

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار - عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA



FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE
LABORATOIRE DE BIOLOGIE ANIMALE APLIQUÉE

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

Domaine : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Filière : SCIENCES BIOLOGIQUES

Spécialité : BIOLOGIE ANIMALE

Intitulé

**Etude toxicologique de l'Oberon et des Huiles Essentielles
de quelques plantes (toxiques et médicinales) à l'égard
d'*Aedes mariae* (Diptera; Culicidae) et de la faune associée.**

Présentée par : M^{me} FARTAS Adila

Directrice de thèse : Fatiha BENDALI-SAOUDI (Pr. Université Badji Mokhtar - Annaba)

Membres du jury :

Pr. REHIMI Nassima	Présidente	Université Badji Mokhtar –Annaba
Pr. DAAS- MAAMCHA Ouided	Examinatrice	Université Badji Mokhtar – Annaba
Pr. BOUAZIZ Ali	Examineur	Université Chérif Messaadia -Souk Ahras
Dr. MESSIKH Samia	Examinatrice	Université Badji Mokhtar -Annaba

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Je tiens à remercier tous d'abord, Dieu le Tout-Puissant de m'avoir donnée la force et le courage pour la réalisation de ma thèse.

J'adresse mes vifs remerciements à Madame **REHIMI Nassima**, Professeur au Département de Biologie à l'Université Badji Mokhtar - Annaba, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider ce jury.

Je voudrais remercier tout particulièrement ma directrice de thèse, Madame **BENDALI-SAOUDI Fatiha**, Professeur au Département de Biologie de l'Université Badji Mokhtar- Annaba.

Malgré ses nombreuses responsabilités, elle a accepté de me diriger tout au long de ma thèse. Je la remercie également pour ses qualités humaines, sa rigueur énorme, sa disponibilité et ses précieux conseils tout au long de la rédaction de cette thèse, ainsi que pour son soutien durant les moments difficiles. Je lui renouvelle ainsi ma profonde gratitude.

J'adresse mes remerciements à Madame **DAAS- MAAMCHA Ouided**, Professeur à l'Université Badji Mokhtar - Annaba, d'avoir accepté de participer à ce jury. Je lui témoigne ma respectueuse reconnaissance.

Je remercie également Madame **MESSIKH Samia**, Docteur à l'Université Badji Mokhtar - Annaba, pour sa présence honorifique dans ce jury afin d'examiner mon travail.

J'adresse mes remerciements à Monsieur **BOUAZIZ Ali**, Professeur à l'Université Chérif Messaadia -Souk Ahras, pour sa présence et d'avoir accepté d'examiner ce travail.

J'exprime ma profonde reconnaissance, spécialement à **Mr Noureddine SOLTANI**. (Professeur au Département de Biologie Animale, Annaba) de m'avoir aidé et encouragé.

Vos dévouements vers vos étudiants ont été une source d'inspiration pour moi. Je vous suis profondément reconnaissante pour cette opportunité et je vous adresse mes remerciements les plus chaleureux.

Je souhaite également exprimer mes remerciements au directeur du Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Monsieur le Professeur **BOUDJLIDA Hamid**,

Je suis extrêmement reconnaissante d'avoir été accueillie au sein de ce laboratoire prestigieux pour réaliser ma thèse.

Je remercie également Monsieur **DAAS Tarek**, Professeur à l'Université Badji Mokhtar – Annaba.

Pour son soutien inestimable et ses conseils pour ma réussite. J'en suis profondément reconnaissante.

Je n'oublie pas d'adresser mes remerciements à tous les enseignants qui ont cru en mon acharnement et qui m'ont accordée leur patience durant mon parcours d'étudiante, ainsi qu'aux enseignants qui m'ont apportée leur aide : Madame **Chouahda Salima**, Madame **Boumaza Fatma Zohra**, Madame **Abderrahim Djaouida**, Madame **Yezli Samira** et Madame **Aoune leila**.

J'exprime mes remerciements aux membres de mon équipe du Laboratoire de Biologie Animale Appliquée pour le travail d'équipe que nous avons fait : **Hadjira, Abir, Roumayssa, Amina, Malika, Najibe, Abdelhak, Mohcene, Islem, Salma, Madiha, Amar, Asma, Nassima, Nacer, Rawya, Sihame, Rimes, wejdene** et **Louiza**.

Je tiens également à exprimer ma sympathie et ma reconnaissance vis-à-vis des techniciennes du Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Madame **Ladjama Dalila** et Madame **Rawas Hayat**. Leur soutien et leur aide ont grandement facilité mon travail au laboratoire.

Enfin, J'exprime mes remerciements à tous ceux et celles qui ont contribué de loin ou de près pour atteindre cet objectif. Leur soutien, leur encouragement et leur confiance ont été d'une valeur inestimable. Je leur suis profondément reconnaissante.

DÉDICACES

Avec tout respect et amour, je dédie ce modeste travail :

*À la mémoire de mon regretté et défunt **père**, pour avoir été répétitif dans ses conseils pour des études approfondies et des résultats honorables.*

*À la mémoire de mon **beau père**, qui avait toujours vu en moi un avenir très agréable et potentiel.*

*A ma très chère **Mère**, combattante pour nous prévoir un avenir meilleur, avec son soutien moral, son amour inconditionnel qui a été ma source d'inspiration et la force de poursuivre ce parcours.*

*A ma chère **belle-mère**, qui m'a vivement encouragée pour reprendre et achever ce labeur à merveille.*

*Spécialement, merci à mon Epoux **Hani** pour m'avoir motivée et soutenue tout au long de l'élaboration de ce travail, pour sa patience, et ces recommandations en matière d'informatique et scientifique, en vue de donner forme à ma thèse.*

A mes adorables filles **Manel, Leila** et **Malek**, patientes et aimables.

À mes sœurs, **Souheila, Mouna, Labiba**, et mon frère **Mohamed** et sa femme **Djihene**, qui ont toujours été présents pour moi, me soutenant et m'encourageant à poursuivre mes rêves.

A mon beau-frère **Ramzi** et à ma belle-sœur **Amel**. A tonton **Majid** et **Sara** à ma bonne grand-mère **Rachida**.

À tous mes amis, qui ont partagé les joies et les peines de ce parcours académique, je vous suis reconnaissante pour votre amitié sincère et votre soutien constant.

Enfin, à tous ceux qui m'ont apportée leur aide précieuse, je vous adresse mes plus sincères remerciements. Votre contribution a été essentielle dans la réalisation de ce travail.

Merci à tous pour votre soutien inestimable.

Table des matières

SOMMAIRE	P
Introduction	1
2. Matériel & Méthodes	8
2.1. Présentation de la zone d'étude et des stations de prélèvement	8
2.1.1. Chétaibi (Herbillon)	9
2.1.2. La vieille Calle	11
2.1.3. Garât Djamel	11
2.2. Présentation du matériel biologique	13
2.2.1. Position systématique et présentation du Genre <i>Aedes</i> Meigen, 1818	13
2.2.2. Biologie et morphologie du genre <i>Aedes</i>	14
2.2.2.1. Œufs	14
2.2.2.2. Larve	15
2.2.2.3. Nymphe	16
2.2.2.4. Adultes	17
2.2.3. Présentation de la faune associée	18
2.2.3.1. Les Cladocères	19
2.2.3.2. Les Copépodes	20
2.2.3.3. Les Héteroptères aquatiques	21
2.2.3.4. Les Coléoptères aquatiques	22
2.3. Présentation du produit chimique l'Oberon	23
2.4. Présentation du matériel végétal <i>Lavandula dentata</i> L. 1953	24

2.4.1. Identification	24
2.4.2. Position systématique	25
2.4.3. Activités biologiques des HEs de la lavande	26
2.4.3.1. Activité antibactérien	26
2.4.3.2. Activité antioxydant 7	26
2.4.3.3. Activité anti-inflammatoire	26
2.4.3.4. Activité antifongique	26
2.5. Méthode d'échantillonnage	27
2.5.1. Echantillonnage d' <i>Aedes mariaae</i>	27
2.5.2. Echantillonnage de la Faune non visée	27
2.5.3. Récolte de la plante	28
2.6. Elevage d'<i>Aedes mariaae</i>	28
2.6.1. A l'état larvaire	28
2.6.2. A l'état adulte	29
2.6.3. Montage et identification	30
2.7. Identification des spécimens de la faune non visée	31
2.8. Extraction de l'Huile Essentielle de <i>Lavandula dentata</i> L. 1953	31
2.8.1. Principe	32
2.8.2. Rendement en huiles essentielles	33
2.8.3. Détermination des composés par CPG/SM	33
2.9. Bioessais toxicologiques	34
2.9.1. Bioessais toxicologiques de Spiromesifen à l'égard d' <i>Aedes mariaae</i>	34

2.9.2. Bioessais toxicologiques de Spiromesifen à l'égard de la faune non visée	34
2.9.3. Bioessais toxicologiques de la lavande à l'égard d' <i>Aedes mariae</i>	35
2.10. Dosage des métabolites	36
2.10.1. Dosage des protéines totales	38
2.10.2. Dosage des lipides totaux	39
2.10.3. Dosage des glucides totaux	40
2.11. Dosage des biomarqueurs	42
2.11.1. Dosage de l'acétylcholinestérase	42
2.11.2. Dosage des glutathion S-transférases (GST)	44
2.11.3. Dosage de Malondialdéhyde	46
2.12. Analyse statistique	47
3. Résultats	48
3.1. Identification systématique et caractères diagnostiques d'<i>Aedes mariae</i> Sergent & Sergent 1903	48
3.1.1. Présentation systématique du genre <i>Aedes</i>	48
3.1.1.1. Œufs	49
3.1.1.2. Larve	49
3.1.1.3. Adultes	50
3.1.2. Caractérisation de l'espèce <i>Aedes mariae</i> Sergent & Sergent 1903	51
3.1.2.1. Larve	51
3.1.2.2. Nymphe	53
3.1.2.3. Adulte femelle	54
3.1.2.4. Adulte mâle	56

3.2. Identification systématique et bioécologie de la faune non visée	58
3.2.1. Description morphologique de <i>Daphnia magna</i> Straus 1820	58
3.2.2. Description morphologique de <i>Cyclops fuscus</i> Müller 1785	60
3.2.3. Description morphologique de <i>Corixa punctata</i> Illger 1807	62
3.2.5. Description morphologique de <i>Plea minutissima</i> Leach, 1817	65
3.2.6. Description morphologique d' <i>Agabus brunneus</i> Fabricius 1798	66
3.3. Description et caractéristiques de <i>L. dentata</i> L. 1953	67
3.3.1. Rendement des Huiles Essentielles	67
3.3.2. Caractéristiques Organoleptiques	67
3.3.3. Détermination des Composés par GC-MS	68
3.4. Etude toxicologique	70
3.4.1. Activité larvicide de l'Oberon à l'égard des larves du quatrième stade d' <i>Aedes mariaae</i>	70
3.4.1.1. Impact de l'Oberon sur la composition biochimique d' <i>Ae. mariaae</i>	72
<i>Effet sur le contenu en protéines totales</i>	72
<i>Effet sur le contenu en carbohydate totaux</i>	73
<i>Effet sur le contenu en lipides totaux</i>	74
3.4.1.2. Impact de l'Oberon sur les biomarqueurs d' <i>Ae. mariaae</i>	76
<i>Activité de l'acétylcholinestérase</i>	76
<i>Activité de la glutathion S-transférase</i>	77
<i>Activité du malondialdéhyde</i>	77
3.4.2. Activité larvicide de deux doses sublétales de l'Oberon (CL ₁₀ & CL ₂₅) à l'égard de quelque espèces non ciblées	79
3.4.2.1. Impact de l'Oberon sur la composition biochimique des espèces traitées	79
<i>Effet sur le contenu en protéines totales</i>	79
<i>Effet sur le contenu en carbohydate totaux</i>	80
<i>Effet sur le contenu en lipides totaux</i>	81
<i>Daphnia magna</i>	81
<i>Cyclops fuscus</i>	83
<i>Corixa punctata</i>	85
<i>Plea minutissima</i>	87
<i>Agabus brunneus</i>	89
3.4.2.2. Impact de l'Oberon sur les biomarqueurs des espèces traitées	91
<i>Activité de l'acétylcholinestérase</i>	91

<i>Daphnia magna</i>	91
<i>Cyclops fuscus</i>	92
<i>Corixa punctata</i>	92
<i>Plea minutissima</i>	92
<i>Agabus brunneus</i>	93
Activité de la glutathion S-transférase	95
<i>Daphnia magna</i>	95
<i>Cyclops fuscus</i>	96
<i>Corixa punctata</i>	96
<i>Plea minutissima</i>	96
<i>Agabus brunneus</i>	97
Activité du malondialdéhyde	99
<i>Daphnia magna</i>	99
<i>Cyclops fuscus</i>	99
<i>Corixa punctata</i>	100
<i>Plea minutissima</i>	100
<i>Agabus brunneus</i>	100
3.4.3. Activité larvicide de <i>lavandula dentata</i> à l'égard des larves du quatrième stade d' <i>Aedes mariaae</i>	102
3.4.3.1. Impact de l'HE de la lavande sur la composition biochimique	104
<i>Effet sur le contenu en protéines totale</i>	104
<i>Effet sur le contenu en carbohydrate totales</i>	105
<i>Effet sur le contenu en lipides totaux</i>	106
3.4.3.2. Impact de l'HE de la lavande sur les biomarqueurs	108
<i>Activité de l'acétylcholinestérase</i>	108
<i>Activité de la glutathion S-transférase</i>	109
<i>Activité spécifique du malondialdéhyde</i>	110
4. Discussion	112
4.1. Identification systématique et importance bioécologique de l'espèce visée et les cinq espèces non visées	112
4.1.1. Identification systématique de l'espèce visée <i>Aedes mariaae</i>	112
4.1.2. Identification systématique des cinq espèces non visées	115
4.1.2.1. Identification systématique de <i>Daphnia magna</i> Straus 1820	115
4.1.2.2. Identification systématique de <i>Cyclops fuscus</i> Müller 1785	116

4.1.2.3. Identification systématique de <i>Corixa punctata</i> Illger 1807	117
4.1.2.4. Identification systématique de <i>Plea minutissima</i> Leach 1817	117
4.1.2.5. Identification systématique d' <i>Agabus brunneus</i> Leach 1817	118
4.2. Etude toxicologique de deux larvicides (Chimique et Biologique) à l'égard du quatrième stade larvaire d'<i>Aedes mariaae</i> et de la faune non visée	118
4.2.1. Effet larvicide de l'Oberon à l'égard du quatrième stade d' <i>Aedes mariaae</i>	119
4.2.2. Toxicité de l'Oberon sur la faune non visée.	120
4.2.2.1. <i>Daphnia magna</i>	122
4.2.2.2. <i>Cyclops fuscus</i>	122
4.2.2.3. <i>Corixa punctata</i>	123
4.2.2.4. <i>Plea minutissima</i>	124
4.2.2.5. <i>Agabus brunneus</i>	124
4.2.3. Effet larvicide de l'HE de <i>Lavandula dentata</i> à l'égard d' <i>Aedes mariaae</i>	125
4.2.3.1. Effet larvicide de l'HE de <i>Lavandula dentata</i> sur La composition biochimique.	127
4.2.3.2. Effet larvicide de l'HE de <i>Lavandula dentata</i> sur Les biomarqueurs.	128
5. Conclusion et Perspectives	129
6. Résumé	131
Abstract	133
ملخص	135
7. Références bibliographiques	137
Production scientifique	159
Article scientifique	160

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Position géographique des zones d'études.	8
2	Présentation des stations d'étude au niveau du premier site : la Baie - Ouest (Chétaibi).	10
3	Présentation des deux stations d'étude au niveau du deuxième site : la Vieille Calle	11
4	Présentation des trois stations d'étude au niveau de Garât Djamel.	12
5	Les Œufs d' <i>Aedes (Ochlerotatus) mariae</i> Gr.100X (Photo Personnelle).	14
6	Morphologie générale de la larve de Culicinae (Anonyme 5).	15
7	Morphologie générale de la nymphe d' <i>Aedes</i> . Dimorphisme sexuel du dernier segment abdominal (flèche) (Anonyme 6).	16
8	Morphologie générale des Culicidae adultes (Anonyme 7)	18
9	Organisation générale d'un Cladocère, vue latérale (Amoros, 1984).	20
10	Schéma d'un Copépode femelle en vue ventrale (Rose, 1933).	21
11	Vue dorsale d'un Hétéroptère adulte (Anonyme 8).	22
12	Morphologie externe d'un Coléoptère aquatique (Richoux, 2006). A : Vue dorsal B : vue ventral	23
13	Structure chimique du Spiromesifen (Shaoyong et al., 2010).	24
14	<i>Lavandula dentata</i> L.1953 (Anonyme 9). A : Aspect générale de la plante B : Aspect florale de <i>Lavandula dentata</i>	25
15	Méthode d'échantillonnage (Photo Personnelle). A : La Vielle Calle (El kala). B : Baie Ouest (Chétaibi)	27
16	Techniques d'échantillonnages au niveau du lac de Garaate Djamel (Photo Personnelle).	28
17	Récipients d'élevage des moustiques au laboratoire (Photo Personnelle).	29
18	Elevage des moustiques au laboratoire (Photo Personnelle).	29
19	Les étapes de montage et l'identification (Photo Personnelle). A : Lavage des larves de la solution de NaOH 10%. B : Larve sur la lame dans une goutte de glycérine. C : Etalement da la larve. D : Assèchement de l'excès d'eau. E : Couvrir le spécimen de lamelle. F : Observation sous binoculaire.	30
20	L'huile essentielle de <i>Lavandula dentata</i> (Anonyme 10).	32
21	Hydrodistillation employé pour l'extraction de l'huile essentielle (Photo Personnelle).	33
22	L'huile essentielle obtenue par Hydrodistillation (Photo Personnelle).	33
23	Tests de toxicité sur les larves (L4) (Photo Personnelle).	34
24	Bioessais de toxicité (Photo Personnelle).	35
25	Tests de toxicité sur les larves (L4) (Photo Personnelle).	35

26	Principales étapes d'extraction des métabolites selon Shibko et al., (1966).	37
27	Broyage à l'ultrasons (Photo Personnelle).	38
28	Préparation du BBC (Photo Personnelle).	39
29	Préparation des lipides.	40
30	Prélèvement de 200 µl de chaque tube.	40
31	L'addition du réactif d'anthrone.	41
32	Chauffage au bain marie.	41
33	Protocole expérimentale pour le dosage de l'activité spécifique de l'AChE.	43
34	Protocole expérimentale pour le dosage de l'activité spécifique de la GST.	45
35	Récupération du surnageant (Photo Personnelle).	46
36	Lecture des absorbances au Spectrophotomètre (Photo Personnelle).	46
37	Les Œufs d' <i>Aedes</i> G .1 000X (Photo Personnelle).	49
38	Les larves d' <i>Aedes</i> (Photo Personnelle).	50
39	Adulte d' <i>Aedes</i> (Femelle) (Photo Personnelle).	51
40	Adulte d' <i>Aedes</i> (Mâle) (Photo Personnelle).	51
41	Touffes céphaliques.	52
42	Touffe antennaire.	52
43	Mentum de forme triangulaire.	52
44	Peigne de VIII segment abdominal.	52
45	Vue générale du siphon.	53
46	Peigne siphonal	53
47	Vue générale de la région postérieur.	53
48	Structure du segment anal.	53
49	Extrémité postérieur nymphale.	54
50	Céphalothorax nymphale	54
51	Région céphalique (Femelle)	54
52	Les ailes de la femelle	55
53	Les pattes de la femelle	55
54	Région céphalique (Mâle)	56
55	Les ailes du mâle	57
56	Les pattes du mâle	57
57	Genitalia mâle	57
58	Structure des claspettes et du phalosome au niveau de l'hypopygium	57
59	Vue générale de <i>D. magna</i>	59
60	Partie céphalique de <i>D. magna</i>	59
61	Présence de cuticule	59
62	Présence d'épine caudale.	59
63	Cavité incubatrice de <i>D. magna</i> .	60
64	Partie dorsale de <i>D. magna</i> .	60

65	Vue d'ensemble de <i>Cyclops fuscus</i> .	61
66	Appendices natatoires.	61
67	Femelle de <i>Cyclops fuscus</i> .	61
68	Œufs de <i>Cyclops fuscus</i> .	61
69	Furca de <i>Cyclops fuscus</i> femelle.	62
70	Vue d'ensemble de <i>Corixa punctata</i>	63
71	Pronotum de <i>Corixa punctata</i>	64
72	Les Hémélytres parsemés de tâches pâles en zigzag	64
73	Chetotaxie abdominal	64
74	Fémurs de la troisième patte	64
75	une photo réelle d'un <i>Plea minutissima</i>	66
76	Vue d'ensemble <i>Agabus brunneus</i> Fabricius 1798.	67
77	Chromatogramme de l'HE de <i>Lavandula dentata</i>	69
78	La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concertations 24h .	72
79	La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concertations 48h .	72
80	La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concertations 72h .	72
81	Dosage des protéines totales d' <i>Ae. mariae</i> , courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des protéines (μg) (R^2 = Coefficient de détermination).	73
82	Dosage des glucides totaux d' <i>Ae. mariae</i> . Courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des glucides (μg) (R^2 = Coefficient de détermination).	73
83	Dosage des lipides totaux d' <i>Ae. mariae</i> . Courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des lipides (μg) (R^2 = Coefficient de détermination).	74
84	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL_{10} et CL_{25}) sur le contenu en Protéine.	75
85	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL_{10} et CL_{25}) sur le contenu en Glucide.	75
86	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL_{10} et CL_{25}) sur le contenu en Lipide.	75
87	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL_{10} et CL_{25}) sur l'activité de l'AChE ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ protéine) chez les larves (L4) d' <i>Ae. mariae</i> .	78
88	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL_{10} et CL_{25}) sur l'activité de l'GST ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ protéine) chez les larves (L4) d' <i>Ae. mariae</i> .	78
89	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL_{10} et CL_{25}) sur l'activité de l'MDA ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ protéine) chez les larves (L4) d' <i>Ae. mariae</i> .	78
90	Dosage des protéines : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine (μg) ; (R^2 coefficient de détermination).	80
91	Dosage des glucides : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de glucose (μg) (R^2 coefficient de détermination).	80
92	Dosage des lipides : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de lipide (μg) (R^2 coefficient de détermination).	81

93	Effets de l'Oberon appliquée avec deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Protéine chez <i>Daphnia magna</i> .	83
94	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Glucide chez <i>Daphnia magna</i> .	83
95	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Lipide chez <i>Daphnia magna</i> .	83
96	Effets de l'Oberon appliquée avec deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Protéine chez <i>Cyclops fuscus</i> .	85
97	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Glucide chez <i>Cyclops fuscus</i> .	85
98	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Lipide chez <i>Cyclops fuscus</i> .	85
99	Effets de l'Oberon appliquée avec deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Protéine chez <i>Corixa punctata</i> .	87
100	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Glucide chez <i>Corixa punctata</i> .	87
101	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Lipide chez <i>Corixa punctata</i> .	87
102	Effets de l'Oberon appliquée avec deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Protéine chez <i>Plea minutissima</i> .	89
103	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Glucide chez <i>Plea minutissima</i> .	89
104	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Lipide chez <i>Plea minutissima</i> .	89
105	Effets de l'Oberon appliquée avec deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Protéine chez <i>Agabus brunneus</i> .	91
106	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Glucide chez <i>Agabus brunneus</i> .	91
107	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Lipide chez <i>Agabus brunneus</i> .	91
108	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de l'AChE (µM/mn/mg protéine) chez <i>Daphnia magna</i> .	94
109	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de l'AChE (µM/mn/mg protéine) chez <i>Cyclops fuscus</i> .	94
110	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de l'AChE (µM/mn/mg protéine) chez <i>Corixa punctata</i> .	94
111	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de l'AChE (µM/mn/mg protéine) chez <i>Plea minutissima</i> .	94

112	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de l'AChE (μM/mn/mg protéine) chez <i>Agabus brunneus</i> .	94
113	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de la GST (μM/mn/mg protéine) chez <i>Daphnia magna</i> .	97
114	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de la GST (μM/mn/mg protéine) chez <i>Cyclops fuscus</i> .	97
115	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de la GST (μM/mn/mg protéine) chez <i>Corixa punctata</i> .	97
116	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de la GST (μM/mn/mg protéine) chez <i>Plea minutissima</i> .	98
117	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de la GST (μM/mn/mg protéine) chez <i>Agabus brunneus</i> .	98
118	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de l'MDA (μM/mn/mg protéine) chez <i>Daphnia magna</i> .	101
119	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de l'MDA (μM/mn/mg protéine) chez <i>Cyclops fuscus</i> .	101
120	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de l'MDA (μM/mn/mg protéine) chez <i>Corixa punctata</i> .	101
121	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de l'MDA (μM/mn/mg protéine) chez <i>Plea minutissima</i> .	101
122	Effets de l'Oberon appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de l'MDA (μM/mn/mg protéine) chez <i>Agabus brunneus</i> .	101
123	Effets de l'HE de la lavande appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Protéine.	103
124	Effets de l'HE de la lavande appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Glucide.	103
125	Effets de l'HE de la lavande appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur le contenu en Lipide.	102
126	Effets de l'HE de la lavande appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de l'AChE (μM/mn/mg protéine).	105
127	Effets de l'HE de la lavande appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de l'GST (μM/mn/mg protéine).	105
128	Effets de l'HE de la lavande appliquée selon deux concentrations (CL ₁₀ et CL ₂₅) sur l'activité de l'MDA (μM/mn/mg protéine).	106
129	La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concertations 24h .	108
130	La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concertations 48h .	108
131	La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concertations 72h .	108

132	Dosage des protéines totales d' <i>Ae.mariae</i> , courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des protéines (μg) ($R^2 =$ Coefficient de détermination).	110
133	Dosage des glucides totaux d' <i>Ae. mariaae</i> , courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des glucides (μg) ($R^2 =$ Coefficient de détermination).	110
134	Dosage des lipides totaux d' <i>Aedes mariaae</i> , courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des lipides (μg) ($R^2 =$ Coefficient de détermination).	110

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Dosage des protéines totales : réalisation de la gamme d'étalonnage.	39
2	Dosage des lipides totaux : réalisation de la gamme d'étalonnage.	40
3	Dosage des glucides totaux : réalisation de la gamme d'étalonnage.	41
4	Composition chimique de l'HE de <i>Lavandula dentata</i> .	68
5	Mortalité corrigé des larves L4 d' <i>Ae.mariae</i> après traitement par les différentes concentrations de l'Oberon après 24h ; 48h & 72h ($m \pm SE$; N= 100).	71
6	Détermination des Doses létales et sublétales de l'Oberon après application sur les larves L4 d' <i>Ae. Mariae</i> . Concentrations létales ($\mu\text{g/mL}$) ; concentrations sublétales ($\mu\text{g/ml}$) ; Intervalle de confiance (95%) ; Slope ; temps d'exposition (heures) ; N : 100 individus traités :	71
7	Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL_{10} & CL_{25}) sur les contenus en protéines ; glucides & lipides chez <i>Ae.mariae</i> ($m \pm SD$, n = 4 répétitions).	76
8	Effets de l'Oberon sur les biomarqueurs AChE ; GST & MDA ($\mu\text{M/mn/mg}$ de protéines) chez <i>Ae. mariaae</i> durant une période de 3 jours ($m \pm SD$, N= 100).	79
9	Effets de deux concentrations sublétales (CL_{10} & CL_{25}) de l'Oberon sur le contenu en Protéine ; Glucide & Lipide chez <i>Daphnia magna</i> ($m \pm SD$, n : 20 ind /répétition ; 4 répétitions), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).	82
10	Effets de deux concentrations sublétales (CL_{10} & CL_{25}) de l'Oberon sur le contenu en Protéine ; Glucide & Lipide chez <i>Cyclops fuscus</i> ($m \pm SD$, n : 20 ind /répétition ; 4 répétitions), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).	84
11	Effets de deux concentrations sublétales (CL_{10} & CL_{25}) de l'Oberon sur le contenu en Protéine ; Glucide & Lipide chez <i>Corixa punctata</i> ($m \pm SD$, n : 20 ind /répétition ; 4 répétitions), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).	86
12	Effets de deux concentrations sublétales (CL_{10} & CL_{25}) de l'Oberon sur le contenu en Protéine ; Glucide & Lipide chez <i>Plea minutissima</i> ($m \pm SD$, n : 20 ind /répétition ; 4 répétitions), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).	88

13	Effets de deux concentrations sublétales (CL ₁₀ & CL ₂₅) de l'Oberon sur le contenu en Protéine ; Glucide & Lipide chez <i>Agabus brunneus</i> (m ± SD, n : 20 ind /répétition ; 4 répétitions), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).	90
14	Analyse de la variance à 2 critères de classification (concentration, temps) sur les données de l'activité spécifique de l'AChE (µM/mn/mg de protéines) de la faune non visée durant une période de 3 jours.	95
15	Analyse de la variance à 2 critères de classification (concentration, temps) sur les données de l'activité spécifique du GST (µM/mn/mg de protéines) de la faune non visée durant une période de 3 jours.	98
16	Analyse de la variance à 2 critères de classification (concentration, temps) sur les données de l'activité spécifique du MDA (µM/mn/mg de protéines) de la faune non visée durant une période de 3 jours.	102
17	Mortalité corrigé des larves L4 d' <i>Ae.mariae</i> après traitement par les différentes concentrations de l'huile essentielle de la <i>lavandula dentata</i> après 24h ,48h et 72h (m ± SE ; N= 100).	102
18	Détermination des doses létales et sublétales de l'huile essentiel de la <i>Lavandula dentata</i> après application sur les larves L4 d' <i>Ae. Mariae</i> . Concentrations létales (µg/ml) ; concentrations sublétales (µg/ml) ; Intervalle de confiance (95%) ; Slope ; temps d'exposition (heures) ; N : 100 individus traités.	104
19	Effets de deux concentrations sublétales (CL ₁₀ & CL ₂₅) de l'HE de la lavande sur le contenu en Protéine ; Glucide & Lipide chez <i>Ae. mariae</i> (m ± SD, n : 20 ind /répétition ; 4 répétitions), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).	107
20	Effets de deux concentrations sublétales (CL ₁₀ & CL ₂₅) de l'HE de la lavande sur les biomarqueurs ACThE ; GST & MDA (µM/mn/mg de protéines) chez <i>Ae.mariae</i> (m ± SD, n : 20 ind/répétition ; 4 répétitions), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).	111

Liste des abréviations

Ae. mariae : *Aedes mariae*.

T : Temps.

N : Nombre d'individu.

CL : Concentration létal.

IC : Intervalle de confiance.

HE : Huile essentiel.

μM : Micromole.

Min : Minute.

Mg : Milligramme.

AChE : Acétylcholinestérase.

GST : Glutathion S-transférases.

MDA : Malondialdéhyde.

R² : Coefficient de détermination.

Dap : *Daphnia magna*.

Cyc : *Cyclops fuscus*.

Cori : *Corixa punctata*.

Plea : *Plea munitissima*.

Aga : *Agabus brunneus*.

INTRODUCTION

Introduction

Les Culicidae jouent un rôle important en santé humaine et animale, car ils sont vecteurs d'agents pathogènes et peuvent déclencher des épidémies comme le paludisme; l'éléphantiasis; la dirofilariose; la dengue; le chikungunya; le West Nile; le Zika; la fièvre jaune; l'encéphalite japonaise (**Moreno-Madriñán & Turell, 2018; Mikel, 2022**). Ils sont aussi une source de nuisance par leurs piqûres qui entraînent des infections secondaires, des démangeaisons, des irritations, des réactions allergiques ou des douleurs (**Pingen et al., 2017**). En plus des problèmes épidémiologiques et de nuisances, leur présence engendre une dégradation économique concernant le tourisme (**Chandrasegaran et al., 2020**). Donc les moustiques infectés peuvent transmettre à l'être humain et à l'animal des maladies parasitaires et des maladies vectorisées ou arboviroses. Cependant les agents pathogènes de ces maladies sont le protozoaire du genre plasmodium, transmis par la piqûre de la femelle du genre Anopheles, responsable de la Malaria ou du paludisme (maladie fébrile aiguë parasitaire) (**Costa et al., 2023**). La Filariose lymphatique, ou l'éléphantiasis une des maladies tropicales à transmission vectorielle, elle est due à la transmission d'un nématode ou microfilaires appelé *Wuchereria bancrofti* et *Brugia malayi*. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a ciblé cette maladie afin de l'éliminer en tant que problème de santé publique. C'est une maladie menaçante car elle a infecté plus d'un milliard de personnes dans 80 pays, sur les quelques 120 millions de personnes déjà affectées, plus de 40 millions sont gravement handicapées ou défigurées (**OMS, 2018**).

Le vecteur principal est présent sur tous les continents, ce sont les moustiques du genre Aedes (*Aedes aegypti* & *Aedes albopictus*) et Culex, responsables de la transmission des arboviroses, la dengue, le chikungunya, le Zika et la fièvre jaune. Leur propagation mondiale est due à l'augmentation des échanges intercontinentaux de marchandises et de passagers, ce qui a engendré l'apparition des arboviroses à partir des pays déjà affectés et les introduisant dans les pays occidentaux (**Gadiaga et al., 2023**). Les arboviroses sont des pathologies provoquées par près de 540 arbovirus, ces maladies relèvent une triade « Hôte; Vecteur & Virus ». Dans le cas de la dengue, maladie infectieuse appelée « grippe tropicale », le genre Aedes est responsable d'environ 390 millions d'infections, par an et 2,5 milliards de personnes supplémentaires à risque d'infection dans le monde (**OMS, 2002; Michael, 2021**). Elles représentent selon **Bhatt, (2013)** et **Coignard, (2024)** un grand problème de santé publique dans le monde.

La dengue, constitue une maladie émergente d'importance mondiale, elle fait partie des arboviroses les plus répandues. Cette maladie peut être asymptomatique, souvent bénigne: syndrome grippal soudain accompagné de douleurs articulaires, ces symptômes sont similaires à ceux du paludisme. La transmission du virus d'un humain malade à un moustique se fait par le sang aspiré lors de la piqûre et le moustique peut ensuite contaminer un autre humain (**Zida-Compaore et al., 2022**). D'après (**Ese et al., 2024**) une épidémie (cas confirmés) s'est déclarée en Côte d'Ivoire, avec 42 cas suspects et un taux d'attaque de 4,4 pour 100 000 habitants.

D'autre part le virus du chikungunya (CHIKV) est un alphavirus transmis par deux espèces de moustiques *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*. Il est répandu dans les régions tropicales, où il provoque des épidémies récurrentes de fièvre chikungunya, qui se caractérisent par des arthralgies et des myalgies sévères. Des épidémies ont touché des populations d'Afrique de l'Est et d'Afrique Centrale, d'Amérique du Sud et d'Asie du Sud-est. En l'absence de traitements antiviraux spécifiques, la lutte antivectorielle reste essentielle pour supprimer la réémergence et les épidémies (**Rodhain, 2001; Bartholomeeusen et al., 2023**).

Le virus du West Nil (WNV), est également un arbovirus à ARN monocaténaire appartenant à la famille des Flaviviridae du genre Flavivirus (virus neurotrophe), agent infectieux de la fièvre du Nil occidental, à transmission vectorielle d'importance mondiale, provoquant des encéphalites. Les changements climatiques ont un impact sur la transmission vectorielle et la distribution de ce virus (**Wang et al., 2024**). Son développement, suit un cycle enzootique impliquant les moustiques comme vecteurs et les oiseaux comme hôtes amplificateurs, cependant les humains et les mammifères peuvent également être infectés. Il a été identifié pour la première fois en Ouganda en 1937, puis il s'est propagé dans le monde entier, notamment en Europe, provoquant des maladies neuroinvasives telles que la méningite et l'encéphalite (**Simonin, 2024**).

Le virus Zika (ZIKV) est un arbovirus à ARN monocaténaire de polarité positive, appartient à la famille des Flaviviridae. La transmission à l'Homme peut être par contact sexuel, les femmes enceintes infectées. Les femmes enceintes peuvent transmettre le virus à leur bébé. Le virus peut encore être excrété dans l'urine à taux élevé plus de 10 jours après le début de la maladie, le trouve par la suite dans le sérum du malade. Chez le fœtus ou embryons, elle cause une microcéphalie. Le ZIKV a développé des mécanismes pour fuir à la réponse immunitaire de l'hôte, cela a permis la persistance virale (**Giraldo et al., 2023**) et a présenté un intérêt majeur vue la fréquence élevée du Zika dans certaines régions (**Estofolete et al., 2023**).

La Fièvre jaune est parmi les arboviroses les plus répandues et les plus importantes mondialement, son virus est en tête de liste des flavivirus ayant le singe pour réservoir, en provoquant des fièvres, douleurs musculaires, maux de tête et il peut évoluer en un syndrome hémorragique. Il est nécessaire de renforcer la surveillance épidémiologique, la vaccination et la lutte antivectorielle, car cette maladie reste toujours préoccupante en milieu urbain (**Ekra et al., 2023**).

Le virus de l'encéphalite japonaise (VEJ), reste la principale cause d'encéphalite humaine et est due à un flavivirus apparenté aux virus de la dengue, de la fièvre jaune et au virus West Nile, transmis par les moustiques. Le cycle épidémiologique de transmission vectorielle de ce virus est croissant car le système multi-hôtes est plus complexe. Bien que cette maladie soit asymptomatique, le taux de létalité peut atteindre 30% en cas d'encéphalite et 30 à 50% de ceux qui survivent gardent des séquelles neurologiques ou psychiatriques définitives (**Burke & Monath, 2001; OMS, 2019**).

L'agent principale de ces maladies vectorielles est donc le moustique, qui fait partie des insectes qui s'adaptent sans difficulté à diverses situations. Pendant longtemps, l'Homme a cru maîtriser « son ennemi suceur de sang » en utilisant les insecticides. Ceux-ci ont eu, il faut le reconnaître, un impact certain sur la transmission d'endémies majeures telles que le paludisme, mais aussi des effets néfastes sur l'ensemble des écosystèmes traités. Les campagnes extensives de démoustication ont engendré des pressions de sélection très fortes, à l'origine des phénomènes de résistance (**Ghorbani et al., 2018; Hamida et al., 2021, Sh et al., 2020**). La lutte chimique contre ces moustiques, reste le moyen le plus largement adopté à l'échelle mondiale pour maintenir les insectes nuisibles à un seuil raisonnable (**Casida & Durkin, 2013 ; Casida, 2017**). Néanmoins, leurs utilisations intenses sont devenues un véritable enjeu de santé publique, pour protéger les communautés rurales et urbaines contre ces arthropodes hématophages. Plusieurs méthodes ont été entreprises, la principale a débuté par l'utilisation des produits chimiques (Organophosphates & Pyrèthrinoides), avec essentiellement des pesticides de synthèse, qui continuent à être le moyen principal de contrôle (**Zahran et al., 2017**). Les insecticides chlorés tels que le (DDT) considérés comme "sans dangers" pour le manipulateur, par contre, ils entraînent des effets néfastes sur l'Homme (**Abou El Ela et al., 2023**) ainsi que sur les organismes non ciblés. Leurs accumulations dans les écosystèmes aquatiques et terrestres traités, présentent un problème de pollution (**Barbouche et al., 2001**).

Donc cela a incité les chercheurs dans ce domaine à développer une stratégie opérationnelle efficace (Liu, 2015 ; Parker, 2022).

Dans ce contexte, il existe un produit avec une efficacité et un taux d'application plus faibles au champ, avec une sélectivité étendue et une sécurité environnementale favorable (Hamida *et al.*, 2021). Au cours des dernières années Bayer CropScience a développé un produit systémique Oberon® 240 SC (Spiromesifen) appartenant au groupe chimique des dérivés spirocycliques de l'acide tétronique/tétramique substitués par des phényles, formulé sous forme de concentré de suspension à 24 % (SC 240) et enregistré sous la marque Oberon, c'est un composé clé pour le contrôle des aleurodes et des acariens. Il inhibe la lipogenèse, en particulier les triglycérides et les acides gras libres (AG). Il est répertorié dans le « groupe 23 » en tant qu'inhibiteurs de l'acétyl CoA carboxylase dans la classification du mode d'action IRAC. Cette enzyme catalyse la carboxylation de l'acétyl-CoA en malonyl-CoA, qui est l'une des premières étapes de la biosynthèse des AG. en raison de son mode d'action sur la synthèse des lipides et de sa faible toxicité contre les organismes non ciblés ce produit est devenu un élément important dans le programme de gestion de la résistance (Kissoum *et al.*, 2020).

