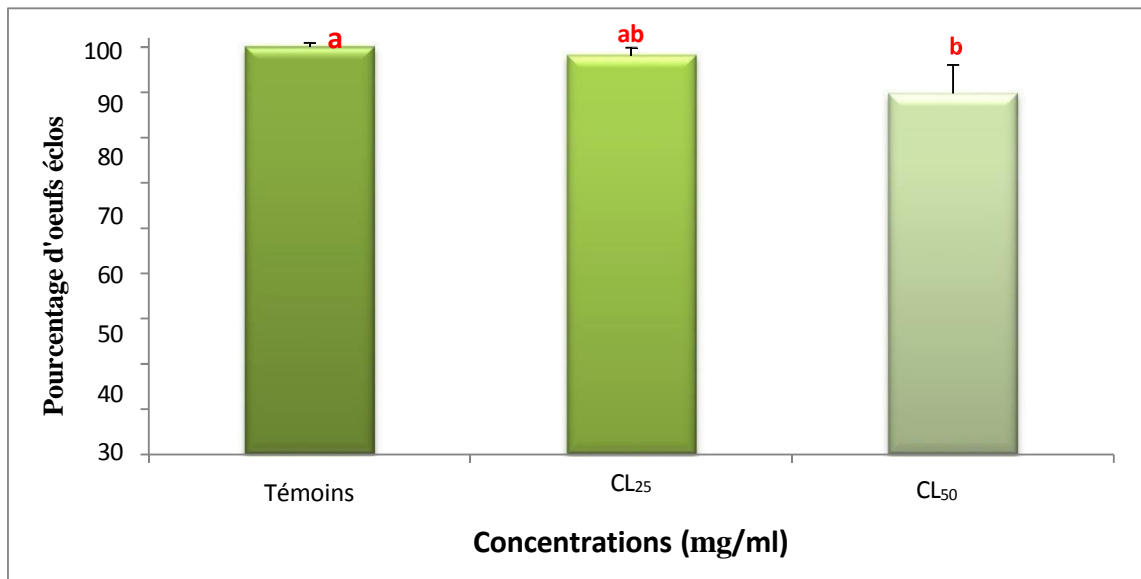


HSD de Tukey (Figure 71), montre une différence significative entre les concentrations CL<sub>50</sub> et la série témoin, qui permet le classement de 3 groupes de moyennes.

**Tableau 21.** Pourcentage (%) d'éclosion des œufs dans les séries témoins et traités par l'HE de la camomille (*Chamaemelum nobile* L.) : analyse de la variance à un seul critère (ANOVA1).

Source de Variation	ddl	SCE	CM	Fobs	P
Traitement	2	239,7	119,9	6,19	0,020* P < 0,05
Erreur résiduelle	9	174,3	19,40		
Total	11	414,0			

\*: significatif ; ddl : degré de liberté ; SCE : somme des carrées des écarts ; CM : carrés moyens ; Fobs : F observé ; P : niveau de signification



Les moyennes suivies de lettres différentes sont significatives au seuil P

**Figure 71.** Pourcentage d'éclosion après traitement des œufs nouvellement pondus de *Culex tritaeniorhynchus*. Test de Tukey (HSD) (m±s ; n= 4 contenant chacune 2 nacelles).



### 3.8.3. Activité Bio-insecticide de l'HEs sur la durée de l'embryogénèse

L'huile essentielle (HE) de la camomille (*Chamaemelum nobile* L.) appliqué à la concentration létale (CL<sub>50</sub>) sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culex tritaeniorhynchus* a été évaluée sur la durée de développement embryonnaire après la ponte (action indirecte) dans les conditions expérimentales. Les durées moyennes de développement de l'incubation des œufs (jours) enregistrées sont représentées dans le tableau 22 respectivement pour les témoins et les traités. Les résultats révèlent que le traitement effectué sur les larves nouvellement exuviées du stade 4 de *Culex tritaeniorhynchus* présente un effet différé sur la durée de l'incubation des œufs. En effet La durée moyenne de développement des œufs des séries traitées est de  $1,29 \pm 0,57$  jours alors que la durée d'incubation des séries témoins achève leur développement au bout de  $2,03 \pm 0,56$  jours.

**Tableau 22** : Effet de l'HE de la camomille (*Chamaemelum nobile* L.) sur la durée moyenne (jours) de développement embryonnaire de *Culex tritaeniorhynchus*

(m  $\pm$  SD; n= 4).

Traitement Répétitions	Témoins	CL <sub>50</sub>
1	$2,03 \pm 0,59$	$1,25 \pm 0,51$
2	$2,04 \pm 0,55$	$1,37 \pm 0,60$
3	$2,12 \pm 0,63$	$1,27 \pm 0,58$
4	$1,96 \pm 0,56$	$1,25 \pm 0,56$
m $\pm$ s	$2,03 \pm 0,56$	$1,29 \pm 0,57$

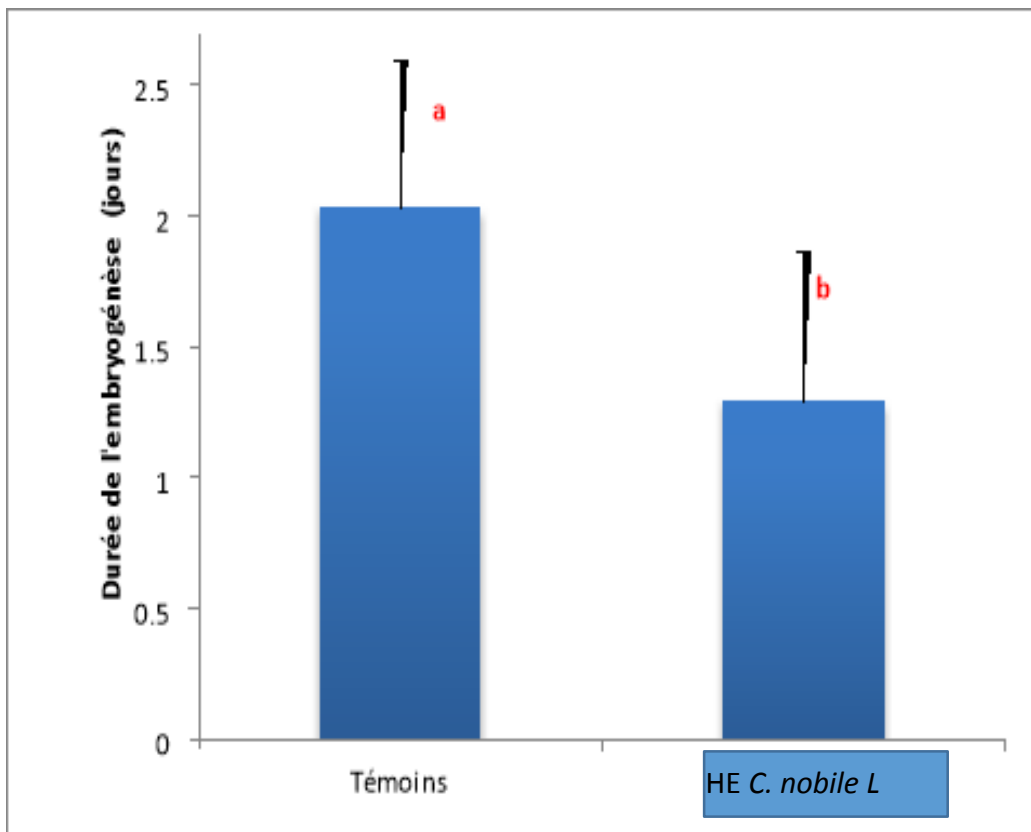
La durée d'incubation des œufs après traitement avec l'HE *Culex tritaeniorhynchus* est significativement réduite comparativement aux témoins. En effet le test « t de Student » a révélé une différence très significative ( $p < 0,001$ ) (Tableau 23 et Figure 72).



**Tableau 23.** Effet de l'HE de la camomille (*Chamaemelum nobile L.*) sur la durée moyenne (jours) de développement embryonnaire de *Culex tritaeniorhynchus* ( $m \pm SD$ ;  $n=4$ ). (Test « t » de student).

Traitement Répétitions	Témoins	HE <i>Chamaemelum nobile L.</i> (CL50)	Test « t »
$m \pm s$	$2,03 \pm 0,56$ a	$1,29 \pm 0,57$ b	$p= 0,000^{***}$ $p^{***}$

Les moyennes suivies des lettres différentes sont significatives au seuil  $p < 0,05$ .



**Figure 72.** Effet de l'HE de la camomille (*Chamaemelum nobile L.*) sur la durée moyenne (jours) de développement embryonnaire de *culex tritaeniorhynchus* ( $m \pm SD$ ;  $n=4$ ).



### 3.8.4. Evaluation de l'impact de l'HE sur quelques paramètres de la reproduction

L'huile essentielle de la camomille (*Chamaemelum nobile* L.) appliquée aux concentrations respectives sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culex tritaeniorhynchus* a été évaluée sur la fécondité et la fertilité dans les conditions de laboratoire. Les individus ayant survécu au traitement, ont présenté des perturbations de ces paramètres de reproduction.

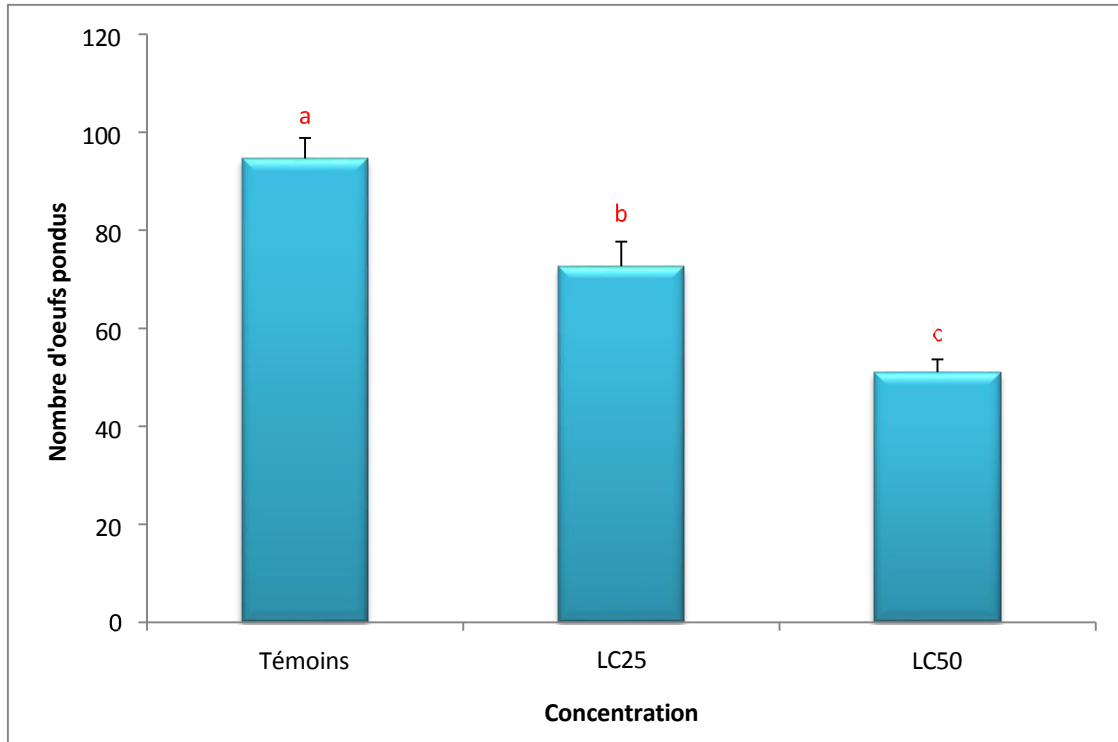
#### 3.8.4.1. Effet sur la fécondité

Les résultats présentés dans le tableau 24 montrent une réduction du nombre d'œufs pondus. L'HE de la *Chamaemelum nobile* L. utilisé aux concentrations létales CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub> a affecté la fécondité de *Culex tritaeniorhynchus*. Le nombre d'œufs pondus diminue avec l'augmentation de la concentration de l'insecticide (Tableau 24). En effet l'ANOVA 1 a montré un effet hautement significatif, entre la série témoin et la série traitée ( $P < 0,001$ ) (Tableau 25). Le test de Tukey nous a permis la classification de trois groupes de moyennes (Figure73).

**Tableau 24.** Nombre d'œufs pondus après traitement à l'HE de la camomille (*Chamaemelum nobile* L.) (CL<sub>25</sub>=3,66 mg/ml et CL<sub>50</sub> = 4,59 mg/ml) des larves du quatrième stade de *Cx.tritaeniorhynchus* ( $m \pm s$ ;  $n=3$ ).

Traitement	Témoins	CL25	CL50
Nombre d'œufs pondus	94,66 ± 4,16 <b>a</b>	72,66 ± 5,03 <b>b</b>	51,00 ± 2,64 <b>c</b>

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significatives au seuil  $P < 0,05$



**Figure 73.** Nombre d'œufs pondus après traitement à l'HE de la camomille (*Chamaemelum nobile L.*) (CL25= 3,66 mg/ml et CL50 = 4,59 mg/ml) des larves du quatrième stade de *Cx.tritaeniorhynchus* (m±s; n=3).

**Tableau 25.** Nombre d'œufs de *Cx. tritaeniorhynchus* après traitement à l'HE de la camomille (*Chamaemelum nobile L.*) des larves du quatrième stade : analyse de la variance (ANOVA1) (m ± s; n=3).

.Source	DDL	SC	CM	Fobs	P
Traitement	2	2860,2	1430,1	86,38	0,000*** P < 0,001
Erreur	6	99,3	16,6		
Totale	8	2959,6			

### 3.8.4.2. Effet sur la fertilité

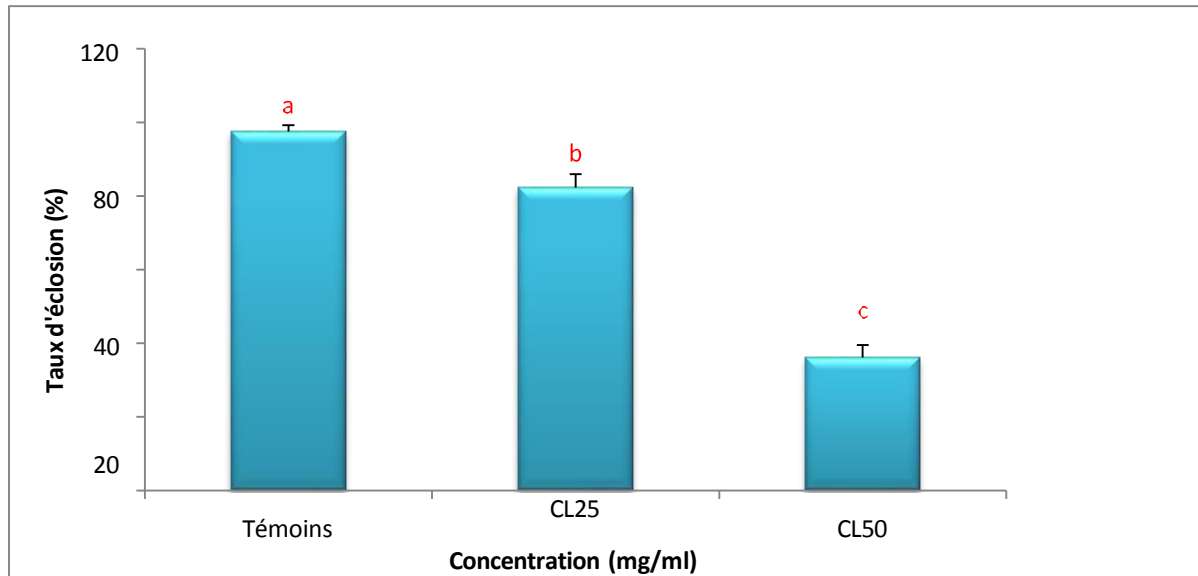
Le traitement par l'HE de la camomille (*Chamaemelum nobile L.*) utilisé à la concentration létale CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub> sur des larves du quatrième stade de *Cx. tritaeniorhynchus*, entraîne une réduction de l'éclosion des œufs par rapport aux témoins (Tableau26). L'ANOVA1 des données obtenues montre un effet traitement très hautement significatif P < 0,001 (Tableau 27). Le test de Tukey permet le classement de trois groupes de moyennes. (Figure 74).



**Tableau 26.** Pourcentage (%) d'éclosion des œufs après traitement à l'HE des larves du dernier stade de *Cx. tritaeniorhynchus* (CL<sub>25</sub>=3,66 mg/ml et CL<sub>50</sub> = 4,59 mg/ml) ( m±s ; n=3).

Traitements (mg /ml)	Témoins	CL <sub>25</sub>	CL <sub>50</sub>
Taux d'éclosion (%)	97,48±1 ,74 a	82,27± 3,66 b	36,07 ± 3,44 c

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significatives au seuil P <0,05



**Figure 74.** Pourcentage (%) d'éclosion des œufs après traitement à l'HE de de la camomille (CL<sub>25</sub>=3,66 mg/ml et CL<sub>50</sub> = 4,59 mg/ml) des larves du quatrième stade de *Cx. tritaeniorhynchus* (m±s; n=3).

**Tableau 27.** Pourcentage d'éclosion (%) de *Cx. tritaeniorhynchus* après traitement à l'HE de la camomille (*Chamaemelum nobile L.*) (CL<sub>25</sub>=3,66 mg/ml et CL<sub>50</sub> = 4,59 mg/ml) des larves du quatrième stade: analyse de la variance (ANOVA 1) (m ± s; n=3).

Source	DDL	SC	CM	Fobs	P
Traitement	2	6150,61	3075,31	325,65	0,000*** P < 0,001
Erreur	6	56,66	9,44		
Totale	8	6207,27			



# DISCUSSION



## 4. Discussion

### 4.1. Inventaire des Culicidae

L'analyse de la composition de la population culicidienne des sites étudiés révèle la présence de six espèces de Culicidae appartenant à une seule sous-famille : Culicidae. Où quatre tribus ont été trouvées : La tribu des Aedini est représentée par deux espèces : *Aedes pinctor* et *Aedes vexans* La tribu des Culicini comprend un seul genre, et celle des Culex est représentée par deux espèces : *Culex tritaeniorhynchus* et *pipiens*, la tribu des Orthopodomyini avec une seule espèce *Orthopodomyia pulchripalpis*, et enfin la tribu des Culisetini représentée par une seule espèce, *Culiseta longiareolata*. Les valeurs de richesse spécifique pour les trois stations étudiées sont présentées dans le Tableau 1. D'après les valeurs de richesse spécifique, la station 3 occupe la première place, avec une richesse maximale en espèces culicidiennes de trois, suivie par les autres stations 1 et 2 avec une richesse de seulement deux espèces. Les valeurs d'abondance relative des différentes espèces sont indiquées dans le tableau 2. Les résultats montrent des valeurs d'abondance relative qui varient d'une espèce à l'autre en fonction de la population dans les trois stations d'étude. *Cx. tritaeniorhynchus* est l'espèce dominante avec un taux de 49,52%, puis vient *Cs. longiareolata* avec 24,87%, suivi de *Cx. pipiens* avec 18,95%. Il y a un pourcentage égal entre *Or. pulchripalpis* et *Ae. punctator* avec 3,27% et une importance moindre pour *Ae. vexans* avec 0,1%.

L'indice de Shannon-Weaver est le premier indice calculé. Les étapes du calcul sont énumérées dans le tableau 2. La valeur de l'indice de Shannon-Weaver est de 0,48 bits pour la première station et de 0,52-0,40 pour le deuxième et troisième stations. On constate que les valeurs de Shannon-Weaver sont inférieures à la diversité maximale égale (1-1-1,58 bits), ce qui montre que la population culicidienne des trois stations étudiées n'est pas diversifiée. Le faible nombre d'espèces de moustiques inventoriées en général dans notre travail par rapport à d'autres travaux est dû à la composition faunistique qui influencerait le développement des larves de moustiques dans ce gîte (Saotoing et al., 2014). En outre, le niveau élevé de salinité a un impact sur le développement des larves de moustiques, le niveau élevé de salinité a une influence négative sur la survie des larves. La salinité est directement proportionnelle à la conductivité et à la température de l'eau. selon les travaux de Zahi et al., 2013 ; qui montre une variabilité importante des valeurs entre 350 et 3500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une majorité entre 350 et 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les moustiques ne sont présents que dans les zones océaniques moins salées du lac. Tous les travaux réalisés au cours des vingt dernières années ont montré une nette disparition de *Cx. tritaeniorhynchus*. Malgré cela, cette espèce est la plus abondante dans notre travail et a été



mentionnée dans le travail de Brunhes, (2000). Cette absence est justifiée par le fait que cette espèce est moins diversifiée en Algérie. La révélation de *Cs. longiareolata* dans les deux sites et sa présence dans la quasi-totalité des travaux (Bouabida et al., 2012 ; Berchi et al., 2012 ; Aissaoui, 2014 ; Boudemagh et al., 2013 ; Oudainia, 2015 ; Lounaci, 2015 ; Dahchar et al., 2017 ; Hamaidia & Berchi, 2018 ; Benhissen et al., 2014, 2018 ; Nabti & Bounechada, 2019 ; Chahed et al., 2021) met en évidence *Cs. longiareolata*, la deuxième espèce la plus répandue après *Cx. pipiens*. L'ensemble des travaux de systématique en Algérie montre que *Cx. pipiens* est l'espèce la plus largement distribuée en Afrique Méditerranéenne (Dahchar et al., 2017). Par les travaux de (Bouabida et al., 2012 ; Berchi et al., 2012 ; Benmalek et al., 2018 ; Dahchar & al., 2017 ; Houmani et al., 2017 ; Hamaidia & Berchi, 2018 ; Benhissen et al., 2014, 2018 ; Serradj et al., 2018 ; Nabti et Bounechada, 2019 ; Chahed et al., 2021).

L'espèce *Orthopodomyia pulcripalpis* retrouvée dans certains travaux de (Boudemagh et al., 2013 ; Oudainia, 2015 ; Dahchar et al., 2017 ; Hamaidia & Berchi, 2018) ce qui justifie son faible pourcentage dans notre travail. *Ae. vexans* s'est révélé en faible pourcentage et sa distribution connue par les travaux (Benhissen et al., 2014 ; Aissaoui, 2014, Houmani et al., 2017). Que les travaux de Hamaidia & Berchi (2018) à Souk Ahras au cours des dix dernières années montrent l'existence d'*Ae. punctor*.

Les gîtes du lac Fetzara sont des marais presque identiques les uns aux autres et chacun d'entre eux a sa propre particularité faunistique. L'étude écologique nécessite une connaissance approfondie des facteurs écologiques, et selon (Dajoz, 1971), le facteur climatique présenté par la température et les précipitations est l'élément important dont dépend la distribution de la faune culicidienne.

Les résultats ont montré une perturbation de la révélation des espèces tous les 12 mois en raison de l'année sèche.

Nos résultats, qui montrent un petit nombre d'espèces (6), n'ont pas d'affinité avec l'altitude, qui joue un rôle primordial, et selon Hassain, (2002), la richesse spécifique des Culicidae en Afrique méditerranéenne diminue avec l'altitude. Cet auteur doit récolter 48 espèces entre 0 et 100m d'altitude et 20 espèces entre 1000 et 1500m. Les résultats de (Hadj, et al., 2013) montrent que le genre *Culex* persiste pendant toutes les saisons. *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* se développent dans certains sites de reproduction pendant l'hiver. Ce fait rare pourrait s'expliquer par le réchauffement climatique en Afrique du Nord qui se traduit par des hivers plus doux, notamment au cours de la dernière décennie (Walker & Lynch, 2007).



Ainsi, le réchauffement de certains gîtes constitue un handicap pour le développement des larves ; c'est ce que l'on observe dans le gîte tous les jours. Trois gîtes pendant les mois de janvier, février et décembre. Dans les trois sites de reproduction, le cycle de développement de toutes nos espèces est interrompu dès les premiers mois de l'année 2016, ce qui correspond à la saison hivernale. Cet arrêt du développement des fosses ouvertes a été observé par plusieurs auteurs (Rioux et al., 1965). L'ensemble de ces poursuites montre que les 3 stations constituent de véritables gîtes larvaires pour la faune culicidienne (El-Ouali Lalami *et al.*, 2010) indique que la nature du gîte larvaire favorise l'une ou l'autre espèce selon que le gîte est stagnant ou actuellement dépourvu ou riche en végétation, ou pollué ou non stagnante ou actuellement dépourvue ou riche en végétation. Le troisième site abrite une faune culicidienne plus diversifiée ; grâce à la diversité végétale de son gisement, trois espèces ont été inventoriées. Il présente une diversité spécifique, la plus élevée, ou des conditions favorables à l'installation de la faune culicidienne. Le facteur climatique représente l'élément important dont dépend la distribution de la faune culicidienne par la température et les précipitations. Ces résultats sont cohérents avec ceux rapportés par Tine-Djebbar (2009).

En ce qui concerne l'équitabilité, les valeurs tendant vers 1, dans le cas du deuxième gisement (0,52), impliquent que les espèces présentes sont en équilibre les unes avec les autres. L'étude de l'équitabilité suggère que plus la population est élevée, plus elle peut être équilibrée. D'autre part, dans les gisements considérés comme de petites collections d'eau, les valeurs d'équitabilité sont toutes inférieures à 0,5, ce qui implique la présence d'un déséquilibre entre les espèces présentes. C'est le cas des gisements G1 et G3 présentés par les indices de 0,48 et 0,28. C'est le cas des gisements G1 et G3 présentés par les indices d'équitabilité 0,48 et 0,28, successivement. Leurs espèces sont en déséquilibre.

L'analyse statistique multivariée par l'AFC réalisée par le logiciel ADE version 4 (Chessel & Doledec, 1992) dans son plan factoriel 1 x 2, qui regroupe 55% et 34%, soit 89% de l'inertie totale nous expose les données suivantes :

Les mois de juin, juillet et août (mois d'été) sont concentrés au centre du graphique avec une abondance nulle. Le facteur 1 (Axe des ordonnées) oppose les mois de février, mars et avril où l'on observe une représentativité équilibrée en espèces, en particulier notamment *Cx. tritaeniorhynchus*, *Or. pulcripalpis*, *Ae. punctor*, *Ae. vexans*, *Cs. longiareolta*, *Cx. pipiens*. Les six autres mois, janvier, avril, août, septembre, octobre, novembre et décembre.

#### 4.2. Rendement des huiles essentielles



Dans le cadre de ce travail, un rendement en huile essentielle de *Chamaemelum nobile* L. de 0,38 % a été obtenu. Cette valeur s'inscrit pleinement dans la plage généralement rapportée dans la littérature, qui varie entre 0,4 % et 1,0 %. Selon Laurain-Mattar (2020) le rendement en l'huile essentielle de la même espèce (*Chamaemelum nobile* L.) varie entre 0,4 à 1% et pour Le rendement en huile essentielle de la camomille matricaire (*Matricaria recutita*) appelée aussi camomille allemande est égale 0,9 % (Laurain-Mattar et al., 2022). Dans la même famille des Astéracées, le rendement en huile essentielle de l'Hélichryse (*Helichrysum italicum*) est de 0,2 %, ce qui reste très faible comparé à celui de notre huile essentielle (Lobstein, 2017).

Selon Ben Haj et al. (2019), les différences de production d'huiles essentielles entre diverses populations sont associées aux conditions climatiques et à l'altitude. Les communautés de l'étage semi-aride supérieur ont démontré des productions plus importantes que celles des zones humides inférieures. Dans une zone bioclimatique donnée, les rendements des populations d'une même zone bioclimatique sont davantage qui sont plus influencés par les précipitations que par les altitudes. L'impact de ces deux éléments, analysés individuellement ou ensemble, sur la production d'huile essentielle a déjà été mentionné (Munoz-Bortomeu et al., 2006 ; Melito et al., 2015 ; Shams et al., 2016).

Toutefois, le lien entre ces paramètres varie d'une espèce à l'autre. Effectivement, des liens positifs ou négatifs entre les altitudes et les rendements ont été démontrés (Avci et al., 2011 ; Ghasemi et al., 2013).

### 4.3. Composition chimique des huiles essentielles

L'analyse chromatographique des HES de *Chamaemelum nobile* L. a révélé la présence de 33 composants. Les composants principaux étaient cinq ; le (E)-2-Methylbut-2-en-1-yl methacrylate (35,80%),  $\gamma$ -Curcumene (30,84%), 2-Methylallyl isobutyrate (4,34%), Pinocarvone (4,12%) et (E)-2-Methyl-2-butenyl isobutyrate (4,02). Le composant majoritaire dans une huile essentielle est le composé chimique présent en plus grande quantité, généralement exprimé en pourcentage (%) du total de l'huile.

Ce composant joue souvent un rôle clé dans les propriétés aromatiques et thérapeutiques de l'huile essentielle. Le (E)-2- Methylbut-2-en-1-yl methacrylate (35,80%),  $\gamma$ -Curcumene (30,84%) apparaissent comme des composés Co-dominants majoritaires dans l'huile essentielle. Selon Laurain-mattar (2020) les l'huile essentielle de la même espèce



(*Chamaemelum nobile* L.) Les composants de l'huile essentielle de la notre plante étudiée sont : angélate d'isobutyle (35 %), d'isoamyle (15 %), pinocarvone (4 %, idéalement pas plus de 5 %). On observe une variation des composants d'huiles essentielles au sein d'une même espèce botanique, et ce phénomène est bien connu en phytochimie.

On parle alors de variabilité intraspécifique, souvent associée à l'existence de chémotypes. Appartenant à la même famille que les Astéracées. L'Hélichryse, grâce à sa composition riche et diversifiée, est principalement constituée de : des esters terpéniques comme l'acétate de néryle et l'acétate de géranyle ; des cétones, notamment les  $\beta$ - dicétones de type italidiones, réputées pour leurs propriétés régénératrices ; des sesquiterpènes tels que le  $\beta$ -caryophyllène, le  $\gamma$ -curcumène, l' $\alpha$ -cédrene et l'italicène ; des monoterpénols dont le nérol et le linalol ; et enfin, des monoterpènes comme le limonène, l' $\alpha$ -pinène, l' $\alpha$ -sélinène et le  $\beta$ -sélinène (Lobstein et al., 2017).

L'écart des résultats observés est probablement associé à des éléments abiotiques comme le climat régional, ainsi qu'à des facteurs géographiques tels que l'altitude et la composition du sol (Brada et al., 2007 ; Brahmi et al., 2016). D'après Riahi et al. (2013), l'élément génétique ne faut pas les écarter pour comprendre la variation chimique des HEs

#### 4.4. Effet larvicide

Les produits naturels peuvent être a priori plus sûrs en utilisation humaine et peuvent offrir un avantage écologique comparé aux : composés non dégradables représentés par le DEET, par exemple. D'origine végétale, ils sont représentés surtout par les huiles essentielles dont les principales sur le marché sont issues : de la citronnelle (*Cymbopogon nardus*, *C. excavatus* et *C. martinii*), du cèdre (*Juniper virginiana*), de l'eucalyptus (*Eucalyptus maculata*), du géranium (*Pelargonium reniforme*), de la menthe (*Mentha piperita*), du margousier ou neem (*Azadirachta indica*) et du soja (*Neonotoni awightii*) (ChooChote et al., 2007).

La richesse de la flore algérienne et sa diversité, ainsi que l'endémisme important qui la caractérise (soit 600 espèces, sous espèces et variétés, ce qui représente près de 20% de la flore vasculaire), donne une empreinte territoriale et un particularisme élevé spécialement en plantes médicinales (Mokkadem, 1999).

Les plantes dans leur intégralité (feuilles, fruits, fleurs, racines et l'écorce) contiennent un complexe de produits chimiques qui s'appelle un principe actif, pouvant avoir une propriété anti virale, anti bactérienne ou anti fongique (Tennyson et al., 2012).



Ainsi, pour contribuer à une gestion durable de l'environnement, les propriétés insecticides de certaines plantes ont été testées sur les larves d'insectes. En effet, outre des propriétés antiseptiques et antifongiques (Benjilali *et al.*, 1984; Aboutabl *et al.*, 1986),

Les plantes aromatiques présentent des propriétés insecticides qui s'exercent d'une part par effet létal de type inhalatrice sur les adultes et d'autre part se manifestent par une inhibition de la reproduction : diminution de la fécondité accompagnée d'activités ovicide et larvicide de (Jang *et al.*, 2002).

Par ailleurs, la protection des cultures contre les ravageurs par des extraits végétaux a été étudiée aussi bien sur des larves de lépidoptères (Lee *et al.*, 2002) que sur des larves d'acridiens (Barbouche *et al.*, 2001).

Dans notre étude, nous avons voulu déterminer le potentiel d'action de l'Huile Essentielle de la *Chamaemelum nobile* L. à l'égard des larves de moustiques de l'espèce *Culex tritaeniorhynchus*. Les résultats montrent aussi une bonne activité bioinsecticide vis-à-vis de *Culex tritaeniorhynchus*. Les mortalités de 92% ont été observées aux concentrations les plus élevées de l'huile essentielle.

Nos résultats obtenus révèlent une sensibilité variable des larves traduite par des taux de mortalité faibles à très élevées en passant d'une concentration à l'autre. Les résultats révèlent également que l'activité larvicide est progressive sur la durée puisque il a été enregistré une augmentation de la mortalité au fur et à mesure qu'on avance dans le temps d'exposition. Ainsi, la mortalité qui est corrélée aux doses utilisées est d'autant plus accrue que l'exposition des larves aux insecticides est prolongée dans le temps. En plus de leurs propriétés insecticides certaines espèces de plantes à fleurs de pyrèthre sont antifongiques, c'est le cas de *Pyrethrum leptophyllum* qui est un fongicide contre les cultures de champignons de *Trichoderma lignorum* ; *Fusarium oxysporum* et *Aspergillus niger*.

Neamoin, l'activité biologique d'une Huile Essentielle est liée à sa composition chimique. Au sein d'une même espèce de plante, la composition de l'huile essentielle des divers individus peut présenter des profils chimiques ou chémotypes différents ; ces différences sont au niveau de la nature du monoterpène majoritaire de l'Huile Essentielle (Bhakuni *et al.*, 2007).

#### 4.5. Activité ovicide

L'utilisation des produits naturels, spécifiquement les extraits des plantes, comme type de lutte contre les insectes en Algérie a commencé de se développer, à travers une multitude de travaux récents (Kemassi & OueldEl-hadj 2008 ; Lebouz & OueldEl-hadj 2010 ; Habbachi et al ,2013



; Alouani et al., 2017 ; Driss et al., 2017 ; Kharoubi et al., 2020; Khaldi et al., 2023).

Dans cette étude l'HE de la camomille a été testé aux concentrations CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub> par exposition indirecte sur les œufs de *C. tritaeniorhynchus*. Les résultats ont prouvé l'efficacité de l'HE sur le potentiel ovicide qui a affecté le pourcentage d'éclosion des œufs. En effet, une diminution significative du pourcentage d'éclosion des œufs a été enregistrée à la concentration CL<sub>50</sub> par rapport aux témoins. Des œufs non éclos ainsi que des mortalités de larves du premier stade ont été enregistrées. D'autre part, un allongement de la durée de développement des œufs a été également observé.