Une stratégie que nous considérons comme méthode alternative, on cite la lutte biologique qui constitue une méthode efficace dans les milieux naturels, comme elle offre des solutions durables, grâce à sa variété, sa spécificité, sa compatibilité intrinsèque avec le milieu naturel et son pouvoir évolutif. Parmi ces méthodes l'utilisation du protiste symbiotique *Ascogregarina taiwanensis* contre le moustique tigre *Aedes albopictus*, ce dernier infecte spécifiquement les larves du premier stade au sein de leur gîte larvaire (Minard, 2020). Dans les collections d'eau stagnante, on peut envisager l'utilisation des poissons larvivores comme *Poecilia reticulata*; *Aphanius dispar* ou *Gambusia affinis*; *Pseudophoxinus callensis*; *Pseudophoxinus guichenoti* (Bendali-Saoudi, 1989, 2006); *Poecilia reticulata*, originaire d'Amérique du Sud, est très agressif envers les larves de moustiques. Un programme de lutte biologique utilisant des copépodes qui se nourrissent de larves de moustiques a été pratiqué au Vietnam. L'application des copépodes (*Mesocyclops aspericornis*) sur une espèce (*Aedes aegypti*) n'a pas toujours été couronnée de succès si la densité des larves de moustiques est élevée ou si la température ambiante est élevée. Il faut envisager des méthodes de contrôle supplémentaires afin de supprimer la prolifération des moustiques (Tuno *et al.*, 2020). Certains insectes entomophages comme la ranatre (Punaise aquatique), *Ranatra parvipes vicina* au stade larvaire, présente des capacités prédatrices culiciphage, elle peut consommer jusqu'à 1 500 larves d'*Ae. aegypti*.

Au stade adulte, elle peut consommer de 90 à 95 larves par jour (**Lecollinet et al., 2020**). En plus des prédateurs culiciphages, des bactéries entomopathogènes comme le *Bacillus thuringiensis israelensis* et le *Bacillus sphaericus* ont été utilisées à l'égard de plusieurs espèces de moustiques (**Bendali-Saoudi, 1989, 2006**).

Dans le même concept une autre source de lutte biologique est présentée par l'utilisation de produits à base d'extraits de plantes, c'est l'une des meilleures alternatives pour la lutte anticulicidienne. Depuis longtemps les plantes ont présenté un intérêt majeur en médecine, car elles nous ont fourni l'outil végétal précieux pour la guérison de nos maladies (**Souilah et al., 2023**). Les HEs sont des extraits naturels de plantes de composition complexe obtenus soit par entraînement à la vapeur d'eau, par distillation sèche ou par un procédé mécanique. Elles sont utilisées depuis l'antiquité pour leurs propriétés (anti-infectieuses, antibactériennes, antifongiques, antivirales, antidouleurs...). Aussi elles sont utilisées dans le domaine de la lutte en raison de leur disponibilité et leurs propriétés biologiques (**Tine-Djebbar et al., 2021**). Les HEs sont des mélanges complexes de constituants, qui varient en fonction de différents facteurs, le stade de développement des plantes, les parties de la plante utilisée, la période et la zone géographique de récolte. La détermination de la composition chimique est effectuée par la chromatographie en phase gazeuse (CPG) et par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM) (**Yolidje et al., 2024**). Ainsi, l'étude des préparations à base de plantes sans effets indésirables chez les organismes non ciblés et qui sont facilement biodégradables, est l'un des buts de recherche pour la lutte anti-vectorielle (des biopesticides à base de plantes à effet insecticide). Le choix de ces produits biodégradables (Huiles Essentielles) est surtout sans danger pour les organismes non ciblés et ils ont un faible impact sur l'environnement (**Senthil-Nathan, 2020**). Certains ont des effets toxiques, inhibiteur de la croissance et répulsifs des insectes (**Baz et al., 2021; Baz et al., 2022; Kouassi et al., 2022**).

L'espèce *Aedes mariaae* **Sergent & Sergent 1903** est un moustique peu étudié qui se reproduit dans les mares rocheuses de la côte méditerranéenne, sa présence sur les côtes algériennes a été confirmée par les premiers travaux de **Seguy (1924), Senevet & Andarelli (1954; 1963; 1964), Rioux (1958)** et (**Hassaïne et al., 2001**). Cette espèce des rock-pools du littoral méditerranéen correspond à une seule et même espèce identifiée comme un complexe de trois espèces jumelles. Les trois membres de cette espèce sont (*Aedes* (Ochlerotatus) *mariaae* **Sergent & Sergent 1903**; *Aedes* (Ochlerotatus) *zammitii* **Theobald 1903**; *Aedes* (Ochlerotatus) *phoeniciae* **Coluzzi & Sabatini, 1968**) elles ne présentent aucune différence morphologique,

leur identification repose exclusivement sur leurs répartitions géographiques (Afrique du Nord; Espagne ; Italie et Turquie). Parmi les trois espèces qui forment le complexe *mariae*, deux sont présentes en Afrique méditerranéenne. Il s'agit d'*Aedes* (*Oc.*) *mariae* que l'on rencontre sur tout le pourtour du bassin méditerranéen occidental (bassin tyrrhénien), notamment du Maroc au Cap Bon, et d'*Oc. zammiti* qui est présente sur les côtes orientales de l'Italie, en Sicile et à Malte. Les femelles piquent les mammifères et les oiseaux. Elles sont très agressives de jour comme de nuit, cause une nuisance importante à proximité des côtes rocheuses méditerranéennes. En Algérie, cette agressivité est semi-continue de Février à Octobre. Elle est seulement interrompue pendant les périodes froides ou de vent fort.

D'autre part, les écosystèmes d'eau douce sont riches en biodiversité car ils sont en constante évolution avec le changement des communautés biotiques, ce qui constitue un facteur majeur de la richesse biologique (**Strayer & Dudgeon 2010 ; Min & Kong, 2020**). L'importance de leur étude élucide la relation entre les communautés biotiques et les variations environnementales, cela peut donner une réponse également aux perturbateurs anthropiques (**Juin et al., 2016**). Les Invertébrés d'eau douce forment un groupe d'animaux extrêmement variés, mais peu visibles à l'œil nu. Toutefois, ils jouent un rôle essentiel dans l'équilibre des écosystèmes aquatiques (**Hüther, 2018**). Leur contribution est cruciale pour fournir plusieurs services écosystémiques (Pollinisation des plantes aquatiques; Fertilisation; Contrôle biologique; Epuration de l'eau, Décomposition de la matière organique et constituent un maillon de la chaîne trophique) (**Raitif et al., 2018**). De même ils sont utilisés comme indicateurs biologiques et déterminent l'impact des changements du milieu, certains éléments de cette communauté jouent un rôle fondamental dans l'équilibre faunistique (**Lounaci, 2011**).

C'est dans cette perspective que s'inscrit la présente étude, qui a été menée dans une première partie pour l'étude systématique et taxonomique selon des clés dichotomiques appropriées, d'une espèce de moustique *Ae. mariae* (Culicidae) (Espèce visée), échantillonnée au niveau de la Wilaya d'Annaba, Commune de Chétaibi et également à partir de la région d'el Kala au niveau de la Baie-Ouest. Dans cette même optique, une étude a concerné quelques espèces de la faune non visée (les Cladocères, les Copépodes, les Hétéroptères et les Coléoptères), récoltées à partir de la Commune d'El Chatt, lac Gareat Djamel (Wilaya d'El Tarf), durant la période de Février à Juin 2022. Les structures d'identification ont été photographiées sous microscope avec appareil photo intégrée (Leica).

La dernière partie a comporté trois tranches, la première a été consacrée à l'évaluation toxicologique du Spiromesifene (l'Oberon) à l'égard des larves du quatrième stade d'*Ae. Mariae* et sur 5 modèles choisis de la faune associée aux Culicidae. Les tests ont été appliqués sur les adultes de crustacés benthiques *Daphnia magna* du groupe des Cladocères; *Cyclops fuscus* (Copépode), *Corixa punctata*; *plea muniticima* (Hétéroptères), *Agabus brunneus* (Coléoptère), selon 2 doses sublétales du Spiromesifene (l'Oberon), la CL₁₀ & CL₂₅.

La deuxième tranche a été consacrée à l'évaluation de l'effet toxique de l'Huile Essentielle extraite à partir des feuilles de *lavandula dentata*, à l'égard de l'espèce de moustique étudiée *Ae. Mariae* afin de déterminer les doses létales et sublétales à partir des essais toxicologiques, ainsi que l'exploitation statistique des résultats obtenus à cet égard.

La troisième tranche a consisté à déterminer l'effet toxique de deux doses sublétales la CL₁₀ et CL₂₅ sur la composition biochimique (Protéines, Glucides et Lipides) et sur les biomarqueurs (l'Acétyl choline estérase (AChE), Glutathion-S-transférase (GST) et le Malondialdehyde (MDA) de la faune visée (*Ae. Mariae*) et non visée (*Cyclops fuscus*; *Corixa punctata*; *plea muniticima*; *Agabus brunneus*).

MATÉRIEL & MÉTHODES

2. Matériel & Méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude et des stations de prélèvement

Au cours de notre travail nous avons choisi deux zones d'étude. La première située au niveau de la Wilaya de Annaba (Chétaibi) est considérée comme une ville côtière et touristique. La deuxième région est située au niveau de la Wilaya d'El -Tarf, comporte deux sites aquatiques (Marin : la vieille Calle) le deuxième site est un lac d'eau douce (Garât Djamel) (Figure1).

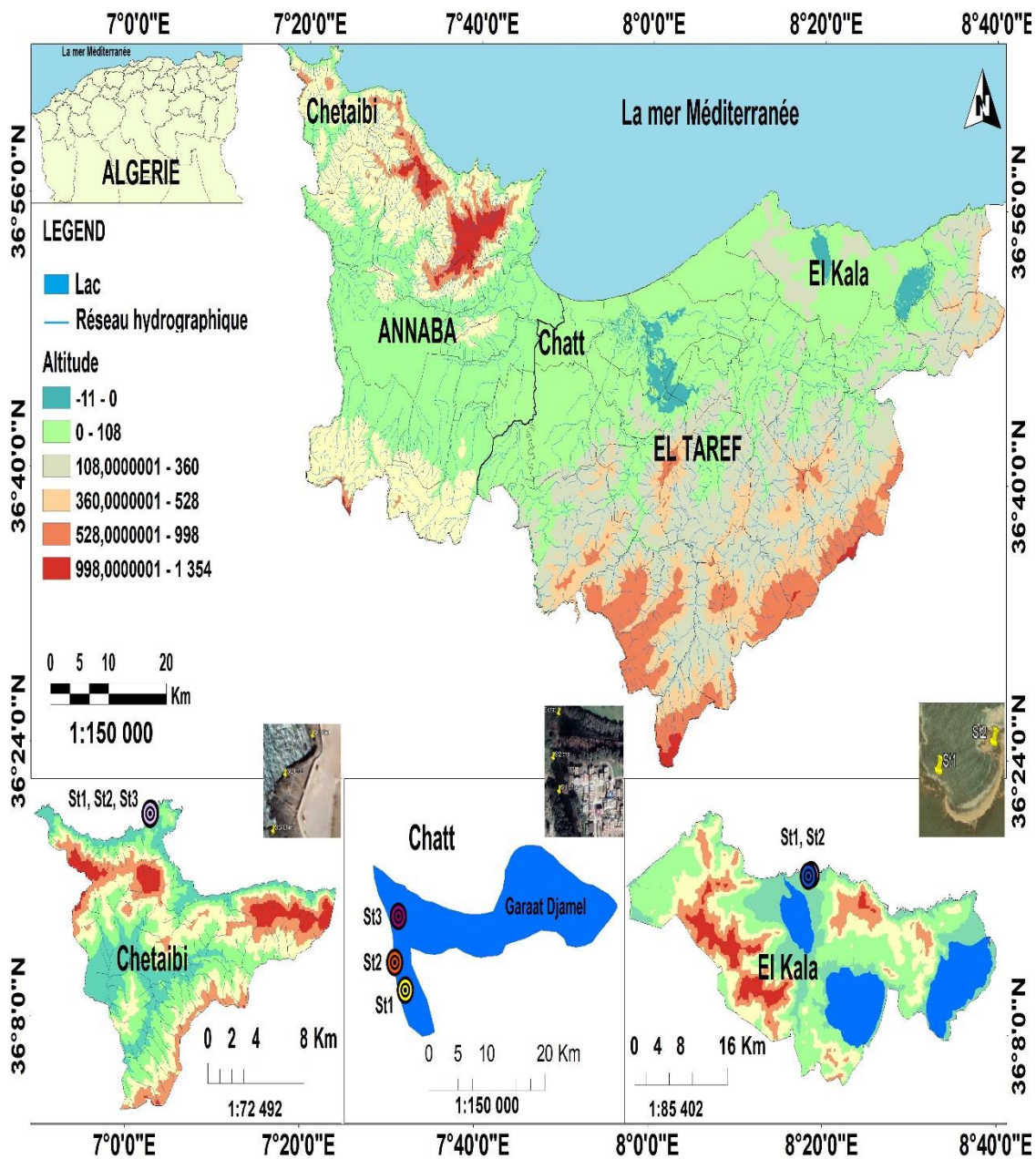


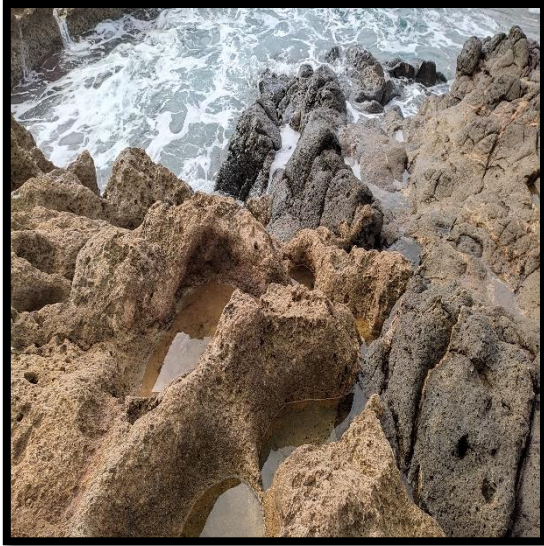
Figure 1 : Position géographique des zones d'études.

2.1.1. Chétaibi (Herbillon)

Depuis le Cap de Garde jusqu'au Cap de Fer, la côte déroule une longue série de falaises couronnées par les pentes du massif de l'Edough. Des petites plages soutenues par des roches détachées ; une de ces baies, plus profonde que les autres, forme le petit port d'Herbillon ou Chétaibi. Elle se trouve, à moitié cachée dans un massif d'Oliviers sauvages et des Ruines d'une Ville Romaine (**Anonyme 1**).

La Commune de Chétaibi est située environ à 62 km de la Wilaya d'Annaba, sur les côtes Nord-est de l'Algérie: elle comporte un port de pêche, une densité de 60 hab. /km². Les coordonnées (GPS: 37° 03' 58" Nord, 7° 22' 49" Est), et d'une superficie de 134 km². Les plages principales sont : Chétaibi, Les Sables d'Or, Oued Leghnem, Fontaine Romaine, La Baie Ouest et Sidi Akkacha. Le site de prélèvement est présenté par la Baie - Ouest comportant de multiples rock-pools qui se remplissent d'eau de mer et constituent des gîtes larvaires potentiels pour *Aedes mariae*. La diversité physiographique de Chétaibi s'étend sur quelques kilomètres des plages (Les platiers rocheux sont composés de plus d'une centaine de massifs montagneux qui forment six ensembles, physiographiques distincts définis par une morphogenèse et une géologie unique) (**Anonyme 2**).

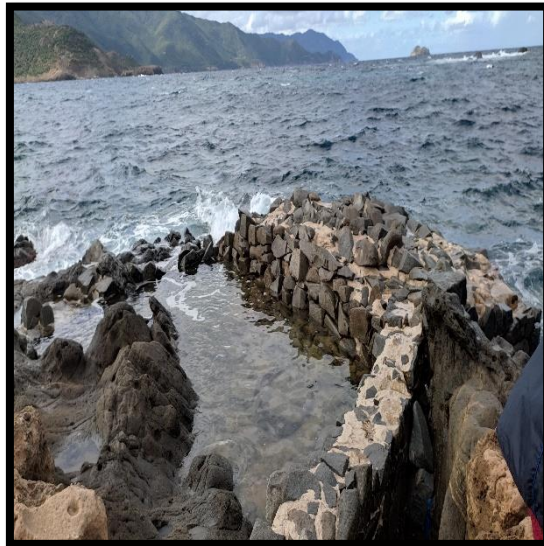
Le modèle biologique de l'étude, a concerné les larves de moustique, vivant dans les trous rocheux du littorale. Celles-ci consistent en un échantillonnage, pendant une période de cinq mois (Février – Juin, 2022) à raison de 2 sorties par mois. Trois stations ont été choisies au niveau de la Baie –Ouest, selon l'accessibilité au site (**Figure 2**).



Station 1



Station 2



Station 3

Figure 2 : Présentation des stations d'étude au niveau du premier site : la Baie - Ouest (Chétaibi).

2.1.2. La vieille Calle

C'est une plage située dans la Wilaya d'El Taref, à l'extrême Nord-est de l'Algérie, que l'on peut aisément rejoindre à partir de la route nationale (RN) n° 166 faisant 13 km de la jonction de la plage au Centre-Ville d'El Kala, ou depuis la RN 84. El Kala anciennement appelée La Calle, est une Commune de la Wilaya d'El Taref, proche de la frontière Algéro-tunisienne, située à 20 km au Nord-est d'El Taraf et à 77 km à l'Est d'Annaba (**Anonyme 3**). La technique de récolte a consisté des prélèvements répétés, au niveau de deux stations accessibles, choisies au niveau du littoral de la Vieille Calle (**Figure 3**).



Station 1



Station 2

Figure 3 : Présentation des deux stations d'étude au niveau du deuxième site : la Vieille Calle

2.1.3. Garât Djamel

C'est un petit lac endoréique alimenté par la nappe phréatique. En été, ce lac se rétrécit et l'eau se condense au centre, il constitue un plan d'eau douce, sans être influencé par les eaux de mer, ce qui réduit les variations, dues aux courants et aux vagues. Il se situe dans la commune El-Chatt dans la Daïra de Ben Mhidi, sur le côté gauche de la route de la Wilaya numéro 109, qui relie la Wilaya d'Annaba à El-Kala, les coordonnées géographiques de 36°.88 N et 07°.90 E.

El- Chatt est située à 12 km au Nord-est d'Annaba. La ville se situe à 3 km de l'aéroport Rabah Bitat (**Anonyme 4**).

L'échantillonnage de la faune non visée, a été réalisé au niveau de 3 stations, situées sur la berge du lac espacées d'environ 45m l'une de l'autre. Chaque station a été visitée une fois par mois (**Figure 4**).



Station 1



Station 2



Station 3

Figure 4 : Présentation des trois stations d'étude au niveau de Garât Djamel.

2.2. Présentation du matériel biologique

Les Culicidae sont des insectes Diptères Nématocères Holométaboles. Ils regroupent beaucoup d'espèces qui ont été identifiées parmi les ectoparasites temporaires hématophages les plus importants en santé humaine et vétérinaire. Ils présentent des stades de vie pré imaginaires aquatiques représentés par les œufs, les larves et les nymphes et un stade adulte aérien. Les adultes sont des Diptères avec un dimorphisme sexuel net (**Bendali-Saoudi, 2006**).

2.2.1. Position systématique et présentation du Genre *Aedes* Meigen, 1818

Le genre *Aedes* est un moustique très agressif par sa pique douloureuse qui provoque une nuisance à l'Homme et une dégradation du niveau touristique de la région. Le genre *Aedes* a été reconstitué en séparant le sous genre *Ochlerotatus* et le considérant en tant qu'un nouveau genre. Cette détermination systématique nouvelle du genre *Ochlerotatus*, n'a pas été retenue dans notre travail. Nous nous sommes basés sur l'ancienne classification considérée comme fondamentale par de multiples systématiciens. Pour éclaircir la nomination de notre espèce d'étude *Aedes (Ochlerotatus) mariae* Sergent & Sergent 1903 et pour faciliter la continuité avec les autres études conduites en Algérie, nous avons pris parti de suivre la classification conservatrice proposée par **Reinert et al., (2009) ; Wilkerson et al., (2015)**.

Ordre	Diptera
Sous-ordre	Nematocera
Infra-ordre	Culicomorpha
Famille	Culicidae Meigen 1818
Sous-famille	Culicinae Meigen 1818
Genre	<i>Aedes</i> Meigen 1818

2.2.2. Biologie et morphologie du genre Aedes

Le dimorphisme sexuel chez le genre *Aedes* est net, les femelles effectuent leurs pontes à la surface de l'eau ou bien sur des substrats humides.

A l'émergence, la nymphe subit une métamorphose et déchire la partie sagittale du thorax, donnant naissance, à un adulte caractérisé par un dimorphisme sexuel net et à sexe -ratio égale. Dès l'émergence, il y'a une période de repos importante pour le durcissement de la cuticule. L'accouplement a lieu soit en vol, soit sur un support. La femelle est fécondée pour le restant de sa vie, tandis que le mâle peut s'accoupler à plusieurs reprises. Les femelles pondent globalement une centaine d'œufs, tous les 2 à 3 jours après chaque repas sanguin. La longévité des femelles est d'environ de 2 à 4 semaines, par contre les mâles une dizaine de jours, selon les conditions extérieures (**Bousses *et al.*, 2021**).

2.2.2.1. Œufs

Les œufs d'*Aedes* sont pondus isolément, à proximité de l'eau collés sur un support. Ils sont de couleur noire, de forme ovalaire et effilés par rapport aux œufs des genres *Anopheles* et *Culex* (**Figure 5**). Les œufs d'*Aedes* résistent à la dessiccation et peuvent survivre après plusieurs mois (**Bousses *et al.*, 2021**).



Figure 5 : Les Œufs d'*Aedes* (*Ochlerotatus*) *mariae* Gr.100X (**Photo Personnelle**).

2.2.2.2. Larve

Les larves d'*Aedes* se développent dans un milieu aquatique, leur respiration est aérienne par les stigmates. Elles sont dépourvues de pattes, appartiennent au groupe des Nématocères. Elles nagent rapidement grâce à des poussées ondulatoires de leur corps. Le premier stade larvaire mesure 1 mm pour atteindre 6 mm à 20 mm, selon les espèces. Elles se nourrissent de micro-organismes et de matières organiques en décomposition dans l'eau.

Les larves sont de couleur sombre, caractérisées par un siphon généralement court et large (trapue) porte une seule paire de touffes de soies, au sommet du peigne siphonal, caractéristique du genre *Aedes* (Rioux, 1958).

L'abdomen est dépourvu de plaques dorsales sauf au niveau de la selle. Elle est placée au milieu du segment, en avant ou en arrière du milieu. Parmi les quatre stades de l'évolution larvaire, seul le dernier est pris en compte dans l'identification des espèces. Il est formé de plusieurs segments. Sur le dernier segment, dorsalement se trouve le siphon, au sommet duquel s'ouvre une paire de stigmates respiratoires. Il porte une rangée ventro-latérale d'épines sclérifiées, formant le peigne siphonal (Bousses *et al.*, 2021) (Figure 6).

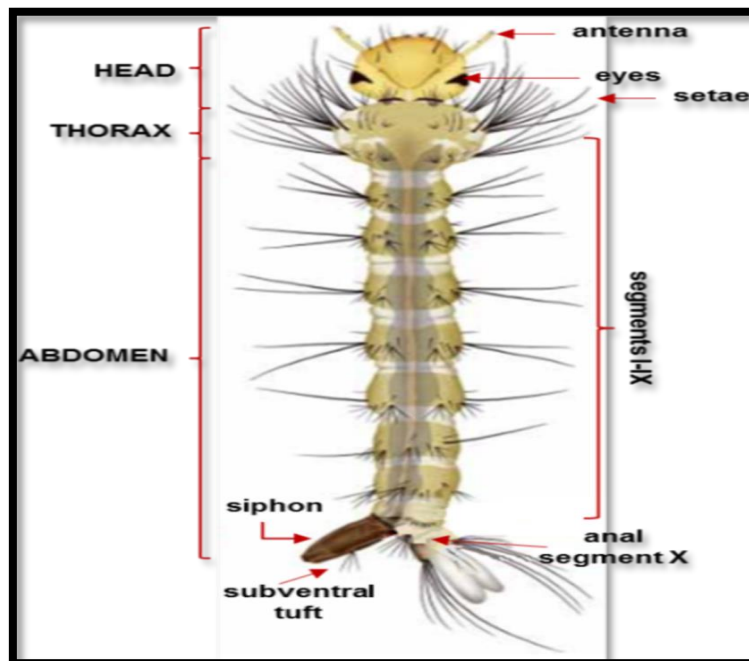


Figure 6 : Morphologie générale de la larve de Culicinae (Anonyme 5).

2.2.2.3. Nymphe

Le stade nymphal, suit le dernier stade larvaire et précède le stade adulte. Le corps est en forme de virgule et composé de deux sections principales : le céphalothorax (Tête & Thorax fusionnés) et l'abdomen (Service, 2012). À la base du céphalothorax se trouve une paire de tubes respiratoires ou « trompettes » qui se percent à la surface de l'eau pour assurer les échanges respiratoires (Nelson, 1986). À l'extrémité de l'abdomen se trouvent une paire de rames natatoires, plus grande et se chevauchent chez la nymphe femelle, alors que chez la nymphe mâle, elles sont étroites et séparées (Vargas, 1968). La nymphe reste immobile à la surface et pour se protéger, elle nage très rapidement. A l'émergence elle se gonfle d'air, ce qui va faciliter la séparation entre la cuticule nymphale et adulte. Cela permettra le dégagement des pattes et l'adulte pourra déployer ses ailes, pour s'envoler (Bousses *et al.*, 2021) (Figure 7).

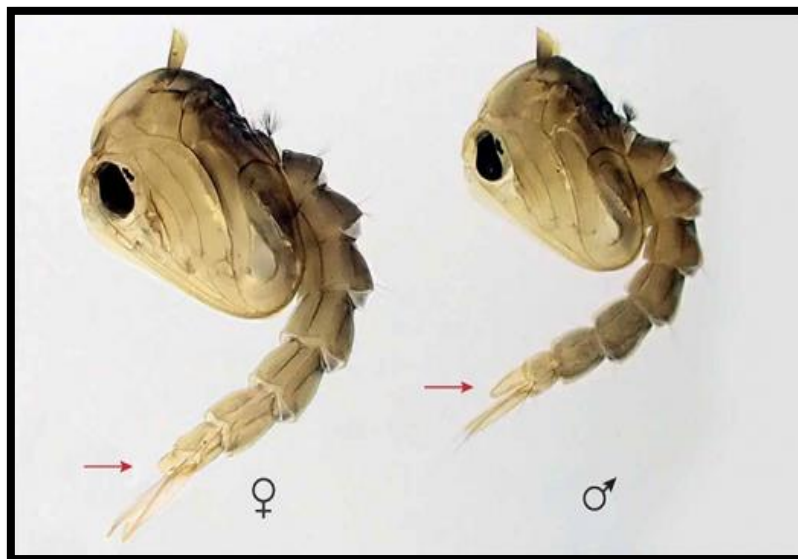


Figure 7: Morphologie générale de la nymphe d'*Aedes*. Dimorphisme sexuel du dernier segment abdominal (flèche) (Anonyme 6).

2.2.2.4. Adultes

Le corps de l'adulte d'*Aedes* est formé de 3 parties : tête, thorax et abdomen (**Figure 8**).

Tête : Elle est plus ou moins sphérique, et porte l'ouverture du tube digestif (proboscis et pièces buccales) et de nombreux organes sensoriels : yeux, antennes, trompe ou rostre. Ces pièces vulnérantes, effilées et pointues, perforent la peau comme une aiguille, et la femelle peut alors aspirer du sang par le canal alimentaire du labre après avoir injecté de la salive anticoagulante et anesthésiante par le canal salivaire de l'hypopharynx.

Le genre *Aedes* se caractérise par la taille des palpes, chez la femelle ne dépassent pas le ¼ de la trompe. Le rapport entre la longueur de la trompe et celle du fémur antérieur a une importance dans les diagnoses. Les deux derniers articles des antennes plumeuses du male sont allongés.

Thorax: Chaque segment thoracique porte ventralement une paire de pattes (trois paires), elles sont recouvertes d'écailles et de nombreuses soies sensorielles. Alors que dorsalement le thorax, porte une seule paire d'ailes fonctionnelles et une paire d'ailes non fonctionnelles appelées haltères ou balanciers, qui assurent l'équilibre de l'insecte pendant le vol. Sur chaque côté du thorax s'ouvrent deux orifices respiratoires, appelés spiracles ou stigmates respiratoires.

L'extrémité postérieure des tarsi, porte une paire de griffes qui permet au moustique de s'accrocher aux supports. Chez le mâle, les griffes des pattes antérieures et moyennes sont fortement modifiées pour maintenir la femelle lors de l'accouplement.

Abdomen: Porte une bande basale claire plus ou moins épaisse et des taches latérales claires. Les ailes sont caractérisées par la présence de soies sternopleurales et mésépimérales inférieures avec de nombreuses écailles sur les pleurs, en raquette, mais parfois plus étroites (**Brunhes et al., 2000; Schaffner et al., 2001**). Le tégument de l'adulte, est rigide, le protège du milieu extérieur. Ils possèdent des organes tactiles (soies) qui leur permettent d'analyser les paramètres chimiques (Odeurs; Saveurs & Pheromones...) que les paramètres physiques (Température; déplacements d'air...) (**Bousses, et al., 2021**).

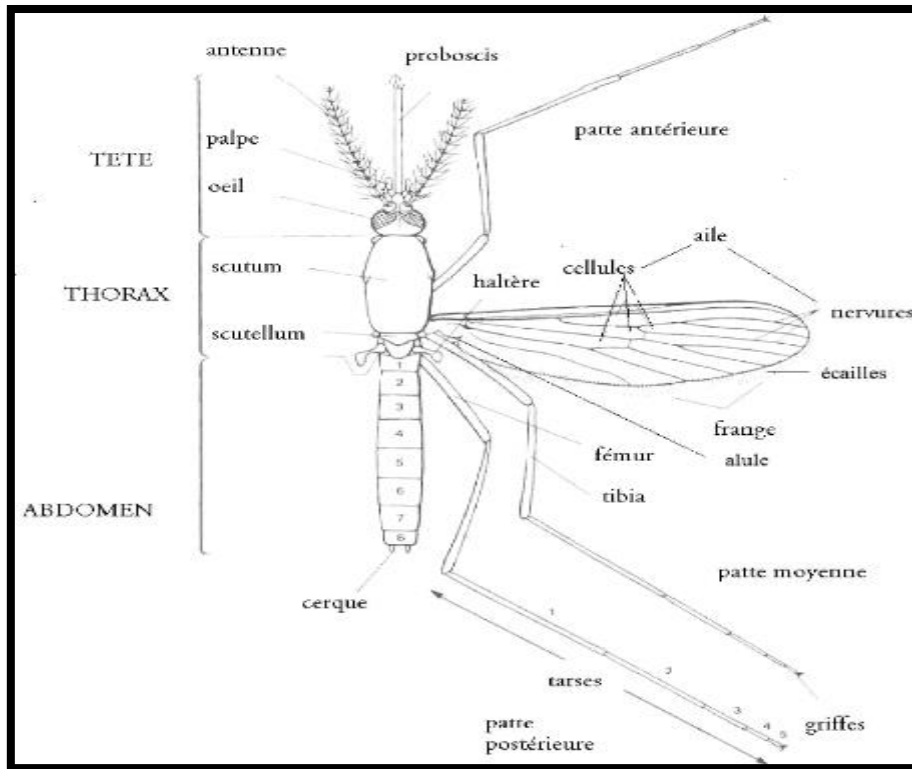


Figure 8: Morphologie générale des Culicidae adultes (**Anonyme 7**).

2.2.3. Présentation de la faune associée

Les Invertébrés d'eau douce forment une communauté d'animaux extrêmement variés. Ils ont un rôle essentiel dans l'équilibre des écosystèmes aquatiques (**Hüther, 2018**). Pour évaluer l'état écologique des cours d'eau, cette faune benthique est l'une des maillons biologiques clés, est communément utilisée en tant qu'indicateurs biologiques, par leur existence ou à défaut, leur abondance ou rareté, permet d'apprécier le degré de pollution de l'eau. En plus elles peuvent expliquer l'impact des transformations des caractéristiques du milieu et les stratégies écologiques des différentes espèces afin de restituer certaines de ces caractéristiques (**Lounaci, 2011**). L'évaluation s'adresse à toutes les catégories d'eau : eaux de surface (cours d'eau, plans d'eau), littorales (eaux côtières) et eaux souterraines (**Bonnin, 2015**). Quelques espèces ont été impliquées dans cette étude:

2.2.3.1. Les Cladocères

Les Cladocères sont des microcrustacés connus sous le nom de "puce d'eau", ils sont largement répandus dans l'hémisphère Nord, généralement rencontrés dans les eaux douces des climats tempérés. Ils colonisent les mares, étangs, lacs, canaux, cours d'eau à faibles débits et bassins riches en matière organique et peu oxygénés (**Santiago et al., 2002; Cauzzi, 2007; Boillot, 2008**). Ces microcrustacés zoo planctoniques ont une taille de 1 à 5 mm de long et le poids sec variant de 50 à 400 μ .g (**Edmondson, 1984**). Au cours des cycles saisonniers, les cladocères peuvent changer la forme, la tête, la carapace et la taille de l'œil composé, ainsi que la longueur de l'épine caudale. Ce phénomène est appelé cyclomorphose (**Amoros, 1984**) contrôlé par la température (Conditions du milieu) (**Yurista, 2000**).

Cette espèce est protégée par une carapace translucide bivalve, ne possède qu'un seul œil caché sous "un casque", possède deux antennes de grande taille qui aident à la nage. Les organes sont observés par transparence sous microscope : œil, tube digestif, les œufs (petites boules foncées), et une épine (éperon caudal) à l'extrémité l'abdomen qui est plus ou moins développé suivant les espèces et le taux de prédation (plus il y a de prédateurs, plus cette épine est grande). Au thorax quatre à six paires de pattes qui sont reliées, qui leur servent à guider la nourriture vers la bouche. Le thorax est soudé à l'abdomen. Les daphnies jouent un rôle majeur dans l'autoépuration des eaux stagnantes, sont aussi des régulateurs efficaces du phytoplancton. Elles sont une source d'alimentation importante pour de nombreuses espèces animales aquatiques et semi-aquatiques (**Brassard, 2000**) (**Figure 9**).

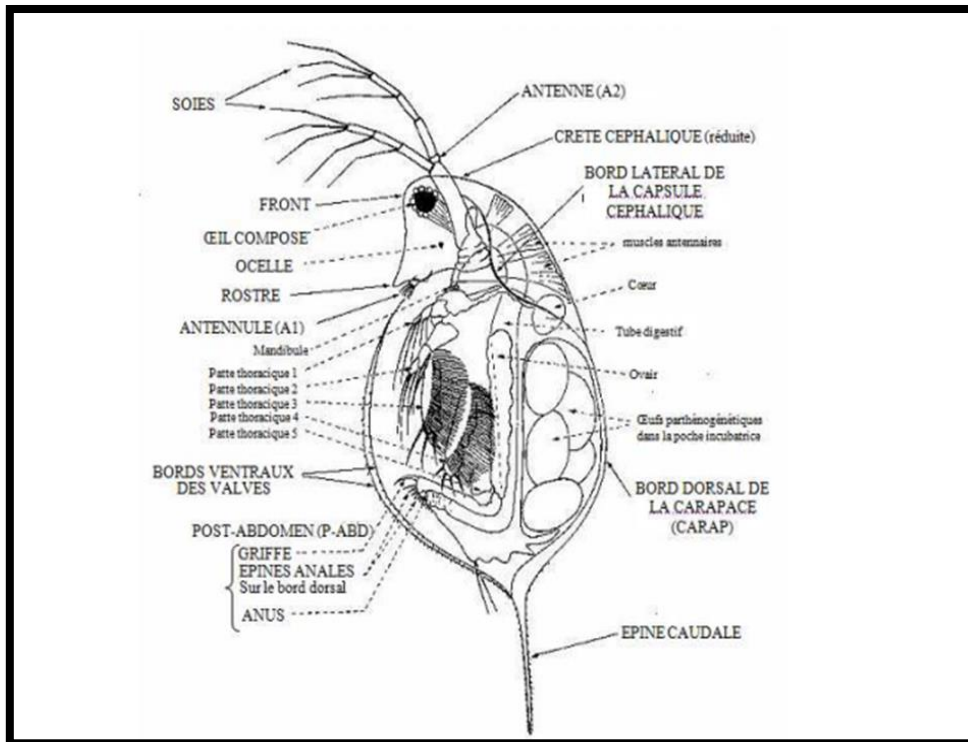


Figure 9 : Organisation générale d'un Cladocère, vue latérale (Amoros, 1984).

2.2.3.2. Les Copépodes

Les copépodes sont des Crustacés Entomostracés, les plus abondants (Huys *et al.*, 2016), ce sont des éléments clés des habitats aquatiques, car ils jouent un rôle important dans les réseaux trophiques dans le monde (Menden-Deuer & Kiørboe, 2016 ; & Hans, 2021).

Le corps est couvert d'une cuticule rigide et comporte deux régions distinctes : régions antérieure (Prosome), longue et bombée, composée de la tête (Céphalosome), à laquelle est soudé un segment thoracique porteur d'une paire d'appendices natatoires, et cinq segments thoraciques libres. La région postérieure, plus courte et plus étroite, constitue l'abdomen (Urosome), est composée de deux segments le plus souvent soudés en un segment génital, qui comporte ventralement un réceptacle séminal visible ainsi que les orifices génitaux chez la femelle (2 orifices), alors que chez le mâle un seul (Anonyme 8). Le mâle adulte est filiforme avec deux antennules géciculées, les soies fucales sont courtes. La femelle, plus large, porte deux sacs ovigères contenant chacun une dizaine d'œufs (Figure 10) (Dussart, 1967).

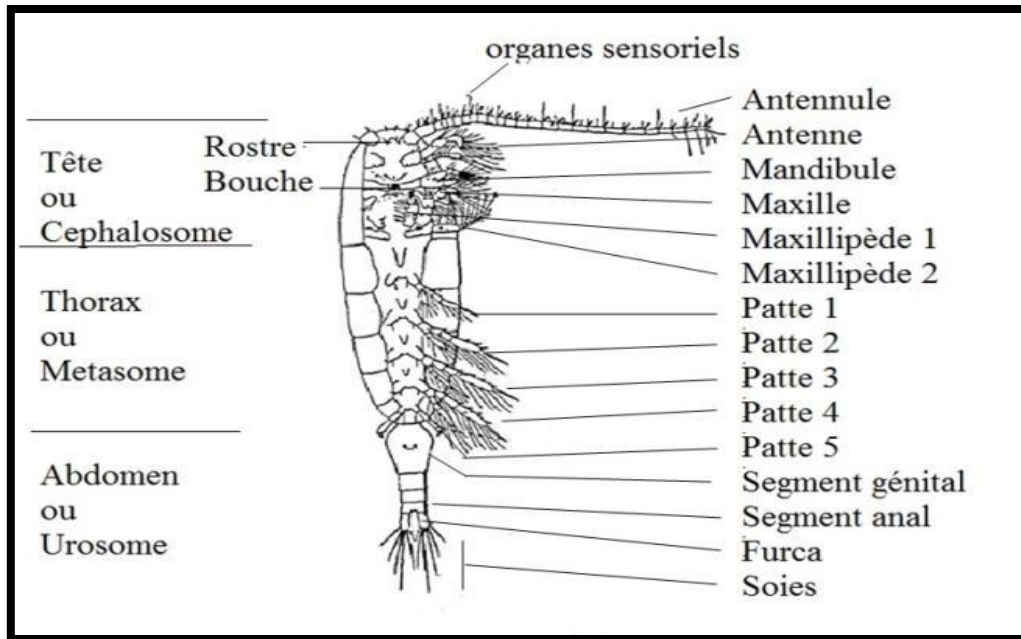


Figure 10 : Schéma d'un Copépode femelle en vue ventrale (Rose, 1933).