Les résultats de ces essais viennent en appui aux études déjà réalisées sur les effets des bioinsecticides qui affectent négativement le taux d'éclosion des œufs. Citons à cet effet des essais utilisant l'HE d'ail (*Allium cepa* L.) sur des œufs de certaines espèces de coléoptères, a révélé un effet significatif affectant l'inhibition de l'éclosion des œufs chez certaines espèces de coléoptères (Huang et al., 2000).

Egalement, les extraits d'ail et/ou l'huile essentielle possèdent des activités ovicides contre un large éventail d'insectes, y compris les moustiques (Park & Shin 2005 ; Kimbaris et al., 2009; Zhao et al., 2013 ; Sangha et al., 2017 ; Ephantus et al., 2018).

D'autres études sur les propriétés ovicides des huiles essentielles d'ail ont été démontrées chez la teigne des crucifères *Plutella xylostella* (L.) (Sangha et al., 2017) et les extraits d'ail sont également connus pour avoir des effets ovicides contre l'araignée rouge, *Oligonychus coffeae* (Nietner) (Roobakkumar et al., 2010) et les moustiques (Jarial, 2001).

Des études antérieures suggèrent que les extraits d'ail inhibent l'éclosion des œufs en interférant avec la capacité des embryons de moustiques à briser les coquilles des œufs (Jarial, 2001).

En effet, des recherches ont révélé l'efficacité de l'action sur l'embryon à l'intérieur de la coquille de l'œuf qui dépendrait d'une pénétration efficace de l'insecticide (Elumalai et al., 2004).

En revanche, les bioinsecticides peuvent servir d'alternatives appropriées aux insecticides de synthèse à l'avenir car ils sont relativement sûrs, biodégradables et facilement disponibles dans de nombreuses régions du monde (Choochote et al., 2005).

Ainsi, les activités biologiques et la disponibilité locale du pyrèthre de Dalmatie (*Tanacetum cinerariifolium*) pourraient constituer un moyen efficace pour la gestion des vecteurs, en particulier dans les zones où les moustiques ont développé une résistance aux insecticides conventionnels.

#### **4.6. Activité de l'HE de *Chamaemelum nobile* L. sur la durée de l'embryogénèse**



Dans le cadre de la recherche d'insecticides naturels les pyréthrine figurent parmi les plantes les plus utilisées. En effet les pyréthrine naturelles sont désormais considérées comme une alternative potentielle au DTT synthétique et peuvent surmonter les effets dangereux des pyréthrinoïdes. La pyréthrine, un puissant insecticide naturel, est présente à des concentrations considérables dans le pyrèthre de Dalmatie, *Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch. (Asteraceae) (Nikolic, 2015). Cependant, ils présentent des inconvénients majeurs qui incluent leur grande instabilité et leur dégradation rapide en présence de la lumière du soleil. Les problèmes de stabilité et la courte durée de leur effet de choc entraînent des applications sur le terrain, inadéquates contre les populations de moustiques pendant la journée (Schleier & Peterson 2011).

Nos expérimentations chez *C. tritaeniorhynchus* ont mis en évidence une perturbation du développement de l'embryogénèse par l'huile essentielle de la camomille noble testé à la CL<sub>50</sub>. En effet, le traitement par l'huile essentielle réduit significativement la durée de l'incubation comparativement aux témoins. Des œufs non éclos ainsi que des mortalités de larves du premier stade ont été enregistrées

Il a été démontré que la fécondité et la fertilité des femelles de culicidés ont été affectées par des insecticides d'origine végétale comme par exemple des extraits de plantes ou des huiles essentielles. Citons à cet effet les travaux de (Alouani *et al.*, 2017), ou une réduction de la fécondité et de la fertilité chez *Cx. pipiens* ont été enregistrées après traitement par l'huile essentielle *Ruta chalepensis* de la famille des Rutaceae et *Eucalyptus camaldulensis* de la famille des Myrtaceae.

Globalement les résultats de cette étude démontrent clairement les potentialités de l'HE de la camomille noble à l'égard du moustique *Cx. tritaeniorhynchus*. Ceci suggère un effet différé de ce composé sur la durée de l'embryogénèse.

En effet, il a été reporté que pendant de nombreuses années, on a admis que les régulateurs de la croissance et du développement chez les plantes, étaient distincts des hormones qui règlent la croissance et le développement chez les animaux. Parmi ces phytohormones citons les Brassinostéroïdes (BRs), il s'agit de la catégorie la plus récente d'effecteurs de croissance sont omniprésents parmi les espèces végétales (Friedrichsen & Chory 2001).

En revanche, il apparait donc que l'HE de de la camomille noble présente un réservoir de substances bioactives que sont les métabolites secondaires, parmi lesquels des composés stéroïdes qui pourraient être des analogues de l'ecdysone des insectes. Donc les



phytohormones stéroïdiennes (Brassinostéroïdes) omniprésents parmi les espèces végétales pourraient avoir un impact sur le système reproducteur de *Cx. tritaeniorhynchus* en interférant avec des processus physiologiques sous contrôle endocrinien perturbant le processus de la reproduction.

#### **4.7. Activité de l'HE sur quelques paramètres de l'HE sur quelques paramètres de la reproduction**

Afin de gérer la prolifération de la plupart des espèces de moustiques (Diptera : Culicidae) il est impératif de contrôler les larves (Becker *et al.*, 2010).

Notre étude révèle que le traitement des larves du dernier stade de *Cx. tritaeniorhynchus* avec l'HE de la camomille affecte certains paramètres de la reproduction. Une réduction significative de la fécondité et de la fertilité a été observée aux concentrations létales CL<sub>25</sub> et CL<sub>50</sub> respectivement. Il a été démontré que la fécondité et la fertilité des femelles de culicidés ont été affectées par l'azadirachtine d'origines. On cite les travaux de Alouani *et al.* (2017).

Ce même effet a été observé chez *Cx. pipiens* ou une réduction significative de la fécondité et fertilité ont été enregistrées par un traitement d'extrait de la plante Saponine de la famille des Caryophyllaceae (Djehader *et al.*, 2018).

Les effets des huiles essentielles sur la reproduction ont été largement utilisés et se sont avéré variables. Globalement les résultats de cette étude démontrent clairement les potentialités de l'HE de de la camomille à l'égard du moustique *Cx. tritaeniorhynchus*.

Des études antérieures ont prouvé que les BRs sont omniprésents parmi les espèces végétales (Friedrichsen & Chory 2001). Les BRs sont semblables, en termes de structure, aux hormones stéroïdes animales (Nakashita *et al.*, 2003).

Il a été prouvé que des analogues des Brassinostéroïdes BRs sont actifs dans le contrôle et la lutte contre des moustiques, du fait de leur ressemblance avec l'hormone de mue de l'insecte (Davidson *et al.*, 2003). Sachant que le processus de la reproduction est sous le contrôle de la 20E et l'hormone juvénile (Gäde & Hoffman, 2005). Toute interférence dans l'homéostasie de ces hormones avec des sources exogènes (agonistes ou antagonistes) peuvent entraîner des anomalies dans la croissance des ovocytes, la formation des œufs, et l'embryogenèse (Smaghe *et al.*, 2003). Donc les phytohormones stéroïdiens (Brassinostéroïdes) omniprésents parmi les espèces végétales pourraient avoir un impact sur le système reproducteur des survivants chez *Cx. pipiens* en interférant avec des processus physiologiques sous contrôle endocrinien en perturbant le processus de la reproduction.



# CONCLUSION ET PERSPECTIVES



### Conclusion et perspectives

L'inventaire des moustiques est toujours reste un défi pour les chercheurs en raison de son intérêt médical et vétérinaire. L'étude taxonomique doit être mise à jour à chaque fois en raison de la rapidité de la reproduction et du déplacement des moustiques d'un endroit à l'autre. Cela met en évidence l'importance d'un suivi adéquat et de mesures de contrôle contre les moustiques, afin d'éviter que les vecteurs potentiels ne se propagent et ne s'installent dans cette zone en raison de l'évolution des gîtes causée par le développement des activités humaine et des changements climatiques.

L'étude taxonomique des moustiques au milieu lacustre (lac Fetzara), le plus grand lac de la région d'Annaba, a révélé la présence de six espèces de moustiques différentes (*Culex tritaeniorhynchus*, *Culex pipiens*, *Aedes punctor*, *Aedes vexans*, *Culiseta longiareolata* et *Orthopodomyia pulcripalpis*) appartenant à quatre genres. Les résultats obtenus ont donné un aperçu exploratoire de l'évolution des espèces de moustiques. La plupart des espèces de moustiques obtenues sont porteuses de maladies virales causées par les piqûres de moustiques, telles que chikungunya, dengue, maladie à virus Zika, fièvre jaune, encéphalite japonaise, fièvre du Nil occidental, fièvre de la vallée du Rift.

L'étude des données écologiques parallèlement à l'étude taxonomique des moustiques est très importante pour avoir une vision holistique de l'environnement approprié. L'étude des indices écologiques a révélé que le moustique le plus abondant est *Culex tritaeniorhynchus*.

Les dangers des pesticides chimiques sur la santé humaine et les organismes vivants nous ont amenés à rechercher une alternative biologique par l'utilisation d'huiles essentielles extraites de la plante aromatique de la camomille (*Chamaemelum nobile L.*).

La camomille (*Chamaemelum nobile L.*), une plante aromatique utilisée comme alternative biologique aux pesticides chimiques contre les moustiques, a été soumise à une série de procédures minutieuses telles que le séchage afin d'extraire une quantité significative d'huiles essentielles par hydrodistillation. Le rendement des huiles essentielles dépend d'un certain nombre de facteurs, dont la qualité du sol et le climat.

Les huiles essentielles extraites ont été soumises à des analyses physico-chimiques par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) afin d'identifier les différents composés constitutifs des huiles essentielles, qui ont révélé la présence



d'un nombre important de composants (33 composants), mais les deux composés prédominants sont respectivement (E)-2-Methylbut-2-en-1-yl methacrylate 35,80% et  $\gamma$ -Curcumene 30,84.

Les huiles essentielles extraites de la camomille ont montré une forte toxicité pour les larves de moustiques *Culex tritaeniorhynchus* du quatrième stade, en appliquant les concentrations  $CL_{25}$  et la  $CL_{50}$ .

L'effet ovicide de l'HE de la camomille (*Chamaemelum nobile L*) sur le moustique *Culex tritaeniorhynchus* a montré une réduction du taux d'éclosion des œufs ( $98,07 \pm 1,76\%$  et  $89,69 \pm 6,36\%$ ) chez les œufs traités avec  $CL_{25}$  et  $CL_{50}$  respectivement par rapport au lot témoins.

Le traitement des larves nouvellement exuviées du stade 4 de *Culex tritaeniorhynchus* par la  $CL_{50}$  a un effet différé sur la durée de l'incubation des œufs, comme le montrent les résultats. Effectivement, les séries traitées ont une durée moyenne de développement d'œufs de  $1,29 \pm 0,57$  jours, tandis que les séries témoins achèvent leur développement après  $2,03 \pm 0,56$  jours.

La fécondité et la fertilité ont été évaluées dans les conditions de laboratoire en utilisant l'huile essentielle de la camomille (*Chamaemelum nobile L*) à des concentrations différentes ( $CL_{25} = 3,66$  mg/ml et  $CL_{50} = 4,59$  mg/ml) sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culex tritaeniorhynchus*. Les individus qui ont réussi à survivre au traitement ont montré des altérations de ces paramètres reproductifs.

On conclut que l'huile essentielle de la camomille a une grande efficacité toxicologique sur divers aspects réalisées sur le *Culex tritaeniorhynchus* dans leur cycle de vie. Cette étude montre que les huiles essentielles extraites de la camomille (*Chamaemelum nobile L*) peuvent constituer une alternative efficace aux insecticides chimiques contre les moustiques.

Dans un futur proche, il serait pertinent de considérer des expériences supplémentaires afin d'obtenir des données plus précises sur l'effet de l'huile essentielle de la *Chamaemelum nobile L* sur d'autres paramètres chez *Culex tritaeniorhynchus* et les moustiques en général :

- Examiner les composants majoritaires de l'huile essentielle à différents stades de développement des des Culicidés.
- Analyser la manière dont les Huiles Essentielles agissent pour mieux appréhender leurs interactions.
- Evaluer l'effet secondaire de l'utilisation excessive des huiles essentielles.



## Conclusion et perspectives



-Tester un mélange de différentes huiles essentielles qui se sont révélées efficaces contre les moustiques, et enfin, étudier les effets adulticides et répulsifs des HEs.



# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



## 6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbott, W.B. 1925.** A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- Aboutabl, E.A., Soliman, F.M., El-Zalabani, S.M., Brunki, E.J. & El Kersh, T.A. 1986.** Essential oils of *Thymus borei* Benth. *Sci. Pharm.*, 54 (1), 43-48.
- Abram, P.K., Boivin, G., Moiroux, J. & Brodeur, J. 2017.** Behavioral effects of temperature on ectothermic animals: unifying thermal physiology and behavioral plasticity. *Biol Rev.* 92(4): 1859-1876.
- Acree, F., Turner, R.B., Gouck, H. K. & Beroza, M. 1968.** L-Lactid acid: a mosquito attractant isolated from humans. *Science* (80-). 161: 1346-1347.
- Adams, T.S. 1999.** Hematophagy and hormone release. *Annals of the Entomological Society of America*, 92(1): 1-13.
- AFNOR. 1989.** "Les huiles essentielles", 3ème Edition. Recueil des normes françaises, Paris.
- AFNOR. 2000.** Huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d'analyse Monographies relatives aux huiles essentielles. Tome 2ème édition.
- Aissaoui L. (2015).** Ecophysiological and systematic study of Culicidae in the Tébessa region and biological control (Doctoral dissertation, Badji Mokhtar University).
- Alouani, A.O., Ababsia, T., Rahal, I., Rehim, N. & Boudjelida, H. (2017).** Activity evaluation of botanical essential oils against immature mosquitoes of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(4):829-834.
- Auriane, B.B. (2010).** Manifestations Dermatologiques Associés Aux Diptères Chez Le Chien Et Le Chat. (Thèse de Doctorat). Ecole Nationale Vétérinaire D'Alfort, France, P185.
- Avci, A.B. 2011.** Chemical Variation on the Essential Oil of *Thymus praecox* ssp. *scorpilii* var. *laniger*. *International Journal of Environmental and Agriculture Research* 13: 607-610.
- Barbouche, N., Hajjem, B., Lognay, G. & Ammar, M. 2001.** Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parqui* L 'Hérit. (Solanaceae) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 5 (2), p. 85-90.
- Bassolé, I.H. & Juliani, H.R. 2012.** Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*, 17, 3989-4006.
- Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase C., Madon, M.B., Dahl, C. & Kaiser, A. 2010.** Mosquitoes and Their Control, 2ème Edition, Springer Nature, Switzerland. p: 577.



- Bellakhdar, J.** La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Edition Le Fennec, Casablanca/ Ibis Press, Paris, P 764, 1997.
- Ben Haj Yahia, I., Jaouadi, R., Trimech, R., Boussaid, M & Zaouali, Y. 2019.** Variation of chemical composition and antioxidant activity of essential oils of *Mentha x rotundifolia* (L.) Huds. (Lamiaceae) collected from different bioclimatic areas of Tunisia. *Biochemical Systematics and Ecology* 84: 8-16.
- Benayad, N. (2008).** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Projet de recherche. Faculté des Sciences Rabat, Maroc. 63p.
- Bendali, F., Djebbar, F. & Soltani, N. (2001).** Comparative efficacy of a few fish species against various stages of *Culex pipiens* L. under laboratory conditions. *Parasitica*, 57:255-265.
- Bendali-Saoudi, 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 d'Annaba.
- Benhissen, S., Habbachi, W., Masna, F., Mecheri, H., Ouakid-Mohamed, L. & Bairi, A. (2014).** Inventory of Culicidae in Arid Zones: Case of the OuledDjellal Oasis (Biskra; Algeria). *Revue El Wahat pour les Recherches et les Etudes*. 7:86-91.
- Benhissen, S., Habbachi, W., Rebbas, K. & Masna, F. (2018).** Entomological and typological studies of larval breeding sites of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Bousaâda area (Algeria). *Bulletin de La Société Royale Des Sciences de Liège*.
- Benjilali, B.A., Tantaoui-Eiaraki, A., Ayadi, & Hilal, M. 1984.** Method to study the antimicrobial effect of essential oils. Application to the antifungal activity of six marocan essences. *J. Food Protection*, 47 (10), 748-752.
- Benmalek, L., Bendali-Saoudi, F. & Soltani, N. (2018).** Inventory and distribution of mosquitoes (Diptera; Culicidae) of the Burgas lakes (Northeast Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6:838-843.
- Berchi, S. (2000).** Bioécologie de culex pipiens L. (Diptera : Culicidea) dans la région de Constantine et perspectives de lutte. Thèse de doctorat en sciences, université de Constantine, 133p.
- Berchi, S., Aouati, A. & Louadi, K. (2012).** Typology of breeding sites favorable to the larval development of *Culex pipiens* L. 1758 (Diptera-Culicidae), a source of nuisance in Constantine (Algeria). *Ecologia Mediterranea*, 38:5-16.
- Bézanger-Beauquesne, L., Pinkas, M. & Torck, M.** Les plantes dans la thérapeutique moderne, 2ème édition révisée, Edition Maloine, 1986.



- Bhakuni, R.S., Kahol, A.P., Singh S.P. & Kumar, A., 2007.** Composition of north Indian pyrethrum (*Chrysanthemum cinerariaefolium*). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 10(1):31-35.
- Bosch, O. J., M. Geier, & J. Boeckh. 2000.** Contribution of fatty acids to olfactory host finding of female *Aedes aegypti*. *Chem. Senses*. 25: 323-330.
- Bosco-Lauth, A., Mason, G. & Bowen, R.** Pathogenesis of Japanese encephalitis virus infection in a golden hamster model and evaluation of favivirus cross-protective immunity. *Am J Trop Med Hyg.* 2011 ; 84:727–32.
- 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*.
- Bouacherine, R. & Benrabia, H.** Biodiversité et valeur des plantes médicinales dans la phytothérapie : Cas de la région de Ben Srouf (M'sila). Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de master académique. Université Mohamed Boudiaf-M'sila, 2017.
- 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*, 4:94-99.
- Boudjelida, H., Bouaziz, A., Soin, T., Smagghe, G. & Soltani, N. (2005).** Effects of ecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 83:115-123.
- Boukraa, S. (2010).** bio systématique des moustiques (Diptera : culicidae) dans et aux Alentours des fermes délavage en Belgique. Mémoire d'ingénieur. Orientation protection des végétaux. Université de liege. Belgique. 109p.
- Brada, M., Bezzina, M., Marlier, M., Carlier, A. & Lognay, G. 2007.** Variabilité de la composition chimique des huiles essentielles de *Mentha rotundifolia* du Nord de l'Algérie. *Biotechnology, Agronomy, Society* 11: 3-7.
- Brahmi, F., Abdenour, A., Bruno, M., Silvia, P., Alessandra, P., Danilo, F., YalaouiGuellal, D., Elsebai, M.F., Madani, K. & Chibane, M. 2016.** Chemical composition and in vitro antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities of the essential oils of *Mentha pulegium* L. and *Mentha rotundifolia* L. Huds growing in Algeria. *Industrial Crops and Products* 88: 96-105.
- Bruneton, J., 1999.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Ed. Tec & Doc. ; pp : 461 – 769.
- Bruneton, J.** « Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales ». 3 éme Editions Tec & Doc, Paris, éditions médicales internationales, P 483-560, 1999.
- Brunhes, J. 1970.** Les Culicidae: morphologie et systématique.



- Brunhes, J., Hassaïne, K., Rhaiem, A. & Hervy, J.P. (2000).** Les Culicidés de l'Afrique méditerranéenne : espèces présentes et répartition (Diptera, Nematocera). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 105:195-204.
- Brunhes, J., Schaffner, F., Angel, G., Geoffroy, B., Hevry, J.P. & Rhaiem, A. 2001.** Moustiques d'Europe. Logiciel d'identification. Institut de recherche pour le développement, *IRD France*.
- Cachareul, A. 1997.** Les moustiques : cycle de développement, aspects anatomophysiologiques et régulation du cycle ovarien. *Th. Med. Vet., Nantes*. 24: 131p.
- Cardé, R. & Gibson, G. 2010.** Host finding by female mosquitoes: mechanisms of orientation to host odours and other cues. In *Takken, W., Knols, B. (eds.), Olfaction Vector-Host Interact. Wageningen Academic, Wageningen*.
- Carnevale, P. & Robert, V. (2009).** les anophèles. Biologie, taxonomie du plasmodium et lutte anti vectorielle. *Edition IRD., Marseille*, 389p.
- Centers for Disease Control and Prevention.** Japanese encephalitis surveillance and immunization—Asia and the Western Pacific. *Morb Mortal Wkly Rep*. 2013; 62:658.
- Chahed, S. (2022).** Biodiversité des moustiques (Diptera : Culicidae) de la région de Tizi-Ouzou ( Nord d'Algérie). 5p.
- Chahed, S., Brahmi, K. & Djouaher, T. (2021).** Study on the Culicidian fauna (Diptera: Culicidae) of the Tizi-Ouzou region (North of Algeria): Biodiversity, abundance and distribution. *Faunistic Entomology-Faunistic Entomology*.
- Chessel, D., Dolédec, S., Thioulouse, J. & Olivier, J.M. (1992).** ADE software. Multivariate Analysis and Graphical Display for Environmental Data (version 4). *Université de Lyon*.
- Choochote, W., Chaithong, U., Kamsuk, K., Jitpakdi, A., Tippawangkosol, P., Tuetun, B., Champakaew, D. & Pitasawat, B. (2007).** Repellent activity of selected essential oils against *Aedes aegypti*. *Fitoterapia*. 78: 359– 364.
- Choochote, W., Chaiyasit, D., Kanjanapothi, D., Rattanachanpichai, E., Jitpakdi, A., Tuetun, B. & Pitasawat, B. 2005.** Chemical composition and anti-mosquito potential of rhizome extract and volatile oil derived from *Curcuma aromatica* against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Vector Ecol* , 30:302–309.
- Clements, A.N. 1999.** The Biology of Mosquitoes: Sensory Reception and Behavior. *CAB International Publishing*, 576 p.
- Cloutier, C. & Cloutier, C. 1992.** Les solutions biologiques de lutte pour la répression des insectes et acariens ravageurs des cultures. In Vincent, C. et Coderre, D. (éd.), La lutte biologique. *Boucherville (Québec), Gaëtan Morin Éditeur. Chap. 2:* 19-88.



- Consoli, R.A. & Oliveira, R.L. 1994.** Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. *Fiocruz, Rio de Janeiro*. p224.
- Cseke, L.J. & Kaufman, P.b. (1999).** How and why these compounds are synthesized by plants. Pages 37-90 in P.B. Kaufman, L.J. Cseke, S. Warber, J.A. Duke et H.L. Brielmann (eds.), *Natural Products from Plants. CRC Press, Boca Raton, FL*.
- Dahchar, Z., Oudainia, W., Bendali-Saoudi, F. & Soltani, N. (2017).** Inventory of Culicidae of the wetland (of the West region of Annaba). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5:430-436.
- Dajoz, R. (1971).** Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- Dajoz, R. 2003.** Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris.
- DAJOZ, R.** Précis d'Ecologie. Edition Bordas. Paris. (1985), 505p.
- Davidson, G., Restrepo, R., Martinez, G., Coll, F. & Leon, O. (2003).** Effects of brassinosteroid analogues on mosquito larvae. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56:419-24.
- De Lagarde, J. (1983).** Initiation à l'analyse des données, Bordas, Paris.158p.
- De Wever, P.** Chés plantes d'ichi pi cmin qu'in s'in sert. Ch'baudet. 1980.
- Dekker, T., Steib, B., Carde, R.T. & Geier, M. 2002.** L-lactic acid : a human- signifying host cue for the anthropophilic mosquito *Anopheles gambiae*. *Med. Vet. Entomol.* 16: 91-98.
- Djebbar, F. (2009).** Bioecology of mosquitoes in the region of tébessa and evaluation of two growth regulators (halofenozide and methoxyfenozide) with regard to two species of mosquitoes *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*.
- Djehghader, N.E.H., Aïssaoui, L., Amira, K. & Boudjelida, H. (2018).** Toxicity evaluation and effects on the development of a plant extract, the Saponin, on the domestic mosquito, *Culex pipiens*. *International Journal of Mosquito Research*, 5(1): 1-5.
- Dris, D., Tine-Djebbar, F. & Soltani, N. 2017 a.** Lavandula dentata essential oils: chemical composition and larvicidal activity against *Culiseta longiareolata* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *African Entomology*, 25: 387–394.
- Dris, D., Tine-Djebbar, F., Bouabida, H. & Soltani, N.2017 b.** Chemical composition and activity of an *Ocimum basilicum* essential oil on *Culex pipiens* larvae: Toxicological, biometrical and biochemical aspects. *South African Journal of Botany*. 113:362–369.
- Duvallet, G., Fontenille, D., & Robert, V. (2017).** Entomologie médicale et vétérinaire. Editions *Quae*.



- Eldridge L, B.F. & Edman, J.D. (2012).** Medical Entomology: A Textbook on Public Health and Veterinary Problems Caused by Arthropods. *Springer Science & Business Media, Netherlands*, 659 pp.
- Elumalai, K., Dhanasekaran, S., Anandan, A., Krishnappa, K., Gokulakrishnan, J. & Elangovan, A. 2012.** Mosquitocidal activities of *Abrus precatorius* L. (Fabaceae) against chickungunya vector, *Aedes aegypti* (L.) and Japanese encephalitis vector, *Culex tritaeniorhynchus* (Giles) (Diptera: Culicidae). *International Journal of Current Life Sciences* 2: 31-38.
- Elumalai, K., Jeyasankar, A., Raja, N. & Ignacimuthu, S. 2004.** Ovicidal and larvicidal activity of certain plant extracts against the tobacco armyworm, *Spodoptera litura* (Fab.). *J. Curr. Sci.*, 5(1): 291-294.
- Ephantus, M.J.M. Ramirez, J.L., Br Zilkowski, B., Flor-Weiler, L.B. & Alejandro, R.P. 2018.** Ovicidal and Larvicidal Effects of Garlic and Asafoetida Essential Oils Against West Nile Virus Vectors. *Journal of Insect Science*, 18(2): 43; 1–6.
- Fakhari, A. R., & Salehi, P. (2005).** Hydrodistillation-headspace solvent microextraction, a new method for analysis of the essential oil components of *Lavandula angustifolia* Mill. *J. Chromatogr. A*. 1098, 14-18.
- Faraji, A., Egizi, A., Fonseca, D. M., Unlu, I., Crepeau, T. Healy, S. P. & Gaugler, R. 2014.** Comparative host feeding patterns of the asian tiger mosquito, *Aedes albopictus*, in urban and suburban Northeastern USA and implications for disease transmission. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 8: e3037.
- Fatope, M.O., Nuhu, A.M., Mann, A. & Tekeda, Y. 1995.** Cowpea weevil bioassay a simple prescreen for plants with grain protectant effects. *Intern. Journ. of Pest Management* 41: 2, 84-86p.
- Faucon, M.** Traité d'aromathérapie scientifique et médicale - Les huiles essentielles. Sang de la Terre-Médial. Paris: 2019.
- Ficalbi, E.1889.** Descrizione di una specie nuova.( Notizie preventive sulle zanzare italiane II. Nota preventiva). *bulletino della societa Entomologica Italiana*, 21: 50-53.
- Fischer, M., Hills, S., Staples, E., Johnson, B., Yaich, M., Solomon, T., Scheld, W.M., Hammer, S.M. & Hughes, J.M.** Japanese encephalitis prevention and control: Advances, challenges, and new initiatives. *Emerg. Infect.* 2008, 8, 93–124.
- Fleurentin, J.** Du bon usage des plantes qui soignent. Ouest-France, Rennes. 2018., *Tison J- M, De Foucault B. Flora Gallica. Flore de France. Biotope*, Mèze. 2014.
- Foko Dadji, G.A., Bobo Ngowe, M.P., Nyegue, M.A. & Tamesse, J.L. 2018.** Chemical composition and biocide properties of *Clausena anisata* (Rutaceae) essential oil against developmental stages of the malaria vector *Anopheles coluzzii*. *Am. J. Essent. Oil Nat. Prod.*, 6: 9–15.



- Foster, W. A., & Walker, E. D. (2019).** Mosquitoes (Culicidae). In Medical and veterinary entomology (pp. 261-325). *Academic press*.
- Friedrichsen, D. & Chory, J. (2001).** Steroid signaling in plants: from the cell surface to the nucleus. *Bioessays*, **23**:1028– 1036.
- Gäde, G. & Hoffmann, K. H. (2005).** Neuropeptides regulating development and reproduction in insects. *Physiol. Entomol*, **30**: 103-121.
- Gargan, T.P2nd., Bailey, C. L Higbee, G. A., Gad, A. & El Said, S. 1983.** The effect of laboratory colonisation on the Victor pathogen interactions of Egyptian *Culex pipiens* and rift Valley fever virus. *Am. J.Trop. Med. Hyg.* 32:1154-11.
- Geier, M., Bosch, O. J. & Boeckh, J. 1999.** Ammonia as an attractive component of host odour for the yellow fever mosquito, *Aedes aegypti*. *Chem. Senses.* 24: 647-653.
- Gershenson, J. & Dudareva, N. 2007.** The function of terpene natural products in the natural world. *Nature Chemical Biology*, 3, 408–414.
- Ghasemi, P.A., Barani, M., Behzad, H., Abnoos, K. 2013.** Environment effect on diversity in quality and quantity of essential oil of different wild populations of kerman thyme. *Genetika* 45: 441-450. *ive Utilization. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York*, pp. 13- 22.
- Gillett, J. D. 1971.** Man - the third link in the epidemiological chain. *Report of 1st Internat. Seminar SEATO, Bangkok*.
- Gillies, M.T. 1980.** The role of carbon dioxide in host- finding by mosquitoes (Diptera : Culicidae): a review. *Bull. Entomol. Res.* 70: 525-532.
- Goislard, C. 2012.** Répulsifs anti-moustiques à l'officine. Thèse de doc en pharmacie, université Angers UFR science pharmaceutique en ingénieur de la santé p 16.
- Gokulakrishnan, J., Elumalai, K., Dhanasekaran, S., Anandan, A. & Krishnappa, K. 2013.** Pupicidal and repellent activities of Pogostemon cablin essential oil chemical compounds against medically important human vector mosquitoes. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease* 3: 26-31.
- Grainge, M. & Armed, S. (1988).** Handbook of plants with pest control properties. John Wiley & Sons, NewYork. 470p.
- Guitsevitch, A.V., Mouchad SKI, A.S. & Stakelk-Barge, A. 1974.** Fauna of Diptera U.S department of commerce national. *Technical information.* 22151.
- Habbachi, W., Benhissen, S. & Ouakid, M.L., 2013.** Effets biologiques d'extraits aqueux de Peganumharmala(L.) (Zygophyllaceae) sur la mortalité et le développement larvaire de *Drosophila melanogaster* (Diptera-Drosophilidae). *Algerian journal of aridenvironment*.vol. 3, n° 1, Juin 2013: 82-88.
- Halstead, S.B. & Jacobson, J.** Japanese encephalitis. *Adv Virus Res.* 2003;61:103–38.



- Hamaidia, H. & Berchi, S. (2018).** Systematic and ecological study of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the region of Souk-Ahras (Algeria). *Faunistic Entomology-Faunistic Entomology*.
- Harrington, L.C., Edman, J.D., Scott, T.W., Harrington, L.C., Edman, J. D. & Scott, T.W. 2001.** Why do female *Aedes aegypti* (Diptera:Culicidae) feed preferentially and frequently on human blood . *J. Med. Entomol.* 38: 411-422.
- Hassaine, K., 2002.** Biogéographie et biotypologie des Culicidae (Diptera – Nematocera) de l’Afrique méditerranéenne. Bioécologie des espèces les plus vulnérantes (*Aedes caspius*, *Aedes destritus*, *Aedes mariaae* et *Culex pipiens*) de la région occidentale algérienne. Thèse Doc. d’État. Univ. Tlemcen: 203p.
- Hawkes, F. & Gibson, G. (2016).** Seeing is believing: the nocturnal malarial mosquito *Anopheles coluzzii* responds to visual host-cues when odour indicates a host is nearby. *Parasit vectors* 9:1.
- Herrel, N., Merasinghe, A., Ensink, F.P., Mukhtar, J.M, Van Der Hoek, W. & Konradsen, F. 2001.** Breeding of *Anopheles* mosquitoes in irrigated areas of south Punjab. Pakistan. *Medic Veter Entomol* 15: 236 - 248.
- Hill, S. R., & Smith, J. J. B. 2000.** Consistent pattern in the placement of taste sensilla on the labellar lobes of *Aedes aegypti*. *Int. J. insect Morphol. Embryol.* 28: 281-290.
- Himani, D., Kumar, H.C., Bhilegaonkar, K.N. & Kumar, A.** Japanese encephalitis: a veterinary perspective. *J Foodborne Zoon Dis.* 2014 ; 2:59–67.
- Himmi, O., 2007.**-Les diptères (Insectes, Diptères) du Maroc : systématiques, Ecologique et études épidémiologiques pilotes. Thèse.Doc., Université Mohamed V, Rabat : 289p.
- Himmi, O., Dakki, M., & Elagbani, M.A., (1959).** Les Culisudaes du Maroc : clés d’identification avec données biologiques. Trav. Inst. Sci., série Zool., N 44, Rabat: 50.
- Himmi, O., Dakki, M., Bouchra, T. & El Agbani M A. 1995.** Les Culicidae du Maroc : Clés d’identification, avec données biologiques et écologiques, Travaux de l’Institut Scientifique.série Zoologie N°44, Rab.50p.
- Houmani, M., Bendali-Saoudi, F. & Soltani, N. (2017).** Inventory of Culicidae in the region of El Taref (North-east Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5:263- 267.
- Huang, Y., Chen, S. X. & Ho, S. H. 2000.** Bioactivities of methyl allyl disulfide and diallyl trisulfide from essential oil of garlic to two species of stored-product pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Econ. Entolo.*, 93: 537–543.
- Isman, M.B. & Machial, C.M. 2006.** Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. In: *Rai, M., Carpinella, M.C. (Eds.)*.