2.2.3.3. Les Hétéroptères aquatiques

Les Hétéroptères sont appelés “punaises aquatiques” ce sont des hémimétaboles, les ailes antérieures, lorsqu'elles sont présentes, ont une partie coriacée et une partie membraneuse (Hémélytres) (Anonyme 8). Les pièces buccales forment un rostre piqueur (Polhemus & Herring, 1970). La reproduction s'effectue en une ou deux générations annuelles, les œufs sont déposés sur un support. Leur cycle biologique comporte cinq stades larvaires. Certaines espèces sont Zoophages, alors que d'autres sont phytophages (Slater & Baranowski, 1978). Les Hétéroptères sont caractérisés par leur appareil buccal transformé en rostre de type labial, piqueur-suceur (Polhemus & Herring, 1970), leur première paire d'ailes est caractérisée par une partie basale dure. Ces ailes, appelées hémélytres, forment une carapace quand elles sont rabattues sur l'abdomen, un motif caractéristique en X apparaît alors. Comme elles sont caractérisées par la présence fréquente d'une ou de deux glandes odoriférantes méta-thoraciques, provoquant l'odeur de punaise (Slater & Baranowski, 1978 ; Dethier, 1981).

La tête libre mais très peu mobile, les antennes sont formées de 1 à 5 articles. Le thorax est bien visible, surtout le pronotum et le mésonotum qui se prolonge vers l'arrière par un scutellum. Les pattes sont souvent d'égale longueur et portent des tarsi de 1 à 3 articles, munis de 1 ou 2

griffes. L'abdomen comporte 10 segments, l'orifice génital mâle s'ouvre sur le 9^e segment, l'orifice femelle sur le 8^e segment (Poisson, 1957; Dethier, 1981) (Figure 11).

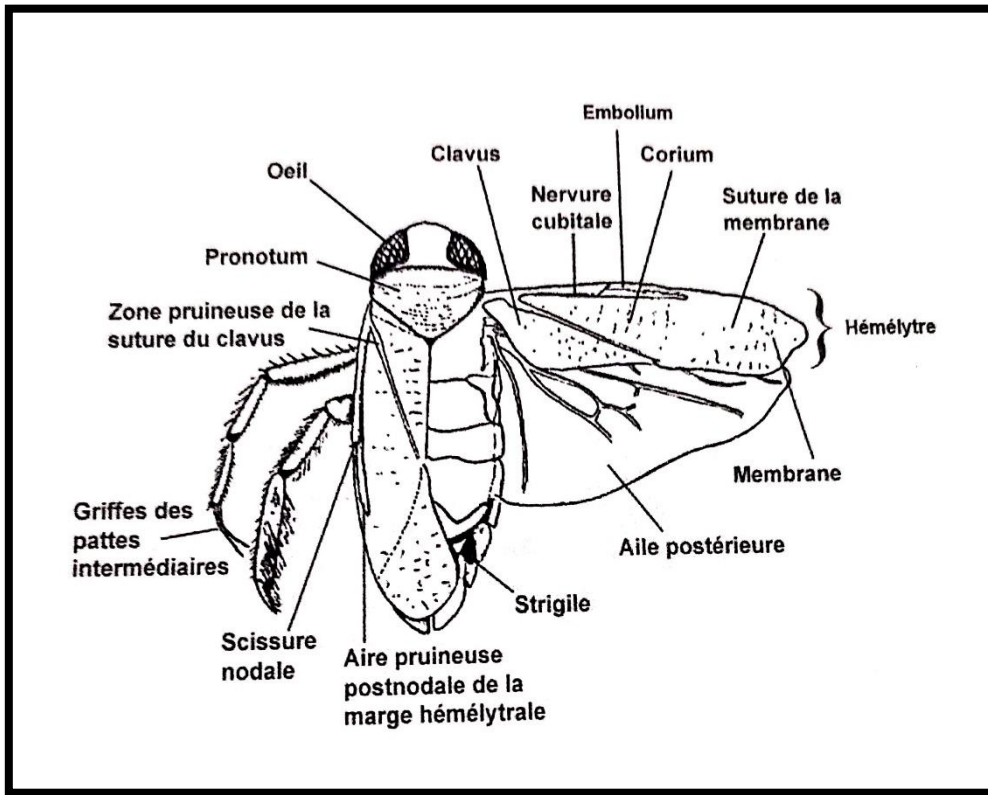


Figure 11 : Vue dorsale d'un Héteroptère adulte (Anonyme 8).

2.2.3.4. Les Coléoptères aquatiques

Les coléoptères constituent l'un des groupes d'insectes aquatiques le plus riche (Bilton *et al.*, 2019). L'ordre des coléoptères comprend 176 familles, 29 500 genres et 386 500 espèces (Tasar, 2018). Ils ont une grande diversité fonctionnelle, et ils sont capables de coloniser une grande variété d'habitats (Ribera & Foster, 1993). Les coléoptères possèdent de nombreuses adaptations morphologiques (Figure 12) à leurs milieux aquatiques car ils se sont révélés très utiles comme bioindicateurs (Ribera & Foster 1995 ; Barman & Gupta 2016; Villastrigo *et al.*, 2020; Benamar *et al.*, 2021). Ils ont un mode de développement holométabole à métamorphose complète. Les adultes consomment des substances à fort pouvoir énergétique (nectar des fleurs, fruits pourris, sève suintant) (Ślipinski, 2007).

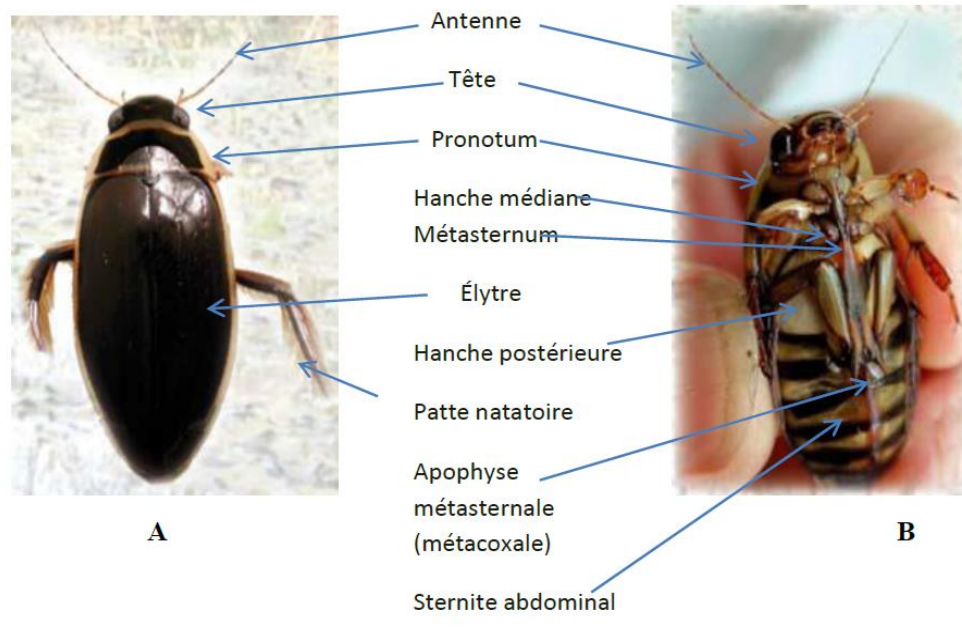


Figure 12 : Morphologie externe d'un Coléoptère aquatique (**Richoux, 2006**).

A : Vue dorsal

B : vue ventral

2.3. Présentation du produit chimique l'OBERON

Le Spiromesifen (commercialisé sous le nom **Oberon**[®] 240 SC : solution concentrée ; Bayer Crop Science en 2006, Germany), est un insecticide/acaricide systémique appartenant à la classe des dérivés Spirocycliques de l'acide Tétronique/Tétramique, de la famille des Kétoénoles. Sa formule brute est $C_{23}H_{30}O_4$ et sa masse moléculaire est de 370,48g/mol (**Hussain, & Gaur, 2023**). Ce pesticide est doté d'un mode et site d'action unique, qui consiste à inhiber la synthèse des lipides en bloquant la biosynthèse de leurs acides gras (**Shaoyong et al., 2010**) (**Figure 13**).

Il constitue une nouvelle option pour l'alternance des programmes de lutte contre la mouche blanche. Il agit à la fois par contact et par ingestion sur les mouches blanches (*Bemisia trialeurodes*) ainsi que sur les acariens. Il exerce son action sur les différentes phases de développement des mouches blanches, en perturbant le métabolisme lipidique, confirmant ainsi son mécanisme d'action primaire sur la synthèse des lipides (**Kissoum & Soltani, 2016**).

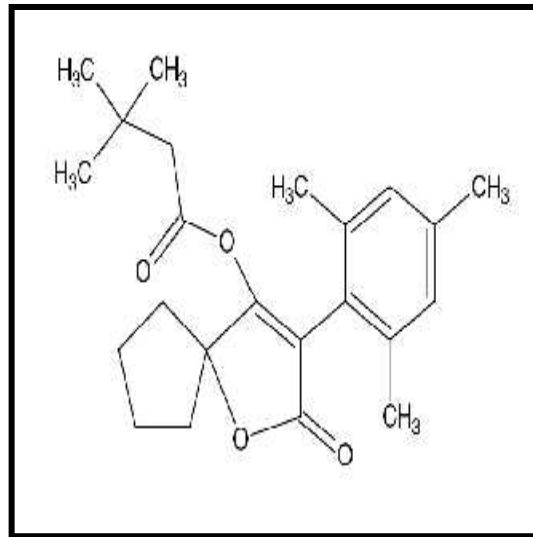


Figure 13 : Structure chimique du Spiromesifen (Shaoyong *et al.*, 2010).

2.4. Présentation du matériel végétal *Lavandula dentata* L. 1953

2.4.1. Identification

La lavande, est un arbrisseau de la famille des Lamiacées (Rebey, 2017). Le mot lavande dérive du verbe *laver*, il est peut être issu de l'italien lavande (Action de laver) mais peut remonter au latin *lavare* qui signifie laver et aussi se baigner, les Romains ayant utilisé des lavandes pour parfumer leurs bains (Ryley, 1998). Elle est également connue sous le nom de lavande frangée (Hui *et al.*, 2019), est un arbuste très aromatique aux branches dressées, ligneuses à la base, qui produit de longues tiges florales (Giuliani *et al.*, 2013), pouvant atteindre 1 m de hauteur (Lim, 2014) ; (Anonyme 9). Les feuilles sont sessiles, étroites, linéaires, épaisses, avec un bord denté, collantes, longues de 3 cm et portées en verticilles sur la tige quadrangulaire ligneuse, de couleur vert grisâtre (Giuliani *et al.*, 2013; Lim, 2014). Les fleurs se trouvent en grappes serrées dans un épi pédonculé de 2,5 à 5 cm de long (Giuliani *et al.*, 2013) (Figure 14).



Figure 14 : *Lavandula dentata* L.1953 (Anonyme 9).

A : Aspect générale de la plante.

B : Aspect florale de *Lavandula dentata*.

2.4.2. Position systématique

Classification

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Sous-famille	Nepetoideae
Genre	<i>Lavandula</i>
Espèce	<i>Lavandula dentata</i> L. 1753

Cette plante appartient à la famille des Lamiacées, qui est une importante famille des plantes dicotylédones, elle est composée de 233 à 263 genres et 6 970 espèces d'arbustes et d'arbres réparties en 8 Sous-familles: Ajuoideae, Chloanthoideae, Lamioideae, Nepetoideae, Scutellarioideae, Teucroideae, Viticoideae et Pogostemoideae. La famille des Lamiacées regroupe un grand nombre d'espèces d'intérêt économique majeur, puisqu'elles sont capables de synthétiser et de stocker

des métabolites secondaires, qui peuvent avoir des applications diverses dans la parfumerie, la cuisine, la phytothérapie et l'aromathérapie (Guignard, 2004). Ces plantes doivent leurs propriétés aux essences localisées dans les poils sécréteurs (Bechlem, 2018). Le genre *Lavandula*, affilié à la sous-famille des Népétoïdées. Il présente environ 25-30 espèces différentes de lavandes (Martins *et al.*, 2019), certaines espèces en Algérie poussent à l'état sauvage : *Lavandula stoechas* L.; *L. multifida* L.; *L. stricta* Poiret; *L. pubescens* Dec.; *L. dentata* L. (Bousmaha *et al.*, 2005; Mostefa Della, 2015).

2.4.3. Activités biologiques des HEs de la lavande

2.4.3.1. Activité antibactérienne

Les activités antimicrobiennes des HEs sont fortement liées à leur hydrophobie. Cette caractéristique leur permet de pénétrer les cellules microbiennes et d'y provoquer des altérations fonctionnelles et structurales, sachant que les bactéries à Gram positif sont plus sensibles aux HEs que les bactéries à Gram négatif (Fahed, 2016).

2.4.3.2. Activité antioxydante

La capacité antioxydant de l'huile volatile est étroitement liée à tout le contenu phénol (Mehani, 2015). L'activité antioxydante des phénols dépend de la disposition des groupes fonctionnels autour de la structure nucléaire, la configuration, la substitution et le nombre total des groupes hydroxyles qui influencent considérablement les différents effets antioxydants des radicaux et la chélation des métaux (Bouزيد, 2018).

2.4.3.3. Activité anti-inflammatoire

Les familles biochimiques à action anti-inflammatoire et/ou antalgique qui constituent les composés de différentes huiles essentielles sont : les Aldéhydes monoterpéniques, les Esters terpéniques, les Sesquiterpènes et les Monoterpènes, l'Eugénol (phénol aromatique), l'Eucalyptol (oxyde terpénique) ou 1,8 cinéole, Alcools terpéniques (Sesquiterpénols, Monoterpénols), les Cétones terpéniques, les Phénol méthyléthers (Bouزيد, 2018).

2.4.3.4. Activité antifongique

Les huiles essentielles constituent une source potentielle pour des nouveaux médicaments antifongiques, soit sous leur forme pure soit sous forme de dérivés des composés originaux pour une optimisation thérapeutique plus efficace et plus sûre. L'eugénol est un composé antifongique efficace qui cause des dommages permanents aux cellules des levures tels que *Candida albicans*,

et des champignons: *Aspergillus ochraceus*, *A. versicolor*, *A. niger*, *A. fumigates*, *Trichoderma viride* et *P. funiculosum* (Bouzid, 2018).

2.5. Méthode d'échantillonnage

2.5.1. Echantillonnage d'*Aedes mariae*

L'échantillonnage a été réalisé durant une période de cinq mois (Février - Juin 2022 à raison de 2 sorties par mois). La technique de récolte consiste à des prélèvements répétés de « dipping » au niveau de chaque station. La pêche a été réalisée à l'aide d'une passoire dont le diamètre du filet est de 1mm. Les spécimens ainsi récoltés ont été disposés dans des récipients étiquetés, comportant l'eau de gîte et hermétiquement fermés, afin de faciliter leur transport, vers le laboratoire et d'éviter d'éventuelles changement des conditions environnementales. Au laboratoire on réalise le tri et l'identification systématique (Figure 15).

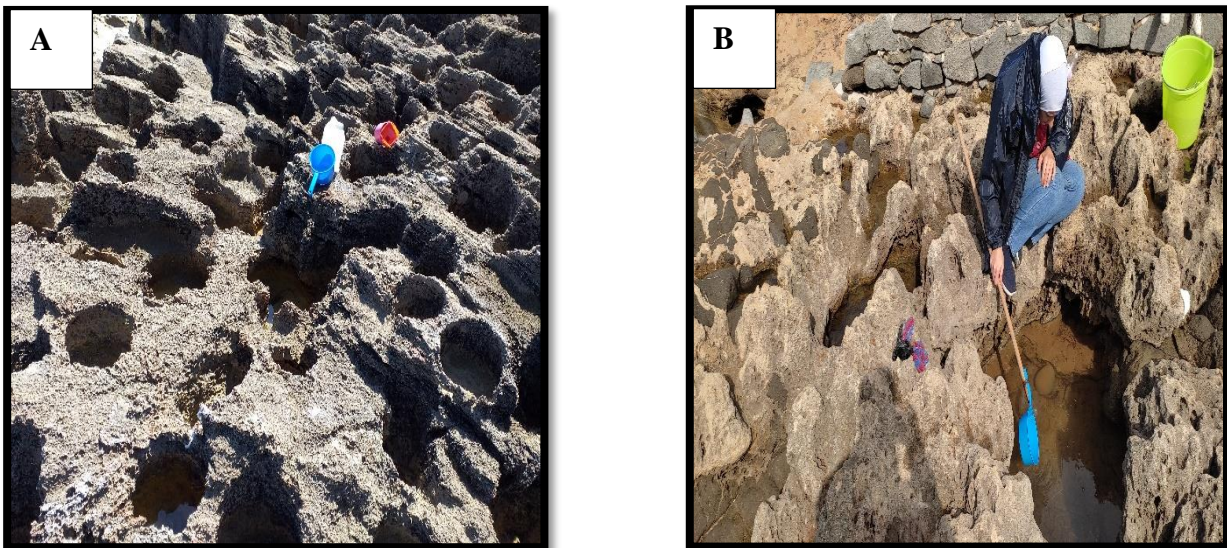


Figure 15 : Méthode d'échantillonnage (Photo Personnelle).

A : La Vielle Calle (El kala).

B : Baie Ouest (Chétaibi).

2.5.2. Echantillonnage de la Faune non visée :

L'échantillonnage de la faune non visée a été réalisé pendant cinq mois de Février à Juin 2022 (2 sorties par mois) au niveau du Lac Garaate Djamel. La technique de récolte des spécimens a consisté à des prélèvements répétés au niveau de chaque station (3Stations) (Figure16). La pêche a été réalisée à l'aide d'une passoire de 1mm de diamètre. Cette dernière est plongée dans

l'eau puis déplacée d'un mouvement uniforme en évitant les remous. Les spécimens ainsi récoltés ont été disposés dans des récipients étiquetés, comportant l'eau de gîte hermétiquement fermés, afin de faciliter leur transport, vers le laboratoire et d'éviter d'éventuelles changements des conditions environnementales. Au laboratoire on réalise le tri, cette opération permet de séparer nos spécimens des prédateurs associés et de les conserver pour une éventuelle identification taxonomique.



Figure 16 : Techniques d'échantillonnages au niveau du lac de Garaate Djamel
(Photo Personnelle).

2.5.3. Récolte de la plante

La lavande a été récoltée au mois de mars 2022 au niveau de l'université de Badji Mokhtar Annaba (36° 81' 31" Nord, 7° 71' 94" Est), ensuite on s'est débarrassé des tiges. Les feuilles obtenues ont été séchées à l'ombre pendant une semaine à température de 27°C, puis écrasée à la main.

2.6. Elevage d'*Aedes mariae*

2.6.1. A l'état larvaire

L'élevage a été réalisé dans les récipients, conçus pour la conservation des aliments (20 ml de contenance). Les larves ont été triées selon leur stade, maintenues dans l'eau de gîte. Lorsque les larves atteignent le stade nymphal, elles seront placées dans les cages où elles se transformeront en adultes diptère (**Figure 17**).



Figure 17 : Récipients d'élevage des moustiques au laboratoire (Photo Personnelle).

2.6.2. A l'état adulte

L'élevage des adultes a été réalisé sous les conditions de laboratoire sous une température de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ et une photopériode journalière de 12h (Bendali *et al.*, 2001), maintenus dans des cages de forme cubiques (30 x 30 x 30 cm) avec une armature en bois (Figure 18), couverte de tulle comportant sur le côté un manchon qui permet l'introduction de la main et du matériel d'élevage (Bendali, 1989). Dans la cage sont accrochés des morceaux de dattes pour assurer l'apport énergétique, cela pour les mâles et les femelles. Des récipients remplis d'eau de gîte sont également déposés à l'intérieur de la cage pour la récolte des œufs.



Figure 18 : Elevage des moustiques au laboratoire (Photo Personnelle).

2.6.3. Montage et identification

Nous avons utilisé seulement les larves du quatrième stade de l'espèce *Aedes* (*Ochlerotatus*) *mariae* pour une identification fiable. Les larves ayant séjournées dans le NaOH, seront lavées dans des bains d'eau distillée (3 fois). Ensuite elles ont été montées sur lame porte-objet dans une goutte de glycérine, couvertes d'une lamelle et fixée à l'aide du vernis à ongle (**Figure 19**). L'identification spécifique a été réalisée selon le logiciel d'identification des Moustique d'Europe (**Schaffner et al., 2001**), et une clé dichotomique d'identification des culicidés du Maroc (**Himmi et al., 1995**). Les critères d'identification ont été photographiés.

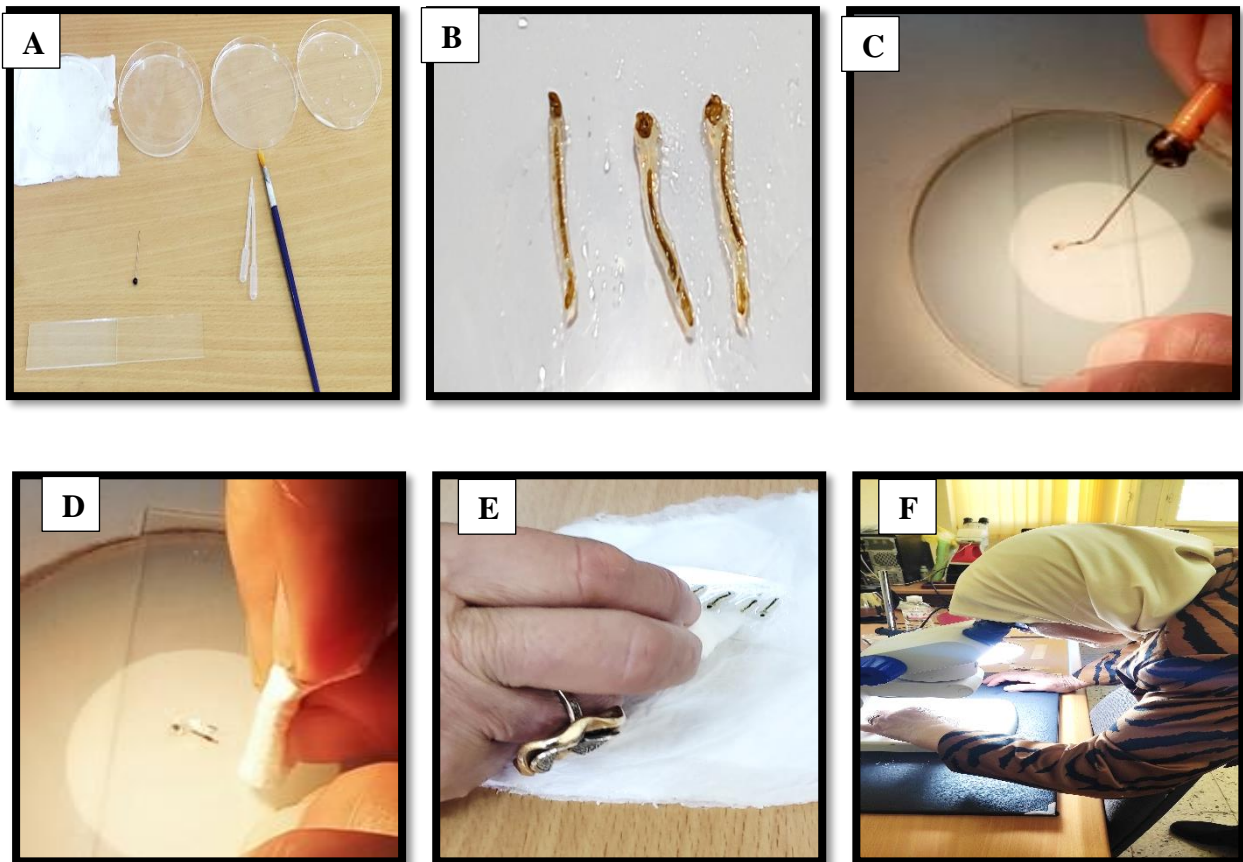


Figure 19 : Les étapes de montage et l'identification (**Photo Personnelle**).

- A : Lavage des larves avec la solution de NaOH 10%.
- B : Larve sur la lame dans une goutte de glycérine.
- C : Etalement de la larve.
- D : Assèchement de l'excès d'eau.
- E : Couvrir le spécimen de lamelle.
- F : Observation sous binoculaire.

2.7. Identification des spécimens de la faune non visée

L'identification systématique des taxa, a été réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un microscope de type Leica (LEICA DM 500) muni de caméra, pour photographier les structures d'identification. Pour une meilleure observation microscopique les spécimens doivent séjourner dans une solution de NaOH pour la destruction des viscères. Après 3 jours, les échantillons seront lavés à l'eau distillée pour procéder ensuite au montage. Ce dernier se réalise sur lame dans une goutte de glycérine et les couvrir de lamelle. La détermination systématique des espèces, a été réalisée selon des clés dichotomiques appropriées, en se basant sur une série de caractères et de structures morphologiques spécifiques. Les clés utilisées sont celles d'**Amoros, 1984 ; Perrier, 1979 ; Poisson, 1957.**

2.8. Extraction de l'Huile Essentielle de *Lavandula dentata* L. 1953

Les huiles essentielles (HEs) (**Figure 20**) sont des mélanges naturels complexes de métabolites secondaires volatils, isolés par hydrodistillation ou par expression mécanique (**Kalemba & Kunicka, 2003**). Les huiles essentielles sont riches et se caractérisent d'une très grande variété de substances actives identifiées très précisément par analyse chromatographique. Ce sont des produits huileux, odoriférants et volatils contenus dans les différentes parties des végétaux (**Zeraib, 2016**). Le terme « huile » s'explique par la propriété que présentent ses composés de se solubiliser dans les graisses et par leur caractère hydrophobe. Le terme « essentielle » fait référence au parfum, à l'odeur plus ou moins forte dégagée par la plante et au fait qu'elles soient inflammables (**Hessas & Simoud, 2018**). On a utilisé le feuillage de *lavandula dentata* pour l'extraction de l'HE par hydro distillation. Pour obtenir l'huile, cette poudre a été immergée (100 g) dans un ballon de 2 litres rempli d'eau distillée (1 L), ensuite le mélange a été porté à ébullition pendant 2 heures.



Figure 20 : L'huile essentielle de *Lavandula dentata* (Anonyme 10).

2.8.1. Principe

Le montage Clevenger est désigné par le nom de son inventeur, Joseph Franklin Clevenger, qui l'a publié en 1928. Elle consiste à placer le matériel végétal dans un ballon de deux litres contenant 1000 ml d'eau distillée, est porté à ébullition (**Figure 21**). La vapeur monte dans le montage jusqu'à un condensateur, et le condensat retombe dans la petite burette. L'huile flotte sur l'eau, qui est pour sa part progressivement renvoyée dans le ballon chauffé par le conduit en diagonale. Après 2 h d'extraction, on peut mesurer directement dans la burette le volume d'huile recueilli (**Figure 22**). L'huile essentielle obtenue est séchée par le sulfate de sodium anhydre et conservée à l'abri de la lumière à une température de - 4°C.



Figure 21 : Hydrodistillation employé pour l'extraction de l'huile essentielle. (Photo Personnelle).

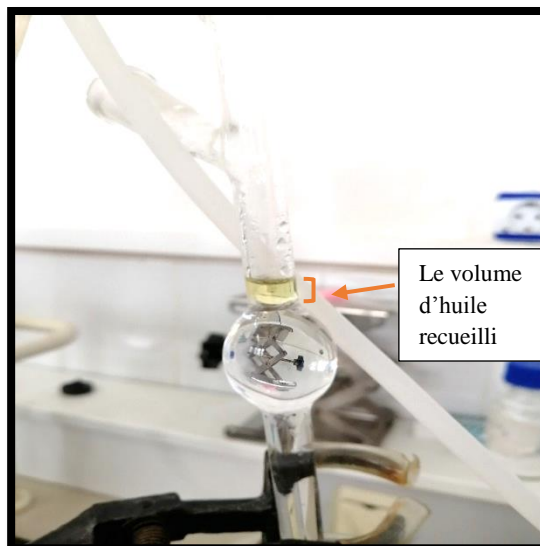


Figure 22 : L'huile essentielle obtenue par Hydrodistillation (Photo Personnelle).

2.8.2. Rendement en Huiles Essentielles

Le rendement en Huile Essentielle varie selon la plante utilisée. Il est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal utilisé pour cent (AFNOR, 2000). Il est calculé selon la formule :

$$R (\%) = \left(\frac{\text{Masse de l'extrait sec}}{\text{Masse du matériel végétal utilisé}} \right) \times 100$$

R_{HE} : Rendement en huiles essentielles en %.

M_{HE} : Masse des huiles essentielles récupérées (g).

M_v : Masse du matériel végétal utilisé en sèche (g).

2.8.3. 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.

2.9. Bioessais toxicologiques

2.9.1. Bioessais toxicologiques de Spiromesifen à l'égard d'*Aedes maria*

Des Bioessais toxicologiques ont été mené à l'égard du quatrième stade larvaire d'*Aedes maria*, afin de mettre en évidence l'efficacité toxique de l'OBERON. Le test a comporté un témoin et cinq répétitions dans chacune des concentrations, [235 µg/L], [475 µg/L], [715 µg/L], [955 µg/L], [1430 µg/L], on a introduit 20 individus. Le traitement a duré 24h, 48h, 72h, (Figure 23).



Figure 23 : Tests de toxicité sur les larves L4 (Photo Personnelle).

2.9.2. Bioessais toxicologiques de Spiromesifen à l'égard de la faune non visée

Des Bioessais toxicologiques ont été mené à l'égard de la faune non visée : **Cladocères, Copépodes, Héétéoptères & Coléoptères** afin de mettre en évidence l'efficacité toxique de l'OBERON. Le test a comporté un témoin et quatre répétitions dans chacune des deux concentrations sublétales (CL₁₀, CL₂₅), on a introduit 20 individus. Le traitement a duré 24h, 48h, 72h, (Figure 24).



Figure 24 : Bioessais de toxicité (Photo Personnelle).

2.9.3. Bioessais toxicologiques de la lavande à l'égard d'*Aedes mariae*

Des Bioessais toxicologiques ont été mené à l'égard du quatrième stade larvaire d'*Aedes mariae*, afin de mettre en évidence l'efficacité toxique de l'HE de *Lavandula dentata*.

Une solution mère de l'huile essentielle a été préparée avec une concentration d'éthanol de 10%. Après un screening préalable, les concentrations utilisées sont [300 µg/L] ; [350µg/L] ; [400 µg/L] ; [450 µg/L] & [500 µg/L]. Le test a comporté un témoin et cinq répétitions dans chacune d'elles, on a introduit 20 individus. Le traitement a duré 24h, 48h, 72h. Les essais ont été réalisés dans des récipients contenant 100 ml d'eau de mer (**Figure 23**), Après une exposition de 24 heures aux différentes concentrations, selon les recommandations de l'OMS (2005), le taux de mortalité est cumulé pendant les périodes de traitement.



Figure 25 : Tests de toxicité sur les larves (L4) (Photo Personnelle).

2.10. Dosage des métabolites

Les principaux constituants biochimiques (Protéines ; Glucides & Lipides) ont été extraits suivant la démarche de **Shibko *et al.*, (1966)** (**Figure 26**). L'étude a concerné 20 individus de chacune des six espèces testées : *Aedes mariaae* (Culicidae), *Agabus brunneus* (Coléoptère); *Daphnia magna* (Cladocère); *Cyclops fuscus* (Copépode) et *Corixa punctata* & *Plea minutissima* (Hétéroptères).

Les spécimens ont été pesés et placés dans des microtubes (Eppendorf) contenant 1ml d'acide trichloroacétique (TCA) à 20%. On procède par la suite à un premier broyage mécanique (Heidolph RZR 2100) à l'aide d'un ciseau, suivie d'un deuxième broyage en utilisant un homogénéiseur à ultrasons (Sonifer B-30) (**Figure 27**). Les échantillons subissent une première centrifugation (5000 tour/min, 10 min), le premier surnageant obtenu sert au dosage des glucides totaux selon la méthode de **Duchateau & Florkin, (1959)**. On additionne au premier culot, 1ml du mélange éther/ chloroforme (1V/1V) ensuite on réalise une deuxième centrifugation (5000 tour/min, 10 min), on obtient alors le deuxième surnageant et le deuxième culot. Le surnageant II sera utilisé au dosage des lipides (**Goldworthy *et al.*, 1972**). Le culot II servira au dosage des protéines selon **Bradford (1976)**.

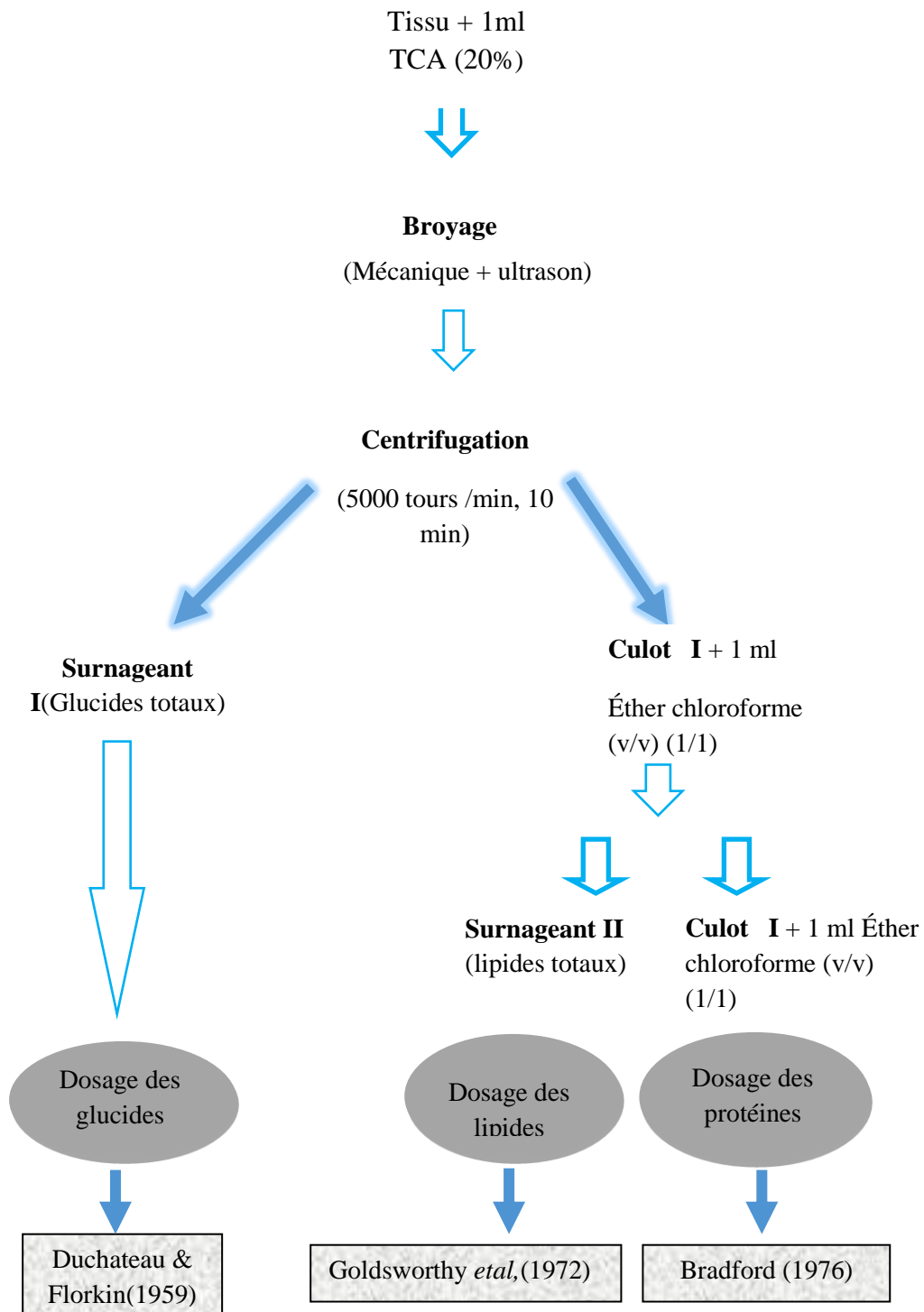


Figure 26 : Principales étapes d'extraction des métabolites selon **Shibko *et al.*, (1966).**



Figure 27: Broyage à l'ultrasons (Photo Personnelle).

2.10.1. Dosage des protéines totales

On a réalisé le dosage des protéines selon la méthode de Bradford (1976). La solution de BBC (**Figure 28**) se prépare comme suite : dissoudre 100 mg de BBC dans 50 ml d'éthanol 95°. On additionne ensuite 100 ml d'acide Orthophosphorique à 85% et on complète à 1000 ml avec l'eau distillée. Le réactif peut être conservé de 2 à 3 semaines sous 4°C. Le BBC indique la présence des protéines en les colorants en bleu. On prélève 100µl de l'échantillon précédemment préparé, dans un tube à essais, auquel on ajoute 4ml de réactif le bleu brillant de comassie (BBC ; G 250, Merck), ensuite bien mélangé les contenus des tubes (Vortexe). L'absorbance est lue à 595 nm en comparant à un blanc de gamme. La gamme d'étalonnage est établie à partir d'une solution d'albumine de sérum de bœuf (Sigma) titrant 1mg / ml (**Tableau 1**).



Figure 28 : Préparation du BBC (**Photo Personnelle**).

Tableau 1: Dosage des protéines totales : réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	0	1	2	3	4	5
Albumine (µl)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (µl)	100	80	60	40	20	0
Réactif BBC (ml)	4	4	4	4	4	4
Quantité d'albumine (µg)	0	20	40	60	80	100

2.10.2. Dosage des lipides totaux

Le dosage des lipides a été déterminé selon la méthode de **Glodsworthy *et al.*, (1972)** en utilisant le réactif Sulfophovanillinique (0,38g de vanilline, 55ml d'eau distillée et 195 ml d'acide Orthophosphorique à 85%). Pour la préparation de la solution mère, dans un microtube (tube eppendorf) on a introduit 25 mg de l'huile de table et 1 ml éther /chloroforme (IV/ IV) (**Tableau 2**) (**Figure 29**). Par la suite on prélève 100 µl des extraits lipidiques, auxquelles on évapore le solvant totalement puis on ajoute 1ml d'acide sulfurique concentré. Cependant on agite les tubes préparés, qui doivent passer 10 mn dans un bain de sable à 100 °C. Après

refroidissement, on prélève 200 µl de chaque tube (**Figure 30**) auxquels on rajoute 2.5 ml de réactif sulfophosphovanillinique et on agite, les tube sont mis à l'obscurité pendant 30 minutes. Le complexe prend une coloration rose. La densité optique est lue à partir d'une longueur d'onde de 530nm dans un spectrophotomètre, en les comparants à un blanc de gamme.

Tableau 2: Dosage des lipides totaux : réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Lipides (µl)	0	20	40	60	80	100
Solvant Ether /Chloroforme (µl)	100	80	60	40	20	0
Réactif de vanilline (ml)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Quantité de la solution mère de lipides (µg)	0	50	100	150	200	250



Figure 29 : Préparation des lipides.



Figure 30 : Prélèvement de 200 µl de chaque tube.

2.10.3. Dosage des glucides totaux

Le dosage des glucides totaux a été réalisé selon la méthode de **Duchateau & Florkin, (1959)**. On utilise l'anthrone comme réactif (150mg d'anthrone, 75 ml d'acide sulfurique et 25 ml d'eau distillée) et une solution mère de glucose (1g /L) comme standard (**Tableau 3**). La méthode

consiste à ajouter 4 ml de réactif d'anthrone à 100 μ l de surnagent (**Figure 31**), le mélange a été ensuite chauffé dans un bain marie de 80°C pendant 10 min (**Figure 32**). Une coloration verte se développe, la densité optique est mesurée à une longueur d'onde de 620 nm.

Tableau 3 : Dosage des glucides totaux : réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Glucose (μl)	0	20	40	60	80	100
Eaux distillé (μl)	100	80	60	40	20	0
Réactif l'anthrone (ml)	4	4	4	4	4	4
Quantité de glucose (μg)	0	20	40	60	80	100



Figure 31 : L'addition du réactif d'anthrone.



Figure 32 : Chauffage au bain marie.