- Isman, M.B. 1994.** Botanical insecticides. *Pesticides outlook* 26-31.
- Jang, Y.S., Baek, B.R., Yang, Y.C., Kim, M.K. & Lee H.S., 2002.** Larvicidal activity of leguminous seeds and grains against *Aedes aegypti* and *Culex pipiens pallens*. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.* 18 (3), p. 210–213.
- Jarial, M.S. 2001.** Toxic effect of garlic extracts on the eggs of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): a scanning electron microscopic study. *J. Med. Entomol.* 38: 446–450.
- Jones, J.L. & Roddick, J.G. (1988).** Steroidal oestrogens and androgens in relation to reproductive development in higher plants. *J. Plant Physiol.* 133, 510–518.
- Kemassi, A. & Oueld El-hadj, M.D. 2008.** Toxicité comparée des extraits de quelques plantes acridifuges du Sahara septentrional est algérien sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (forskål, 1775).
- Khalaf, K.T. 1962.** Handbook of the mosquitoes recorded from Iraq. *Shafik Press, Baghdad.* v + 62 pp.
- Kharoubi, R., Rehimi, N. & Soltani, N. 2020.** Essential Oil from *Mentha rotundifolia* Harvested in Northeast Algeria: Chemical Composition, Larvicidal and Enzymatic Activities on *Culex pipiens* Larvae. *Transylvanian Review: Vol XXVII, No. 47.*
- Kharoubi, R. 2021.** Méthodes alternatives de lutte contre les moustiques : Efficacité des extraits d'une plante médicinale la menthe (*Mentha sp*) et effets secondaires sur *Gambusia affinis*. Thèse de Doctorat en Biologie, spécialité: Physiologie et environnement, Université , Badji Mokhtar Annaba, Algérie. p: 242.
- Kimbaris, A. C., E. Kioulos, G., Koliopoulos, M.G., Polissiou, & Michaelakis, A. 2009.** Coactivity of sulfide ingredients: a new perspective of the larvicidal activity of garlic essential oil against mosquitoes. *Pest Manag. Sci.* 65: 249–254.
- Kirby, W. (1837).** The insects. *J. Richardson, Fauna Boreali-Americana; or the zoology of the Northern parts of British America.* Norwich 4:1-325 (125-143).
- Kirkpatrick, T.W. 1924(1925).** Preliminary notes on the determination of Egyptian mosquitos, with descriptions of three species new to science. *Bull. Sot. Entomol. Egypte* 8: 362-391.
- Kone, D. 2009.** Etude de la phytochimie et des activités larvicide, anticholinestérasique et antioxydante des extraits de quatre plantes du Mali : *Acacia nilotica* Guill. et Perr. (Mimosaceae), *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. (Asclepiadaceae), *Euphorbia sudanica* A. Chev (Euphorbiaceae) et *Hyptissuaveolens* (L.) Poit (Lamiaceae). Mim.Doc.Uni de Bamako.p123.
- Kowalczyk, T., Merez-Sadowska, A., Ghorbanpour, M., Szemraj, J., Piekarski, J., Bijak M., Śliwiński, T., Zajdel R. & Sitarek P. 2023.** Enhanced natural strength: Lamiaceae essential oils and nanotechnology in in vitro and in vivo medical research. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(20), 15279.



- Kraemer, M.U.G., Reiner, R.C., Brady, O.J., Messina, J.P., Gilbert, M., Pigott, D.M., Yi, D., Johnson, K., Earl, L. & Marczak, L.B. (2019).** Past and future spread of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Nat. Microbiol.*, 4, 854–863.
- Kwon, H., Lu, T., Rützler, M. & Zwiebel, L. J. 2006.** Olfactory responses in a gustatory organ of the malaria vector mosquito *Anopheles gambiae*. *PNAS*. 103.
- Lalami, A.E.O., El Hilali, O., Benlamlih, M., Merzouki, M., Raiss, N., Koraichi, S.I. & Himmi, O. (2010).** Etude entomologique, physicochimique et bactériologique des gîtes larvaires de localités à risque potentiel pour le paludisme dans la ville de Fès. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 2010, n°32 (2), 119-127.
- Laurain-Mattar, D., Couic-Marinier, F., & Aribi-Zouiouche, L. (2022).** Huile essentielle de Matricaire. *Actualités Pharmaceutiques*, 61(613), 49–52.
- Laurain-Mattar, D., Couic-Marinier, F., & Marchand, J. (2020).** Huile essentielle de camomille romaine. *Actualités Pharmaceutiques*, 59(595–596), 53–56.
- Lebouz, I. & Oueld El-hadj, M.D. 2010.** Activité biologique des extraits foliaires de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) chez *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae). *Mim.Mag.Uni de mohamed Kheider.Biskra*.165p.
- Lee, D.J., Hicks, M.M., Debenham, M.L., Griffiths, M., Marks, E.N., Bryan, J.H. & al.** The Culicidae of the Australian region, vol. 7. Canberra: Australian Government Publishing Service; 1988.
- Lee, H.K., Park, C. & Ahn, Y.J. 2002.** Insecticidal activities of asarones identified in *Acorus gramineus* rhizome against *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutoidea). *Jap. Soc. Appl. Entomol. Zool.* 37 (3), p. 459–464.
- Lehane, M.J. (2005).** The biology of blood-sucking in insects. 2 edn. Cambridge University Press, New York//.
- Li, S., Jiang, F., Lu, H., Kang, X. & Cui, F.** Mosquito Diversity and Population Genetic Structure of Six Mosquito Species From Hainan Island. *Front. Genet.* 2020, 11, 602863. [CrossRef] [PubMed].
- Linné, C. 1758.** Systema nature per regna fria naturae. Édition 10. Holmia, (1): 82p.
- Lobstein, A., & Couic-Marinier, F. (2017).** Huile essentielle d'Hélichryse. *Actualités Pharmaceutiques*, 56(567), 51–54.



- Longbottom, J., Browne, A.J., Pigott, D.M., Sinka, M.E., Golding, N., Hay, S.I., Moyes, C.L. & Shearer, F.M.** Mapping the spatial distribution of the Japanese encephalitis vector, *Culex tritaeniorhynchus* Giles, 1901 (Diptera: Culicidae) within areas of Japanese encephalitis risk. *Parasites Vectors* 2017, 10, 148. [CrossRef] [PubMed].
- Lounaci, Z. (2015).** Biodiversité des Diptères d'intérêt agronomique médical et vétérinaire en particulier les Phlébotomes et les Culicides dans l'Algérois, le Marais de Réghaia, et la vallée du moyen Sébaou de Tizi Ouzou. Thèse doctorat.
- Lundwall, E., Pennetier, C., Corbel, V., De Gentile, L. & Legros, F. 2005.** Paludisme : se protéger des piqûres d'anophèles. *Rev. Prat.* 55: 841-848.
- Lytra, I., Emmanouel, N.** Study of *Culex tritaeniorhynchus* and species composition of mosquitoes in a rice field in Greece. *Acta Trop.* 2014, 134, 66–71. [CrossRef] [PubMed].
- Margot, P. 2010.** Evolution de la résistance au bactério-insecticide Bti chez les moustiques. Thèse de doc en biologie .Université JOSEPH FOURIER – GRENOBLE P 16-17.
- McIver, S. & Siemicki, R. 1978.** Fine structure of tarsal sensilla of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *J.Morphol.* 155: 137-156.
- Medeiros-Sousa, A.R., De Oliveira-Christe, R., Camargo, A.A., Scinachi, C.A., Milani, G.M, Urbinatti, P.R., Natal, D., Ceretti Junior, W. & Marrelli, M.T. 2020.** Influence of water's physical and chemical parameters on mosquito (Diptera: Culicidae) assemblages in larval habitats in urban parks of São Paulo Brazil. *Acta Trop* 205: 105394.
- Mokkadem, A. 1999.** Cause de dégradation des plantes médicinales et aromatiques d'Algérie. In *Revue Vie et Nature.* (7):24-26.
- Mordecai, E.A., Ryan, S.J., Caldwell, J.M., Shah, M.M. & Labeaud, A.D. (2020).** Climate change could shift disease burden from malaria to arboviruses in Africa. *Lancet Planet Health*, 4, e416–e423.
- Mostafa, E.M., El-Ghorab, A.H., Ghoneim, M.M., Ebrahim, H.A., Abulfaraj, M., Abdelgawad, M.A., Farouk, A. & Musa, A. 2023.** Cytotoxic and antioxidant potential of *Launaea mucronata* Forssk essential oil growing in Northern Saudi Arabia. *Molecules*, 28(20), 7025.
- Nabti, I. & Bounechada, M. (2020).** Mosquito biodiversity in Setif region (Algerian high plains), density and species distribution across two climate zones. *Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology.*
- Naeem, M., Al-Ahmed, A., Kheir, S.M. & Sallam, M.** Spatial distribution modeling of *Stegomyia aegypti* and *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) in Al-Bahah Province, Kingdom of Saudi Arabia. *Trop. Biomed.* 2016, 33, 295–310.



- Nikolic, T. (2015).** *Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch. Bip. distribution in Croatia  
In: Flora Croat. Database. Faculty of Science, University of Zagreb.
- OMS., 1999.** La lutte anti vectorielle, méthode à usage individuel et communautaire. (449p).
- Ouafi, N., Moghrani, H., Benaouda, N., Yassaa, N., Maachi, R. & Younsi, R.** 'Moisture Sorption Isotherms and Heat of Sorption of Algerian Bay Leaves (*Laurus nobilis* L.)', Maderas. *Ciencia y Tecnologia*, Vol. 17, N°4, pp. 759 - 772, 2015.
- Oudainia, W. (2014).** Etude bioécologique et systématique des Culicidae de la région d'Oum El Bouaghi. Effet de la température sur l'agressivité et la biologie de *Culex pipiens*. 183p.
- Ould el Hadj, M.D., Hadj-Mahammed, M. & Zabeirou, H.** Inventaire et recherche de l'usage des plantes spontanées médicinales de la pharmacopée traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara septentrional Est Algérien), Annales de l'Institut National Agronomique - EI-Harrach ; 22(1) (2) : P 97-123, 2001.
- Pages F., Orlandi-Pradines E., Corbel V.** Vecteurs du paludisme : biologie, diversité, contrôle et protection individuelle. *Médecine et Maladies Infectieuses*. 2007 ; 37:153- 161.
- Pamo, E. T., Zollo, P. H. A., Tendonkeng, F., Kana, J. R., Fongang, M. D., & Tapondjou, L. A. (2004).** Composition chimique et effet acaricide des huiles essentielles des feuilles de *Chromolaena odorata*(L) King and Robins d'Eucalyptus saligna smith sur les tiques (*Rhinicephalus lunulatus Neumann*) de la chèvre naina de Guinée dans l'ouest Cameroun. *Livestock Research for Rural Development* 16(9), 312-316.
- Park, I. K., & Shin, S. C. 2005.** Fumigant activity of plant essential oils and components from garlic (*Allium sativum*) and clove bud (*Eugenia caryophyllata*) oils against the Japanese termite (*Reticulitermes speratus* Kolbe). *J. Agric. Food Chem.* 53: 4388–4392.
- Pitts, R. J., Derryberry, S. L., Zhang, Z. & Zwiebel L. J. 2017.** Variant ionotropic receptors in the malaria vector mosquito *Anopheles gambiae* tuned to amines and carboxylic acids. *Sci. Rep.* 7.
- Ponlawat, A., & Harrington, L. C. 2005.** Blood feeding patterns of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Thailand. *J. Med. Entomol.* 42: 844-849.
- Puri, S.N., Mendki, M. J., Sukumaran, D., Ganesan, K., Prakash, S. & Sekhar, K. 2006.** Electroantennogram and behavioral responses of *Culex quinquefasciatus* (Diptera:Culicidae) females to chemicals found in human skin emanations. *J. Med. Entomol.* 43: 207-213.
- Ramade, F., 1984.** Elément écologie – Ecologie fondamentale-. *Ed. Mc Graw-Hill, Paris*, 397 p.



- Rehimi, N. & Soltani, N. (1999).** Laboratory evaluation of Alsystin, a chitin synthesis inhibitor, against *Culex pipiens pipiens* L.(Dip., Culicidae): effects on development and cuticle secretion. *Journal of Applied Entomology*, 123:437-441.
- Rehimi, N. & Soltani, N. 1999.** Laboratory evaluation of Alsystin, a chitin synthesis inhibitor, against *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae): effects on development and cuticule secretion. *Journal of Applied Entomology* 123: 437-441.
- Rehimi, N. 2004.** Etude de la reproduction chez *Culex pipiens pipiens*. Aspects: morphologique, éthologique, et physiologique. Effets de quelque inhibiteur du developpement sur quelque paramètre biologiques. Thèse de doctorat d'état en sciences naturelles. Option biologie Animale. Université d'Annaba, Algérie.
- Riabinina, O., Task, D., Marr, E., Lin, C., Alford, R., Brochta, D. A. O., & Potter, C. J. 2016.** Organization of olfactory centres in the malaria mosquito *Anopheles gambiae*. *Nat. Commun.* 7.
- Riahi, L., Elferchichi, M., Ghazghazi, H., Jebali, J., Ziadi, S., Aouadhi, C., Chograni, H., Zaouali, Y., Zoghalmi, N. & Mliki, A. 2013.** Phytochemistry: antioxidant and antimicrobial activities of the essential oils of *Mentha rotundifolia* L. in Tunisia. *Industrial Crops and Products* 49: 883-889.
- Rioux, J.A., Croset, H., Gras, G., Juminer, B. & Tesson, G. (1965).** Les problemes théoriques et pratiques posés par la lutte contre *Culex pipiens* L. dans le sud de la France. *Architecture Institute of Pasteur Tunis*, 42:473-500.
- Ripert, C. 2007.** Epidemiologie des maladies parasitaires, tome 4, affections provoquées ou transmises par les arthropodes. *Cachan: EM inter.* 581 p.
- Robert., 2001.** Les Insectes. Editeur Delachaux & Niestle, Edition mise jour par Jacque d'Aguilar .4 édition. Par 2001. Février 2001.p461.
- Rondani, C. (1872).** Sulle specie Italiane del genere Culex. *Bollettino della Societa Entomologica Italiana*, 4, 29–31.
- Roobakkumar, A., Subramaniam, M.S. R., Babu, A. & Muraleedharan, N.2010.** Bioefficacy of certain plant extracts against the red spider mite, *Oligonychus coffeae* (Nietner) (Acarina: Tetranychidae) infesting tea in Tamil Nadu, India. *Int. J. Acarol.* 36: 255–258
- Sangha, J. S., Astatkie, T. & Cutler, G. C. 2017.** Ovicidal, larvicidal, and behavioural effects of some plant essential oils on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Canadian Entomol.* 149: 639–648.
- Sanisuriwong, J., Yurayart, N., Thontiravong, A. & Tiawsirisup, S.** Vector competence of *Culex tritaeniorhynchus* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) for duck Tembusu virus transmission. *Acta Trop.* 2021, 214, 105785. [CrossRef] .



- Saotoing, P., Njan-Nloga, A.M., Tchuenguem-Fohouo, F.N., Yaya, O. & Messi, J. (2014).** Bio-écologie des larves de Culicidae (Diptera) dans la ville de Maroua, Extrême-Nord du Cameroun. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 39:438-448.
- Savage, H.M., Niebylski, M. L., Smith, G. C., Mitchell, C. J. & Craig, G. B. 1993.** Hostfeeding patterns of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) at a temperate North American site. *J. Med. Entomol.* 30: 27-34.
- Schaffner, F., Angel, G., Geoffroy, B., Hevry, J.P., Rhaïem, A. & Brunhes J. 2001.** Moustique d'Europe. Institut de recherche pour le développement IRD. Logiciel d'identification 2001.
- Schleier, J.J., & Peterson, R.K.D.(2011).** Pyrethrins and pyrethroid insecticides. In *GreenTrends in InsectControl*; Lopez, O., FernandezBolanos, J., Eds.; *Royal Society of Chemistry: Cambridge, UK.* 3: 94–131.
- Scott, T.W., Chow, E., Strickman, D., Wirtz, R. A., Lorenz, L. H. & Edman, J. D.. 1993.** Blood-feeding patterns of *Aedes aegypti* (Diptera:Culicidae) collected in a rural thai village. *J. Med. Entomol.* 30: 922-927.
- Senevet, G. & Andarelli, L.1959.** Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen : les genres *Culex*, *Uranotaenia*, *Theobaldia*, *Orthopodomyia*, et *Mansonia*. *Encyl. Entomol.lechevalier, paris.* 37: 384p.
- Serradj, N., Bendali-Saoudi, F. & Soltani, N. (2018).** Inventory of the invertebrate fauna at the level of the lake of Birds (North-eastAlgeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6:98-106.
- Service, M.W. 1993.** - Mosquito ecology. Field Sampling Methods, 2nd ed. Chapman &Hall, London, UK.
- Shaaya, E., Ravid, U., Paster, N., Juven, B., Lisman, U. & Pissarev, V. 1991.** Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *J. Chern. Ecol.*, 17, 499-504.
- Shannon, C. E. (1948).** « A Mathematical Theory of Communication ». In : *The Bell System Technical Journal* 27, p. 379-423, 623-656 (cf. p. 44, 53).
- Shannon, C.E. & Weaver, W.W. (1963).** The mathematical theory of communications. University of Illinois Press, *Urbana*, 117 p.
- Shi, Z., Wei, J., Deng, X., Li, S., Qiu, Y., Shao, D., Li, B., Zhang, K., Xue, F., Wang, X. & al. Nitazoxanide inhibits the replication of *Japanese encephalitis* virus in cultured cells and in a mouse model. *Viol. J.* 2014, 11, 10. [CrossRef] .**
- Skoog, D.A., Holler, F.J. & Nieman, T.A. 2003.** Principles of instrumental analysis, *First Edition. De Boeck University, Bruxelles.*



- Smaghe, G., Braeckman, P., Huys, N., & Rees, H. (2003).** Cultured mosquito cells *Aedes albopictus* C6/36 (Dip., Culicidae) responsive to 20-hydroxyecdysone and non-steroidal ecdysone agonists. *J. Appl. Entomol.*, **127**:167–173.
- Sparks, J.T., Vinyard, B.T. & Dickens, J. C. 2013.** Gustatory receptor expression in the labella and tarsi of *Aedes aegypti*. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 43: 1161-1171.
- Steib, B. M., Geier, M. & Boeckh, J.. 2001.** The effect of lactic acid on odour-related host preference of yellow fever mosquitoes. *Chem. Senses.* 26: 523-528.
- Sukumar, K., Perich, M. J. & Boobar, L. R. (1991).** Botanical derivatives in mosquito control: a review. *Journal of the American Mosquito Control Association.* 7: 210-237.
- Swamy, M.K., Akhtar, M.S. & Sinniah, U.R. 2016.** Anti-microbial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: *An up-dated review. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016, 3012462.
- Tahraoui C., 2012.** Piqure De Moustiques, Un Risqué Sanitaire A Ne Pas Négliger. (These Doctorat). Université D Aix- Marseille., Marseille.
- Tahraoui, C. (2012).** Abondance saisonnière des Culicidae dans l'écosystème humide du parc national d'El-Kala: Identification et lutte.
- Takken, W. & Verhulst, N. O. 2013.** Host Preferences of blood-feeding mosquitoes. *Annu. Rev. Entomol.* 58: 433–453.
- Tennyson, S., Ravindran, J., Arivoli, S. 2012.** Screening of twenty five plant extracts for larvicidal activity against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *The Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. doi:10.1016/S2221-1691(12)60372-4.
- Theabold, F.V. 1903.** A monograph of the Culicidea or mosquitoes. London, British Museum (*natural history*).3: 359p.
- 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 : *Revue des Sciences et de la Technologie*, 18:23-34.
- Tine-Djebbar, F., Bouabida, H. & Soltani, N. (2011).** Caractérisation morphométrique et biochimique de certaines espèces de moustiques inventoriées dans la région de Tebessa. *Bulletin Social and Zoology France*, 136:177-185.
- Tsai, T.F.** New initiatives for the control of Japanese encephalitis by vaccination: Minutes of a WHO/CVI meeting, Bangkok, Thailand, 13–15 October 1998. *Vaccine* 2000, 18 (Suppl. S2), 1–25. [CrossRef] .
- Turtle, L. & Solomon, T.** Japanese encephalitis—The prospects for new treatments. *Nat. Rev. Neurol.* 2018, 14, 298–313. [CrossRef].



- Urquhart, G.M., Armour, J., Duncan, J.L., Dunn, A.M. & Jennings, F.W. 1996.** Veterinary parasitology. 2nd edition. Oxford: Blackwell science. 307 p.
- Véla, E. & Benhouhou, S. (2007).** Evaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes Rendus Biologies*, 330, 589- 605.
- Villeneuve, F. & Desire, C.H. 1965.** Zoologie. 1ère Edition, Bordas. 335p. **Walker, K. & Lynch, M. (2007).** Contributions of Anopheles larval control to malaria suppression in tropical Africa: review of achievements and potential. *Medical and Veterinary Entomology*, 21:2-21. **Unit, W.R.B. (2001).** *Systematic Catalog of Culicidae*. Smithsonian Institution, Washington, DC, USA.
- Wall, R. & Shearer, D. 1997.** Veterinary entomology. London: Chapman & Hal. 439 pp.
- Walter Reed Biosystematics Unit., 2001.** – Systematic catalogue of Culicidae. <http://www.mosquitocatalog.org/>.
- Weaver, D.K., Dunkel, F.V., Ntezurubanza, L., Jackson, L.L. & Stock, D.T. 1991.** The efficacy of linalool, a major component of freshly milled *Ocinumcanum Sinus* (Lamiceae) for protection against post-harvest damage by certain sotred product Coleoptera. *J. Stored Prod. Res.*, 27 (4), 213-220.
- Wilkerson, R.C., Linton, Y.M. & Strickman, D.** Mosquitoes of the world. *Baltimore: John Hopkins University Press*; 2021.
- Xue, R.D., Arshad, A. & Barnard, D.R. 2005.** Effects of forced egg-retention in *Aedes albopictus* on adult survival and reproduction following application of DEET as an oviposition deterrent. *J. Vector Ecol*, 30(1): 45-48.
- Yahi, N., Véla, E., Benhouhou, S., De Belair, G. & Gharzouli R. (2012).** Identifying Important Plants Areas (Key Biodiversity Areas for Plants) in northern Algeria. *Journal of Threatened Taxa*, 4 (8), 2753–2765. doi:
- Yoo, D.H., Shin, E.H., Lee, D.K., Ahn, Y.J., Chang, K.S., Kim, H.K., Kim, S.Y. & Park, C.** Insecticide susceptibility of field-collected populations of *Culex tritaeniorhynchus* in the Republic of Korea. *J. Insect Sci.* 2013, 13, 2. [CrossRef] [PubMed] *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2023, 20, 4701 13 of 15.
- Zahi, F., Djamai, R., Chaab, S., Djabri, L., Drouiche, A. & Medjani, F. (2013).** Dynamics of the water table and physico-chemical qualities of the underground waters of Lake Fetzara (north-eastern Algeria). *Synthesis: Science and Technology Review*, 26:86-95.
- Zhao, N. N., Zhang, H., Zhang, X. C., Luan, X. B., Zhou, C., Liu, Q. Z., Shi, W.P. & Liu, Z. L. 2013.** Evaluation of acute toxicity of essential oil of garlic (*Allium sativum*) and its selected major constituent compounds against overwintering *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae). *J. Econ. Entomol.* 106: 1349–1354.

# RÉSUMÉS



## Résumé :

Cette étude comprend une étude taxonomique des moustiques du lac Fetzara et la recherche de méthodes alternatives efficaces de lutte biologique contre les moustiques, dans le but de découvrir de nouveaux produits bioactifs d'origine naturelle ayant une activité insecticide. L'étude taxonomique des moustiques du lac Fatzara qui est situé au sud-ouest de l'État d'Annaba (36°47'21.0 'N 7°29'57.6 'E). Nous avons procédé à un ratissage minutieux de différents abris anti-moustiques dans son cycle de vie aquatique. Ces larves font l'objet d'une étude systématique en milieu extérieur et en laboratoire tout au long de l'année 2016, à raison d'une fois par mois. Le milieu a été étudié en suivant ses propriétés physico-chimiques des gîtes par la mesure du pH du milieu. Des données climatiques sont également mesurées et collectées : température, précipitations et humidité à travers trois gîtes différents répartis aux abords du lac. Le processus de détection de l'espèce et du sexe des moustiques se fait à l'aide d'un microscope optique via le logiciel d'inventaire (Culicidae d'Afrique méditerranéenne), ainsi que le logiciel de photographie de la suite d'applications Leica. Les résultats ont montré la présence de six genres appartenant à quatre espèces de moustiques. Ces types de moustiques sont les suivants : Pour le cultivar *Culex*, nous avons *Culex tritaeniorhynchus*. et *Culex pipiens*, pour le genre *Aedes* nous avons *Aedes punctator* et *Aedes vexans*, pour le genre *Culiseta* nous avons *Culiseta longiareolata*, pour le genre *Orthopodomyia* nous avons *Orthopodomyia pulcripalpis*. Les résultats de la recherche ont été positifs, car toutes les espèces sont vectrices de maladies virales, quelles que soient leurs différences.

La lutte biologique consiste à trouver des alternatives aux pesticides chimiques en expérimentant des alternatives biologiques représentées par les huiles essentielles extraites de la plante de camomille. Ces huiles sont extraites selon la technique d'hydrodistillation. L'analyse des HE a été faite par CPG-SM. Les résultats ont montré la présence de 33 composés chimiques en proportions variables, avec deux éléments en proportions très élevées : (E)-2-Méthylbut-2-en-1-yl méthacrylate de 35,80% et  $\gamma$ -Curcumène de 30,84% et dans un faible pourcentage on trouve l'isobutyrate de 2-Méthylallyle de 4,34%, la Pinocarvone de 4,12% et (E)-2-méthyl-2-butényle isobutyrate avec un rapport de 4,02. % des composés restants sont quasiment inexistantes.

Nous avons étudié la toxicité des huiles essentielles de *chamaemelum nobile L.* pour les larves de moustiques *Culex tritaeniorhynchus* en traitant des larves de moustiques nouvellement mues au stade L<sub>4</sub>. Nous avons traité les larves avec différentes concentrations d'huiles essentielles (3,

---

 **Résumé** 

---

4, 5 et 6 mg/ml), et les différentes concentrations mortelles et leurs intervalles de confiance ont été déterminés grâce à cette analyse ;  $CL_{25}$  et  $CL_{50}$  sont respectivement compris entre 3,66 mg/ml [2,97-4,53] et 4,59 mg/ml [3,72-5,67].

Le pourcentage d'éclosion des œufs (fertilité) a été évalué en utilisant l'huile essentielle (HE) *Chamaemelum nobile L* sur les œufs de *Cx. tritaeniorhynchus* à des concentrations respectives sur la base d'une exposition indirecte. Les résultats indiquent que l'utilisation de l'huile essentielle de *Chamaemelum nobile L* a eu un impact sur le taux d'éclosion des œufs de *Culex tritaeniorhynchus*.

L'huile essentielle de camomille (*Chamaemelum nobile L*) appliquée à une concentration létale ( $LC_{50}$ ) sur des larves de quatrième stade de *Culex tritaeniorhynchus* récemment exuviées a été évaluée sur la durée du développement embryonnaire après la ponte (action indirecte) dans des conditions expérimentales ( $21,66 \pm 1,79$  C°) et humidité relative ( $59,5 \pm 3,24$  %). La durée moyenne de développement des œufs de la série traitée était de  $1,29 \pm 0,57$  jours, alors que la durée d'incubation de la série témoin était de  $2,03 \pm 0,56$  jours.

La fécondité et la fertilité ont été évaluées en laboratoire en utilisant de l'huile essentielle de camomille (*Chamaemelum nobile L*) à différentes concentrations sur des larves de quatrième stade de *Culex tritaeniorhynchus* nouvellement exuviées. Les individus qui ont réussi à survivre au traitement ont montré des altérations de ces paramètres de reproduction.

Sur la base de tous ces résultats, il a été démontré que l'huile essentielle peut être utilisée comme bio-pesticide, car elle a des effets larvicides et ovicides, ainsi que des effets sur l'embryogénicité, la fertilité et l'affaiblissement.

Mots clés : Inventaire, Indices écologiques, *Culex tritaeniorhynchus*, *Chamaemelum nobile L*, Larvicide, Ovicide.



## ABSTRACT

This study includes a taxonomic study of the mosquitoes of Lake Fetzara and the search for effective alternative methods of biological control of mosquitoes, with the aim of discovering new bioactive products of natural origin with insecticidal activity. The taxonomic study of the mosquitoes of Lake Fatzara, which is located in the south-west of the state of Annaba (36°47'21.0 'N 7°29'57.6 'E). We carried out a meticulous sweep of various mosquito shelters in its aquatic life cycle. These larvae were systematically studied in an outdoor environment and in the laboratory throughout 2016, once a month. The environment was studied by monitoring its physico-chemical properties by measuring the pH of the environment. Climatic data were also measured and collected: temperature, rainfall and humidity at three different sites around the lake. The process of detecting the species and sex of the mosquitoes is carried out using an optical microscope via the inventory software (Culicidae of Mediterranean Africa), as well as the photography software from the Leica suite of applications. The results showed the presence of six genera belonging to four species of mosquito. These mosquito types are as follows: For the *Culex* genus, we have *Culex tritaeniorhynchus* and *Culex pipiens*, for the genus *Aedes* we have *Aedes punctor* and *Aedes vexans*, for the genus *Culiseta* we have *Culiseta longiareolata*, for the genus *Orthopodomyia* we have *Orthopodomyia pulcripalpis*. The results of the research were positive, as all the species are vectors of viral diseases, whatever their differences.

Biological control involves finding alternatives to chemical pesticides by experimenting with biological alternatives represented by essential oils extracted from the chamomile plant. These oils are extracted using the hydrodistillation technique. The essential oils were analysed using GC-MS. The results showed the presence of 33 chemical compounds in varying proportions, with two elements in very high proportions: (E)-2-Methylbut-2-en-1-yl methacrylate at 35.80% and  $\gamma$ -Curcumene at 30.84% and in a small percentage we find 2-Methylallyl isobutyrate at 4.34%, Pinocarvone at 4.12% and (E)-2-methyl-2-butenyl isobutyrate with a ratio of 4.02. The remaining compounds are virtually non-existent.

We studied the toxicity of essential oils of *Chamaemelum nobile* L to *Culex tritaeniorhynchus* mosquito larvae by treating newly exuviated mosquito larvae at the L4 stage. We treated the larvae with different concentrations of essential oils (3, 4, 5 and 6 mg/ml), and the different lethal concentrations and their confidence intervals were determined using this analysis;  $CL_{25}$  and  $CL_{50}$  are respectively between 3,66 mg/ml [2, 97-4, 53] and 4, 59 mg/ml [3, 72. -5, 67].



## Résumé



The percentage of egg hatchability (fertility) was assessed using the essential oil (EO) *Chamaemelum nobile* L on *Cx. tritaeniorhynchus* eggs at respective concentrations based on indirect exposure. The results indicate that the use of the essential oil of *Chamaemelum nobile* L had an impact on the hatching rate of *Culex tritaeniorhynchus* eggs.

The essential oil (EO) of chamomile (*Chamaemelum nobile* L) applied at lethal concentration (LC<sub>50</sub>) to newly exuviated fourth stage larvae of *Culex tritaeniorhynchus* was evaluated on the duration of embryonic development after oviposition (indirect action) under experimental conditions (21.66 ± 1.79 C° and relative humidity 59.5 ± 3.24 %). The average development time of the eggs in the treated series was 1.29 ± 0.57 days, whereas the incubation time for the control series was 2.03 ± 0.56 days.

Fecundity and fertility were assessed under laboratory conditions using essential oil of chamomile (*Chamaemelum nobile* L) at different concentrations on newly exuviated fourth instar larvae of *Culex tritaeniorhynchus*. Individuals that managed to survive the treatment showed alterations in these reproductive parameters.

Based on all these results, it has been shown that the essential oil can be used as a bio-pesticide, as it has larvicidal and ovicidal effects, as well as effects on embryogenicity, fertility and weakness.

Key words: Inventory, Ecological indicators, *Culex tritaeniorhynchus*, *Chamaemelum nobile* L, Larvicide, Ovicide.

**المخلص:**

تشمل هذه الدراسة دراسة تصنيفية لبعوض بحيرة قنزارة والبحث عن طرق بديلة فعالة للمكافحة البيولوجية للبعوض، بهدف اكتشاف منتجات جديدة نشطة بيولوجيًا ذات أصل طبيعي ذات نشاط مبيد للحشرات. الدراسة التصنيفية لبعوض بحيرة قنزارة التي تقع في الجنوب الغربي من ولاية عنابة (36°47'21.0 شمالاً 7°29'57.6 شرقاً). قمنا بمسح دقيق لمختلف ملاجئ البعوض في دورة حياته المائية. تمت دراسة هذه اليرقات بشكل منهجي في بيئة خارجية وفي المختبر طوال عام 2016، مرة واحدة في الشهر. تمت دراسة البيئة من خلال مراقبة خواصها الفيزيائية الكيميائية بقياس درجة الحموضة في البيئة. كما تم قياس البيانات المناخية وجمعها: درجة الحرارة، وهطول الأمطار والرطوبة في ثلاثة مواقع مختلفة حول البحيرة. تمت عملية الكشف عن أنواع البعوض وجنسه باستخدام مجهر ضوئي عبر برنامج تصنيف بعوض حوض البحر الأبيض المتوسط وإفريقيا، بالإضافة إلى برنامج التصوير الفوتوغرافي من مجموعة تطبيقات لايبكا. أظهرت النتائج وجود ستة أجناس تنتمي إلى أربعة أنواع من البعوض. هذه الأنواع من البعوض هي كالتالي: بالنسبة إلى صنف الـ *Culex* ، لدينا *Culex*

، بالنسبة لصنف الـ *Aedes* لدينا *Aedes vexans* و *Aedes punctor* ، بالنسبة لصنف الـ *Culiseta* لدينا *Culiseta longiareolata* ، بالنسبة لصنف الـ *Orthopodomyia* لدينا *Orthopodomyia pulcricarpis*. كانت نتائج البحث إيجابية، حيث أن جميع الأنواع ناقلات للأمراض الفيروسية مهما كانت اختلافاتها.

تتضمن المكافحة البيولوجية إيجاد بدائل للمبيدات الكيميائية من خلال تجربة البدائل البيولوجية المتمثلة في الزيوت الأساسية المستخرجة من نبات البابونج. يتم استخلاص هذه الزيوت باستخدام تقنية التقطير المائي. تم تحليل الزيوت العطرية باستخدام تقنية GC-MS. أظهرت النتائج وجود 33 مركب كيميائي بنسب متفاوتة مع وجود عنصرين بنسبة جد مرتفعة و يتعلق الأمر

ب (E)-2-Methylbut-2-en-1-yl methacrylate بنسبة 35.80% و  $\gamma$ -Curcumene بنسبة 30.84% و بنسبة ضعيفة نجد كل من 2-Methylallyl isobutyrate بنسبة 4.34%، Pinocarvone بنسبة 4.12% و (E)-2-Methyl-2-butenyl isobutyrate بنسبة 4.02%. باقي المركبات نسبتها تكاد تتعدم.

قمنا بدراسة سمية الزيوت الأساسية الخاصة بالبابونج (*Chamaemelum nobile L*) على يرقات البعوض صنف *Culex tritaeniorhynchus* من خلال معالجة يرقات البعوض حديثي الانسلاخ في مرحلتهم الرابعة L4. قمنا بمعالجة اليرقات بتركيز مختلفة من الزيوت الأساسية (3, 4, 5 و 6 مل/مغ) كما تم تحديد التركيزات القاتلة المختلفة وفاصل الثقة الخاصة بها من خلال هذا التحليل؛  $Cl_{25}$  و  $CL_{50}$  في حدود 3,66 مل/مغ و 4,53-2,97 و 4,59 مل/مغ [3,72-5,67] على التوالي.