2.11. Dosage des biomarqueurs

Les concentrations sublétales (CL₁₀, CL₂₅) de l'HE de la lavande (Bioinsecticide) et l'Oberon (Insecticide) ont été appliquées sur des larves du quatrième stade d'*Aedes aegypti*. L'insecticide a été appliqué aussi sur quatre espèces de la faune non visée.

L'effet a été évalué durant trois jours de traitement, sur un biomarqueur de neurotoxicité (L'acétylcholinestérase), un biomarqueur de détoxification (Glutathion S-transférases) et un biomarqueur du stress oxydatif (Malondialdéhyde). Les résultats relatifs à l'activité spécifique de l'AChE, GST et MDA sont exprimés en micromoles par minute et par milligramme de protéines ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines).

2.11.1. Dosage de l'acétylcholinestérase

L'acétylcholinestérase est une enzyme clés du système nerveux des insectes, qui catalyse la réaction d'hydrolyse de l'acétylcholine en choline et en acide éthanoïque (acétique). Elle est indispensable au bon fonctionnement des synapses cholinergiques (**Haubruge & Amichot, 1998**). Selon la méthode d'**Ellman *et al.*, (1961)**, le taux de l'acétylcholinestérase (AChE) est quantifié, qui consiste à fournir à l'enzyme un substrat, l'acétylthiocholine (ASCh) dont l'hydrolyse libère de la thiocholine (SCh) et de l'acide acétique. La thiocholine, en présence de DTNB (acide 5, 5'-dithio-bis-2-nitrobenzoïque) forme un complexe de couleur jaune.

Les espèces étudié (Faune visée et non visée), témoins et traitées à la CL₁₀ et CL₂₅, testées à différentes périodes (24h ; 48h & 72 h) sont homogénéisées dans 1ml de la solution détergente D, préparé comme suite: 38,03 mg EGTA (acide éthylène glycol-bis, β -aminoéthyl éther NNN'N' tétra-acétique), 1ml Triton X 100%, 5,845 g NaCl (chlorure de sodium) et 80 ml tampon tris (10mM, pH 7). Ensuite les échantillons sont centrifugés à 9000 trs/ mn pendant 15 mn, le surnageant est récupéré pour être utilisé comme source d'enzyme. L'essai est conduit avec un témoin et quatre répétitions.

Le dosage de l'AChE (**Figure 33**) est réalisé en ajoutant à 100 μl du surnageant de l'échantillon, 100 μl de DTNB préparé ultérieurement 39,6 mg DTNB, 15 mg CO₃HNa (Bicarbonate de sodium) et 1 ml tampon tris (0,1 M, pH 7). Après 3 à 5 minutes, on ajoute à 100 μl de substrat acétylthiocholine préparé (23,6 mg ASCh, 1 ml eau distillée. La lecture des absorbances s'effectue toutes les 4 mn pendant 20 minutes à une longueur d'onde de 412 nm. La préparation

du blanc se fait en ajoutant 100 µl de la solution détergente qui remplace les 100 µl de surnageant. L'activité spécifique de l'AChE est calculée selon la formule suivante:

$$\text{Activité spécifique de l'AChE} = \frac{\Delta \text{DO} / \text{mn}}{e} \times \frac{V_t}{V_s} \text{ /mg de protéine}$$

Δ Do: Pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

e: Coefficient d'extinction molaire du DTNB = $13,6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ = 13,6 Mm cm.

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

Vs: Volume du surnageant dans la cuve : 0,1 ml.

mg de protéines: quantité de protéines exprimée en mg.

L'échantillon est homogénéisé dans 1 ml de solution D



Centrifugation à 9000 trs/mn pendant 15 mn



Le surnageant est récupéré et servira comme source d'enzyme

Pour le blanc

100µl De DTNB

+

100µl de solution

1 ml de tampon tris (0,1M ; PH 7)



pour l'échantillon

100µl de DTNB

+

100µl du surnageant (échantillon)

1ml de tampon tris (0,1 M ; PH 7)



Laisser reposer 3 à 5 mn



Ajouter 100 µl du substrat Acétylthiocholine



Agitation par retournement de la cuve et lecture des absorbances au spectrophotomètre à U.V toutes les 4 mn pendant 20 mn à une longueur d'onde de 412 nm

Figure 33: Protocole expérimentale pour le dosage de l'activité spécifique de l'AChE.

2.11.2. Dosage de la Glutathion S-transférases (GST)

La glutathion S-transférase (GST) est une enzyme principalement cytosolique qui catalysent la conjugaison des molécules électrophiles avec le glutathion réduit (GSH) (**Habig et al., 1974**). C'est un groupe de protéines multifonctionnelles qui jouent plusieurs rôles dans la détoxification des xénobiotiques.

Le protocole des expériences étudiées, a été réalisé afin de mettre en évidence la toxicité de l'Oberon sur la faune visée et non visée, et l'HE de la lavande sur la faune visée ; témoins et traitées à la CL₁₀ et la CL₂₅. Les spécimens sont prélevés (à différentes périodes de traitement 24h; 48h & 72 h) et broyés, cependant on a ajouté 1 ml de tampon de Phosphate de Sodium (0,1 M, pH 6) au broyat. L'homogénat ainsi obtenu est centrifugé (14000 trs/min à 4°C) pendant 30 min, le surnageant récupéré servira au dosage de l'activité de la GST (**Figure 34**).

Cette méthode est basée sur la réaction de conjugaison entre la GST et un substrat, le CDNB (1-chloro 2, 4 dinitrobenzène) en présence d'un cofacteur, le Glutathion (GSH). Le dosage consiste à mélanger 200 µl du surnageant avec 1,2 ml du mélange CDNB (1mM)/GSH (5mM) [20,26 mg CDNB, 153,65 mg GSH, 1 ml éthanol, 100 ml tampon phosphate (0,1 M, pH 6)]. La lecture des absorbances est effectuée toutes les minutes pendant 5 minutes, à une longueur d'onde de 340 nm (**Figure 36**). La préparation du blanc se fait en ajoutant 200 µl d'eau distillée, cela pour remplacer la quantité de surnageant. L'essai est conduit avec 4 répétitions et un témoin. L'activité spécifique est déterminée d'après la formule suivante :

$$\text{Activité spécifique de la GST} = \frac{\Delta \text{DO} / \text{mn}}{e} \times \frac{Vt}{Vs} \text{ / mg de protéines}$$

Δ Do: pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

e : coefficient d'extinction molaire du CDNB = 9,6 mM⁻¹ cm⁻¹.

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

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

mg de protéines : quantité de protéines exprimée en mg.

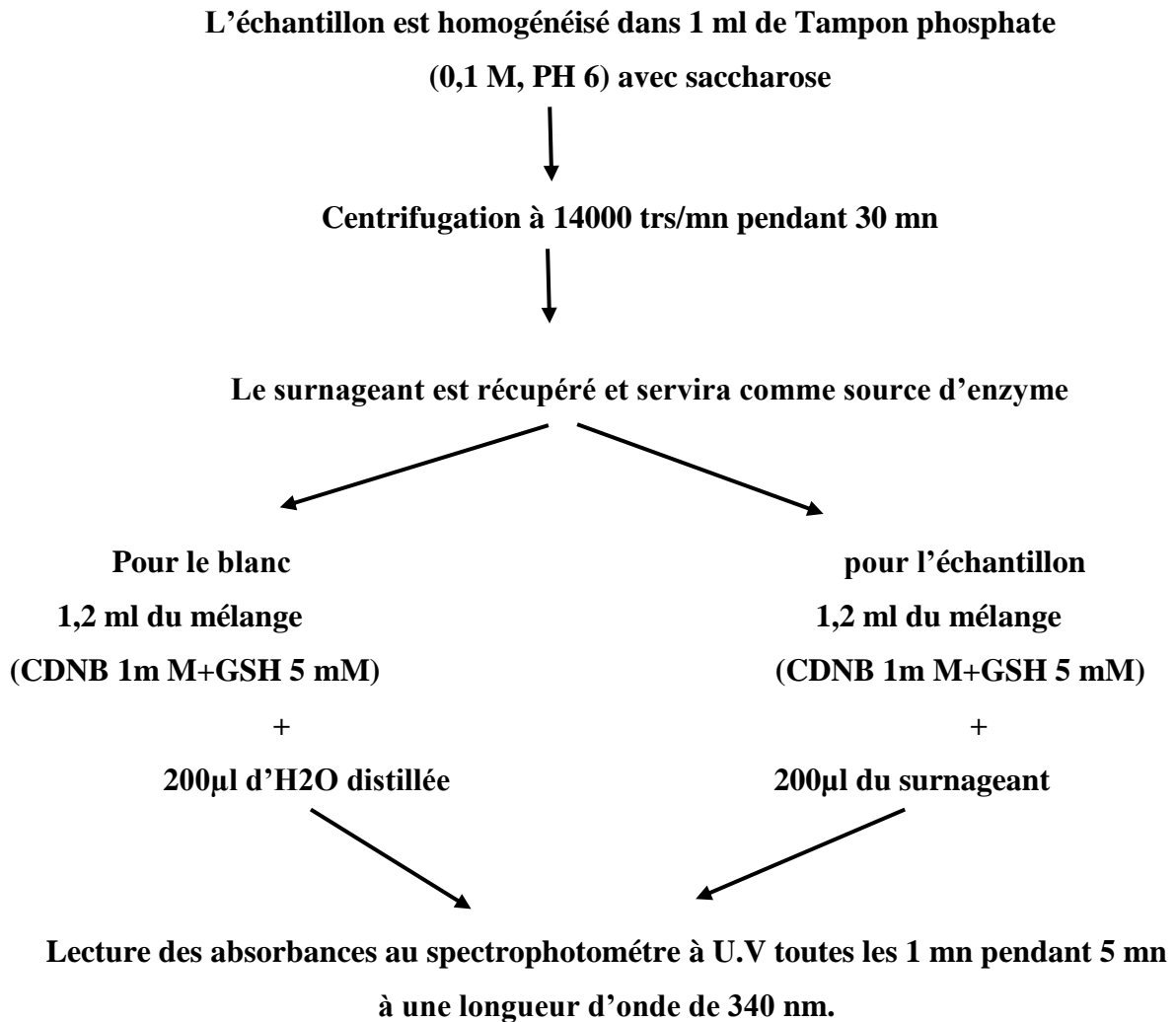


Figure 34: Protocole expérimentale pour le dosage de l'activité spécifique de la GST.

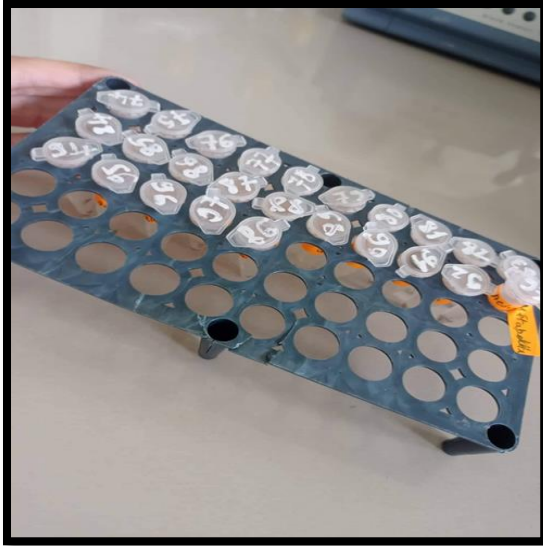


Figure 35 : Récupération du surnageant
(Photo Personnelle).

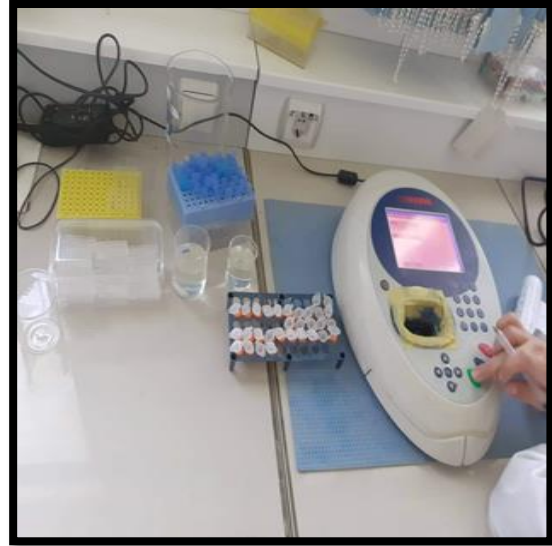


Figure 36 : Lecture des absorbances
au Spectrophotomètre
(Photo Personnelle).

2.11.3. Dosage de Malondialdéhyde

Le dosage de Malondialdéhyde est déterminé selon la méthode de **Draper & Hadley, (1990)** basée sur la réaction entre l'acide thiobarbiturique (TBA) et le malondialdéhyde (MDA) qui donne un produit rouge brun dont l'intensité de la coloration est mesurée à une longueur d'onde de 532 nm (Mesure colorimétrique). Les échantillons subissent un broyage aux ultrasons dans 1 ml de tampon tris-HCL (50 mM, PH 7,5) [1,5137 g Tris, 0,0730 g EDTA (Acide éthylène diamine tétra-acétique), 42,78 g sucrose, 250 ml eau distillée]. Puis on effectue une centrifugation pendant 10 mn à 10 000 trs/mn, on récupère le surnageant qui servira au dosage du MDA.

Le dosage a été réalisé en ajoutant 500 µl de surnageant à 2,5 ml de TCA [100 g TCA+ 1000 ml d'eau distillée], ensuite chauffé au bain marie à 100 °C pendant 15 mn et refroidi dans de la glace. On effectue par la suite une centrifugation pendant 10 mn (10 000 trs/mn) où on récupère le surnageant qui servira au dosage du MDA. Une fraction aliquote de 2 ml du surnageant est alors prélevée à laquelle on ajoute 1 ml de TBA [6,7 g TBA+ 1000 ml d'eau distillée], un second chauffage est effectué à 100°C pendant 15 mn ensuite refroidissement. On additionne au mélange 1,5 ml de butanol. On procède par la suite à une agitation des tubes par vortex, puis une dernière centrifugation de 10 000 trs/mn, pendant 10mn. Le surnageant obtenu est constituée d'1 ml de butanol renfermant les complexes TBA/MDA, ensuite on effectue la

lecture des absorbances à 532 nm. Dans un autre tube on remplace le surnageant par du tampon tris-HCL pour la lecture du blanc.

Le taux du MDA est déterminé selon la formule suivante :

$$X = \frac{\Delta D_0}{156} \times \frac{V_t}{V_s} \quad / \quad \text{mg de protéines}$$

X: Micromole de substrat hydrolysé par mg de protéines ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines).

ΔD_0 : Différence de la densité optique obtenue après hydrolyse du substrat.

156: Coefficient d'extinction molaire du TBA.

V_t : Volume total dans la cuve: 1 ml

[Volume total du butanol récupéré renfermant les complexes TBA/MDA].

V_s : Volume de surnageant utilisé dans le dosage: 0,5 ml.

Mg de protéines: Quantité de protéines exprimée en mg.

2.12. Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant le Prism version 7 (Logiciel Graph Pad, La Jolla Californie, États-Unis, www.Graphpad.com). Les résultats obtenus ont été exprimés par la moyenne \pm l'écart-type ($m \pm SD$).

La comparaison des effets temps et concentration a été effectuée par l'analyse de la variance (ANOVA) à deux critères de classification.

Le classement de la moyenne a été fait avec le test de Tukey (Précédé par une ANOVA à un critère de classification). La signification entre les différentes séries a été testée en utilisant le test "T" de Student, et le niveau de signification considéré est $p \leq 0,05$.

RÉSULTATS

3. Résultats

3.1. Identification systématique et caractères diagnostiques d'*Ae. mariae* Sergent & Sergent 1903

3.1.1. Présentation systématique du genre *Aedes*

L'étude systématique a été basée sur les caractères systématiques et structures morphologiques, selon les clés d'identification dichotomiques établit dans un logiciel informatique celui de **Schaffner *et al.*, (2001)** les Culicidae de l'Afrique du Nord. La nomination du genre *Aedes* a été choisie par Hoffmanssegg, reprise par Meigen, veut dire en Grec « aeidês » déplaisant, suite aux nuisances provoqués par les piqûres douloureuses des femelles agressives (**Bousses *et al.*, 2021**). Il a été rencontré strictement dans la partie occidentale de la méditerranée, c'est un genre très riche en espèces. En effet, **Meigen en 1818** a identifié le genre *Aedes*, avec 12 espèces caractérisées par des palpes courts. Par contre **Wilkerson, 2015**, à élargie la ligné en de nombreux autres groupes, expliqué par le polymorphisme du genre, regroupant 78 Sous-genres avec 935 espèces. En Algérie, ce genre a été signalé par **Senevet & Andarelli, (1954)**. Ce genre présente une très grande importance médicale, de nombreuses espèces sont responsables de la transmission de la de nombreuses arbovirus. Cependant la dengue est l'infection virale la plus répandue, dont le vecteur principal de sa transmission est le genre *Aedes*. Parmi les autres maladies virales transmises par ce vecteur, le Chikungunya, le virus Zika, la fièvre jaune, la fièvre à virus West Nil, l'encéphalite japonaise (**OMS, 2020**).

Règne	Animalia
Sous-règne	Metazoa
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Super-classe	Protostomia
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterigota
Infra-classe	Neoptera
Super-ordre	Endopterygota
Ordre	Diptera
Sous-ordre	Nematocera
Infra-ordre	Culicomorpha
Famille	Culicidae
Genre	<i>Aedes</i>

3.1.1.1. Œufs

Les œufs sont pondus d'une façon individuelle, déposés sur les parois des gîtes larvaires, exceptionnellement à la surface de l'eau, dépourvus de flotteurs, de couleur foncée, noire, ovale et effilée, par rapport aux œufs des genres *Anopheles* et *Culex* (**Figure 37**).

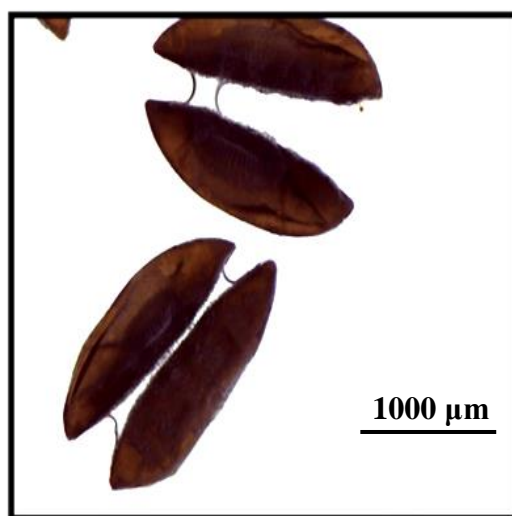


Figure 37 : Les Œufs d'*Aedes* (Photo Personnelle).

3.1.1.2. Larve

Les larves sont généralement de couleur sombre, la tête un peu plus large que longue, avec une suture hypostomale (Suture maxillaire) complète ou nettement marquée, sur laquelle se trouve une paire d'antennes, courtes ($L=1/4$ de la longueur de la tête) mais pas fortement rétrécie après l'insertion de la touffe antennaire. Le siphon est d'une forme quadrangulaire, large portant au sommet du peigne siphonale une seule paire de touffes de soies et l'orifice respiratoire.

L'abdomen des *Aedes* est dépourvu de plaques dorsales et la disposition des écailles du VIII segment se trouvent sur une rangée et en désordre. L'ornementation du siphon se caractérise par la présence d'un peigne basal, ou se trouve une seule touffe de soies médiane et absence de soies dorsale. Les papilles anales, sont de taille et de forme, courte et sub sphérique (**Figure 38**).

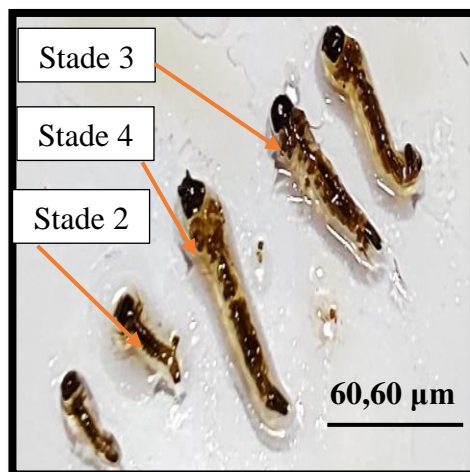


Figure 38 : Les larves d'Aedes (Photo Personnelle).

3.1.1.3. Adultes

Ce genre se caractérise par la taille des palpes qui, chez la femelle (**Figure 39**), ne dépassent guère le $\frac{1}{4}$ de la trompe. Les deux derniers articles des antennes sont plumeuses et plus allongés chez le mâle (**Figure 40**).

Le Thorax de ce genre (Aedes) se caractérise par l'absence de soies préspiraculaires, avec présence de soies postspiraculaires, dont la forme du scutellum est nettement trilobé. Les ailes présentent une frange d'écailles, dont la position de l'apex de la nervure 1-A est postérieure à la fourche mcu/cuA. La longueur de la fourche R2/R3 plus longue que la hampe R2+R3.

En ce qui concerne la partie I de la patte, la longueur du tarsomère 4 est égale, ou supérieure à celle du tarsomère 5. La partie I-II, la longueur relative du tarsomère 1 ou des autres réunis est plus petite que les 4 autres réunis. Pour le genitalia, la longueur du gonostyle est inférieure à celle du gonocoxite. L'ornementation de ce dernier est sans touffe subapicale.

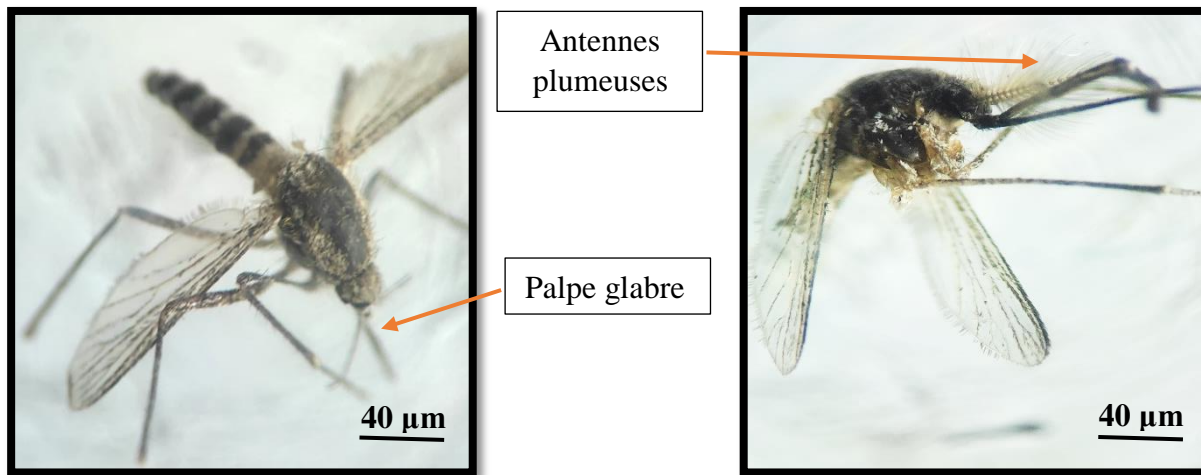


Figure 39 : Adulte d'*Aedes* (Femelle)
(Photo Personnelle).

Figure 40 : Adulte d'*Aedes* (Mâle)
(Photo Personnelle).

3.1.2. Caractérisation de l'espèce *Ae. mariae* Sergent & Sergent 1903

Ce moustique présente une très grande agressivité, qui cause une nuisance importante à proximité des côtes rocheuse méditerranéennes, sans pour autant être vecteur. Leurs développements larvaires se déroulent dans l'eau de mer, retenus dans les creux de rocher (Rock pools). Cette espèce se rencontre sur le pourtour du bassin méditerranéen, notamment sur la côte rocheuse de l'Ouest Algérien (Habel *et al.*, 2009 ; Hassaïne, 2001).

3.1.2.1. Larve

Au stade larvaire, l'identification systématique de l'espèce *Ae. mariae* se base sur la chétotaxie et la morphologie des régions, céphalique et anale du quatrième stade. La diagnose a été réalisée selon le logiciel de Schaffner *et al.*, (2001) suivant les structures morphologiques suivantes :

La tête de forme hexagonale (Figure 41), porte des soies céphaliques numérotées : 5-C, 6-C et 7-C (C pour Céphale ou képhalê en grec ancien). Les antennes présentent des spicules (Figure 42) et une touffe légèrement basale formée de 7-8 branches. Le mentum plus de 7 dents de part et d'autre de la dent médiane (Figure 43). **Le peigne du VIII^{ème} segment abdominal** comporte 13-24 dents, sur une ou deux rangées (Figure 44). **Le siphon** quadrangulaire est court ($a/b \leq 3$) (Figure 45), avec absence de soies dorsales. Les écailles du peigne siphonal en forme d'épines présentent 25 dents qui ne sont pas nettement isolées. Les dents portent de 3-5 denticules, la dernière parfois détachée du peigne (Figure 46). La touffe caractéristique du genre, se situe au-

delà du milieu, formée de 6-9 branche; absence de soies dorsale. La région anale présente des soies caudales supérieurs (2-X) et inférieurs (3-X) (**Figure 47**). *La selle* entoure complètement le segment anal, les papilles anales sont courtes et subsphériques (**Figure 48**).

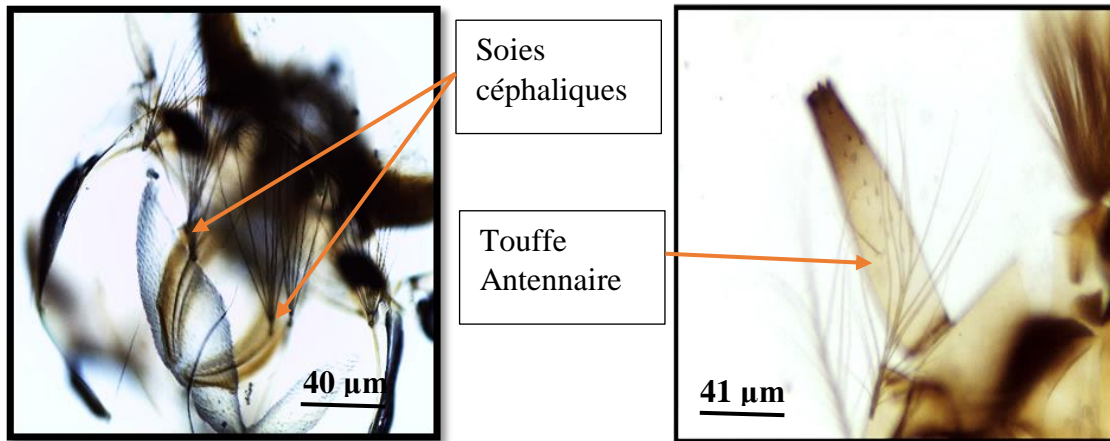


Figure 41 : Touffes céphaliques.

Figure 42 : Touffe antennaire.

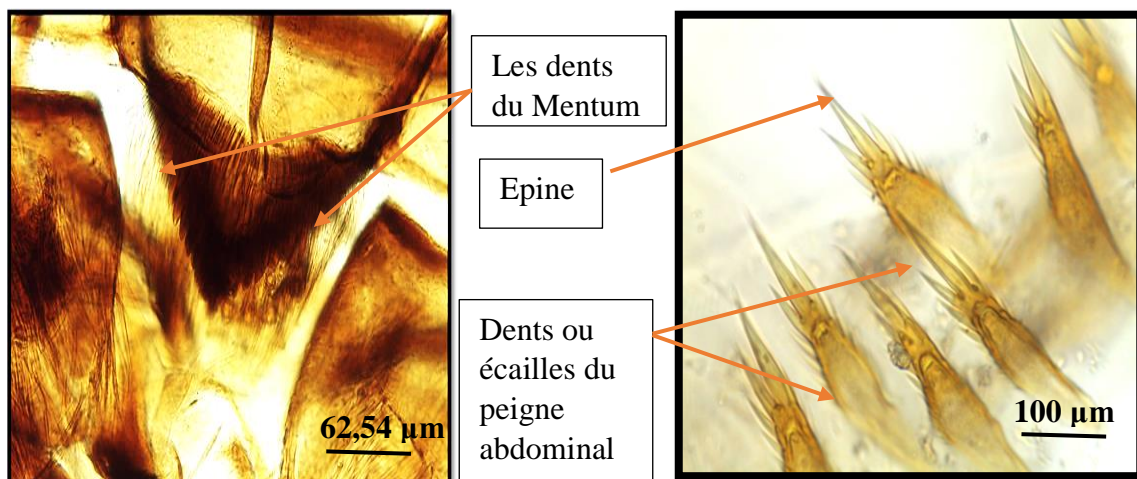


Figure 43 : Mentum de forme triangulaire. **Figure 44** : Peigne de VIII segment abdominal.

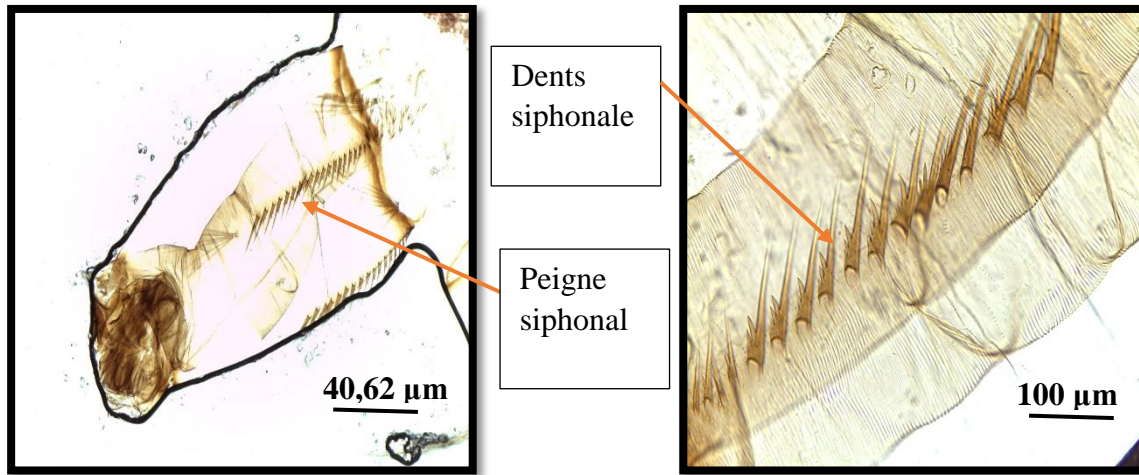


Figure 45: Vue générale du siphon.

Figure 46: Peigne siphonal.

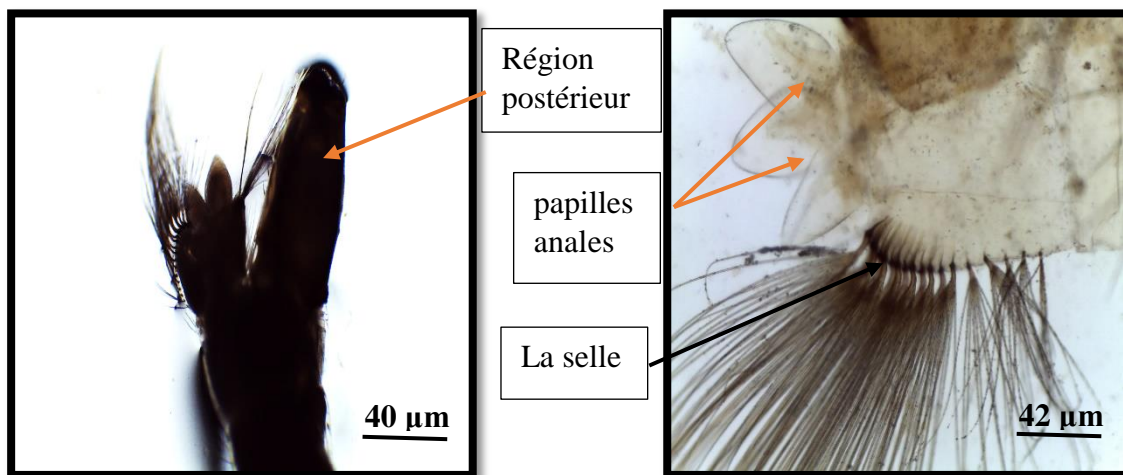


Figure 47: Vue générale de la région postérieur.

Figure 48: Structure du segment anal.

3.1.2.2. Nymphe

Les palettes natatoires sont légèrement plus larges que longue et le bord postérieur ne portant que des dents analogues à celles que l'on trouve sur la surface dorsale; soie terminale assez fine, simple et longue insérée dans une forte encoche du bord postérieur (**Figure 49**); (**Figure 50**). Soie A du VIIIème segment à 7 branches et soie accessoire plus longue que A ; soie B au moins à 2 branches sur les segment IV, V, et VI.

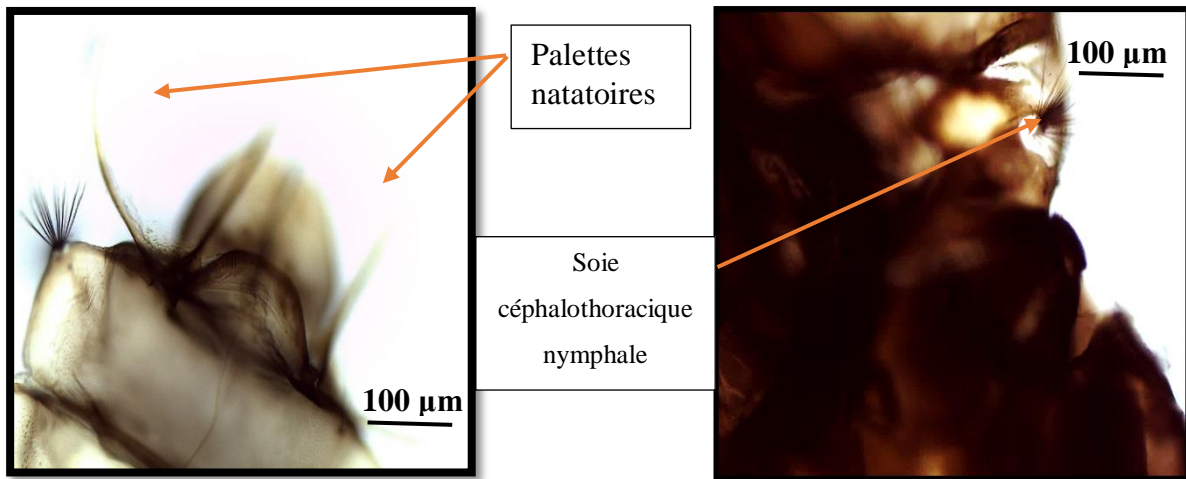


Figure 49 : Extrémité postérieure nymphale

Figure 50 : Céphalothorax nymphale.

3.1.2.3. Adulte femelle

La tête présente une paire d'antenne glabre, une paire de palpes courtes par rapport au proboscis sont couverts d'écailles claires et sombres, alors que le pronotum est entièrement sombre (Figure 51). Le thorax porte des écailles de couleur jaune et crème ou blanches au niveau du scutum, présence d'une à trois paires de points blanc, avec une grosse tache antéro-médiane. Les ailes présentent des écailles claires et sombres, sur toutes les nervures (Figure 52). Au niveau de la troisième patte, le deuxième trarsomère est entièrement noir, blanc seulement à la base et à l'apex. Le tibia est moucheté au moins sur la partie médiane; le cinquième tarsomère est entièrement blanc. Le quatrième tergite abdominal présente seulement une bande basale claire (Figure 53).

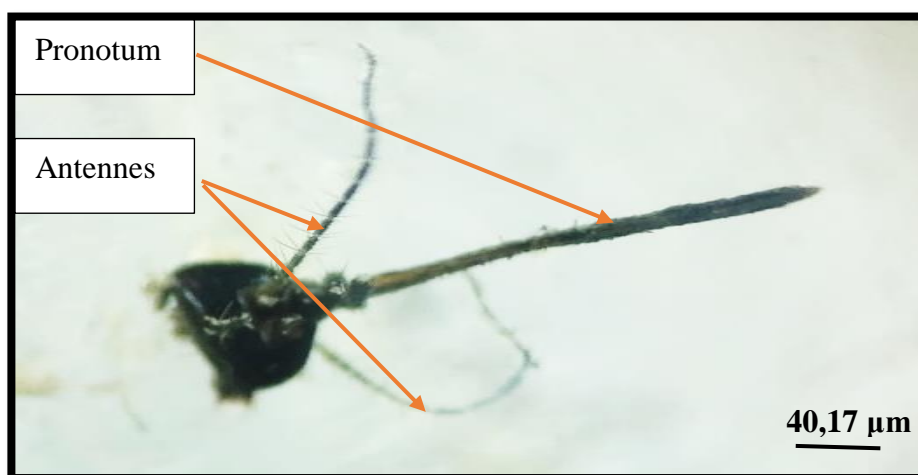


Figure 51: Région céphalique (Femelle).

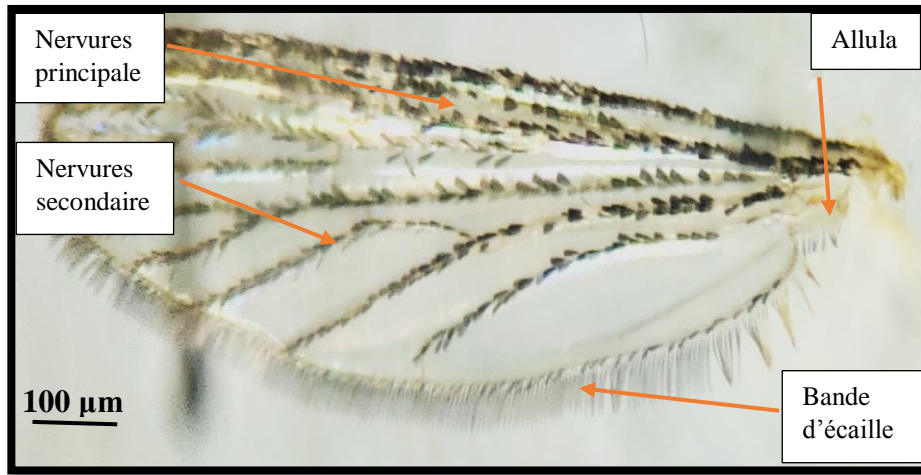


Figure 52: Les ailes de la femelle.

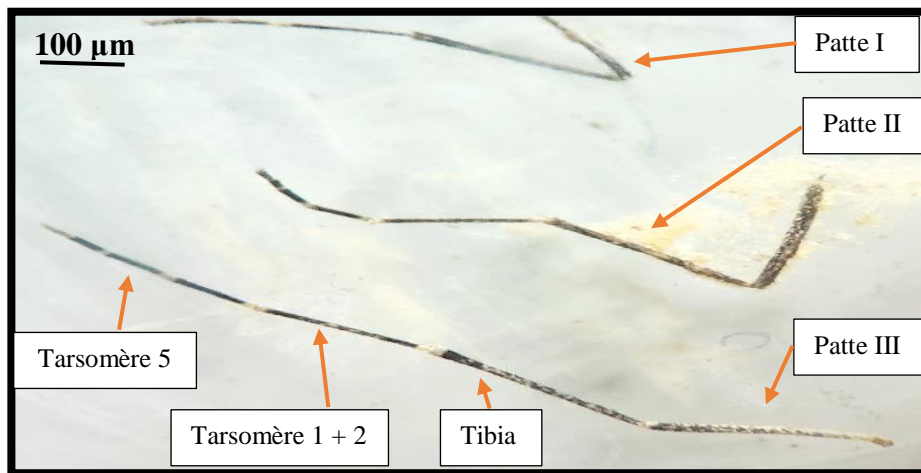


Figure 53: Les pattes de la femelle.

3.1.2.4. Adulte mâle

Les organes génitaux sont l'une des plus compliquées structures morphologiques chez les espèces de la famille des Culicidae (Stakelberg, 1937; Carpenter & La Casse, 1955; Gutzevich *et al.*, 1970; Becker *et al.*, 2003). Cependant, l'examen des structures morphologiques, impliquées dans l'identification systématique, ont été déterminées selon les clés dichotomiques et informatives (Himmi *et al.*, 1995; Schaffner *et al.*, 2001) et photographiées sous microscope. La tête d'*Aedes mariaae* (Figure 54), porte une paire d'yeux composés; un front duquel s'articule une paire d'antenne plumeuse; une paire de palpes aussi longues que le proboscis et un pronotum (Trompe). Les ailes sont recouvertes d'écailles claires et sombres, sur toutes les nervures (Figure 55). Au niveau de la troisième patte, le deuxième trorsomère est blanc, seulement à la base et à l'apex, le tibia est moucheté au moins sur la partie médiane; le cinquième tarsomère est entièrement blanc. Le quatrième tergite abdominal présente seulement une bande basale claire (Figure 56). Les génitalia mâles (Figure 57) dans sa monographie, donne des images des organes génitaux en vue ventrale, et aussi vues latérales et des coxites. Au niveau du genitalia la position de l'épine du gonostyle est terminale; le lobe basal du gonocoxite est peu marqué, nettement développé ; le lobe apicodorsal du gonocoxite est peu développé ou absent (Figure 58).

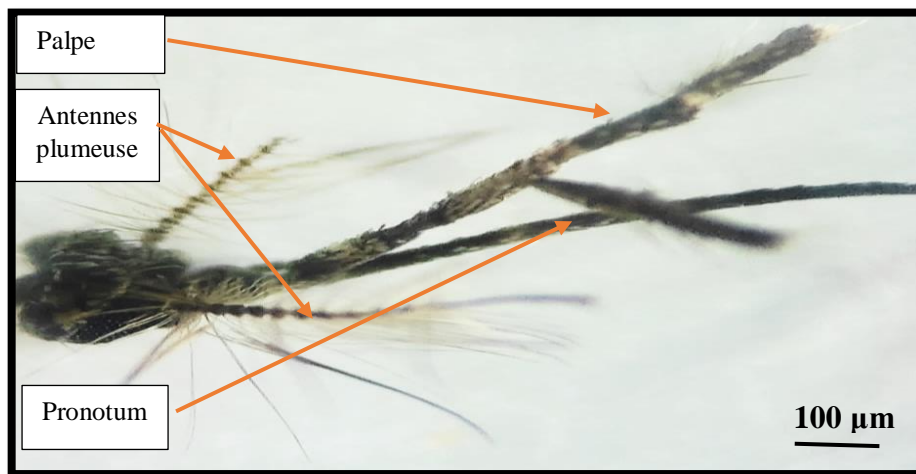


Figure 54 : Région céphalique (Mâle).

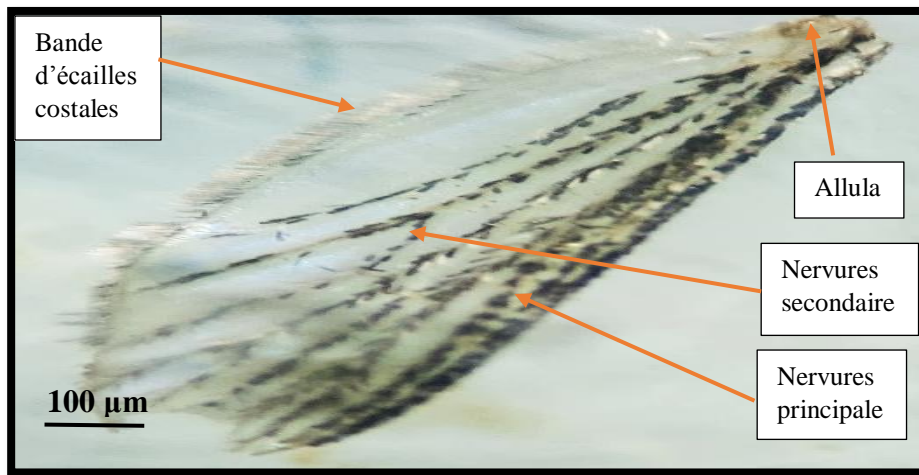


Figure 55 : Les ailes du mâle.



Figure 56 : Les pattes du mâle.

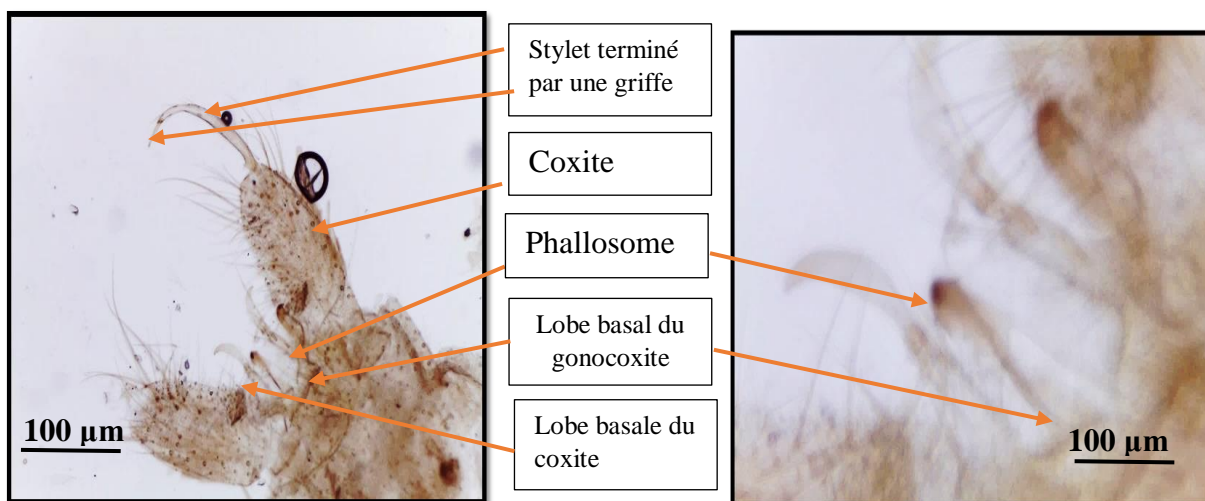


Figure 57 : Genitalia mâle.

Figure 58 : Structure des claspettes et du phallosome au niveau de l'hypopygium.

3.2. Identification systématique et bioécologie de la faune non visée

L'étude systématique de cinq espèces d'Arthropodes, a été basée sur les structures morphologiques, indiquées dans des clés dichotomiques appropriée. Plusieurs clés taxonomiques spécifique, établit par de nombreux auteurs, concernant la faune benthique ont été suivie: les Cladocères **Amoros, (1984)**; les Copépodes **Rose, (1933)** et **Perrier, (1979)**; les Hétéroptères et les Coléoptères **Poisson, (1957)**. Les spécimens échantillonnés ont été identifiés par individus selon les critères morphologiques, impliqués dans l'identification systématique et qui ont été photographiés sous loupe binoculaire et sous microscope.

3.2.1. Description morphologique de *Daphnia magna* Straus 1820

L'identification systématique des Cladocères a été réalisée selon la clé dichotomique d'**Amoros, (1984)**. Position systématique de l'espèce:

Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Crustacea
Classe	Branchiopoda
Sous-classe	Phyllopoda
Infra-classe	Anomopoda
Ordre	Diplostraca
Infra-classe	Anomopoda
Ordre	Diplostraca
Sous-ordre	Cladocera
Famille	Daphniidae
Genre	Daphnia
Espèce	<i>Daphnia magna</i> Straus 1820

D. magna est un microcrustacé qui possède les traits morphologiques généraux du genre *Daphnia*. Elle est largement distribuée dans les eaux douces non courantes des zones climatiques tempérées. La femelle mesure jusqu'à 5 mm, le mâle environ 2 mm. Le corps est subdivisé en 2 parties: la tête et le corps. La tête comporte un large œil composé, la bouche et 2 paires d'antennes qui servent à la locomotion et le rostre (**Figure 59; 60**).

Le corps est protégé par une carapace translucide (**Figure 61**) qui comprend une ouverture ventrale et cinq paires d'appendices thoraciques. Cette carapace est composée de chitine et de polysaccharide, elle se termine par une épine caudale (**Figure 62**). L'intestin est en forme de crochet et possède deux cæca. La partie ventrale est rectiligne, équipée d'appendices qui filtrent le phytoplancton. La partie dorsale est constituée d'une cavité qui a pour rôle, l'incubation des œufs (**Figure 63**). Le tube digestif traverse tout le corps de la daphnie (**Figure 64**). Le cœur est situé au-dessus de la chambre d'incubation. Quant aux ovaires, ils sont placés de part et d'autre de l'intestin (**Amoros, 1984**).

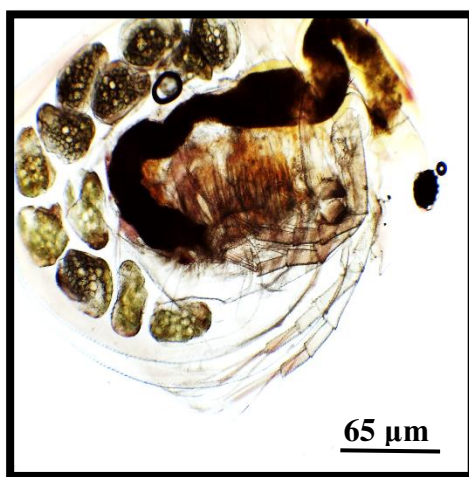


Figure 59 : Vue générale de *D. magna*.

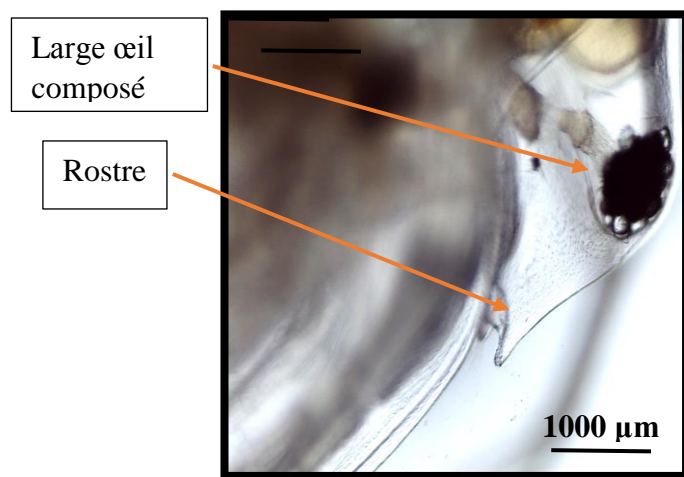


Figure 60 : Partie céphalique de *D. magna*.

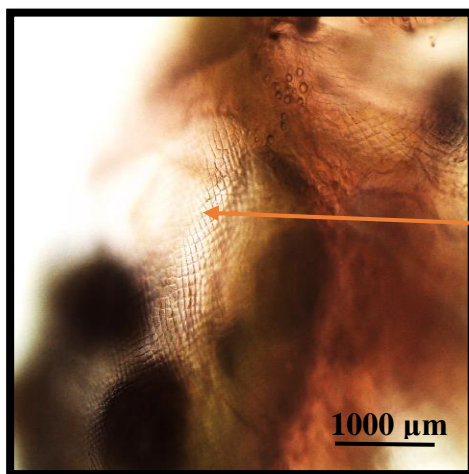


Figure 61: Présence de cuticule.

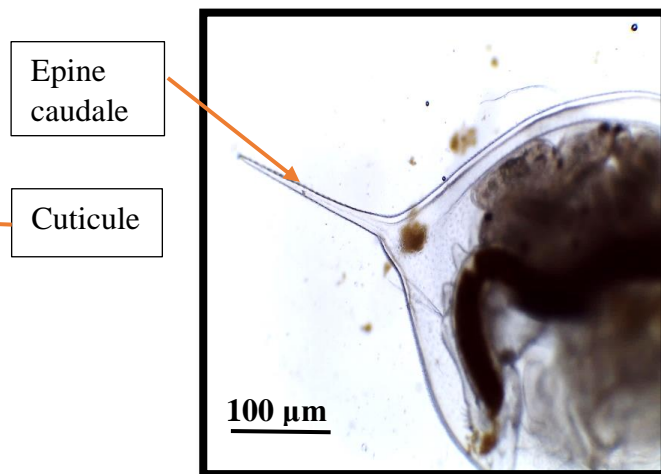


Figure 62: Présence d'épine caudale

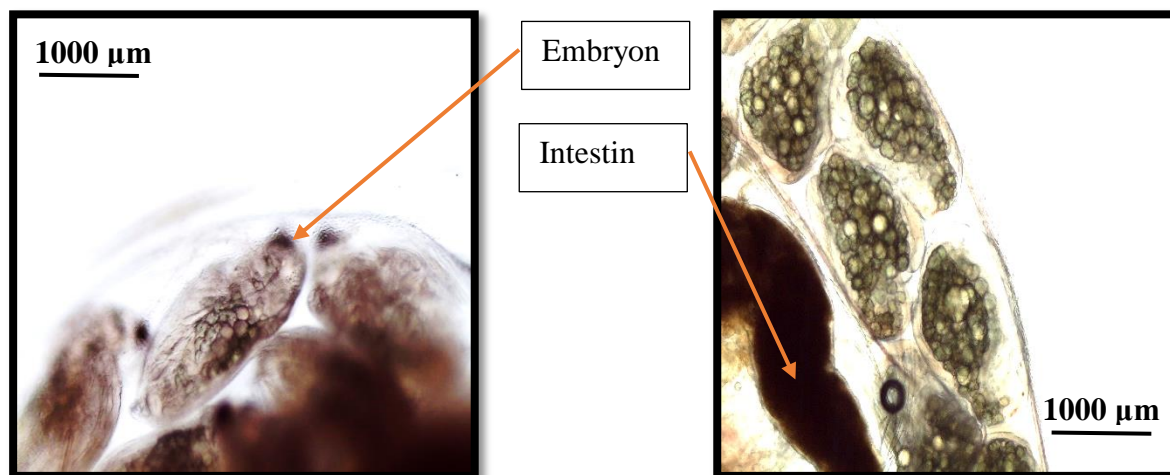


Figure 63 : Cavité incubatrice de *D. magna*.

Figure 64 : Partie dorsale de *D. magna*.

3.2.2. Description morphologique de *Cyclops fuscus* Müller 1785

L'identification systématique des copépodes a été réalisée selon la clé dichotomique de **Rose, (1933) et Perrier, (1979)**. Position systématique de l'espèce :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Crustacea
Classe	Maxillopoda
Sous-classe	Copepoda
Ordre	Cladocera
Famille	Cyclopidae
Genre	Cyclops
espèce	<i>Cyclops fuscus</i> Müller 1785

Le corps de *Cyclops fuscus* est fusiforme, de couleur assez vive, brun-rouge ou verte, composé de trois parties (**Figure 65**) ; le céphalosome porte des appendices transformés en organes natatoires préhensiles ou masticateurs. Les antennes sont moyennement longues, de 10 à 17

articles, dont l'article terminal est dentelé, plus finement dans sa moitié terminale et ne dépassent pas la longueur du tronc (**Figure 66**).

Le thorax est constitué de cinq segments tous porteurs d'une paire d'appendices natatoires, le premier de ces segments est souvent soudé au céphalosome. Le cinquième segment thoracique, est souvent réduit. L'abdomen est composé de deux segments le plus souvent soudés, en un segment génital contenant un réceptacle séminal visible ventralement. Le mâle adulte est filiforme avec deux antennules géniculées, les soies fucals sont courtes. La femelle, plus large, porte deux sacs ovigères contenant chacun une dizaine d'œufs, serrés contre l'abdomen (**Figure 67 ; 68**). Le furca porte 4 soies bien développées (**Figure 69**). La longueur des mâles est de 3 à 4 mm et celle des femelles est de 2 à 2.5 mm.

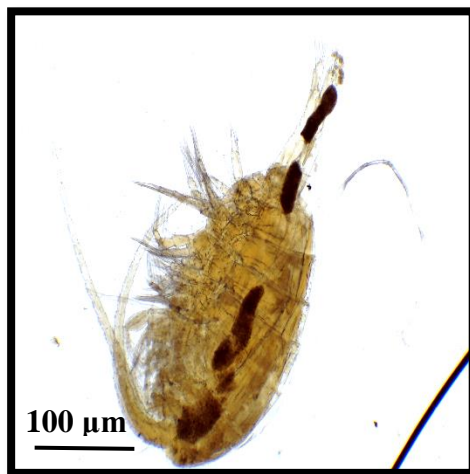


Figure 65 : Vue d'ensemble de *Cyclops fuscus*

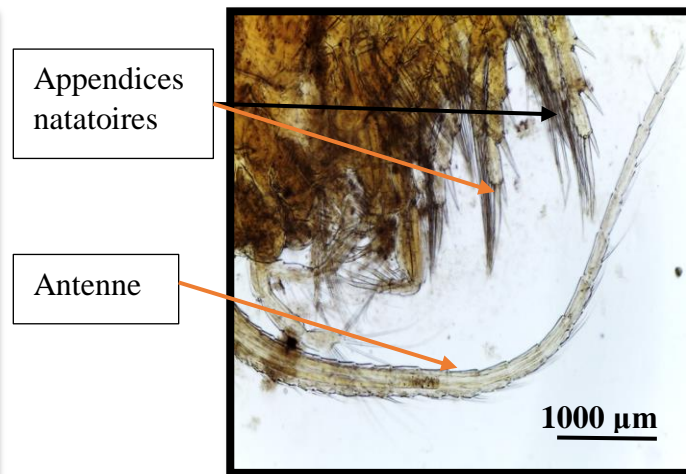


Figure 66 : Appendices natatoires

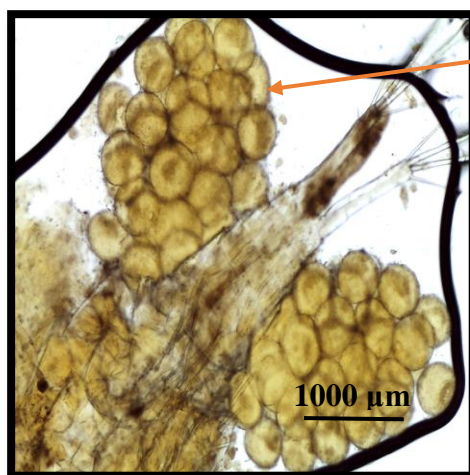


Figure 67: Femelle de *Cyclops fuscus*

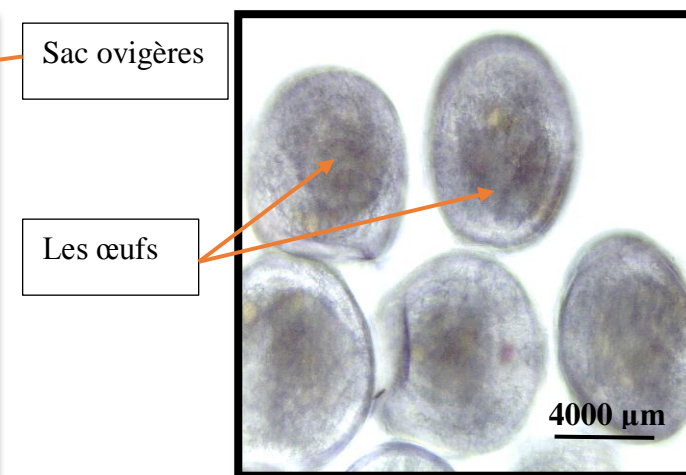


Figure 68: Œufs de *Cyclops fuscus*

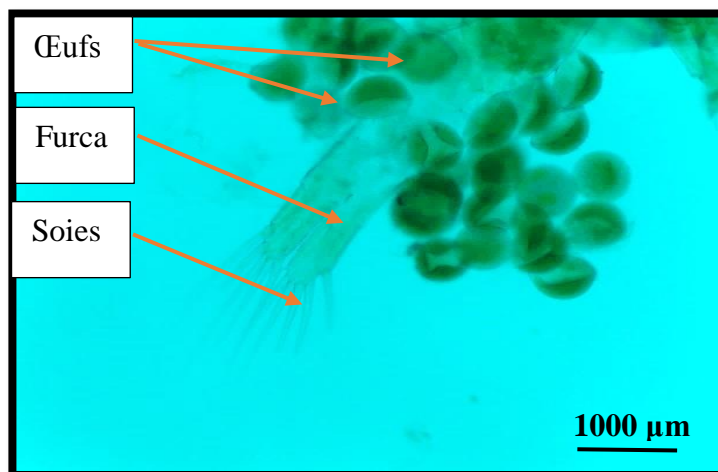


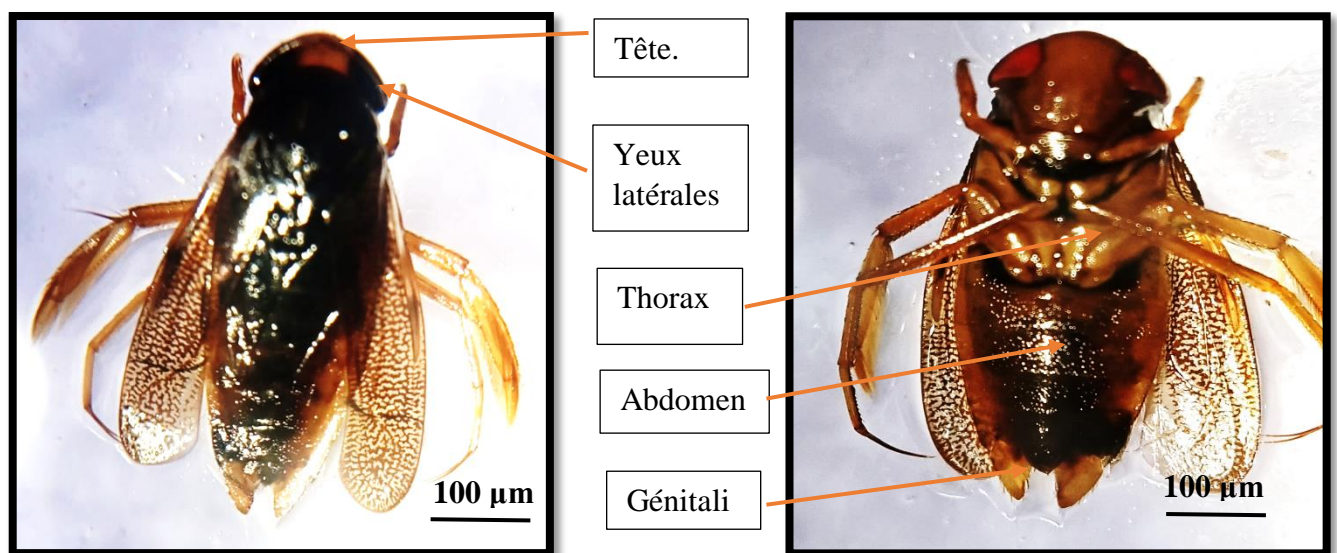
Figure 69: Furca de *Cyclops fuscus* femelle.

3.2.3. Description morphologique de *Corixa punctata* Illger 1807

L'identification systématique des Hétéroptères a été réalisée selon la clé dichotomique de **Poisson, (1957)**, La position systématique de l'espèce est :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-Embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-Classe	Pterygota
Infra-Classe	Neoptera
Ordre	Hemiptera
Sous-Ordre	Heteroptera
Famille	Corixidae
Genre	Corixa
Espèce	<i>Corixa punctata</i> Illger 1807

L'identification systématique de l'espèce *Corixa punctata* présentée en vue dorsale et ventrale dans la **Figure 70**, repose sur les caractéristiques suivantes : Pronotum (**Figure 71**) et hémélytres bruns, lisses, brillants. Une quinzaine de lignes transverses pâles sur le pronotum, les premières presque régulières, les autres interrompues, bifurquées, ou anastomosées. Les Hémélytres uniformément parsemés de tâches pâles en zigzag (**Figure 72**), partiellement confluentes en lignes transverses à l'extrême de la base du clavus (Partie dure des élytres chez les insectes Hémiptères, Hétéroptères). Les tâches de la périphérie de la membrane, sont distribuées radiairement. La tête et les pattes sont de couleurs jaunes (**Figure 73**). Le milieu du thorax porte quelques taches de couleur noire sur les coxa, ainsi que les deux ou trois premiers sternites et tous les tergites abdominaux. La longueur du pronotum est sensiblement égale aux trois quarts de sa largeur ; ses angles latéraux sont droits et émoussés. Les lobes latéraux du prothorax sont grands, trapézoïdaux et tronqués obliquement à l'extrémité. Les griffes des pattes intermédiaires sont plus courtes que les tarsi. Les fémurs postérieurs présentant sur leur face externe, apicale, une rangée de courtes épines groupées par deux, trois ou quatre (**Figure 74**).



A : Vue dorsale.

B : Vue ventrale.

Figure 70 : Vue générale de *Corixa punctata*.



Pronotum
bruns

Tâches
en zigzag

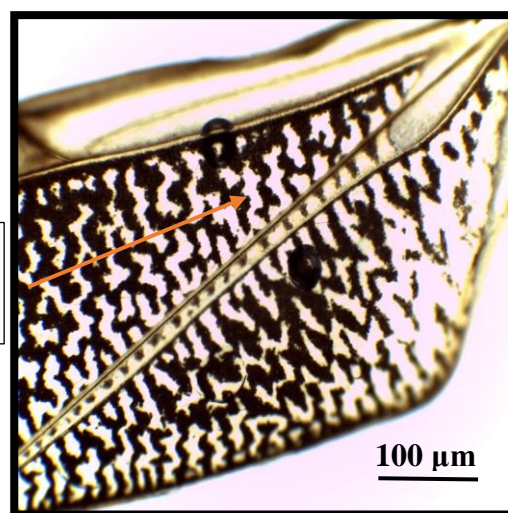


Figure 71: Rostre de *Corixa punctata*.

Figure 72: Les Hémélytres parsemés de tâches pâles en zigzag.



Une
rangée
d'épines
natatoires

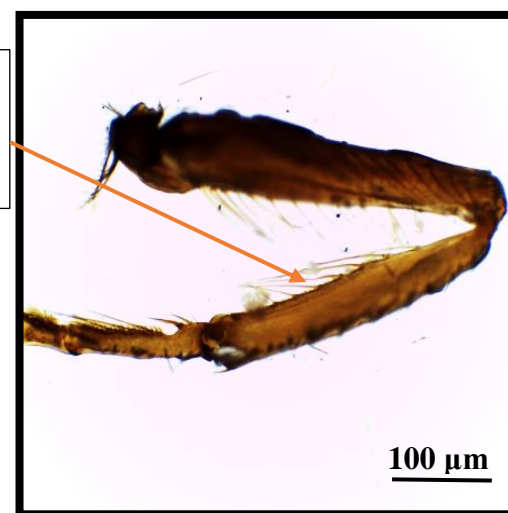


Figure 73: Chétotaxie abdominale.

Figure 74: Fémurs de la troisième patte.

3.2.5. Description morphologique de *Plea minutissima* Leach 1817

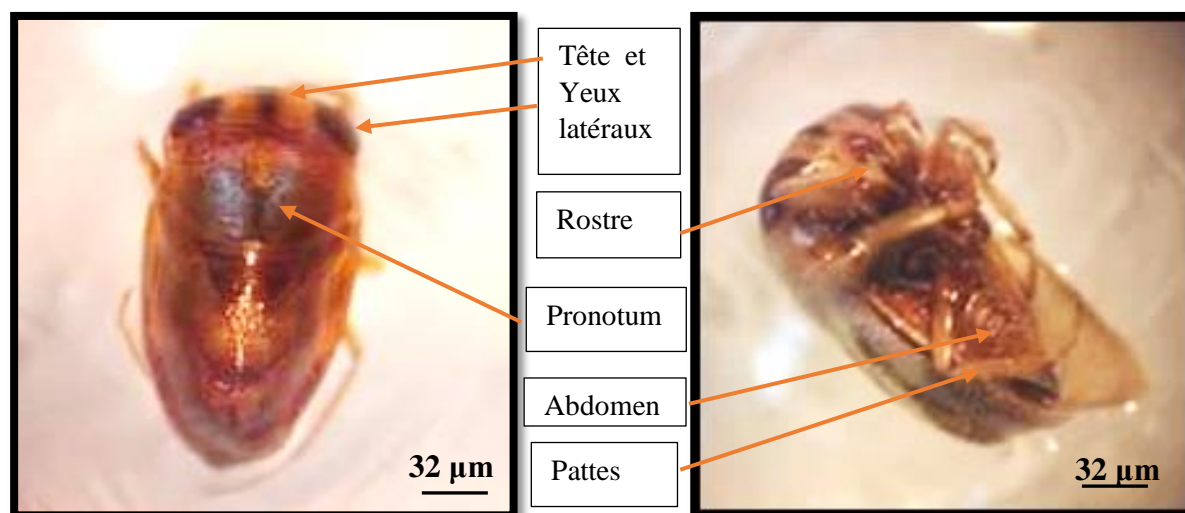
L'identification systématique des Héteroptères a été réalisée selon la clé dichotomique de **Poisson, (1957)**, La position systématique de l'espèce est :

	Classification
Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordre	Hemiptera
Sous-ordre	Heteroptera
Infra-ordre	Nepomorpha
Super-famille	Notonectoidea
Famille	Pleidae
Genre	Plea
Espèce	<i>Plea minutissima</i> Leach 1817

Les *Plea minutissima* sont des hétéroptères de la famille des Pleidae, Sous-ordre des insectes hémimétaboles de l'ordre des Hémiptères (**Akhoundi, 2020**). Appelés anciennement punaises de lit (**Anonyme 9**), c'est une punaise aquatique de petite taille, voisine des notonectes, parfois appelée la notonecte naine. Elles sont longues de taille d'environ 3 mm, le corps et de couleur brunâtre est très bombé, composé de 3 parties distinctes bien que la tête et le thorax soient étroitement liés (**Figure 75**).

Les Pleidae vivent généralement dans les eaux tranquilles des étangs et des lacs. Contrairement à Notonecte, ils sont de mauvais nageurs et préfèrent généralement marcher dans la végétation submergée (**Cook, 2020**).

Ils occupent une place importante dans l'écologie de l'eau douce (**Moulton, 2018**). Ils constituent une ressource alimentaire pour divers organismes tels que les amphibiens, les poissons, les oiseaux. Ce sont souvent de redoutables prédateurs eux-mêmes et contribuent efficacement à la réduction des populations de moustiques (**Elder, 2016**).



A : Vue dorsale.

B : Vue ventrale.

Figure 75 : Une photo réelle d'un *Plea minutissima*.

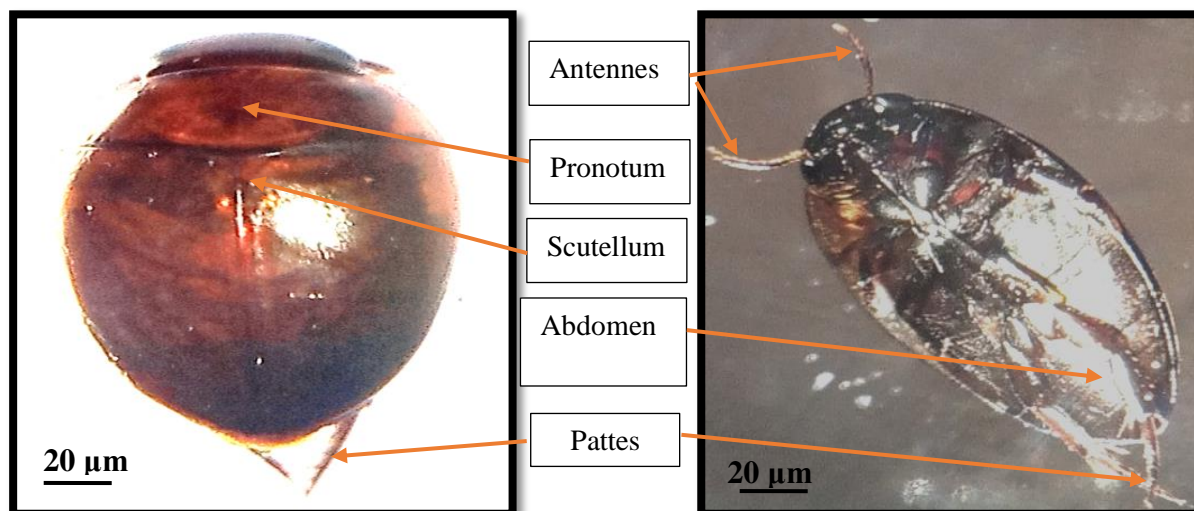
3.2.6. Description morphologique d'*Agabus brunneus* Fabricius 1798

L'identification systématique des Coléoptères a été réalisée selon la clé dichotomique de **Poisson, (1957)**, La position systématique de l'espèce est :

Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Ordre	Coleoptera
Sous-ordre	Holometabola
Famille	<i>Dytiscidae</i>
Genre	<i>Agabus</i>
Espèce	<i>Agabus brunneus</i> Fabricius 1768

Cette espèce appartient à la famille des Dytiscidae. Les individus qui la compose sont considérés comme mauvais nageurs (Nage maladroitement en utilisant alternativement les pattes de chaque côté), ces insectes sont végétariens, se nourrissant d'algues, préfère les bords des eaux stagnantes riches en végétation. Les adultes de cette famille entomologique, grossièrement elliptiques, possèdent des plaques coxales postérieures extrêmement élargies, qui fonctionnent comme poumon et qui leurs permettent de stocker l'air pour respirer. Leur larve se nourrissent d'algues

et de lentilles d'eau et se caractérisent par leurs pièces buccales spécialisées qui les différencient des larves carnivores des autres groupes (**Figure 76**).



A : Vue dorsale

B : Vue ventrale

Figure 76 : Vue d'ensemble d'*Agabus brunneus* Fabricius 1798.

3.3. Description et caractéristiques de *L. dentata* L. 1953

Les HEs sont des composés volatils, naturels et complexes caractérisés par une forte odeur et elles sont formées par les voies métaboliques secondaires de plantes, obtenues par vapeur ou hydrodistillation (**Pavela & Benelli, 2016**). Elles jouent un rôle important dans les défenses directes et indirectes des plantes contre les herbivores et les pathogènes.

Les HEs possèdent une activité insecticide liée à sa composition chimique et aux effets synergiques entre ses composants, dont ce but nous avons déterminé la composition chimique de cette huile par la GC-MS et le rendement des HEs.

3.3.1. Rendement des HEs

Le résultat du calcul du rendement obtenu lors de l'extraction de *L. dentata* (Région de Annaba) par hydrodistillation a fourni un rendement d'environ **0,5%**.

3.3.2. Caractéristiques Organoleptiques

L'hydrodistillation de l'HE de *L. dentata* nous avons obtenu un liquide d'un aspect huileux, de couleur jaune pâle à jaune clair, avec une odeur très aromatique et forte.

3.3.3. Détermination des Composés par GC-MS

La composition chimique de l'HE étudiée (Analyse par GC-MS) est présentée dans le **Tableau 4** avec les noms des différents composants, le temps de rétention (TR) en minutes, le poids moléculaire et les concentrations (%). D'après les résultats obtenus, nous avons observé que le chromatogramme, présente de nombreux pics. La chromatographie est illustrée dans la **Figure 77**.

Les résultats de l'analyse chimique détaillée de l'HE de *L. dentata* ont été réalisés par la combinaison de la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse (GC-MS). Le nombre de composant identifié est de 23 composants. Les composants majoritaires sont le Camphor (43,05%); Eucalyptol (29,78%); D-Limonene (6,07%); l'Endo-Borneol (5,15%); Cryptone (2,01%); Beta-pirene (1,86%); Beta- Ocimene (1,42%); Alpha- pinene (1,35%); Linalool (1,25%); Alpha terpinol (0,98%); P-cymene(0,94%); Terpinen 40L (0,93%); Camphene (0,85%); Beta- Myrcene (0,79%); Caryophyllene (0,69%); 4 (10) Thujene(0,56%); Lisverbenol (0,45%); Myrtenol (0,29 %); D-carvone (0,28 %); O-cymene (0,24 %); Alpha-phellandiene (0,15 %); Gamma- terpinene(0,14 %); Myrtenal (0,06 %).

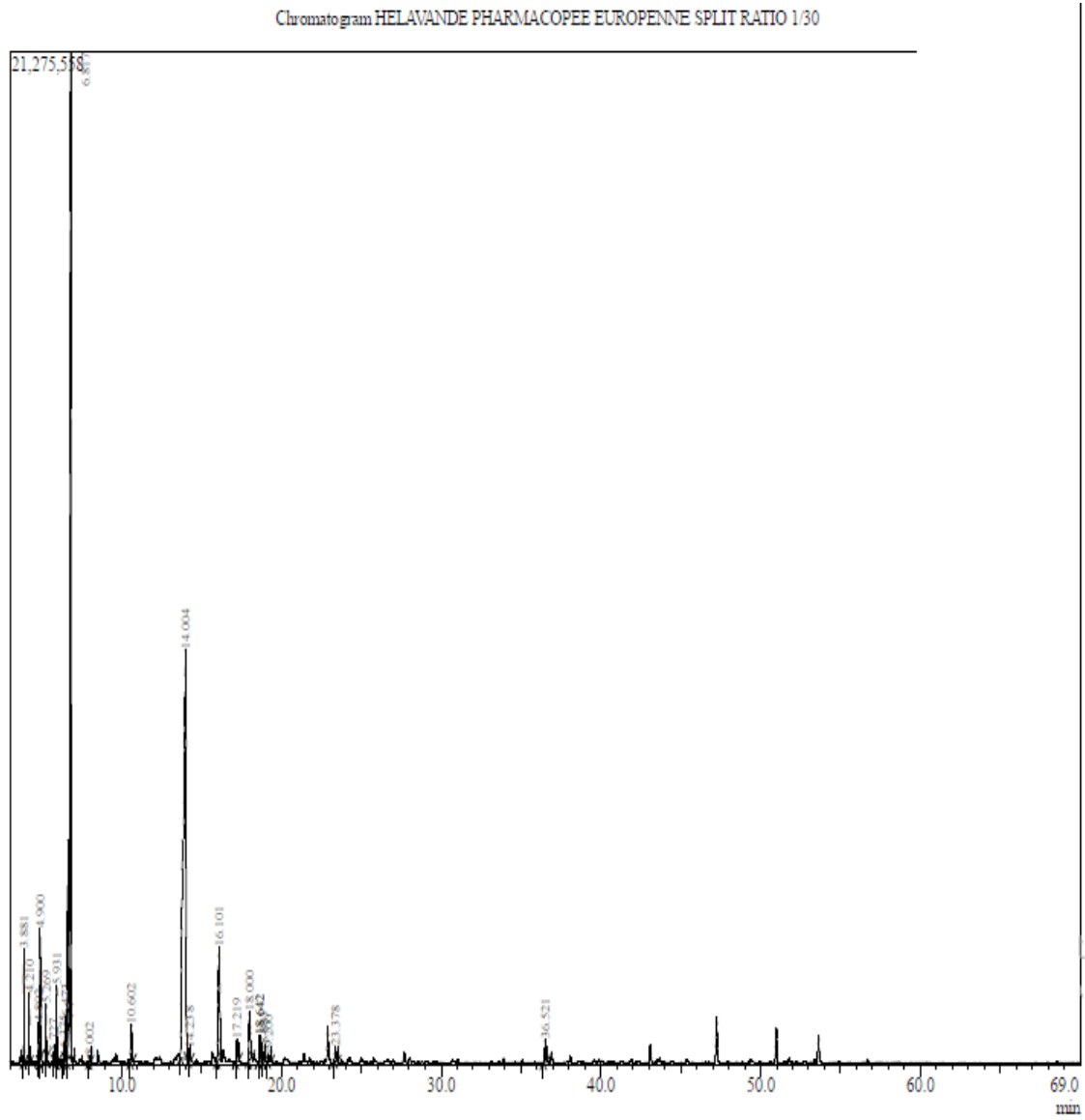


Figure 77 : Chromatogramme de l'HE de *L. dentata*.

Tableau 4 : Composition chimique de l'HE de *L. dentata*.