أظهرت نتائج تأثير سمية الزيوت الأساسية على البيوض بعدما طبقنا الزيوت الأساسية للبابونج على بيوض البعوض بتركيز  $Cl_{25}=3,66$  mg/ml و  $Cl_{50}=4,59$  mg/ml بوضعية غير مباشرة تم تقييمه على أساس النسبة المنوية لفسس البيض توضح النتائج أن المعاملة بالزيوت الأساسية للـ *Chamaemelum nobile L* أثرت على نسبة الفقس للبيض *Culex tritaeniorhynchus*. وبالفعل تم تسجيل انخفاض في معدل فقس البيض المعامل بـ LC25 وهو  $1.76 \pm 98.07\%$  مقارنة بـ  $6.36 \pm 89.69\%$  في البيض المعامل LC50 مقارنة بشهود الدفعة.

تم تقييم الزيت العطري (HE) من البابونج (*Chamaemelum nobile L*) المطبق بتركيز مميت (LC50) على يرقات الطور الرابع المستخرجة حديثاً من *Culex tritaeniorhynchus* على مدة التطور الجنيني بعد وضع البيض (عمل غير مباشر)

في ظل ظروف تجريبية ( $21.66 \pm 1.79$  °C والرطوبة النسبية  $59.5 \pm 3.24\%$ ). كشفت النتائج أن العلاج الذي تم إجراؤه على يرقات المرحلة الرابعة المستخرجة حديثاً من *Culex tritaeniorhynchus* له تأثير متأخر على مدة حضانة البيض. في الواقع، متوسط مدة تطور البيض في السلسلة المعالجة هو  $0.57 \pm 1.29$  يوماً بينما تكتمل فترة حضانة سلسلة التحكم في تطورها بعد  $0.56 \pm 2.03$  يوماً.



## Résumé



دراسة تأثير الزيوت الأساسية على بعض خصائص التكاثر أظهرت أن زيت البابونج العطري (*Chamaemelum nobile* L) المستخدم بتركيزات مميتة LC<sub>25</sub> و LC<sub>50</sub> يؤثر على خصوبة نبات *Culex tritaeniorhynchus*. يتناقص عدد البيض الموضوع مع زيادة تركيز المبيدات الحشرية.

العلاج بالزيت العطري البابونج (*Chamaemelum nobile* L) يستخدم بتركيز قاتل LC<sub>25</sub> و LC<sub>50</sub> على يرقات الطور الرابع من *tritaeniorhynchus* Cx. ، يؤدي إلى انخفاض في فقس البيض مقارنة مع الشواهد.

واستناداً إلى كل هذه النتائج، فقد تبين أن الزيت العطري يمكن استخدامه كمبيد حيوي، حيث أن له تأثيرات مبيدة لليرقات ومبيدة للبويضات، فضلاً عن تأثيراته على الأجنة والخصوبة والضعف.

الكلمات المفتاحية: الجرد (Inventaire)، المؤشرات البيئية، *Culex tritaeniorhynchus*، *Chamaemelum nobile* L ، مبيد اليرقات (Larvicide)، مبيد البويضات (Ovicide)



# ANNEXES



---

## ANNEXES

- **Communications Internationales**

**BOULARES Mohamed**, KHALDI Roumaissa, REHIMI Nassima, ABDERRHIM Jaoudia, KHAROUBI Rim. 2018. Etude systématique des Culicidés au niveau du lac Fetzara dans la région Nord-Est Algérien. Le 6<sup>ème</sup> congrès international de biotechnologie et valorisation des Bio-Ressources Tabarka, 20-23 Mars.

KHALDI Roumaissa, **BOULARES Mohamed**, REHIMI Nassima. 2018. L'effet toxicologique d'un régulateur de croissance le methoxyfinozide sur les œufs de *Culex tritaeniorhynchus*. 1<sup>er</sup> Colloque International Bio-ressources et Économie bleue et verte. 26-29 Avril, Hammamet-Tunisie.

KHALDI Roumaissa, REHIMI Nassima, KHAROUBI Rim, **BOULARES Mohamed**. 2018. Effet ovicidal d'un analogue de l'hormone de mue le méthoxyfenozone (22,1%) sur une espèce de moustique *Culex tritaeniorhynchus*. 6<sup>ème</sup> congrès Franco-Tunisien de Zoologie ; 6<sup>ème</sup> congrès Franco-Magrébin de Zoologie ; 119<sup>èmes</sup> Journées annuelles de la SZF, Maison de la Tunisie-Paris 13- France 21-23 Novembre.

**BOULARES Mohamed**, JAOUIDA Haouari-Abderrahim, REHIMI Nassima & KHALDI Roumaissa. 2019. Effet larvicide des huiles essentielles du pyrethre (*Tanacetum cinerarifolium*) sur *Culex tritaeniorhynchus*. Premier Colloque International sur la lutte Biologique et Intégrée en Algérie. 4-6 Février, Batna 2.

KHAROUBI Rym, REHIMI Nassima, KHALDI Roumaissa & **BOULARES Mohamed**. 2019. Valorisation des huiles essentielles de *Mentha rotundifolia* dans la lutte biologique contre les larves de *Culex pipiens* (Diptera : Culicidae). 4-6 Février à Batna 2.

KHAROUBI Rim, REHIMI Nassima, KHALDI Roumaissa, **BOULARES Mohamed**, ABDESSMAD Ala. 2019. Effet de *Mentha pulegium* dans la lutte biologique contre les larves de *Culex pipiens* en Algérie. 29<sup>ème</sup> CONGRES International de l'atsb. 26-29 Mars, Sousse. Tunisie.



KHALDI Roumaïssa, REHIMI Nassima, KHAROUBI Rim, **BOULARES Mohammed**. 2019. La valorisation des huiles d'une agro ressource locale *Melia azedarach* dans la lutte biologique contre les larves de moustiques. International Congress Valorization of Bio Resources: Application and Impact on Sustainable Development. Novembre 26<sup>th</sup> ans 27<sup>th</sup>.

**BOULARES Mohamed**, REHIMI Nassima & ABDERRAHIM Jaouida. 2024. Analyse physico-chimique de l'huile essentielle de la camomille (*Chamaemelum nobile L*) et leur effet sur quelques paramètres de la reproduction du moustique. Congrès International sur la zoologie appliquée. Bejaia, 14-16 Octobre.

- **Communication Nationales :**

**BOULARES Mohamed**, TEFFAHI Omar houssef eddine, REHIMI Nassima, ABDERRAHIM Jaouida. 2024. L'inventaire des espèces de la camomille dans les différentes régions d'Annaba (Nord-Est de L'Algérie). 1<sup>er</sup> Séminaire National sur la Diversité Biologique et les Services Écosystémiques : Préservation et Valorisation Économique (SNDBSEPVE-2024). 09-10 Novembre a Mila.

- **Publications Internationales :**

**BOULARES Mohamed**, REHIMI Nassima, HOUHAMDI Ines, BAALOUJ Affef, SOLTANI Noureddine, HOUHAMDI Moussa. 2023. Systematic and ecological study of mosquitoes (Diptera: Culicidae) at lake Fetzara (Annaba, Northeast Algeria). Ukrainian Journal of Ecology, 13(1), 1-7.

# Ukrainian Journal of Ecology

*Ukrainian Journal of Ecology*, 2023, 13(1), 1-7, doi: 10.15421/2023\_418

---

ORIGINAL ARTICLE

## **Systematic and ecological study of mosquitoes (Diptera: Culicidae) at lake Fetzara (Annaba, Northeast Algeria)**

**M. Boulares<sup>1</sup>, N. Rehim<sup>1</sup>, I. Houhamdi<sup>2</sup>, A. Baaloudj<sup>2\*</sup>, N. Soltani<sup>1</sup>, M. Houhamdi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Biology, Laboratory of Applied Animal Biology, Faculty of Science University of Annaba, 23000 Annaba, Algeria

<sup>2</sup>Biology, Water and Environment Laboratory (LBEE), SNV-STU Faculty, University, BP. 401 24000 Guelma, Algeria

\*Corresponding author E-mail: bafef@yahoo.fr, baaloudj.affef@univ-guelma.dz

**Received:** 03 December, 2022; **Manuscript No:** UJE-22-82223; **Editor assigned:** 06 December, 2022, **PreQC No:** P-82223;

**Reviewed:** 19 December, 2022, **QC No:** Q-82223; **Revised:** 24 December, 2022, **Manuscript No:** R-82223; **Published:** 04 January, 2023.

---

The aim of this study is to identify the different species of Culicidae dispersed in Lake Fatazara (Annaba, Northeast of Algeria). The systematic study was conducted in this lake during the 12 months of 2016 when the collection of specimens of Culicidae was being carried out once a month in rural sites. Species were identified using the software of Schaffner et al., (2001) and Culicidae from Mediterranean Africa. The results obtained showed us the presence of six species scattered all around the three surveyed deposits representing five genera were identified: *Culex tritaeniorhynchus* (49.52%); *Culiseta longiareolata* (24.87%); *Culex pipiens* (18.95%); *Orthopodomyia pulcripalpis* (3.27%); *Aedes punctor* (3.27%) and *Aedes vexans* (0.1%).

**Keywords:** Lake Fezzara, Systematic, Specimens, Diversity, Ecology.

---

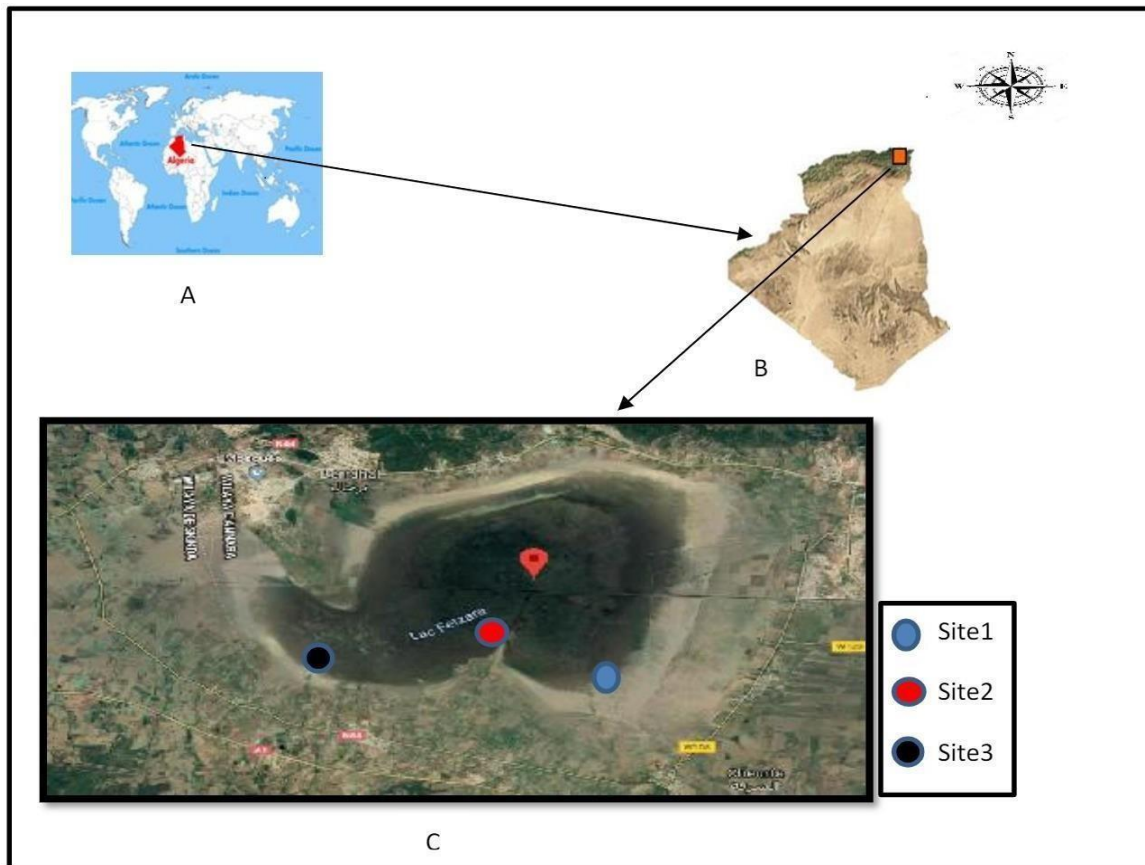
### **Introduction**

Mosquitoes have a cosmopolitan distribution. There are about 3,500 species and subspecies, fewer than 140 subgenera in 42 genera of mosquitoes worldwide. (Walter Reed Biosystematics Unit, 2001; Rueda, 2008). Yet, there are probably more than 1,000 species to be found and described (Rueda, 2008). Insects in many parts of the world, create, by their bites, a considerable nuisance. Moreover, and more seriously, they carry many diseases, especially in the tropics where they cause significant morbidity and mortality. The largest group of biting Diptera is mosquitoes. Mosquitoes play an important role in the transmission of a number of tropical diseases such as malaria, filariasis, and several viruses, dengue fever, Japanese encephalitis, and yellow fever in particular. In temperate countries, they are more of a nuisance than vectors of disease. For almost two decades a very important and diverse number of works has been done on the culicidian fauna of Algeria that is particularly interested in the systematics, biochemistry, morphometry, chemical and biological control against mosquitoes (Bendali et al., 2001; Boudjelida et al., 2005; Tine- Djebbar and Soltani, 2008; Tine-Djebbar, 2009; Messai et al., 2011; Tine-Djebbar et al., 2011). Among the works which are concerned with the systematics of mosquitoes are: Messai et al., (2011); Merabti and Ouakid, (2011); Bouabida et al., (2012), Berchi et al., (2012), Tahraoui, (2012), Aissaoui, (2014), Boudemagh et al., (2013), Oudainia, (2015); Lounaci, (2015); Benmalek et al., (2017); Dahchar et al., (2017); Houmani et al., (2017); Hamaidia and Berchi, (2018); Benhissen et al., (2014, 2018), Serradj et al., (2018), Nabti and Bounechada, (2019), Chahed et al., (2021), Arrousi et al., (2021). The real danger of mosquitoes is the reason that requires us urgent intervention to conduct a systematic and ecological study to determine

the harmful species and to start a biological fight with essential oils extracted from aromatic plants for the reduction of mosquito proliferation in our region.

### Materials and Methods

Presentation of the study area: Lake Fetzara is located in the northeast of Algeria, 18 km southwest of the city of Annaba. It stretches for 17 km from East to West and 13 km from North to South with an area of about 18600 ha. The Edough massif to the north borders this lake, the hills of Ain Berda to the south, and the dune ridges to the east and west. All around Fetzara Lake, there are several settlements, the commune of Berrahal to the North, the municipalities of El-Eulma and Cheurfa to the South, and the small villages of El Gantra and Oued Zièd to the East (Fig. 1).



**Fig. 1.** The geographical location of lake Fetzara.

In the course of our study, the pre-imaginary stages were sampled using a 1000 ml plastic ladle and the harvested larvae are deposited in 5-liter water bottles with tags (the date and the site). The Larvae and nymphs were counted and sorted. The nymphs were placed in containers containing water from the survey, then deposited in cages containing the food of the adults (dates) until emergence. While larvae were reared in 150 ml containers of dechlorinated water and fed with 0.04 g of the 75% to 25% yeast cookie mixture (Rehimi and Soltani, 1999). The water is renewed after a few days. The resulting nymphs are transferred into cages until the adults emerge to perform our mass breeding by giving them a blood meal for the development of eggs. The larvae of the 4th stage are put in a 10% NaOH solution for 24 hours until the desired enlightenment takes effect in order for us then to make the identification.

Larvae, with their hose determination characteristics, are often microscopic and must be mounted between slide and coverslip, identification of the genus and species has been made under a binocular microscope, using the last larval stage

(L4) and confirmation by the adult according to morphological criteria defined by a Culicidae identification software, that of Scaffner et al., (2001) "The Mosquitos of Europe"

#### **Method of exploitation of results by ecological indices**

Our results were expressed through ecological indices of composition, which are characterized by specific richness, relative abundance, and frequency of occurrence on the one hand, and on the other hand through ecological indices of structure, which are the Shannon-Waever index, Simpson's Index, Hill Index, and Crew Index.

#### **Results and Discussion**

The Analysis of the composition of the Culicidian population of the study sites reveals the presence of six Culicidae species belonging to a single subfamily: Culicidae. Where four tribes were found: The tribe of the Aedini is represented by two species: *Aedes pinctor* and *Aedes vexans* Culicini tribe comprise a single genus, and that of *Culex* is represented by two species: *Culex tritaeniorhynchus* and *pipiens*, Orthopodomyini tribe with a single species *Orthopodomyia pulchripalpis*, and finally the Culisetini tribe represented by a single species, *Culiseta longiareolata*. The specific wealth values for the three stations studied are shown in Table 1. According to the values of specific richness, station 3 takes first place, with a maximum richness of Culicidian species of three, followed by other stations 1 and 2 with a richness of only two species. The relative abundance values for the different species are reported in Table 2. The results show relative abundance values that vary from species to species by the population at the three study stations. *Cx. Tritaeniorhynchus* was the dominant species with a rate of 49.52%, then comes *Cs. Longiareolata* with 24.87%, followed by *Cx. Pipiens* with 18.95%. There is an equal percentage between *Or. Pulchripalpis* and *Ae. Punctor* with 3.27% and lesser importance for *Ae. Vexans* with 0.1%.

The Shannon-Weaver index is the first calculated index. The calculation steps are listed in Table 2. The value of the Shannon-

Weaver index is 0.48 bits in the first station and 0.52-0.40 in the second and third stations. It is found that the Shannon-Weaver values are lower than the maximum equal diversity (1-1-1.58 bits) which shows that the Culicidian population at the three stations studied is not diversified. The low number of mosquito species inventoried in general in our work compared to other works is due to the faunal composition that would influence the development of mosquito larvae in this roost (Saotoing et al., 2014). In addition, the high level of salinity has a negative influence on larval survival. The salinity is directly proportional to the conductivity and according to the work of ZAHY et al., 2013; which shows a significant variability of values between 350 and 3500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  with a majority between 350 and 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Mosquitoes are found only in less salty oceanic areas of the lake.