N°	Nom du Composant	Formule moléculaire	Poids moléculaire	Temps de rétention (min)	Concentration (%)
1	Alpha Pinene	C ₁₀ H ₁₆	136 g/mol	3,88	1,35
2	Camphene	C ₁₀ H ₁₆	136 g/mol	4,21	0,85
3	4(10) -Thujene	C ₁₀ H ₁₆	136 g/mol	4,80	0,56
4	Beta-pirène	C ₁₀ H ₁₆	136 g/mol	4,90	1,86
5	Beta-Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	136 g/mol	5,26	0,79
6	Alpha-phellandiene	C ₁₀ H ₁₆	136,13 g/mol	4,72	0,15
7	Beta-ocimene	C ₁₀ H ₁₆	136,23 g/mol	5,93	1,42
8	O-cymene	C ₁₀ H ₁₄	134,22 g/mol	6,37	0,24
9	P-cymene	C ₁₀ H ₁₄	134,21 g/mol	6,47	0,94
10	D-limonene	C ₁₀ H ₁₆	136,23 g/mol	6,65	6,07
11	Eucalyptol	C ₁₀ H ₁₈ O	154,24 g/mol	6,81	29,78
12	Gamma-Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	136,23 g/mol	8	0,15
13	Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25 g/mol	10,60	1,25
14	Camphor	C ₁₀ H ₁₆ O	152,23 g/mol	14	43,05
15	Lis-verbenol	C ₁₀ H ₁₆ O	152,23 g/mol	14,23	0,45
16	Endo-bomeol	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25 g/mol	16,10	5,15
17	Terpinen 40L	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25 g/mol	17,21	0,94
18	Cryptone	C ₉ H ₁₄ O	138,21 g/mol	18	2,01
19	Alpha Terpinol	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25 g/mol	18,64	0,98
20	Myrtenal	C ₁₀ H ₁₄ O	150,22 g/mol	18,64	0,06
21	Myrtenol	C ₁₀ H ₁₆ O	152,23 g/mol	18,88	0,29
22	D-carvone	C ₁₀ H ₁₄ O	150,21 g/mol	19,20	0,29
23	Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	204,36 g/mol	23,37	0,69
Totale					99,29

3.4. Etude toxicologique

3.4.1. Activité larvicide de l'Oberon à l'égard des larves du quatrième stade d'*Ae. mariae*

Dans l'objectif de déterminer l'effet larvicide de l'OBERON (Spiromesifen) testée, des essais toxicologiques à l'égard des larves du 4ème stade d'*Ae. mariae* ont été réalisés, les résultats des mortalités sont récapitulés dans le **Tableau 5**. Les larves ont été exposées à l'Oberon pendant trois jours à 5 concentrations (235 µg/mL ; 475 µg/mL ; 715 µg/mL ; 955 µg/mL et 1430 µg/mL). La mortalité corrigée selon le temps du bioessai ; les doses létales et le Slop des différentes séries (Témoins & traitées) sont mentionnés dans le **Tableau 6**.

Tableau 5 : Mortalité corrigé des larves L4 d'*Ae. mariae* après traitement par les différentes concentrations de l'Oberon après 24h ; 48h & 72h (m ± SE ; N= 100).

Concentration	235µg/mL	475 µg/mL	715 µg/mL	955 µg/mL	1430 µg/mL
Mortalité(%)					
24h	4± 1,47Aa	10±1,12Aa	12±2,73Ba	15±1,53Ba	20±1,53Ba
48h	4± 1,18Aa	10±1,37Aa	15 ± 1,76Bb	19,5 ± 2,09Bb	24± 1,79Bb
72h	7,99±0,47Ab	11,66±2,4Ab	18,66±1,97Bc	20,66±1,52Bc	28,99±0,52Bc

Pour un même temps d'exposition, les moyennes suivies de différentes lettres minuscules (a, b, c) sont significativement différentes (p<0,05), tandis que pour une même concentration les moyennes suivies de différentes lettres majuscules (A, B, C) sont significativement différentes (p<0,05).

Une transformation angulaire des mortalités corrigées a été effectuée pour normaliser les données obtenues et permettre ainsi d'effectuer l'analyse statistique (ANOVA). L'équation de la droite de régression a été déterminée (**Figure 78, Figure 79, Figure 80**) après une transformation des moyennes des mortalités corrigées en probits et des concentrations testées en logarithmes décimaux. La valeur du coefficient de corrélations (R²) des droites de régression sont respectivement (0,994, 0,990, 0,975) révèle une liaison positive très forte entre les probits et les logarithmes décimaux des concentrations testées. Les concentrations létales ; sublétales et les intervalles de confiance sont présentés dans le **Tableau 6**.

Tableau 6 : Détermination des Doses létales et sublétales de l'Oberon après application sur les larves L4 d'*Ae. Mariae*. Concentrations létales (µg/mL) ; concentrations sublétales (µg/ml) ; Intervalle de confiance (95%) ; Slope ; temps d'exposition (heures) ; N : **100 individus** traités :

T	CL ₁₀ (µg/mL) 95% IC	CL ₂₅ (µg/mL) 95% IC	CL ₅₀ (µg/mL) 95% IC	CL ₉₀ (µg/mL) 95% IC	Slope	R ²	Equations
24h	571,9 (430,3 ; 760,1)	1899 (1345 ; 2682)	6304 (2782 ; 14289)	69494 (11279 ; 428177)	0,915	0,994	y = 1,3603x - 0,1042
48h	467,4 (362,9 ; 602,0)	1417 (1185 ; 1693)	4294 (2671 ; 6902)	39443 (12672 ; 122766)	0,990	0,990	y = 1,3696x + 0,0277
72h	347,3 (256,2 ; 470,9)	1161(1000 ; 1346)	3877 (2516 ; 5976)	43283 (14311 ; 130915)	0,910	0,975	y = 1,1022x + 0,9273

T : temps d'exposition ; IC : Intervalle de confiance ; CL : Concentrations létales ; R² : Coefficient de détermination.

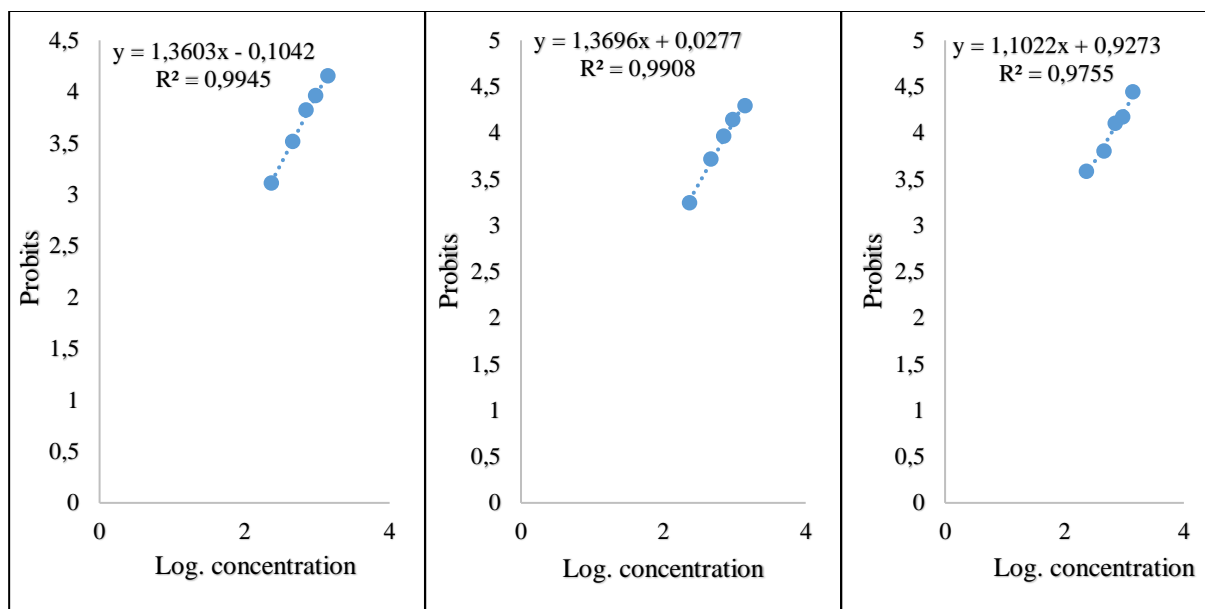


Figure 78: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concentrations **24h**

Figure 79 : La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concentrations **48h**

Figure 80: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concentrations **72h**

3.4.1.1. Impact de l'Oberon sur la composition biochimique d'*Ae. mariae*

Une étude a concerné les quantités des métabolites, par une analyse biochimique des protéines, des glucides et des lipides d'*Ae. mariae*. Les larves du quatrième stade ont été exposées aux concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'Oberon pendant 3 jours.

Effet sur le contenu en protéines totales : Le contenu en protéines a été déterminé chez les larves L4 des séries témoins et traitées d'après une courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des protéines (µg) (**Figure 81**).

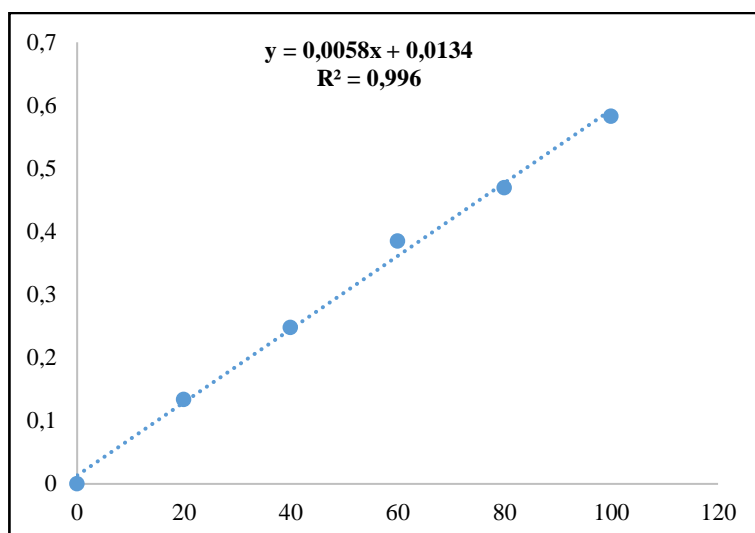


Figure 81 : Dosage des protéines totales d'*Ae.mariae*, courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des protéines (μg) ($R^2 =$ Coefficient de détermination).

Effet sur le contenu en carbohydate totaux : Le taux des glucides totaux d'*Ae. mariae* a été calculé d'après une courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des glucides (**Figure 82**).

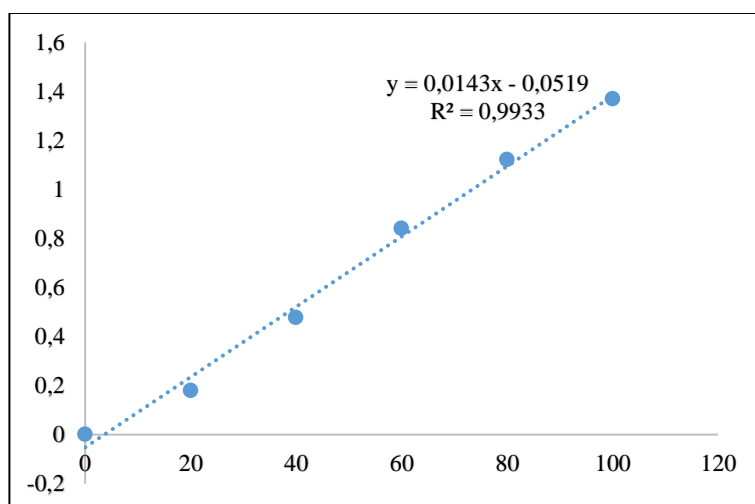


Figure 82 : Dosage des glucides totaux d'*Ae. mariae*, courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des glucides (μg) ($R^2 =$ Coefficient de détermination).

Effet sur le contenu en lipides totaux : Le contenu en lipides a été déterminé chez les larves L4 des séries témoins et traitées d'après une courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des protéines (μg) (**Figure 83**).

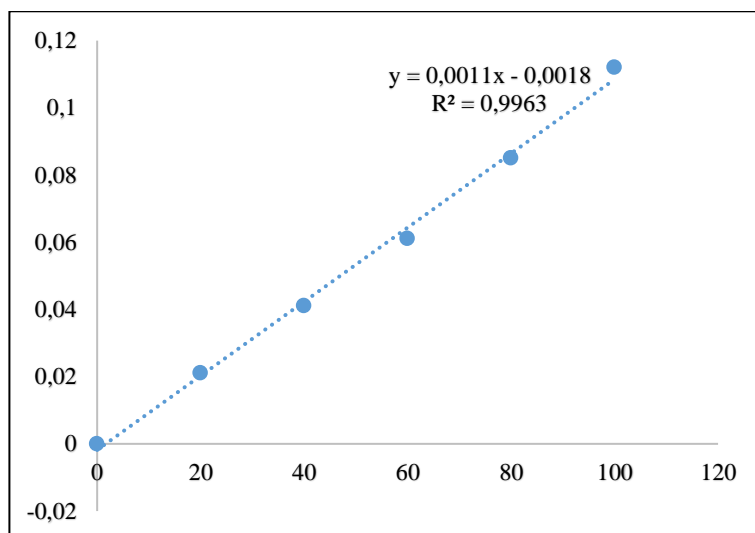


Figure 83 : Dosage des lipides totaux d'*Ae. mariae*, courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des lipides (μg) ($R^2 =$ Coefficient de détermination).

Les résultats du contenu en **protéines** sont mentionnés dans le **Tableau 7**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en protéines est de $0,00892 \pm 0,00059 \mu\text{g}$ chez les individus traités par la plus faible concentration (CL_{10}), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,00365 \pm 0,000465 \mu\text{g}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL_{25}), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $0,00702 \pm 0,000684 \mu\text{g}$, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,00167 \pm 0,000427 \mu\text{g}$. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en protéine. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en protéine des spécimens traités, révèlent que les concentrations sublétales (CL_{10} & CL_{25}) induit une diminution très hautement significative du contenu en protéines ($F(4, 18) = 77,08$; $P < 0,0001$) par rapport aux séries témoins. (**Figure 84**).

Les résultats du contenu en **glucide** sont mentionnés dans le **Tableau 7**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en glucides est de $0,00682 \pm 0,00067 \mu\text{g}$ chez les individus traités par la plus faible concentration (CL_{10}), par rapport à la quantité de glucide après 72h de traitement est de $0,0033 \pm 0,000883 \mu\text{g}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL_{25}),

après 24 h, les valeurs de glucide étaient de $0,00677 \pm 0,000708 \mu\text{g}$, alors au troisième jour de traitement les quantités de glucides étaient de $0,00132 \pm 0,000320 \mu\text{g}$. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en glucide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en glucide des spécimens traités, révèle que les concentrations sublétales (CL_{10} & CL_{25}) induit une diminution très hautement significative du contenu en glucides ($F(4, 18) = 84,88$; $P < 0,0001$) par rapport aux séries témoins. (Figure 85).

Les résultats du contenu en lipides sont mentionnés dans le Tableau 7. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en lipides est de $0,00515 \pm 0,000591 \mu\text{g}$ chez les individus traités par la plus faible concentration (CL_{10}), par rapport à la quantité de lipide après 72h de traitement est de $0,0024 \pm 0,0003162 \mu\text{g}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL_{25}), après 24 h, les valeurs de lipide étaient de $0,00477 \pm 0,000518 \mu\text{g}$, alors au troisième jour de traitement les quantités de lipides étaient de $0,00225 \pm 0,000450 \mu\text{g}$. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en lipide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en lipide des spécimens traités, révèle que les concentrations sublétales (CL_{10} & CL_{25}) induit une diminution très hautement significative du contenu en lipides ($F(4, 18) = 19,13$; $P < 0,0001$) par rapport aux séries témoins. (Figure 86).

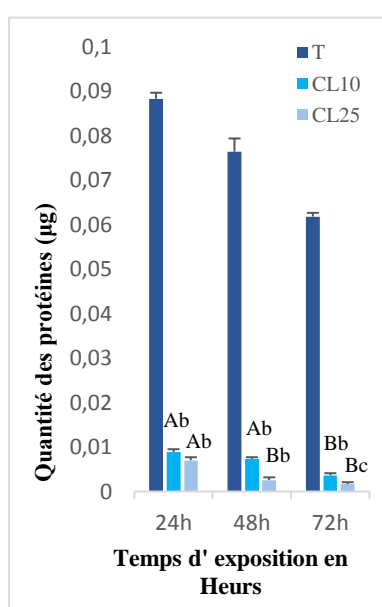


Figure 84 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL_{10} et CL_{25}) sur les contenus en protéines.

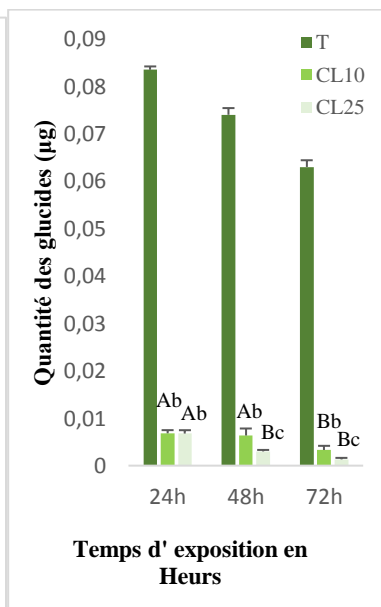


Figure 85 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL_{10} et CL_{25}) sur les contenus en glucides.

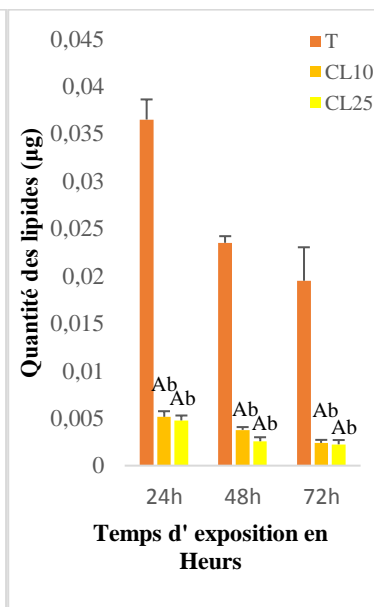


Figure 86 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL_{10} et CL_{25}) sur les contenus en lipides.

Tableau 7 : Effets de l’Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ & CL₂₅) sur les contenus en protéines ; glucides & lipides chez *Ae.mariae* (m ± SD, N= 100).

Jours et Métabolites	Témoin	CL ₁₀	CL ₂₅
24h			
Protéine	0,0883±0,00134 Aa	0,00892 ± 0,00059 Ab	0,00702±0,000684 Ab
Glucide	0,0835±0,00070 Aa	0,00682 ± 0,00067 Ab	0,00677±0,000708 Ab
Lipide	0,0365±0,00212 Aa	0,00515±0,000591 Ab	0,00477±0,000518 Ab
48h			
Protéine	0,0764±0,00296 Ba	0,00737± 0,00034 Ab	0,00257±0,000618 Bc
Glucide	0,074±0,001414 Ba	0,00635± 0,001488 Ab	0,003 ±0,0003162 Bc
Lipide	0,0235±0,00070 Ba	0,00377±0,000298 Ab	0,00257±0,000427 Ab
72h			
Protéine	0,0618±0,00084 Ca	0,00365±0,000465 Bb	0,00167±0,000427 Bb
Glucide	0,063±0,001414 Ca	0,0033 ± 0,000883 Bb	0,00132±0,000320 Bc
Lipide	0,0195±0,00353 Ca	0,0024±0,0003162 Ab	0,00225±0,000450 Ab

Pour un même temps d'exposition, les moyennes suivies de différentes lettres minuscules (a, b, c) sont significativement différentes (p<0,05), tandis que pour une même concentration les moyennes suivies de différentes lettres majuscules (A, B, C) sont significativement différentes (p<0,05)

3.4.1.2. Impact de l’Oberon sur les biomarqueurs

Activité de l’acétylcholinestérase : L’activité spécifique de l’AChE a été estimée chez les séries témoins et traitées selon la procédure **d’Ellman et al., (1961)** en utilisant les pentes des droites de régression exprimant l’absorbance en fonction du temps. Chez *Ae. mariae* la quantité de cette enzyme diminue très significativement (P < 0,0001) au cours du temps.

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l’activité de l’acétylcholinestérase est de 0,076 ± 0,00059 µM/mn/mg de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de 0,028 ± 0,000478 µM/mn/mg. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les quantités de protéine étaient de 0,024 ± 0,00101, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de 0,016 ± 0,00067. Cette diminution peut être expliquée par l’effet toxique de l’Oberon (**Figure 87**).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) révèle des effets temps très hautement significatives ($F(2, 18) = 5584$; $P < 0,0001$) ; selon les concentrations ($F(2, 18) = 22039$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 963,3$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative (**Tableau 8**).

Activité de la glutathion S-transférase : L'activité de la GST a été largement utilisée comme un biomarqueur qui permet d'évaluer les effets causés par les contaminants environnementaux. Les résultats montrent une repense de détoxification particulièrement au stress causé par les substances toxiques. Une induction significative de l'activité de la GST ($p < 0,05$) a été enregistrée à partir du jour 1 pour les deux concentrations (CL₁₀ & CL₂₅), par rapport au témoin. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité de la glutathion S-transférase est de $0,023 \pm 0,00824$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,0364 \pm 0,0082$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les quantités de protéine étaient de $0,0336 \pm 0,0109$, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,0808 \pm 0,0071$ (**Figure 88**).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) révèle des effets temps très hautement significatives ($F(2, 18) = 33,01$; $P < 0,0001$), selon les concentrations ($F(2, 18) = 35,89$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 3,795$; $P = 0,0208$) la différence était significative (**Tableau 8**).

Activité spécifique du Malondialdéhyde : L'MDA est un biomarqueur du stress oxydatif, il a été déterminé en tant qu'indice de peroxydation lipidique. Les résultats montrent une augmentation très hautement significative du taux de l'MDA après exposition à deux concentrations sub létales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'Oberon ($p < 0,05$) à partir du premier jour, par rapport au témoin, cette augmentation de l'activité reflète une mise en place du processus de désintoxication, qui est une forme de défense de l'insecte.

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité du malondialdéhyde est de $0,06875 \pm 0,0041$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,0905 \pm$

0,0031 $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL_{25}), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $0,11575 \pm 0,0045$, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,12675 \pm 0,0035$. Cette augmentation peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon. L'analyse de la variance de la comparaison entre les deux concentrations de l' Oberon en fonctions de la période d'exposition pour l'activité spécifique de MDA (Concentration & Temps) révèle des effets temps ($F(2, 18) = 125,2 ; P < 0,0001$) très hautement significatifs, selon la concentration ($F(2, 18) = 1458 ; P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 6,692 ; P < 0,0001$) et très hautement significatifs (**Figure 89**).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) des différences très hautement significatives, un effet temps ($F(2, 18) = 125,2 ; P < 0,0001$), concentration ($F(2, 18) = 1458 ; P < 0,0001$) et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 6,692 ; P < 0,0001$) très hautement significatifs (**Tableau 8**).

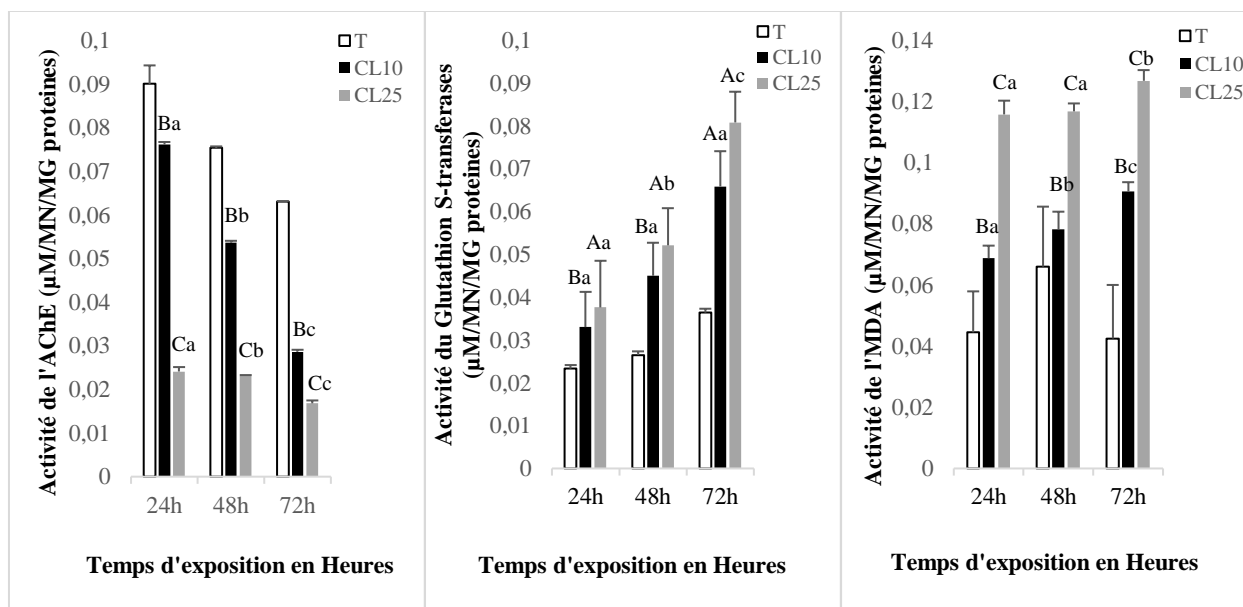


Figure 87: Effets de l'Oberon sur l'activité de l'AChE ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ protéine) chez les larves (L4) d'*Ae. mariae*. (Moyenne \pm SD).

Figure 88: Effets de l'Oberon sur l'activité de GST ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ protéine) chez les larves (L4) d'*Ae. mariae*. (Moyenne \pm SD).

Figure 89: Effets de l'Oberon sur l'activité de l'MDA ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ protéine) chez les larves (L4) d'*Ae. mariae*. (Moyenne \pm SD).

Tableau 8 : Effets de l’Oberon sur les biomarqueurs AChE ; GST & MDA ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) chez *Ae. mariae* durant une période de 3 jours ($m \pm \text{SD}$, $N= 100$).

Jours /biomarqueurs	Témoin	CL ₁₀	CL ₂₅
24h			
AChE	0,09±0,00424 Aa	0,076 ± 0,00059 Ba	0,024 ± 0,00101 Ca
GST	0,037±0,00084 Aa	0,023 ± 0,00824 Ba	0,0336 ± 0,0109 Aa
MDA	0,044± 0,0134 Aa	0,06875± 0,0041 Ba	0,11575± 0,0045 Ca
48h			
AChE	0,075±0,00028 Ab	0,053 ± 0,00045 Bb	0,023 ± 0,00018 Bc
GST	0,045±0,00084 Aa	0,0265 ± 0,0077 Ba	0,0521 ± 0,0086 Ab
MDA	0,066± 0,029 Ab	0,0782± 0,0057 Bb	0,11675± 0,0026 Ca
72h			
AChE	0,063±0,00014 Ac	0,028 ± 0,000478 Bc	0,016 ± 0,00067 Cc
GST	0,065±0,0009 Ab	0,0364 ± 0,0082 Aa	0,0808 ± 0,0071 Ac
MDA	0,0425± 0,027 Ac	0,0905± 0,0031 Bc	0,12675± 0,0035 Cb

Pour un même temps d'exposition, les moyennes suivies de différentes lettres minuscules (a, b, c) sont significativement différentes ($p<0,05$), tandis que pour une même concentration les moyennes suivies de différentes lettres majuscules (A, B, C) sont significativement différentes ($p<0,05$)

3.4.2. Activité larvicide de deux dose sublétales de l’Oberon (CL₁₀ & CL₂₅) à l’égard de quelque espèces non ciblée

3.4.2.1. Impact de l’Oberon sur la composition biochimique des espèces traitées

Une étude a concerné les quantités des métabolites, par une analyse biochimique des protéines, des glucides et des lipides de la faune non visée. Les spécimens ont été exposés aux concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) de l’Oberon pendant 3 jours.

Effet sur le contenu en protéines totales : Le contenu en protéines a été déterminé des séries témoins et traitées d’après une courbe de référence exprimant l’absorbance en fonction de la quantité des protéines (μg) (**Figure 90**).

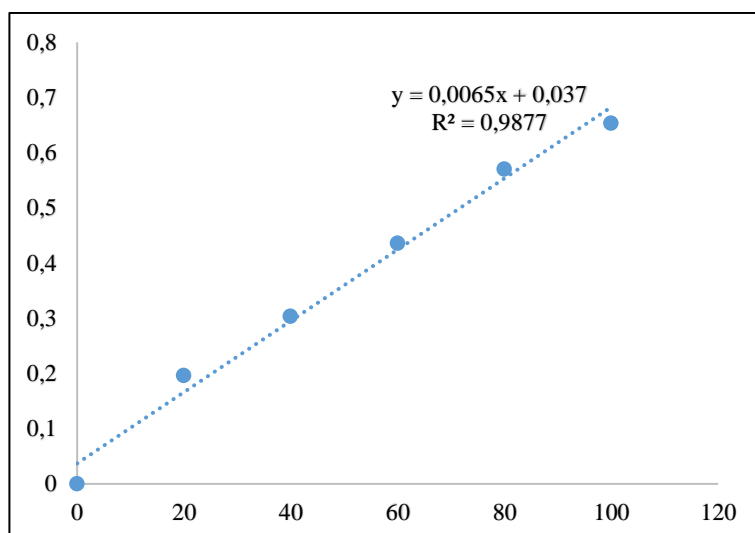


Figure 90 : Dosage des protéines : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine (μg) ; (R^2 coefficient de détermination).

Effet sur le contenu en carbohydate totaux : Le taux des glucides totaux de la faune non visée a été calculé d'après une courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des glucides (μg) (**Figure 91**).

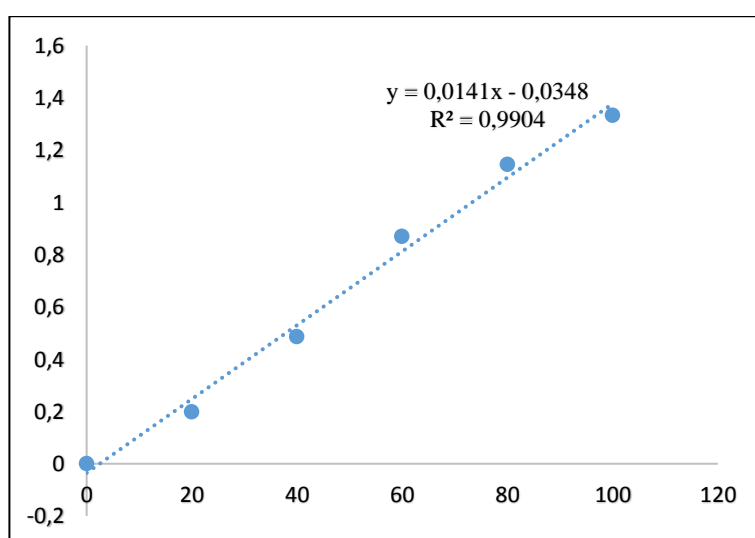


Figure 91 : Dosage des glucides : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de glucose (μg) (R^2 coefficient de détermination).

Effet sur le contenu en lipides totaux : Le contenu en lipides a été déterminé chez la faune non visée des séries témoins et traitées d'après une courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des lipides (μg) (**Figure 92**).

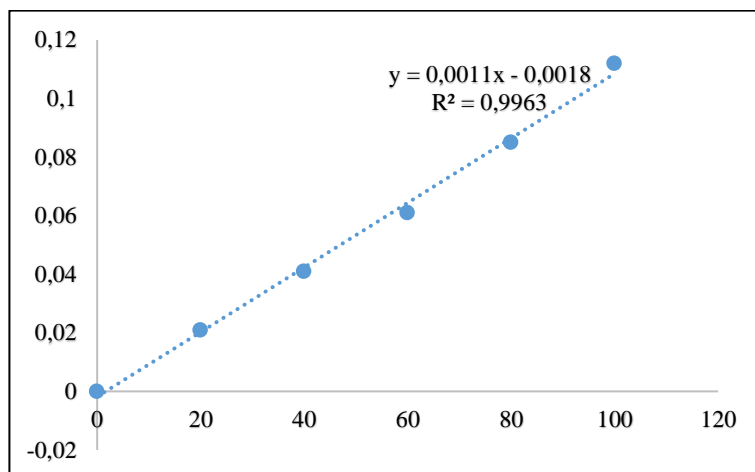


Figure 92 : Dosage des lipides : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de lipide (μg) (R^2 coefficient de détermination).

Daphnia magna

Les résultats du contenu en **protéines** chez *Daphnia magna* sont mentionnés dans le **Tableau 9**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en protéines est de $1,11 \pm 0,01208 \mu\text{g}$ chez les individus traités par la plus faible concentration (CL_{10}), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,9 \pm 0,0117 \mu\text{g}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL_{25}), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $0,72 \pm 0,01527 \mu\text{g}$, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,5 \pm 0,0901 \mu\text{g}$. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en protéine. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en protéine des spécimens traités, révèle que les concentrations sublétales (CL_{10} & CL_{25}) induit une diminution très hautement significative du contenu en protéines ($F(4, 18) = 37,26$; $P < 0,0001$) par rapport aux séries témoins (**Figure 93**).

Les résultats du contenu en **glucide** chez *Daphnia magna* sont mentionnés dans le **Tableau 9**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en glucides est de $0,85 \pm 0,0321 \mu\text{g}$ chez les individus traités par la plus faible concentration (CL_{10}), par rapport à la quantité de glucide après 72h de traitement est de $0,94 \pm 0,0152 \mu\text{g}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL_{25}), après 24 h, les valeurs de glucide étaient de $0,81 \pm 0,04 \mu\text{g}$, alors au troisième jour de traitement les quantités de glucides étaient de $0,67 \pm 0,0529 \mu\text{g}$. On remarque

une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en glucide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en glucide des spécimens traités, révèlent que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution très hautement significative du contenu en glucides (F (4, 18) = 30,72 ; P < 0,0001) par rapport aux séries témoins. (Figure 94).

Les résultats du contenu en lipides chez *Daphnia magna* sont mentionnés dans le Tableau 9. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en lipides est de 1,22±0,0264 µg chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de lipide après 72h de traitement est de 0,8±0,01 µg. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de lipide étaient de 0,81±0,01 µg, alors au troisième jour de traitement les quantités de lipides étaient de 0,40±0,0264 µg. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en lipide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en lipide des spécimens traités, révèle que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution très hautement significative du contenu en lipides (F (4, 18) = 153,1 ; P < 0,0001) par rapport aux séries témoins. (Figure 95).

Tableau 9 : Effets de deux concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'Oberon sur le contenu en Protéine ; Glucide & Lipide chez *Daphnia magna* (m ± SD, N= 100), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).

Jours et Métabolites	Témoin	CL ₁₀	CL ₂₅
24h			
Protéine	1,13±0,0234 Aa	1,11±0,01208 Aa	0,72±0,01527 Aa
Glucide	1,44±0,02081 Aa	0,85±0,0321 Ba	0,81±0,04 Ba
Lipide	1,44±0,0264 Aa	1,22±0,0264 Ba	0,81±0,01 Ca
48h			
Protéine	1,05±0,0136 Ab	1,04±0,0127 Aa	0,61±0,03 Aa
Glucide	1,33±0,0264 Aa	0,8±0,01 Ba	0,61±0,04 Bb
Lipide	1,35±0,0550 Aa	1,1±0,02081 Aa	0,66±0,03511 Bb
72h			
Protéine	0,88±0,0121 Ac	0,9±0,0117 Ab	0,5±0,0901 Ab
Glucide	0,9±0,02081 Ab	0,94± 0,0152 Ba	0,67±0,0529 Bb
Lipide	0,6±0,01527 Ab	0,8±0,01 Ab	0,40±0,0264 Bc

Pour un même temps d'exposition, les moyennes suivies de différentes lettres minuscules (a, b, c) sont significativement différentes (p<0,05), tandis que pour une même concentration les moyennes suivies de différentes lettres majuscules (A, B, C) sont significativement différentes (p<0,05)

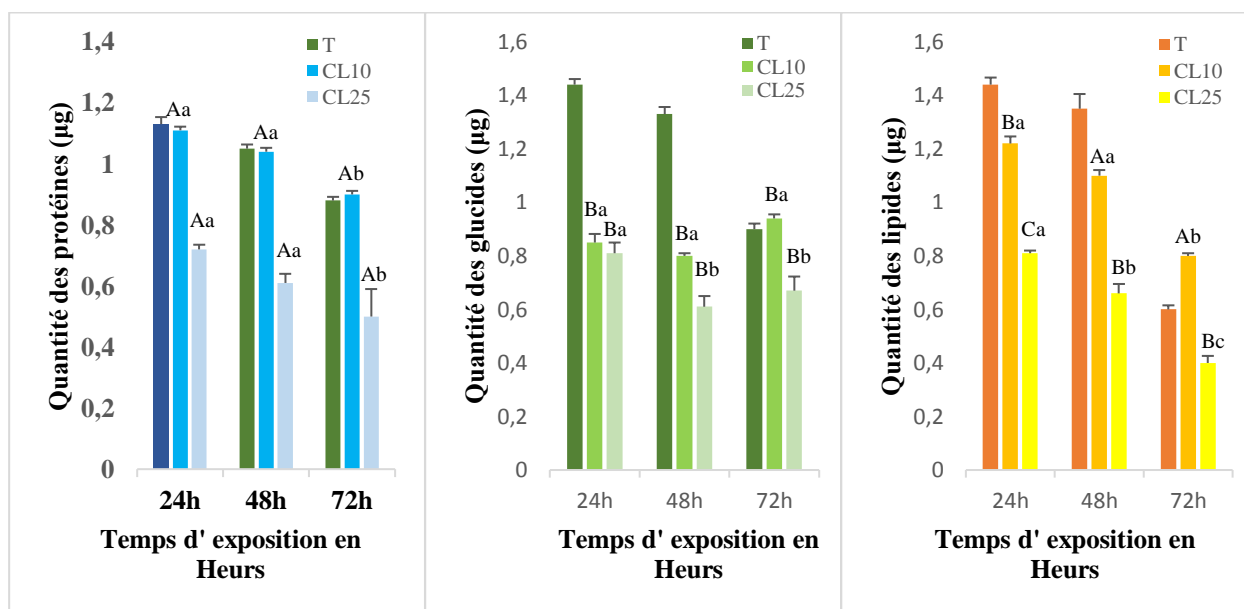


Figure 93 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en protéines.

Figure 94 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en glucides.

Figure 95 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en lipides.

Cyclops fuscus

Les résultats du contenu en **protéines** chez *Cyclops fuscus* sont mentionnés dans le **Tableau 10**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en protéines est de $2,18 \pm 0,152 \mu\text{g}$ chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $1,35 \pm 0,0208 \mu\text{g}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $1,29 \pm 0,02 \mu\text{g}$, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,46 \pm 0,01 \mu\text{g}$. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en protéine. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en protéine des spécimens traités, révèlent que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution significative du contenu en protéines ($F(4, 18) = 5,241$; $P = 0,0056$) par rapport aux séries témoins (**Figure 96**).

Les résultats du contenu en **glucide** chez *Cyclops fuscus* sont mentionnés dans le **Tableau 10**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en glucides est de $0,85 \pm 0,0321 \mu\text{g}$ chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de glucide après 72h de traitement est de $0,94 \pm 0,0152 \mu\text{g}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de glucide étaient de $0,81 \pm 0,04 \mu\text{g}$, alors au troisième jour de traitement les quantités de glucides étaient de $0,67 \pm 0,0529 \mu\text{g}$. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu

en glucide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en glucide des spécimens traités, révèlent que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution très hautement significative du contenu en glucides (F (4, 18) = 101,6 ; P < 0,0001) par rapport aux séries témoins. (Figure 97).

Les résultats du contenu en **lipides** chez *Cyclops fuscus* sont mentionnés dans le **Tableau 10**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en lipides est de 1,27±0,01 µg chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de lipide après 72h de traitement est de 0,17±0,01 µg. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de lipide étaient de 0,29±0,0152 µg, alors au troisième jour de traitement les quantités de lipides étaient de 0,13±0,0152 µg. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en lipide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en lipide des spécimens traités, révèle que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution très hautement significative du contenu en lipides (F (4, 18) = 141,3 ; P < 0,0001) par rapport aux séries témoins. (Figure 98).

Tableau 10 : Effets de deux concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'Oberon sur le contenu en Protéine ; Glucide & Lipide chez *Cyclops fuscus* (m ± SD, N= 100), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).

Jours et Métabolites	Témoin	CL ₁₀	CL ₂₅
24h			
Protéine	2,5±0,152 Aa	2,18±0,152 Ba	1,29±0,02 Ca
Glucide	1,21±0,0305 Aa	0,54±0,0251 Ba	0,35±0,0305 Ca
Lipide	2±0,0152 Aa	1,27±0,01 Ba	0,29±0,0152 Ca
48h			
Protéine	2,04±0,251 Ab	1,86±0,0208 Bb	1±0,015 Ca
Glucide	0,69±0,0360 Ab	0,40±0,0264 Bb	0,26±0,0251 Cb
Lipide	1,54±0,0305 Ab	1,46±0,0305 Ab	0,26±0,0152 Ba
72h			
Protéine	1,59±0,0305 Ac	1,35±0,0208 Bc	0,46±0,01 Cb
Glucide	0,47±0,0378 Ac	0,28±0,0264 Bc	0,2±0,0435 Bb
Lipide	1,22±0,02 Ac	0,17±0,01 Bc	0,13±0,0152 Ba

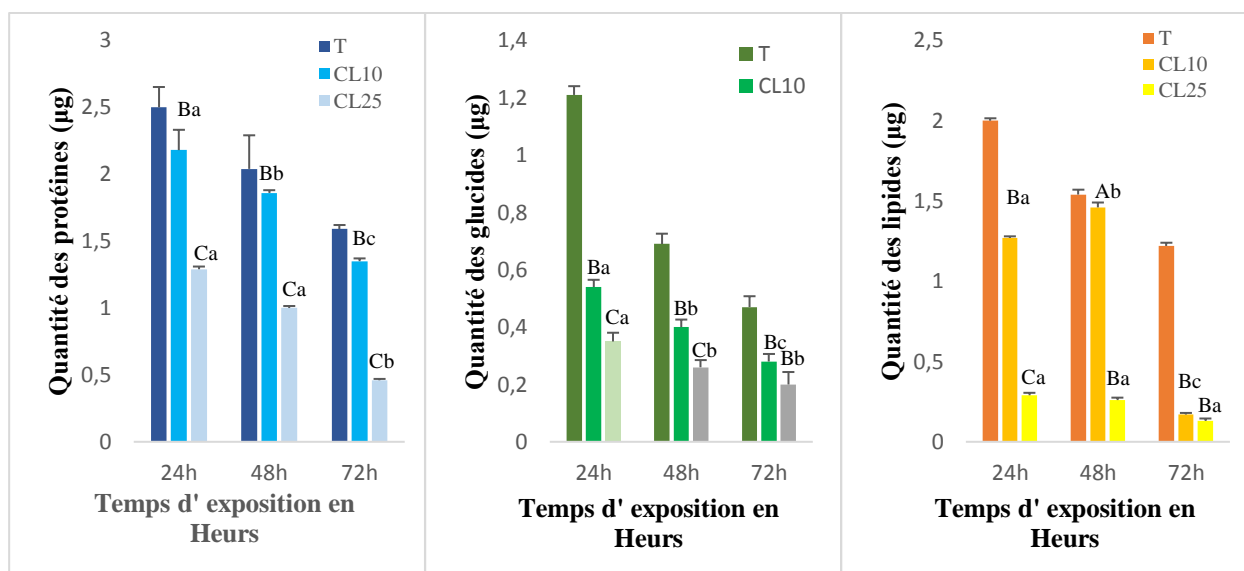


Figure 96 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en protéines.

Figure 97 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en glucides.

Figure 98 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en lipides.

Corixa punctata

Les résultats du contenu en **protéines** chez *Corixa punctata* sont mentionnés dans le **Tableau 11**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en protéines est de $0,40 \pm 0,0152$ µg chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,36 \pm 0,0152$ µg. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $0,26 \pm 0,02$ µg, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,11 \pm 0,0346$ µg. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en protéine. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en protéine des spécimens traités, révèlent que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution très hautement significative du contenu en protéines ($F(4, 18) = 58,13$; $P < 0,0001$) par rapport aux séries témoins (**Figure 99**).

Les résultats du contenu en **glucide** chez *Corixa punctata* sont mentionnés dans le **Tableau 11**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en glucides est de $1,30 \pm 0,0251$ µg chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de glucide après 72h de traitement est de $0,27 \pm 0,0208$ µg. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de glucide étaient de $1,06 \pm 0,0351$ µg, alors au troisième jour de traitement les quantités de glucides étaient de $0,03 \pm 0,251$ µg. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en

glucide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en glucide des spécimens traités, révèlent que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution très hautement significative du contenu en glucides (F (4, 18) = 41,93 ; P < 0,0001) par rapport aux séries témoins. **(Figure 100).**

Les résultats du contenu en **lipides** chez *Corixa punctata* sont mentionnés dans le **Tableau 11**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en lipides est de 2,43±0,0360 µg chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de lipide après 72h de traitement est de 1,43±0,0251 µg. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de lipide étaient de 2±0,0264 µg, alors au troisième jour de traitement les quantités de lipides étaient de 1,05±0,02 µg. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en lipide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en lipide des spécimens traités, révèlent que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution significative du contenu en lipides (F (4, 18) = 3,241 ; P = 0,0362) par rapport aux séries témoins. **(Figure 101).**

Tableau 11 : Effets de deux concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'Oberon sur le contenu en Protéine ; Glucide & Lipide chez *Corixa punctata* (m ± SD, N= 100), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).

Jours et Métabolites	Témoin	CL ₁₀	CL ₂₅
24h			
Protéine	0,83±0,0208 Aa	0,40±0,0152 Ba	0,26±0,02 Ca
Glucide	1,69±0,0305 Aa	1,30±0,0251 Ba	1,06±0,0351 Ca
Lipide	2,50±0,0513 Aa	2,43±0,0360 Aa	2±0,0264 Ba
48h			
Protéine	0,57±0,0264 Ab	0,41±0,0461 Ba	0,17±0,0321 Cb
Glucide	0,93±0,0208 Ab	0,85±0,0251 Bb	0,63±0,0208 Cb
Lipide	1,80±0,0136 Ab	1,65±0,0305 Ab	1,51±0,0251 Ab
72h			
Protéine	0,36±0,0152 Ac	0,36±0,0152 Ab	0,11±0,0346 Bb
Glucide	0,35±0,0152 Ac	0,27±0,0208 Bc	0,03±0,251 Cc
Lipide	1,63±0,0360 Ab	1,43±0,0251 Ab	1,05±0,02 Bc

Pour un même temps d'exposition, les moyennes suivies de différentes lettres minuscules (a, b, c) sont significativement différentes (p<0,05), tandis que pour une même concentration les moyennes suivies de différentes lettres majuscules (A, B, C) sont significativement différentes (p<0,05)

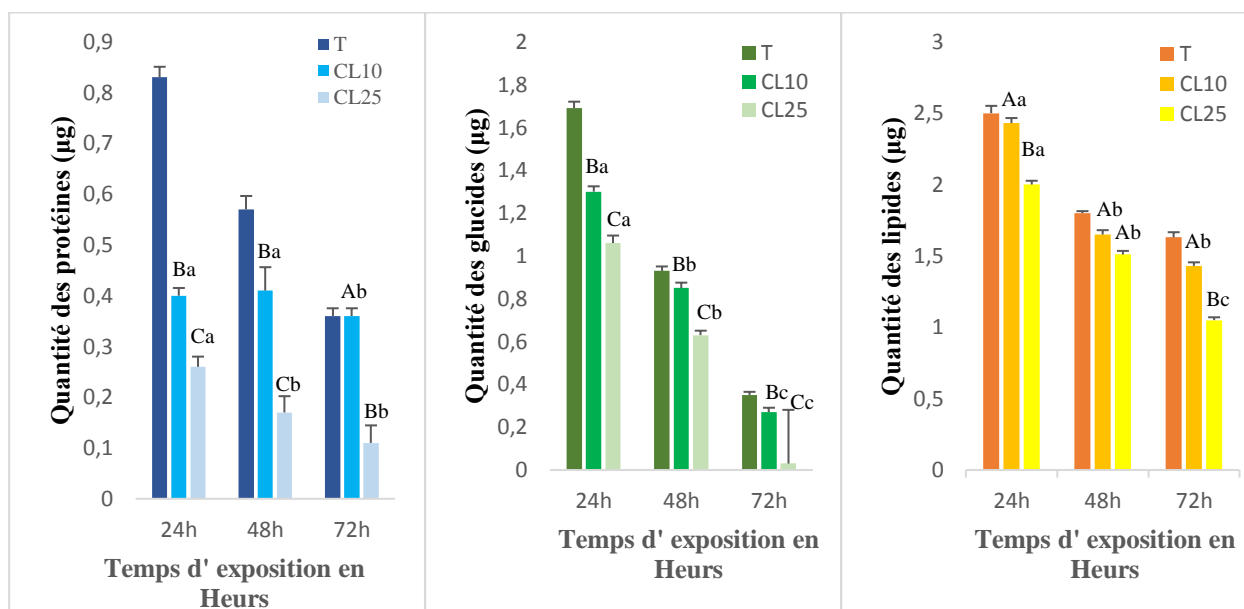


Figure 99 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en protéines.

Figure 100 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en glucides.

Figure 101 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en lipides.

Plea minutissima

Les résultats du contenu en **protéines** chez *Plea minutissima* sont mentionnés dans le **Tableau 12**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en protéines est de $1,47 \pm 0,0588$ µg chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,38 \pm 0,0151$ µg. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $0,52 \pm 0,0264$ µg, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,19 \pm 0,0305$ µg. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en protéine. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en protéine des spécimens traités, révèlent que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution significative du contenu en protéines ($F(4, 18) = 5,165$; $P = 0,0060$) par rapport aux séries témoins (**Figure 102**).

Les résultats du contenu en **glucide** chez *Plea minutissima* sont mentionnés dans le **Tableau 12**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en glucides est de $1,10 \pm 0,02$ µg chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de glucide après 72h de traitement est de $0,33 \pm 0,02$ µg. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de glucide étaient de $0,76 \pm 0,0152$ µg, alors au troisième jour de traitement les quantités de glucides étaient de $0,04 \pm 0,0208$ µg. On remarque

une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en glucide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en glucide des spécimens traités, révèlent que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution significative du contenu en glucides (F (4, 18) = 3,677 ; P = 0,0234) par rapport aux séries témoins. (**Figure 103**).

Les résultats du contenu en **lipides** chez *Plea minutissima* sont mentionnés dans le **Tableau 12**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en lipides est de 0,88±0,0251 µg chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de lipide après 72h de traitement est de 0,16±0,0152 µg. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de lipide étaient de 0,15±0,02 µg, alors au troisième jour de traitement les quantités de lipides étaient de 0,07±0,01 µg. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en lipide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en lipide des spécimens traités, révèle que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution très hautement significative du contenu en lipides (F (4, 18) = 29,77 ; P < 0,0001) par rapport aux séries témoins. (**Figure 104**).

Tableau 12 : Effets de deux concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'Oberon sur le contenu en Protéine ; Glucide & Lipide chez *Plea minutissima* (m ± SD, N= 100), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).

Jours et Métabolites	Témoin	CL ₁₀	CL ₂₅
24h			
Protéine	2,18±0,0152 Aa	1,47±0,0588 Ba	0,52±0,0264 Ba
Glucide	1,45±0,0152 Aa	1,10±0,02 Aa	0,76±0,0152 Ba
Lipide	1,4±0,0152 Aa	0,88±0,0251 Ba	0,15±0,02 Ca
48h			
Protéine	2,18±0,0152 Aa	1,47±0,0588 Ba	0,26±0,0152 Ca
Glucide	1,13±0,02 Ab	0,94±0,0152 Bb	0,73±0,0208 Ba
Lipide	1,1±0,02 Ab	0,2±0,0152 Bb	0,15±0,02 Ba
72h			
Protéine	0,9±0,0305 Ab	0,38±0,0151 Ab	0,19±0,0305 Aa
Glucide	0,5±0,0208 Ac	0,33±0,02 Ac	0,04±0,0208 Bb
Lipide	0,35±0,01 Ac	0,16±0,0152 Ab	0,07±0,01 Aa

Pour un même temps d'exposition, les moyennes suivies de différentes lettres minuscules (a, b, c) sont significativement différentes (p<0,05), tandis que pour une même concentration les moyennes suivies de différentes lettres majuscules (A, B, C) sont significativement différentes (p<0,05)

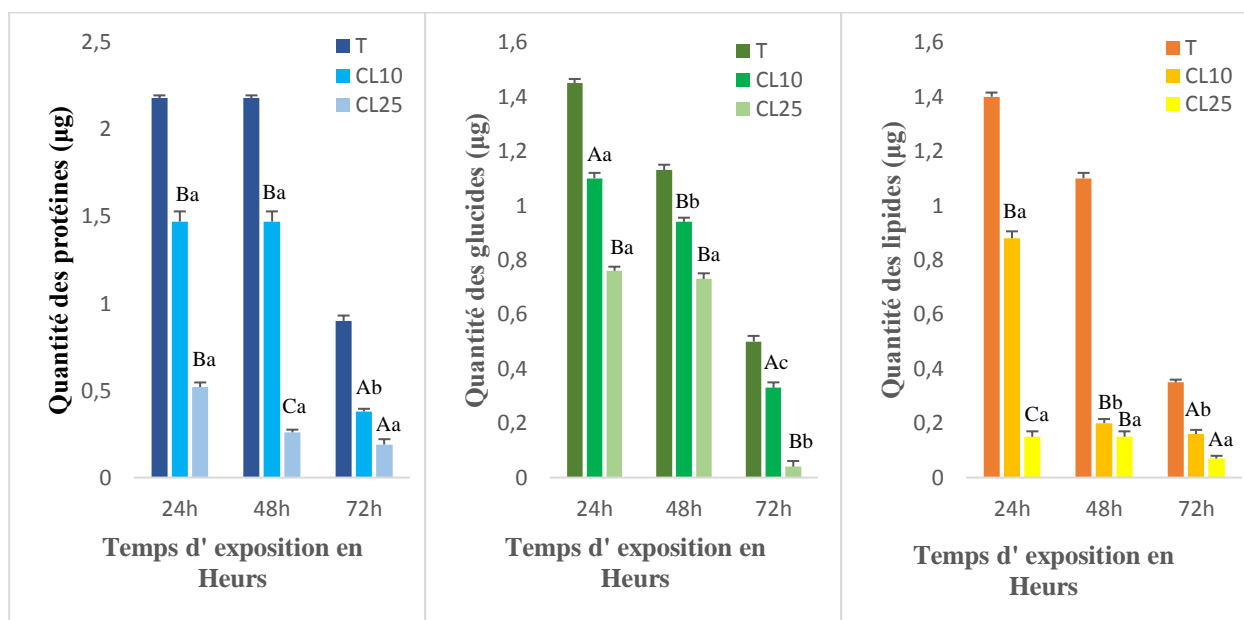


Figure 102 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en protéines.

Figure 103 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en glucides.

Figure 104 : Effets de l'Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en lipides.

Agabus brunneus

Les résultats du contenu en **protéines** chez *Agabus brunneus* sont mentionnés dans le **Tableau 13**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en protéines est de $0,40 \pm 0,0208$ µg chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,24 \pm 0,0264$ µg. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $0,36 \pm 0,0305$ µg, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,18 \pm 0,0152$ µg. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en protéine. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en protéine des spécimens traités, révèle que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution non significative du contenu en protéines ($F(4, 18) = 1,589$; $P = 0,2201$) par rapport aux séries témoins (**Figure 105**).

Les résultats du contenu en **glucide** chez *Agabus brunneus* sont mentionnés dans le **Tableau 13**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en glucides est de $0,49 \pm 0,0351$ µg chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de glucide après 72h de traitement est de $0,19 \pm 0,0251$ µg. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de glucide étaient de $0,35 \pm 0,0152$ µg, alors au troisième jour de traitement les quantités de glucides étaient de $0,16 \pm 0,02$ µg. On remarque une

diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en glucide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en glucide des spécimens traités, révèle que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution très hautement significative du contenu en glucides (F (4, 18) = 2,509 ; P = 0,0783) par rapport aux séries témoins. (Figure 106).

Les résultats du contenu en lipides chez *Agabus brunneus* sont mentionnés dans le Tableau 13. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en lipides est de 0,41±0,0351 µg chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de lipide après 72h de traitement est de 0,22±0,0251 µg. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de lipide étaient de 0,30±0,0264 µg, alors au troisième jour de traitement les quantités de lipides étaient de 0,18±0,0152 µg. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon sur le contenu en lipide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en lipide des spécimens traités, révèle que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) induit une diminution très hautement significative du contenu en lipides (F (4, 18) = 24,08 ; P < 0,0001) par rapport aux séries témoins. (Figure 107).

Tableau 13 : Effets de deux concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'Oberon sur le contenu en Protéine ; Glucide & Lipide chez *Agabus brunneus* (m ± SD, N= 100), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).

Jours et Métabolites	Témoin	CL ₁₀	CL ₂₅
24h			
Protéine	0,61±0,0152 Aa	0,40±0,0208 Aa	0,36±0,0305 Ba
Glucide	0,62±0,0152 Aa	0,49±0,0351 Ba	0,35±0,0152 Ca
Lipide	0,76±0,0251 Aa	0,41±0,0351 Ba	0,30±0,0264 Ca
48h			
Protéine	0,46±0,01 Ab	0,28±0,0152 Bb	0,24±0,0208 Ba
Glucide	0,50±0,0105 Aa	0,27±0,0305 Bb	0,21±0,0305 Bb
Lipide	0,47±0,0360 Ab	0,28±0,0152 Bb	0,25±0,02 Bb
72h			
Protéine	0,43±0,0360 Ab	0,24±0,0264 Bb	0,18±0,0152 Ba
Glucide	0,47±0,0321 Ab	0,19±0,0251 Bc	0,16±0,02 Bb
Lipide	0,31±0,0305 Ac	0,22±0,0251 Bb	0,18±0,0152 Cc

Pour un même temps d'exposition, les moyennes suivies de différentes lettres minuscules (a, b, c) sont significativement différentes (p<0,05), tandis que pour une même concentration les moyennes suivies de différentes lettres majuscules (A, B, C) sont significativement différentes (p<0,05)

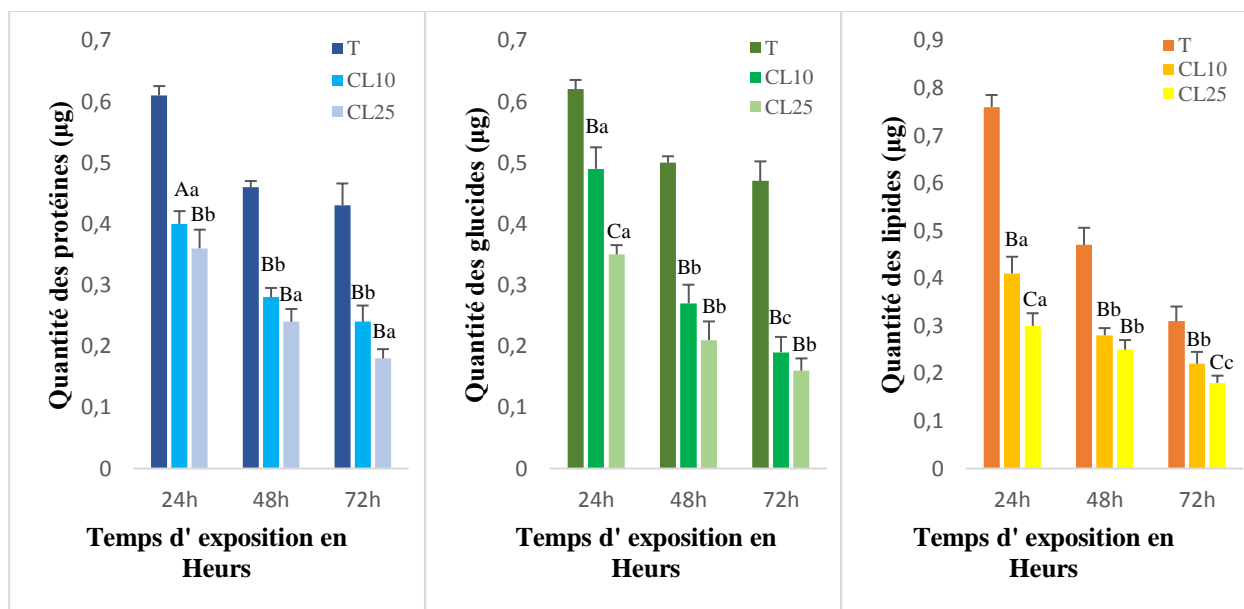


Figure 105 : Effets de l’Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en protéines.

Figure 106 : Effets de l’Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en glucides.

Figure 107 : Effets de l’Oberon appliqué avec deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur les contenus en lipides.

3.4.2.2. Impact de l’Oberon sur les biomarqueurs des espèces traitées

Activité de l’acétylcholinestérase : L’activité de l’acétylcholinestérase a été déterminée à différents temps (24h ; 48h & 72h) des individus de la faune non visée à Garâtes Djamel et ce si pour deux concentrations CL₁₀, CL₂₅.

L’activité de l’acétylcholinestérase chez *Daphnia magna* diminuent très significativement ($P < 0,0001$) au cours du temps. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l’activité de l’acétylcholinestérase est de $0,0057 \pm 0,00042 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,00351 \pm 0,0018 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les quantités de protéine étaient de $0,0026 \pm 0,00056$, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,0014 \pm 0,00053$. Cette diminution peut être expliquée par l’effet toxique de l’Oberon (**Figure 108**).

L’analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) révèle des effets temps très hautement significatives ($F(2, 18) = 2143 ; P < 0,0001$) ; selon les concentrations ($F(2, 18) = 4472 ; P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 325,1 ; P < 0,0001$) la différence était très hautement significative (**Tableau 14**).

L'activité de l'acétylcholinestérase chez *Cyclops fuscus* diminue très significativement ($P < 0,0001$) au cours du temps. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité de l'acétylcholinestérase est de $0,00481 \pm 0,00049$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL_{10}), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,00233 \pm 0,00018$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL_{25}), après 24 h, les quantités de protéine étaient de $0,00359 \pm 0,00051$, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,00141 \pm 0,00048$. Cette diminution peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon (**Figure 109**).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) révèle des effets temps très hautement significatives ($F(2, 18) = 420,8$; $P < 0,0001$) ; selon les concentrations ($F(2, 18) = 1646$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 17,59$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative (**Tableau 14**).

L'activité de l'acétylcholinestérase chez *Corixa punctata* diminue très significativement ($P < 0,0001$) au cours du temps. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité de l'acétylcholinestérase est de $0,004885 \pm 0,0004$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL_{10}), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,001515 \pm 0,0001$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL_{25}), après 24 h, les quantités de protéine étaient de $0,003852 \pm 0,00051$, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,0014875 \pm 0,0005$. Cette diminution peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon (**Figure 110**).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) révèle des effets temps très hautement significatives ($F(2, 18) = 2549$; $P < 0,0001$) ; selon les concentrations ($F(2, 18) = 924,4$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 45,18$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative (**Tableau 14**).

L'activité de l'acétylcholinestérase chez *Plea minutissima*, elle est non significative ($P = 0,1652$) au cours du temps. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité de l'acétylcholinestérase est de $0,00335 \pm 0,0003$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités

par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,00155 \pm 0,0001 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les quantités de protéine étaient de $0,0025 \pm 0,00051$, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,001328 \pm 0,0004$. Cette diminution peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon (**Figure 111**).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) révèle des effets temps très hautement significatives ($F(2, 18) = 16,66$; $P < 0,0001$) ; selon les concentrations ($F(2, 18) = 68,10$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 1,840$; $P = 0,1652$) la différence était non significative (**Tableau 14**).

L'activité de l'acétylcholinestérase chez *Agabus brunneus* diminue très significativement ($P < 0,0001$) au cours du temps. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité de l'acétylcholinestérase est de $0,008582 \pm 0,00022 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,00364 \pm 0,00052 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les quantités de protéine étaient de $0,00395 \pm 0,00055$, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,00151 \pm 0,00051$. Cette diminution peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon (**Figure 112**).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) révèle des effets temps très hautement significatives ($F(2, 18) = 2660$; $P < 0,0001$) ; selon les concentrations ($F(2, 18) = 38813$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 685,4$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative (**Tableau 14**).

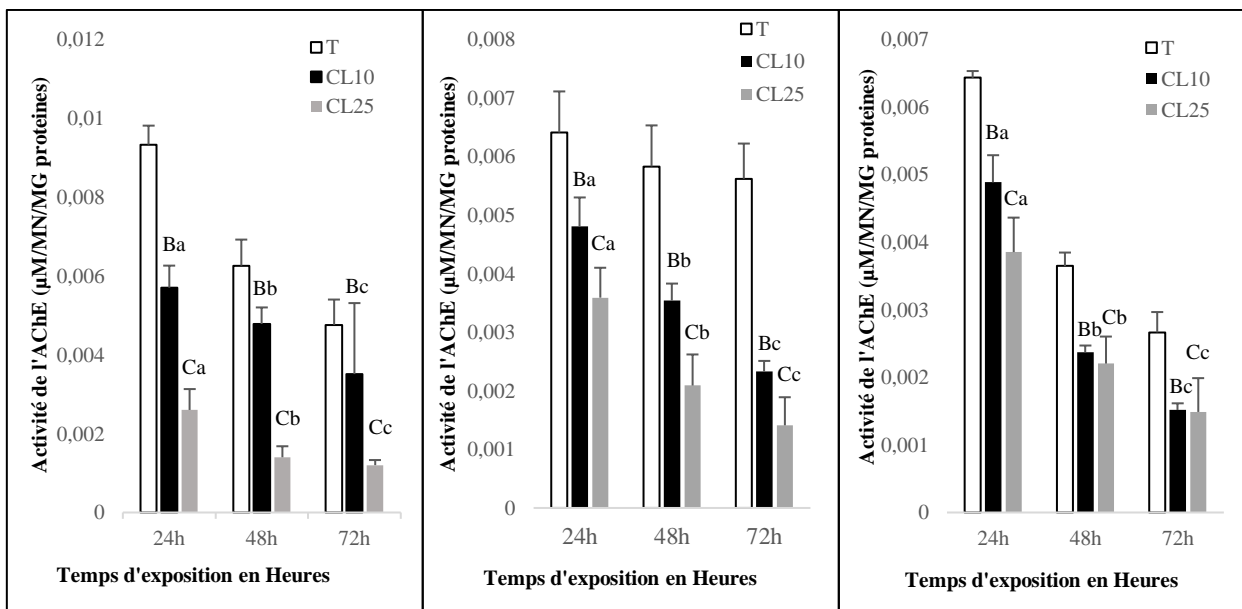


Figure 108 : Effets de l'Oberon sur l'activité de l'AChE (µM/mn/mg protéine) chez *Daphnia magna*.

Figure 109 : Effets de l'Oberon sur l'activité de l'AChE (µM/mn/mg protéine) chez *Cyclops fuscus*.

Figure 110 : Effets de l'Oberon sur de l'AChE (µM/mn/mg protéine) chez *Corixa punctata*.

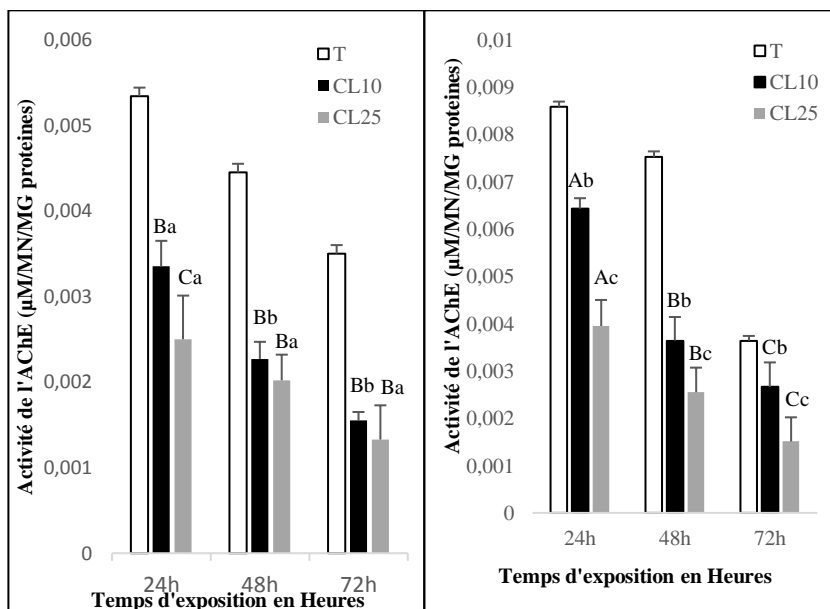


Figure 111 : Effets de l'Oberon sur l'activité de l'AChE (µM/mn/mg protéine) chez *Plea minutissima*.

Figure 112 : Effets de l'Oberon sur l'activité de l'AChE (µM/mn/mg protéine) chez *Agabus brunneus*.

Tableau 14 : Analyse de la variance à 2 critères de classification (concentration, temps) sur les données de l'activité spécifique de l'ACHé ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) de la faune non visée durant une période de 3 jours.

Variation	F _{obs}					P _{rob}					Obs				
	Dap	Cyc	Cori	Plea	Aga	Dap	Cyc	Cori	Plea	Aga	Dap	Cyc	Cori	Plea	Aga
Concentration	4472	1646	924,4	68,10	38813	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	***	***	***	***	***
Temps	2143	420,8	2549	16,66	2660	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	***	***	***	***	***
Interaction temps / concentration	325,1	17,59	45,18	1,840	685,4	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	= 0,1652	< 0,0001	***	***	***	ns	***

Dap : *Daphnia magna*, **Cyc :** *Cyclops fuscus*, **Cori :** *Corixa punctata*, **Plea :** *Plea minutissima*, **Aga :** *Agabus brunneus*.

Activité de la glutathion S-transférase : L'activité de la GST a été largement utilisée comme un biomarqueur qui permet d'évaluer les effets causés par les contaminants environnementaux. Les résultats montrent une repense de détoxification particulièrement au stress causé par les substances toxiques (Oberon). Une induction significative de l'activité de la GST ($p < 0,05$) a été enregistrée à partir du jour 1 pour les deux concentrations (CL₁₀ & CL₂₅), par rapport au témoin.

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité de la glutathion S-transférase chez *Daphnia magna* est de $0,0204 \pm 0,0088 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,04542 \pm 0,0152 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les quantités de protéine étaient de $0,0118 \pm 0,00052 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,022 \pm 0,0098 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines (**Figure 113**).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) révèle des effets temps très hautement significatives ($F(2, 18) = 22,71$; $P < 0,0001$), selon les concentrations ($F(2, 18) = 69,34$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 6,989$; $P = 0,0014$) la différence était significative (**Tableau 15**).

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité de la glutathion S-transférase chez *Cyclops fuscus* est de $0,024025 \pm 0,0127$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL_{10}), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,061825 \pm 0,0087$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL_{25}), après 24 h, les quantités de protéine étaient de $0,01065 \pm 0,0003$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,016475 \pm 0,0050$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines (**Figure 114**).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) révèle des effets temps très hautement significatives ($F(2, 18) = 22,01$; $P < 0,0001$), selon les concentrations ($F(2, 18) = 181,4$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 4,807$; $P = 0,0082$) la différence était significative (**Tableau 15**).

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité de la glutathion S-transférase chez *Corixa punctata* est de $0,024625 \pm 0,0054$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL_{10}), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,06005 \pm 0,00569$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL_{25}), après 24 h, les quantités de protéine étaient de $0,018225 \pm 0,0068$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,044025 \pm 0,0083$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines (**Figure 115**).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) révèle des effets temps très hautement significatives ($F(2, 18) = 109,8$; $P < 0,0001$), selon les concentrations ($F(2, 18) = 162,2$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 15,09$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative (**Tableau 15**).

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité de la glutathion S-transférase chez *Plea minutissima* est de $0,0225 \pm 0,0048$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL_{10}), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,0545 \pm 0,0069$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL_{25}), après 24 h, les quantités de protéine étaient de $0,0256 \pm 0,008$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,0736 \pm 0,0041$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines (**Figure 116**).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) révèle des effets temps très hautement significatives ($F(2, 18) = 736,3$; $P < 0,0001$), selon les concentrations ($F(2, 18) = 139,9$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 27,86$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative (**Tableau 15**).

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité de la glutathion S-transférase chez *Agabus brunneus* est de $0,020075 \pm 0,00634 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,037375 \pm 0,01450 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les quantités de protéine étaient de $0,016675 \pm 0,0057 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,031775 \pm 0,0051 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines (**Figure 117**).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) révèle des effets temps significatives ($F(2, 18) = 8,403$; $P = 0,0026$), selon les concentrations ($F(2, 18) = 79,49$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 2,407$; $P = 0,0875$) la différence était non significative (**Tableau 15**).

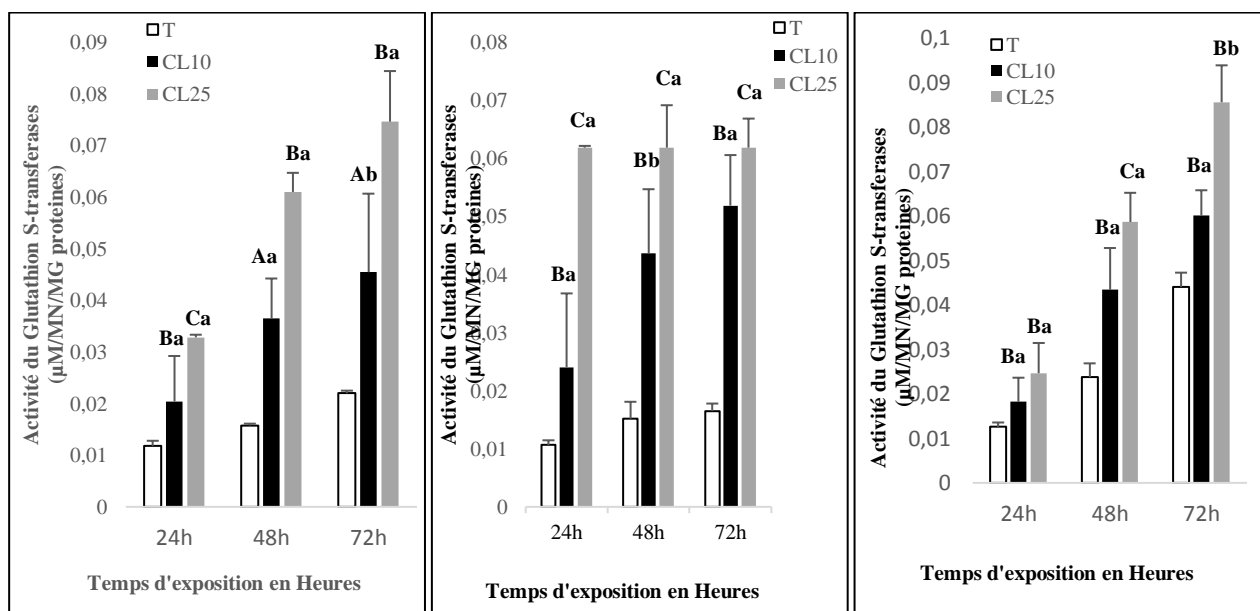


Figure 113 : Effets de l'Oberon sur l'activité du GST ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ protéine) chez *Daphnia magna*.

Figure 114 : Effets de l'Oberon sur l'activité du GST ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ protéine) chez *Cyclops fuscus*.

Figure 115 : Effets de l'Oberon sur l'activité du GST ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ protéine) chez *Corixa punctata*.

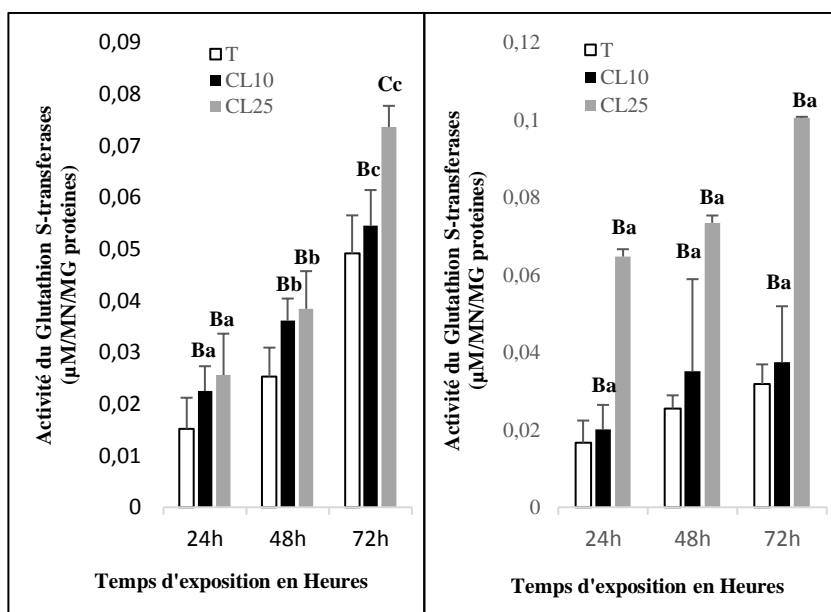


Figure 116 : Effets de l'Oberon sur l'activité Du GST (µM/mn/mg protéine) chez Plea minutissima.

Figure 117 : Effets de l'Oberon sur l'activité du GST (µM/mn/mg protéine) chez Agabus brunneus.

Tableau 15 : Analyse de la variance à 2 critères de classification (concentration, temps) sur les données de l'activité spécifique du GST (µM/mn/mg de protéines) de la faune non visée durant une période de 3 jours.

Variation	F _{obs}					P _{prob}					Obs				
	Dap	Cyc	Cori	Plea	Aga	Dap	Cyc	Cori	Plea	Aga	Dap	Cyc	Cori	Plea	Aga
Concentration	69,3 4	181, 4	162, 2	139, 9	79,4 9	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	***	***	***	***	***
Temps	22,7 1	22,0 1	109, 8	736, 3	8,40 3	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	= 0,0026	***	***	***	***	**
Interaction temps / concentration	6,98 9	4,80 7	15,0 9	27,8 6	2,40 7	= 0,0014	= 0,0082	< 0,0001	< 0,0001	= 0,0875	**	**	***	***	ns

Dap : Daphnia magna, Cyc : Cyclops fuscus, Cori : Corixa punctata, Plea : Plea minutissima, Aga : Agabus brunneus.

Activité spécifique du Malondialdéhyde : Les résultats d'un biomarqueur du stress oxydatif (MDA), montrent une augmentation très hautement significative après exposition à deux concentrations sub létales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'Oberon (p < 0,05) à partir du premier jour, par rapport au témoin, cette augmentation de l'activité reflète une mise en place du processus de désintoxication, qui est une forme de défense de l'insecte.

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité du malondialdéhyde chez *Daphnia magna* est de $0,1275 \pm 0,005 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,175 \pm 0,0040 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $0,2505 \pm 0,0054 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,284 \pm 0,0029 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Cette augmentation peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon (**Figure 118**). L'analyse de la variance de la comparaison entre les deux concentrations de l'Oberon en fonctions de la période d'exposition pour l'activité spécifique de MDA (Concentration & Temps) révèle des effets temps ($F(2, 18) = 218,8$; $P < 0,0001$) très hautement significatifs, selon la concentration ($F(2, 18) = 4997$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 23,11$; $P < 0,0001$) et très hautement significatifs (**Tableau 16**).

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité du malondialdéhyde chez *Cyclops fuscus* est de $0,1565 \pm 0,0035 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,1752 \pm 0,0032 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $0,3197 \pm 0,0095 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,3622 \pm 0,0015 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Cette augmentation peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon (**Figure 119**). L'analyse de la variance de la comparaison entre les deux concentrations de l'Oberon en fonctions de la période d'exposition pour l'activité spécifique de MDA (Concentration & Temps) révèle des effets temps ($F(2, 18) = 146,1$; $P < 0,0001$) très hautement significatifs, selon la concentration ($F(2, 18) = 11869$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 28,50$; $P < 0,0001$) et très hautement significatifs (**Tableau 16**).

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité du malondialdéhyde chez *Corixa punctata* est de $0,158 \pm 0,0080 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,189 \pm 0,0047 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $0,2175 \pm 0,0036 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,2535 \pm 0,0037 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de

protéines. Cette augmentation peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon (**Figure 120**). L'analyse de la variance de la comparaison entre les deux concentrations de l'Oberon en fonctions de la période d'exposition pour l'activité spécifique de MDA (Concentration & Temps) révèle des effets temps ($F(2, 18) = 105,4$; $P < 0,0001$) très hautement significatifs, selon la concentration ($F(2, 18) = 2367$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 18,84$; $P < 0,0001$) et très hautement significatifs (**Tableau 16**).

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité du malondialdéhyde chez *Plea minutissima* est de $0,271 \pm 0,0080$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,444 \pm 0,0047$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $0,287 \pm 0,0036$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,483 \pm 0,0037$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Cette augmentation peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon (**Figure 121**). L'analyse de la variance de la comparaison entre les deux concentrations de l'Oberon en fonctions de la période d'exposition pour l'activité spécifique de MDA (Concentration & Temps) révèle des effets temps ($F(2, 18) = 3731$; $P < 0,0001$) très hautement significatifs, selon la concentration ($F(2, 18) = 199,3$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 8,702$; $P < 0,0001$) et très hautement significatifs (**Tableau 16**).