There has been a clear disappearance of *Cx. Tritaeniorhynchus* in all the work of the last twenty years. Despite that, this species is most abundant in our work and has been mentioned in the work of Brunhes, (2000). This absence is justified by the fact that this species is less diverse in Algeria.

The revelation of *Cs. Longiareolata* in the two sites and his presence in almost all the works (Merabti and Ouakid.,2011; Messai et al., 2011; Bouabida et al., 2012; Berchi et al., 2012; Aissaoui, 2014; Boudemagh et al., 2013; Oudainia, 2015; Lounaci, 2015; Dahchar et al., 2017; Hamaidia and Berchi, 2018; Benhissen et al., 2014, 2018; NABTI and Bounechada, 2019; Chahed et al., 2021) put *Cs. Longiareolata*, the second most widespread species after *Cx. pipiens*. All the systematic work in Algeria shows that *Cx. pipiens* the most widely distributed species in Mediterranean Africa (Dahchar et al., 2017), by the work of (Merabti and Ouakid, 2011; Messai et al., 2011; Bouabida et al., 2012; Berchi et al., 2012; Tahraoui, 2012; Aissaoui, 2014; Boudemagh et al., 2013; Oudainia, 2015; Lounaci, 2015; Benmalek et al., 2017; Dahchar et al., 2017; Houmani et al., 2017; Hamaidia and Berchi, 2018; Benhissen et al., 2014, 2018; Serradj et al., 2018; NABI and Bounechada, 2019; Chahed et al., 2021). The species of *Orthopodomyia pulchripalpis* found in some of the work of (Boudemagh et al., 2013; Oudainia, 2015; Dahchar et al., 2017; Hamaidia and Berchi., 2018) which justifies its low percentage in our work. *Ae. Vexans* revealed in low percentage and its distribution known by the works (Merabti and Ouakid, 2011; Tahraoui, 2012; Benhissen et al., 2014; Aissaoui, 2014, Houmani et al., 2017). That the

work of Hamaidia in Souk Ahras in the last ten years shows the existence of *Ae. punctor* (Hamaidia and Berchi, 2018). The lodgings of Lake Fetzara are marshes and are almost identical to each other and each one of them has its own faunistic particularity. The ecological study requires a thorough knowledge of ecological factors, and according to (Dajoz, 1971), the climatic factor presented by temperature and precipitation is the important element on which the distribution of Culicidian fauna depends. The results showed a disruption in species revelation every 12 months due to the dry year. Our results, which showed a small number of species (6), do not have an affinity with altitude, which plays a primordial role, and according to (Hassain, 2002), the specific richness of Culicidae in Mediterranean Africa decreases with altitude. This author is to harvest 48 species between 0 and 100m altitude and 20 species between 1000 and 1500 m. The results of (Hadj, et al., 2013) show that the genus *Culex* persists during all seasons. *Culiseta longiareolata* and *Culex pipiens* develop in some breeding sites during the winter. This rare fact could be explained by global warming in North Africa resulting in milder winters, especially during the last decade (Walker and Lynch, 2007). Thus, the warming of certain deposits constitutes a handicap to larval development; this is what is observed in the deposit every three lodgings during the months of January, February and December. In the three breeding sites, the development cycle of all our species is interrupted in the first months of the year 2016, which corresponds to the winter season. This stop in the development of open pits has been observed by several authors (Rioux et al., 1965).

All these prosecutions show that the 3 stations constitute true larval deposits for the Culicidian fauna. (El-Ouali Lalami et al., 2010) indicates that the nature of the larval deposit favors one or the other species depending on whether the deposit is stagnant or currently devoid or rich in vegetation, or polluted or not.

The third site houses a more diversified Culicidian fauna; as a result of the plant diversity of its deposit 03 species have been inventoried. It has a specific diversity, the highest, or the conditions favorable to the installation of the Culicidian fauna. The climatic factor represents the important element on which the distribution of Culicidian fauna depends by temperature and precipitation. These results are consistent with those reported by Tine-Djebbar, (2009).

As regards equitability, the values tending to 1, in the case of the second deposit (0.52), imply that the present species are in equilibrium with each other. The study of equitability suggests that the higher the population is, the more balanced it can be. On the other hand, in deposits that are considered to be small water collections, the equitability values are all less than 0.5 implying the presence of an imbalance between the numbers of species present, this is the case of the G1 and G3 deposits presented by the index 0.48 and 0.28, successively. Their species are out of balance.

**Table 1.** Relative abundance of species collected at the three stations studied. Abondance relative des espèces récoltées dans les trois stations étudiées.

Site Species	Fetzara lake		
	Station 1	Station 2	Station3
RS	02	02	03
Cx. tritaeniorhynchus	49.52	-	-
Or. pulcripalpis	3.27	-	-
Cx. pipiens	-	18.95	-
Cs. longiareolata	-	12.32	12.57
Ae. punctor	-	-	3.27
Ae. vexans	-	-	0.1

Cx : Culex, Or: Orthopodomyia, Cs : Culiseta, Ae::Aedes.

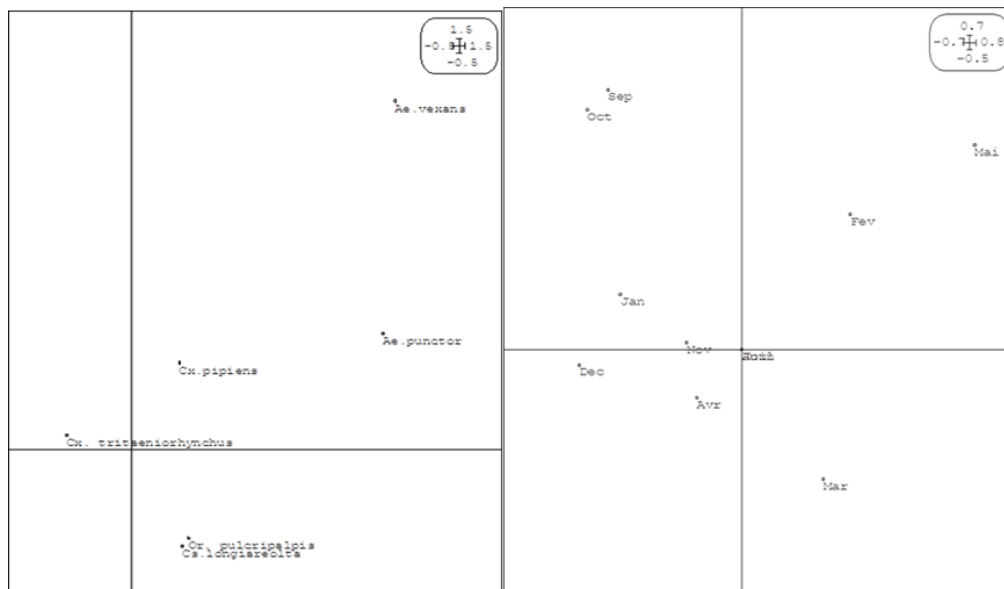
**Table 2.** Shannon-weaver diversity and equitability index of culicidian species harvested at the 3 stations studied.

Site Parameters and species	Fetzara lake		
	Station 1	Station2	Station3
Cx. tritaeniorhynchus	985	-	-
Or. pulcripalpis	65	-	-
Cx. pipiens	-	377	-
Cs. longiareolata	-	245	250
Ae. punctor	-	-	65
Ae. vexans	-	-	02
Effectif/Station	1050	622	317
H'/station	0.48	0.52	0.40
S/station	02	02	03

H' max	01	01	1.58
E/station	0.48	0.52	0.28

Multivariate Statistical Analysis by the AFC (Correspondence Factorial Analysis) performed by ADE software version 4 (Chessel and Doledec, 1992) in its 1 x 2 factorial plane, which gathers 55% and 34%, or 89% of the total inertia (Fig. 2) exposes us the following data:

The months of June, July, and August (summer months) are concentrated in the center of the graph showing zero abundance. Factor 1 (Axis of ordinates) contrasts the months of February, March, and April where we observe balanced representativeness in cash, especially *Cx. tritaeniorhynchus*, *Or. pulcripalpis*, *Ae. punctor*, *Ae. vexans*, *Cs. longiareolta*, *Cx. pipiens*. The remaining six months, January, April, August, September, October, November, and



December.

**Fig. 2.** Factorial plan (1 x 2) of the COA. Temporal distribution of Culicidae species. Axes of inertia: 0.55, 0.034, 0.05, and 0.03.

### Conclusion

The work undertaken in this study represents a first approach to the systematics and morphology of the Culicidian fauna; it is indispensable for the understanding of these taxa. Taxonomic studies at the Lake Fetzara region of Annaba have allowed us to determine 06 species of Culicidae, belonging to 4 genera, Culex, Culiseta, Aedes, and Orthopodomyia, it consists of three sub- families that of Culicini, Aedini Culisetini and Orthopodomyini: Culex pipiens, Culex tritaeniorhynchus, Aedes vexans, Aedes punctor, Culiseta longiareolata, and Orthopodomyia puplcripalpis. The identification of the species inventoried took place in the larval state (stage L4) of the mosquitoes, taking into account all the criteria indicated in the dichotomous key used. Among the inventoried species there is, they have a medical interest (culexpipiens and Culex tritaeniorhynchus) and veterinary interest such as Culiseta longiareolata. The ecological study of the ecological indices showed us the total abundance of Culex tritaeniorhynchus and the rarity of Aedes vexans.

### Acknowledgments

Our sincere thanks to the MESRS and the DGRSDT for their help and support and to the entire team of the LBEE laboratory (University 8 May 1945 Guelma) who graciously provided us with the equipment and reagents to carry out

our experiments.

## References

- Linda, A. (2015). Ecophysiological and systematic study of Culicidae in the Tébessa region and biological control (Doctoral dissertation, Badji Mokhtar University).
- Arroussi, D.E.R., Bouaziz, A., Boudjelida, H. (2021). Mosquito survey reveals the first record of *Aedes* (Diptera: Culicidae) species in urban area, Annaba district, Northeastern Algeria. *Polish Journal of Entomology*, 90:14-26.
- Bendali, F., Djebbar, F., Soltani, N. (2001). Comparative efficacy of a few fish species against various stages of *Culex pipiens* L. under laboratory conditions. *Parasitica*, 57:255-265.
- Wafa, B.S.H., Fatiha, M., Hadjer, M., Laid, O.M., Abdelmadjid, B. (2014). Inventory of Culicidae in Arid Zones: Case of the Ouled- Djellal Oasis (Biskra; Algeria). *Revue ElWahat pour les Recherches et les Etudes*. 7:86-91.
- Benhissen, S., Habbachi, W., Rebbas, K., Maska, F. (2018). Études entomologique et typologique des gîtes larvaires des moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Bousaâda (Algérie) Entomological and typological studies of larval breeding sites of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Bousaâda area (Algeria). *Bulletin de La Société Royale Des Sciences de Liège*.
- Benmalek, L., Bendali-Saoudi, F., Soltani, N. (2018). Inventory and distribution of mosquitoes (Diptera; Culicidae) of the Burgas lakes (Northeast Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6:838-843.
- Berchi, S., Aouati, A., Louadi, K. (2012). Typology of breeding sites favorable to the larval development of *Culex pipiens* L. 1758 (Diptera-Culicidae), a source of nuisance in Constantine (Algeria). *Ecologia Mediterranea*, 38:5-16.
- 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*.
- 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*, 4:94-99.
- Boudjelida, H., Bouaziz, A., Soin, T., Smaghe, G., Soltani, N. (2005). Effects of ecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 83:115-123.
- Brunhes, J., Hassaïne, K., Rhaïem, A., Hervy, J.P. (2000). Les Culicidés de l'Afrique méditerranéenne: espèces présentes et répartition (Diptera, Nematocera). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 105:195-204.
- Chahed, S., Brahmi, K., Djouaher, T. (2021). Study on the Culicidian fauna (Diptera: Culicidae) of the Tizi-Ouzou region (North of Algeria): Biodiversity, abundance and distribution. *Faunistic Entomology-Faunistic Entomology*.
- Chessel, D., Dolédec, S., Thioulouse, J., Olivier, J.M. (1992). ADE software. Multivariate Analysis and Graphical Display for Environmental Data (version 4). Université de Lyon.
- Dahchar, Z., Oudainia, W., Bendali-Saoudi, F., Soltani, N. (2017). Inventory of Culicidae of the wetland (of the West region of Annaba). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5:430-436.
- DAJOZ, R. (1971). Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, p:434.
- Lalami, A.E.O., El Hilali, O., Benlamlah, M., Merzouki, M., Raiss, N., Koraichi, S.I., Himmi, O. (2010). Etude entomologique, physicochimique et bactériologique des gîtes larvaires de localités à risque potentiel pour le paludisme dans la ville de Fès. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 32:119-127.
- Hadji, M., Belghyti, D., El Assal, M., Elomari, F., Rahmoun, H. (2013). Etude entomologique, physico-chimique des gîtes larvaires de Anopheles, *Culex*. *Science Lib*, 5:13020626.
- Hamaidia, H., Berchi, S. (2018). Systematic and ecological study of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the region of Souk-Ahras (Algeria). *Faunistic Entomology-Faunistic Entomology*.
- Hassain, K. (2002). Biogéographie et biotypologie des Culicidae (Diptera-Nematocera) de l'Afrique méditerranéenne. Bioécologie des espèces les plus vulnérantes (*Aedes caspius*, *Aedes detritus*, *Aedes mariaae* et *Culex pipiens*) de la région occidentale d'Algérie.
- Houmani, M., Bendali-Saoudi, F., Soltani, N. (2017). Inventory of Culicidae in the region of El Taref (North-east

- Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5:263-267.
- Lounaci, Z. (2015). Biodiversité des Diptères d'intérêt agronomique médical et vétérinaire en particulier les Phlébotomes et les Culicidae dans l'Algérois, le Marais de Réghaia, et la vallée du moyen Sébaou de Tizi Ouzou.
- Merabeti, B., Ouakid, M.L. (2011). Contribution to the study of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the oases of the Biskra region (north-eastern Algeria). *Proceedings of the International Seminar on Fauna Biodiversity in Arid and Semi-arid Zones*. Ouargla, 4:185-189.
- Messai, N., Berchi, S., Bouknaft, F., Louadi, K. (2010). Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology*.
- Nabti, I., Bounechada, M. (2020). Mosquito biodiversity in Setif region (Algerian high plains), density and species distribution across two climate zones. *Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology*.
- Wafa, O. (2014). Etude bioécologique et systématique des culicidae de la région d'oum el bouaghi effet de la température sur l'agressivité et la biologie de culex pipiens.
- Rehimi, N., Soltani, N. (1999). Laboratory evaluation of Alsystin, a chitin synthesis inhibitor, against *Culex pipiens pipiens* L. (Dip., Culicidae): effects on development and cuticle secretion. *Journal of Applied Entomology*, 123:437-441.
- Rioux, J.A., Croset, H., Gras, G., Juminer, B., Tesson, G. (1965). Les problèmes théoriques et pratiques posés par la lutte contre *Culex pipiens* L. dans le sud de la France. *Architecture Institute of Pasteur Tunis*, 42:473-500.
- Rueda, L.M. (2007). Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. In *Freshwater Animal Diversity Assessment*, Springer, Dordrecht, pp:477-487.
- Saotoing, P., Njan-Nloga, A.M., Tchuenguem-Fohouo, F.N., Yaya, O., Messi, J. (2014). Bio-écologie des larves de Culicidae (Diptera) dans la ville de Maroua, Extrême-Nord du Cameroun. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 39:438-448.
- Schaffner, F., Angel, G., Geoffroy, B., Hervy, J.P., Rhaiem, A., Brunhes, J. (2001). Les moustiques d'Europe: logiciel d'identification et d'enseignement. The mosquitoes of Europe: an identification and training programme. IRD Editions and EID Méditerranée: Montpellier, France.
- Serradj, N., Bendali-Saoudi, F., Soltani, N. (2018). Inventory of the invertebrate fauna at the level of the lake of Birds (North-east- Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6:98-106.
- Shannon, C.E. and Weaver, W. (1963). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
- Tahraoui, C. (2012). Abondance saisonnière des Culicidae dans l'écosystème humide du parc national d'El-Kala: Identification et lutte.
- 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: Revue des Sciences et de la Technologie*, 18:23-34.
- Djebbar, F. (2009). Bioecology of mosquitoes in the region of tébessa and evaluation of two growth regulators (halofenozide and methoxyfenozide) with regard to two species of mosquitoes *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*.
- Tine-Djebbar, F., Bouabida, H., Soltani, N. (2011). Caractérisation morphométrique et biochimique de certaines espèces de moustiques inventoriées dans la région de Tebessa. *Bulletin Social and Zoology France*, 136:177-185.
- Walker, K., Lynch, M. (2007). Contributions of *Anopheles* larval control to malaria suppression in tropical Africa: review of achievements and potential. *Medical and Veterinary Entomology*, 21:2-21.
- Unit, W.R.B. (2001). *Systematic Catalog of Culicidae*. Smithsonian Institution, Washington, DC, USA.
- Zahi, F., Djamaï, R., Chaab, S., Djabri, L., Drouiche, A., Medjani, F. (2013). Dynamics of the water table and physico-chemical qualities of the underground waters of Lake Fetzara (north-eastern Algeria). *Synthesis: Science and Technology Review*, 26:86-95.

---

**Citation:**

Boulares, M., Rehim, N., Houhamdi, I., Baaloudj, A., Soltani, N., Houhamdi, M. (2023). Systematic and ecological study of mosquitoes (Diptera: Culicidae) at lake Fetzara (Annaba, Northeast Algeria). *Ukrainian Journal of Ecology*. 13:1-7.



---

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