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité du malondialdéhyde chez *Agabus brunneus* est de $0,1755 \pm 0,0031$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,1915 \pm 0,0040$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $0,22675 \pm 0,0035$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,26225 \pm 0,0015$ $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines. Cette augmentation peut être expliquée par l'effet toxique de l'Oberon (**Figure 122**). L'analyse de la variance de la comparaison entre les deux concentrations de l'Oberon en fonctions de la période d'exposition pour l'activité spécifique de MDA (Concentration & Temps) révèle des effets temps ($F(2, 18) = 152,8$; $P < 0,0001$) très hautement significatifs, selon la concentration ($F(2, 18) = 3758$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 21,14$; $P < 0,0001$) et très hautement significatifs (**Tableau 16**).

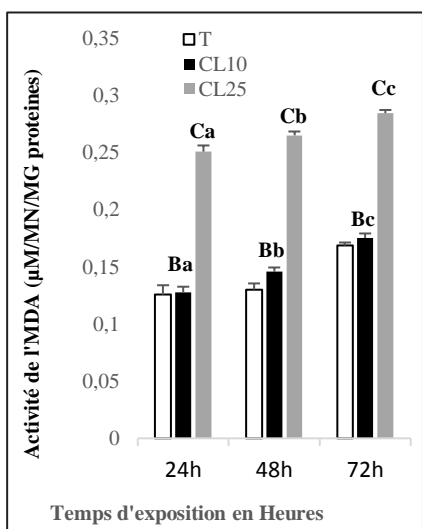


Figure 118 : Effets de l'Oberon sur l'activité de l'MDA (µM/mn/mg protéine) chez *Daphnia magna*.

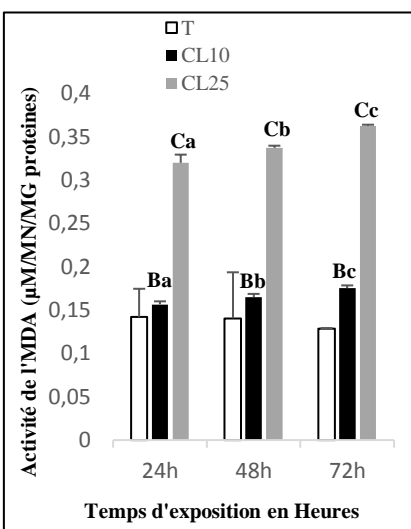


Figure 119 : Effets de l'Oberon sur l'activité de l'MDA (µM/mn/mg protéine) chez *Cyclops fuscus*.

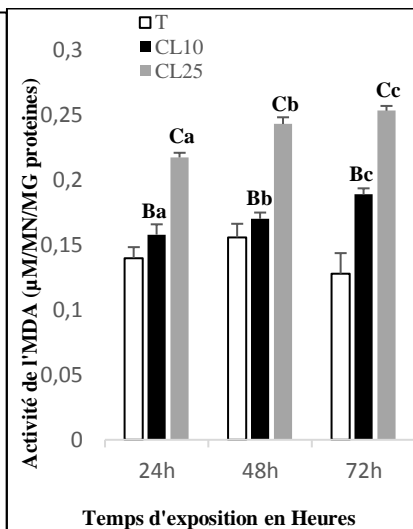


Figure 120 : Effets de l'Oberon sur l'activité de l'MDA (µM/mn/mg protéine) chez *Corixa punctata*.

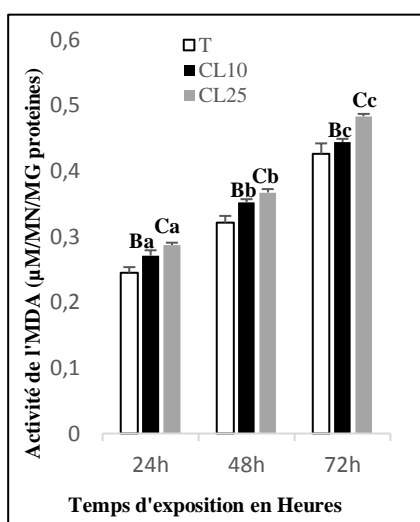


Figure 121 : Effets de l'Oberon sur l'activité de l'MDA (µM/mn/mg protéine) chez *Plea minutissima*

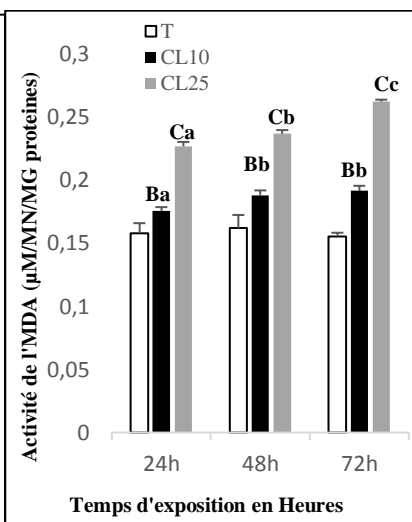


Figure 122 : Effets de l'Oberon sur l'activité de l'MDA (µM/mn/mg protéine) chez *Agabus brunneus*

Tableau 16 : Analyse de la variance à 2 critères de classification (concentration, temps) sur les données de l'activité spécifique du MDA ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) de la faune non visée durant une période de 3 jours.

Variation	F _{obs}					P _{rob}					Obs				
	Dap	Cyc	Cori	Plea	Aga	Dap	Cyc	Cori	Plea	Aga	Dap	Cyc	Cori	Plea	Aga
Concentration	4997	11869	2367	199,3	3758	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	***	***	***	***	***
Temps	218,8	146,1	105,4	3731	152,8	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	***	***	***	***	***
Interaction temps / concentration	23,11	28,50	18,84	8,702	21,14	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	***	***	***	***	***

Dap : *Daphnia magna*, **Cyc :** *Cyclops fuscus*, **Cori :** *Corixa punctata*, **Plea :** *Plea minutissima*, **Aga :** *Agabus brunneus*.

3.4.3. Activité larvicide de *Lavandula dentata* à l'égard des larves du quatrième stade d'*Aedes mariae*

Dans l'objectif de déterminer l'effet larvicide de l'extrait huileux de la plante testée, des essais toxicologiques à l'égard des larves du 4^{ème} stade d'*Ae. mariae* ont été réalisés, les résultats des mortalités sont récapitulés dans le **Tableau 17**. Les larves ont été exposées à l'HE pendant 3 jours à 5 concentrations (300 $\mu\text{g}/\text{ml}$; 350 $\mu\text{g}/\text{ml}$; 400 $\mu\text{g}/\text{ml}$; 450 $\mu\text{g}/\text{ml}$ et 500 $\mu\text{g}/\text{ml}$). La mortalité corrigée selon le temps du bioessai; les doses létales et le Slop des différentes séries (Témoins & traitées) sont mentionnés dans le **Tableau 18**.

Tableau 17: Mortalité corrigé des larves L4 d'*Ae.mariae* après traitement par les différentes concentrations de l'HE de la *L. dentata* après 24h ,48h et 72h ($m \pm SE$; N= 100).

Concentration \ Mortalité(%)	300 $\mu\text{g}/\text{ml}$	350 $\mu\text{g}/\text{ml}$	400 $\mu\text{g}/\text{ml}$	450 $\mu\text{g}/\text{ml}$	500 $\mu\text{g}/\text{ml}$
24h	4,208 \pm 1,76Aa	5,26 \pm 2,26Aa	11 \pm 2,18Ba	14 \pm 1,18Ba	22 \pm 1,36Ba
48h	9,63 \pm 2,17Ab	11,57 \pm 2,92Ab	18 \pm 1,80Bb	20,5 \pm 1,10Bb	21,04 \pm 2,58Ba
72h	15,04 \pm 1,68Ac	19,21 \pm 2,19Bc	23,99 \pm 2,01Cc	28,06 \pm 1,24Dc	32,66 \pm 1,48Eb

Pour un même temps d'exposition, les moyennes suivies de différentes lettres minuscules (a, b, c) sont significativement différentes ($p < 0,05$), tandis que pour une même concentration les moyennes suivies de différentes lettres majuscules (A, B, C) sont significativement différentes ($p < 0,05$)

Une transformation angulaire des mortalités corrigées a été effectuée pour normaliser les données obtenues et permettre ainsi d'effectuer l'analyse statistique (ANOVA). L'équation de la droite de régression a été déterminée (**Figure 123 ; Figure 124 & Figure 125**) après une transformation des moyennes des mortalités corrigées en probits et des concentrations testées en logarithmes décimaux. Les valeurs des coefficients de corrélations (R^2) des droites de régression sont respectivement (0,998 ; 0,998 & 0,998) révèlent une liaison positive très forte entre les probits et les logarithmes décimaux des concentrations testées. Les concentrations létales ; sub létales et les intervalles de confiance sont présentés dans le **Tableau 18**.

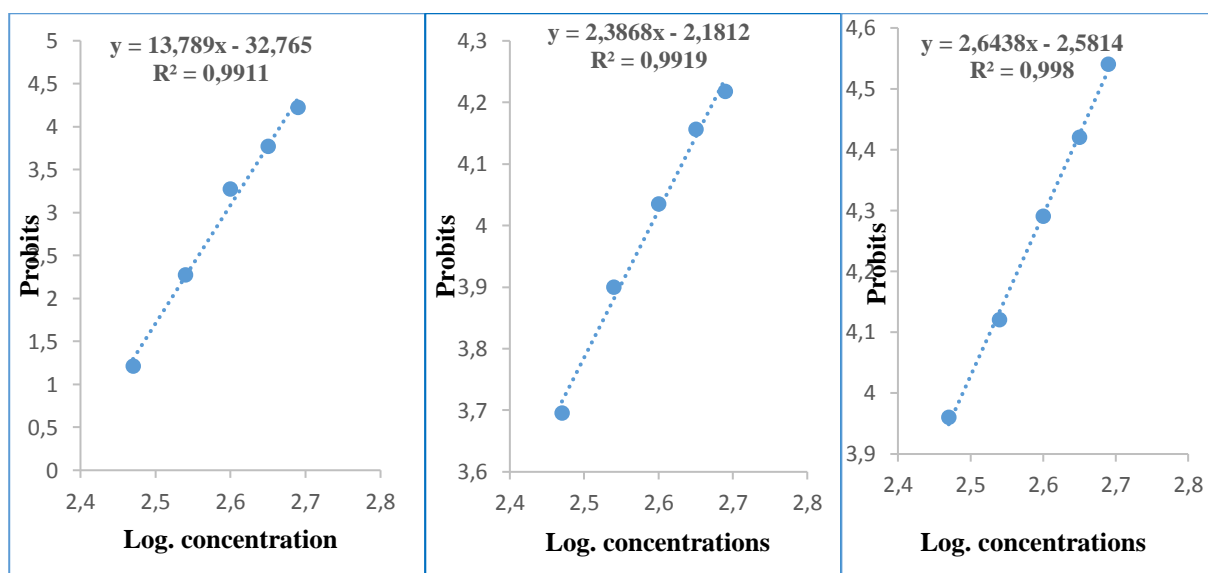


Figure123 : La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concertations **24h**

Figure 124 : La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concertations **48h**

Figure 125: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concertations **72h**

Tableau 18: Détermination des doses létales et sublétales de l'HE de la *L. dentata* après application sur les larves L4 d'*Ae. Mariae*. Concentrations létales (µg/ml) ; concentrations sublétales (µg/ml) ; Intervalle de confiance (95%) ; Slope ; temps d'exposition (heures) ; N : 100 individus traités.

T	CL ₁₀ (µg/ml) 95% IC	CL ₂₅ (µg/ml) 95% IC	CL ₅₀ (µg/ml) 95% IC	CL ₉₀ (µg/ml) 95% IC	Hill Slope	R ²	Droite de régression
24h	396,2 (371,9 -422,2)	515,3 (482,5- 550,3)	670,2 (573,8 -782,8)	1134 (799,116)	4,181	0,991	Y=13,78 X - 32,7
48h	297,4 (240,2 -368,2)	529 (451,8 -619,4)	940,9 (591,6 -1496)	2977 (982,3 90)	1,908	0,991	Y=2,38 X - 2,18
72h	208,7 (79,02 -551,0)	411,1 (326,1 -518,4)	810 (304,5 -2155)	3144 (181,3 545)	0,710	0,998	Y=2,64 X - 2,58

T : temps d'exposition ; IC : Intervalle de confiance ; CL : Concentrations létales ; R² : Coefficient de détermination.

3.4.3.1. Impact de l'HE de la lavande sur la composition biochimique

Une étude a concerné les quantités des métabolites, par une analyse biochimique des protéines, des glucides et des lipides d'*Ae. mariae*. Les larves du quatrième stade ont été exposées aux concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'extrait de *L. dentata* pendant 3 jours.

Effet sur le contenu en protéines totales : Le contenu en protéines a été déterminé chez les larves L4 des séries témoins et traitées chaque jour pendant les 3 jours de traitement, d'après une courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des protéines (µg) (**Figure 126**).

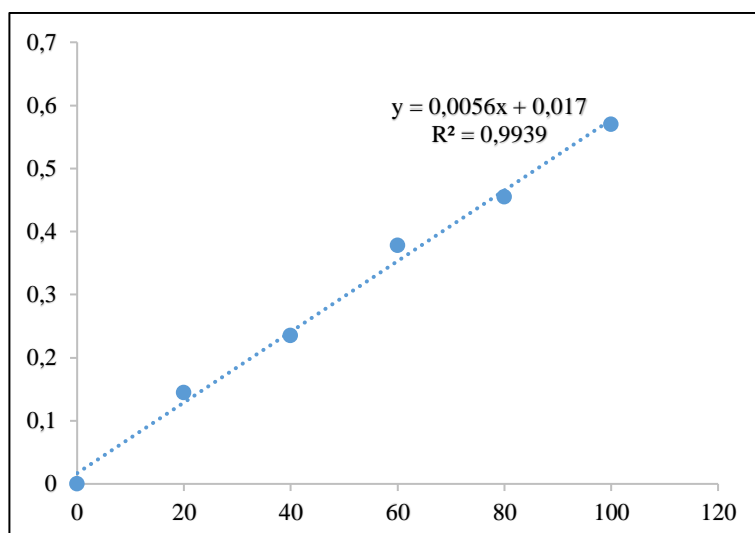


Figure 126 : Dosage des protéines totales d'*Ae.mariae*, courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des protéines (μg) (R^2 = Coefficient de détermination).

Effet sur le contenu en carbohydate totaux : Le taux des glucides totaux chez les larves d'*Ae. mariae* a été calculé d'après une courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des glucides (**Figure 127**).

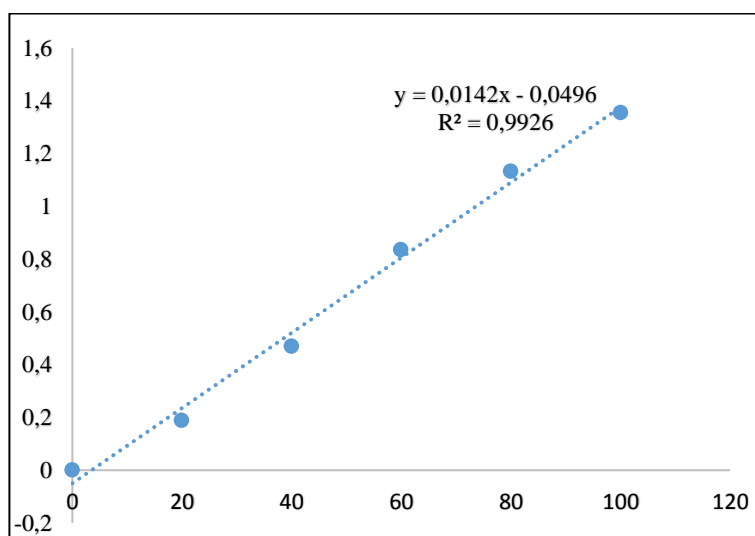


Figure 127 : Dosage des glucides totaux d'*Ae. mariae*. Courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des glucides (μg) (R^2 = Coefficient de détermination).

Effet sur le contenu en lipides totaux : Le contenu en lipides a été déterminé chez les larves L4 des séries témoins et traitées d'après une courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des protéines (**Figure 128**).

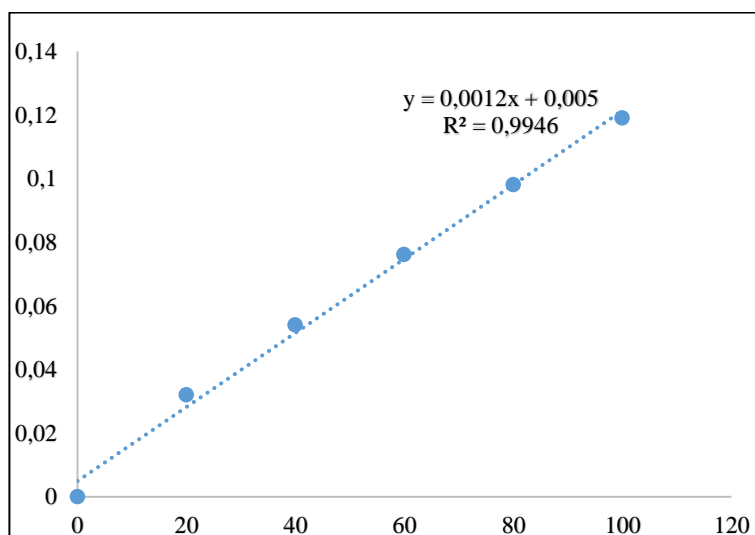


Figure 128: Dosage des lipides totaux d'*Ae. mariae*. Courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité des lipides (μg) (R^2 = Coefficient de détermination).

Les résultats du contenu en protéines sont mentionnés dans le **Tableau 19**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en protéines est de $0,0379 \pm 0,00151 \mu\text{g}$ chez les individus traités par la plus faible concentration (CL_{10}), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,0237 \pm 0,00279 \mu\text{g}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL_{25}), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $0,024 \pm 0,00343 \mu\text{g}$, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,01405 \pm 0,00198 \mu\text{g}$. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'HE de la lavande sur le contenu en protéine. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en protéine des spécimens traités, révèle que les concentrations sublétales (CL_{10} & CL_{25}) de l'extrait de *L. dentata* induit une diminution significative du contenu en protéines ($F(4, 18) = 8,173$; $P = 0,0006$) par rapport aux séries témoins. (**Figure 129**).

Les résultats du contenu en glucides sont mentionnés dans le **Tableau 19**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en glucides est de $0,0582 \pm 0,00176 \mu\text{g}$ chez les individus traités par la plus faible concentration (CL_{10}), par rapport à la quantité de glucide après 72h de traitement est de $0,0332 \pm 0,00060 \mu\text{g}$. Les individus traités à la deuxième concentration (CL_{25}), après 24 h, les valeurs de glucides étaient de $0,02405 \pm 0,00207 \mu\text{g}$, alors au troisième jour de traitement les quantités de glucides étaient de $0,01432 \pm 0,00146 \mu\text{g}$. On remarque une diminution des quantités, peut être expliquée par l'effet toxique de l'HE de la lavande sur le contenu en

glucide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en glucide des spécimens traités, révèle que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'extrait de *L. dentata* induit une diminution très hautement significativement du contenu en glucides (F (4, 18) = 19,49 ; P < 0,0001) par rapport aux séries témoins (**Figure 130**).

Les résultats du contenu en lipides sont mentionnés dans le **Tableau 19**. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne du contenu en lipides est de 0,0647 ± 0,00514 µg chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de lipide après 72h de traitement est de 0,0447± 0,00224 µg. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de lipides étaient de 0,0339 ± 0,003465 µg, alors au troisième jour de traitement les quantités de lipides étaient de 0,01292± 0,00069 µg. Cette diminution peut être expliquée par l'effet toxique de l'HE de la lavande sur le contenu en lipide. La comparaison des valeurs moyennes du contenu en lipide des spécimens traités, révèle que les concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'extrait de *L. dentata* induit une diminution non significative du contenu en lipides (F (4, 18) = 0,2450 ; p = 0,9089) par rapport aux séries témoins (**Figure 131**).

Tableau 19 : Effets de deux concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'HE de la lavande sur le contenu en Protéine ; Glucide & Lipide chez *Ae. mariae* (m ± SD, N= 100), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).

Jours et Métabolites	Témoin	CL ₁₀	CL ₂₅
24h			
Protéine	0,0604 ± 0,00636 Aa	0,0379 ± 0,00151 Ab	0,024 ± 0,00343 Ac
Glucide	0,0289 ± 0,00070 Aa	0,0582 ± 0,00176 Ab	0,02405 ± 0,00207 Ac
Lipide	0,085 ± 0,00282 Aa	0,0647 ± 0,00514 Ab	0,0339 ± 0,003465 Ac
48h			
Protéine	0,0506± 0,00777 Ba	0,0352± 0,00266 Ab	0,0141± 0,00269 Bc
Glucide	0,0289± 0,00070 Ba	0,0460± 0,00216 Bb	0,0143± 0,00022 Bc
Lipide	0,0749± 0,00042 Ba	0,0564± 0,00227 Bb	0,0228± 0,00069 Bc
72h			
Protéine	0,0315± 0,00721 Ca	0,0237± 0,00279 Ba	0,01405± 0,00198 Bb
Glucide	0,0232± 0,00070 Ca	0,0332± 0,00060 Cb	0,01432± 0,00146 Bc
Lipide	0,0625± 0,00077 Ca	0,0447± 0,00224 Cb	0,01292± 0,00069 Cc

Pour un même temps d'exposition, les moyennes suivies de différentes lettres minuscules (a, b, c) sont significativement différentes (p<0,05), tandis que pour une même concentration les moyennes suivies de différentes lettres majuscules (A, B, C) sont significativement différentes (p<0,05).

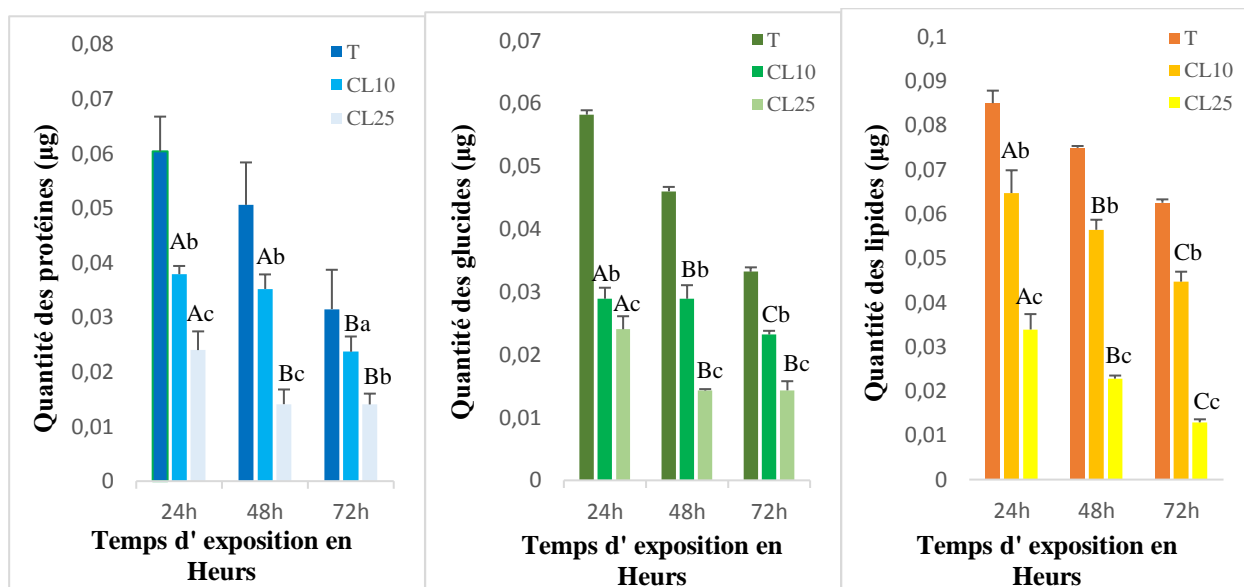


Figure 129 : Effets de l'HE de la lavande appliquée selon deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur le contenu en Protéine.

Figure 130 : Effets de l'HE de la lavande appliquée selon deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur le contenu en Glucide.

Figure 131 : Effets de l'HE de la lavande appliquée selon deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur le contenu en Lipide.

3.4.3.2. Impact de l'HE de la lavande sur les biomarqueurs

Dans un contexte plus approfondie, on a réalisé un dosage des biomarqueurs, chez les larves du quatrième stade, traitées par deux concentrations sub létales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'HE. L'effet de ce bioinsecticide a été évalué selon différentes périodes (24h ; 48h & 72h). Cet extrait a été évalué sur un biomarqueur évaluant la neurotoxicité (L'acétylcholinestérase), un biomarqueur de détoxification (Glutathion S-transférases) et sur un biomarqueur du stress oxydatif (Malondialdéhyde). Les résultats relatifs à l'activité spécifique de l'AChE, GST et MDA sont exprimés en micromoles par minute et par milligramme de protéines (µM/min/mg de protéines).

Activité de l'acétylcholinestérase : L'activité spécifique de l'AChE a été estimée chez les séries témoins et traitées selon la procédure **d'Ellman et al., (1961)** en utilisant les pentes des droites de régression exprimant l'absorbance en fonction du temps.

Les résultats des comparaisons des moyennes, entre les séries témoins et traitées, démontrent qu'il existe une diminution significative ($P = 0,0104$) de l'activité spécifique de l'AChE (µM/min/mg de protéines) au cours du temps. Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité de l'acétylcholinestérase est de $0,0306 \pm 0,0048$ µM/mn/mg de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,0112 \pm 0,00090$ µM/mn/mg. Les individus traités à la deuxième

concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de 0,0214± 0,00045, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de 0,0105± 0,00023. Cette diminution peut être expliquée par l'effet toxique de l'HE de la lavande.

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Concentration & Temps) révèle des effets temps très hautement significatifs (F (2, 18) = 124,6 ; P < 0,0001); selon les concentrations (F (2, 18) = 106,1 ; P < 0,0001) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps (F (4, 18) = 4,540 ; P =0,0104) significative (**Figure 132; Tableau 20**).

Activité de la glutathion S-transférase : L'activité de la GST a également été largement utilisée comme un biomarqueur pour évaluer l'exposition aux effets causés par les contaminants environnementaux. Les résultats de l'étude indiquent une repense de détoxification principalement au stress causé par les substances toxiques. Une induction significative de l'activité de la GST (p < 0,05) a été enregistrée à partir du jour 1 pour les deux concentrations (CL₁₀ & CL₂₅), par rapport au témoin. L'activité la plus élevée a été observée au troisième jour pour la CL₂₅.

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité de la glutathion S-transférase est de 0,0144± 0,00024 µM/mn/mg de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de 0,0251± 0,00243 µM/mn/mg de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de 0,0335± 0,00209, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de 0,0454± 0,0032. Cette augmentation peut être expliquée par l'effet toxique de l'HE de la lavande.

L'analyse de la variance de la comparaison entre les deux concentrations de l'HE en fonctions de la période d'exposition pour l'activité spécifique de la GST (Concentration & Temps) révèle des effets temps (F (2, 18) = 114,2 ; P < 0,0001) très hautement significatifs, selon la concentration (F (2, 18) = 881,3 ; P < 0,0001) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps (F (4, 18) = 5,819 ; P =0,0035) et très significative (**Figure 133; Tableau 20**).

Activité spécifique du Malondialdéhyde : L'MDA est un biomarqueur du stress oxydatif, il a été déterminé en tant qu'indice de peroxydation lipidique. Les résultats montrent une augmentation très hautement significative du taux de l'MDA après exposition à deux concentrations sub létales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'HE de la lavande ($p < 0,05$) à partir du premier jour, par rapport au témoin, cette augmentation de l'activité reflète une mise en place du processus de désintoxication, qui est une forme de défense de l'insecte.

Le premier jour du test (24h), la valeur moyenne de l'activité du malondialdéhyde est de $0,0134 \pm 0,00024 \mu\text{M/mn/mg}$ de protéines chez les individus traités par la plus faible concentration (CL₁₀), par rapport à la quantité de protéine après 72h de traitement est de $0,0264 \pm 0,00050 \mu\text{M/mn/mg}$ de protéines. Les individus traités à la deuxième concentration (CL₂₅), après 24 h, les valeurs de protéine étaient de $0,0317 \pm 0,00069$, alors au troisième jour de traitement les quantités de protéines étaient de $0,0473 \pm 0,00184$. Cette augmentation peut être expliquée par l'effet toxique de l'HE de la lavande. L'analyse de la variance de la comparaison entre les deux concentrations de l'HE en fonctions de la période d'exposition pour l'activité spécifique de MDA (Concentration & Temps) révèle des effets temps ($F(2, 18) = 2780$; $P < 0,0001$) très hautement significatifs, selon la concentration ($F(2, 18) = 14878$; $P < 0,0001$) la différence était très hautement significative et une interaction concentration X temps ($F(4, 18) = 51,12$; $P < 0,0001$) et très hautement significatifs (**Figure 134 ; Tableau 20**).

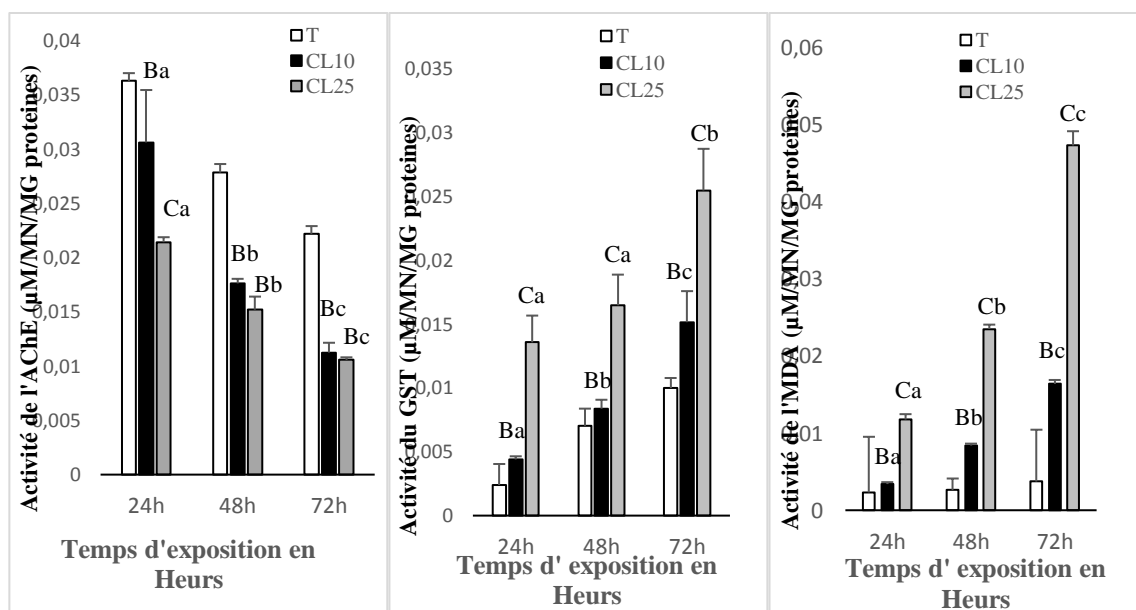


Figure 132: Effets de l'HE de la lavande appliquée selon deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur l'activité de l'AChE (µM/mn/mg protéine).

Figure 133 : Effets de l'HE de la lavande appliquée selon deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur l'activité de l'GST (µM/mn/mg protéine).

Figure 134: Effets de l'HE de la lavande appliquée selon deux concentrations (CL₁₀ et CL₂₅) sur l'activité de l'MDA (µM/mn/mg protéine).

Tableau 20: Effets de deux concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'HE de la lavande sur les biomarqueurs AChE ; GST & MDA (µM/mn/mg de protéines) chez *Ae.mariae* (m ± SD, N= 100), pendant 3 jours (24h ; 48h & 72h).

Jours /biomarqueurs	Témoin	CL ₁₀	CL ₂₅
24h			
AChE	0,0363± 0,0007 Aa	0,0306 ± 0,0048 Ba	0,0214± 0,00045 Ca
GST	0,0224± 0,016 Aa	0,0144± 0,00024 Ba	0,0335± 0,00209 Ca
MDA	0,0133± 0,0072 Aa	0,0134± 0,00024 Ba	0,0317± 0,00069 Ca
48h			
AChE	0,0278± 0,00077 Ab	0,0176± 0,00041 Bb	0,0152± 0,00120 Bb
GST	0,0203± 0,001 Ab	0,0183± 0,00069 Bb	0,0364± 0,00239 Ca
MDA	0,0162± 0,0014 Ab	0,0184± 0,00024 Bb	0,0352± 0,00056 Cb
72h			
AChE	0,0222± 0,00070 Ac	0,0112± 0,00090 Bc	0,0105± 0,00023 Bc
GST	0,0213± 0,0007 Ab	0,0251± 0,00243 Bc	0,0454± 0,0032 Cb
MDA	0,0253± 0,0067 Ac	0,0264± 0,00050 Bc	0,0473± 0,00184 Cc

Pour un même temps d'exposition, les moyennes suivies de différentes lettres minuscules (a, b, c) sont significativement différentes (p<0,05), tandis que pour une même concentration les moyennes suivies de différentes lettres majuscules (A, B, C) sont significativement différentes (p<0,05).

DISCUSSION

4. Discussion

4.1. Identification systématique et importance bioécologique de l'espèce visée et des cinq espèces non visées

4.1.1. Identification systématique de l'espèce visée *Aedes mariaae*

La systématique des moustiques est en perpétuelle évolution en fonction des nouvelles descriptions d'espèces, des travaux sur des groupes entiers (concernant la tribu des Aedini ou le genre *Culex* par exemple), de l'intérêt et du temps que peuvent y consacrer les rares systématiciens dans le monde passionné par cette Famille. Plusieurs techniques d'identification de nos jours sont disponibles, utilisant des caractères morphologiques; morphométriques, génétiques; protéomiques c'est-à-dire l'étude de l'ensemble des protéines cellulaire; de spectres de couleur; ainsi que les analyses cladistiques. Le nombre d'espèce identifiée en 2023, était de 3 618 espèces de moustiques réparties selon 111 genres cela niveau mondial, dont quelques espèces seulement pique l'être humain (**Medlock et al., 2012; Fontenille et al., 2017**).

Le genre *Aedes* regroupe les espèces les plus prolifiques en tant que nuisant et vecteur principal de maladies exotiques aux humains. Ces moustiques, particulièrement *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*, peuvent transmettre plus de 20 pathogènes capables d'infecter les humains (**Ng, 2019**). Du fait de l'implantation même en Europe du vecteur *Aedes albopictus*, une surveillance renforcée de la dengue, le chikungunya et le zika, basée sur la sensibilisation des professionnels de santé des communes par la mise en place d'enquêtes en porte-à-porte autour des cas (**Calba et al., 2022**). Ce qui explique son extrême importance d'un point de vue épidémiologique et écoépidémiologique, parmi ces espèces on se limitera à évoquer l'importance des espèces appartenant à ce genre, car elles sont dotées de stratégies efficaces de dispersion (**Michael, 2021**). Cependant l'espèce *Aedes aegypti*, est très liée à l'Homme car ses larves vivent dans de petits gîtes larvaires artificiels permanents ou temporaires, qui se forment suite à des averses. Les adultes sont généralement anthropophiles, endophages et diurnes (**Abílio et al., 2018**). Ce moustique a une faible dispersion, domestique, souvent urbaine et abondante. Ils ont des œufs durables, qui supportent la dessiccation pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois (**Michael, 2021**). Alors, la deuxième espèce *Aedes albopictus* est originaire d'Asie et de Madagascar, répandu par l'Homme, notamment par le commerce. C'est un moustique, qui vit en pays tempéré et même en pays tempéré froid. Il est moins lié à l'Homme que le précédent. Les larves se développent dans des gîtes artificiels ou des gîtes naturels. Les adultes piquent l'Homme mais aussi un certain nombre d'animaux. Ils sont plutôt exophages, et

diurnes. Leur écologie est rurale et périurbaine, les œufs sont durables. En Algérie en 2016, il y a eu quelques alertes lancées par les responsables de la santé, de la présence du moustique tigre dans plusieurs quartiers de la capitale et certaines Wilayat. Le Comité National des arboviroses s'est mis en état d'alerte pour suivre l'évolution de la situation (**Benhissen, 2017**). Le genre *Aedes* comporte également un complexe d'espèces jumelles *Aedes mariaae*. Les composantes de ce complexe ne présentent aucune différence morphologique, mais la différence se situe par rapport à leur répartition géographique. L'espèce *Aedes mariaae* **Sergent & Sergent, 1903** se rencontre sur le pourtour du bassin tyrrhénien et notamment sur la côte rocheuse de l'Ouest Algérien (**Hassaine, 2001**). Sa présence a été confirmée par les premiers travaux de **Seguy (1924); Senevet & Andarelli (1954, 1963, 1964)** et **Rioux, (1958)**. L'espèce *Aedes mariaae* Sergent et Sergent 1903 est un moustique peu étudié qui se reproduit dans les mares rocheuses de la côte méditerranéenne. Des modèles mixtes linéaires généraux (GLMM) ont été utilisés pour déterminer les facteurs affectant la présence et l'abondance de cette espèce. Des facteurs abiotiques et biotiques ont été enregistrés dans des mares rocheuses avec la présence de stade préimaginal d'*Ae. mariaae* dans une zone supralittorale de l'île de Majorque (îles Baléares, Espagne) de juillet 2018 à juin 2019. Nous avons testé comment les facteurs abiotiques affectaient la présence de larves, tandis que les facteurs biotiques ont été utilisés pour vérifier leur effet sur l'abondance des larves. Une collecte de débarquements humains a également été réalisée pour évaluer l'activité adulte de cette espèce. Des données précieuses ont été enregistrées pour améliorer nos connaissances sur la bioécologie d'*Ae. mariaae* dans une zone touristique de l'île de Majorque. La salinité et le pH étaient les variables les plus explicatives de la présence des larves d'*Ae. mariaae*. La présence de feuilles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813 affectait négativement l'abondance des larves d'*Ae. mariaae* alors que la présence d'autres espèces la favorisait. Les femelles adultes d'*Ae. mariaae* étaient actives pendant 26 min après le coucher du soleil en juin et leur activité de recherche d'hôtes diminuait pendant les mois d'automne. Les méthodes de lutte contre cette espèce devraient être axées sur les mares rocheuses et planifier les traitements en fonction des marées, des vagues et des précipitations (**Rioux et al., 1998; Medlock et al., 2012**).

La démarche taxonomique, en matière d'espèces jumelles, est bien établie par les travaux se rapportant au complexe *Aedes detritus* haliday 1833, qui présente une certaine variabilité morphologique et une vaste aire de distribution, allant de la Scandinavie au Sahara et de la Côte atlantique au Pamir. La présence des deux espèces jumelles (A et B) du complexe *Aedes detritus* est mise en évidence en Afrique du Nord grâce à l'analyse électrophorétique de huit populations

naturelles. En Afrique du Nord, les populations testées sont en grande majorité composées d'individus α -GpdCC donc appartiennent à l'espèce A, il existe cependant quelques individus α -GpdB B (Pasteur *et al.*, 1977; Verdier, 1978).

En outre, les études cytotoxonomiques et morpho taxonomiques réalisées par Bullini & Coluzzi, (1973) ; Coluzzi *et al.*, (1974), permettent d'identifier *Aedes mariaae* comme un complexe de trois espèces jumelles réparties selon trois zones biogéographiques bien distinctes :

- Espèce tyrrhénienne : *Aedes mariaae* **Sergent & Sergent 1903**
- Espèce adriatique : *Aedes zammitii* **Theobald 1903**
- Espèce méridionale : *Aedes phoeniciae* **Coluzzi & Sabatini 1968.**

La sélection naturelle peut agir contre l'hybridation inadaptée entre des populations divergentes co-occurrentes, conduisant à l'évolution d'isolement reproductif entre eux. Une question critique sans réponse sur ce processus qui fournit une base à la théorie de spéciation par renforcement, est de savoir si la sélection naturelle peut faire évoluer les taux d'hybridation vers zéro. Une étude a concerné ce problème chez deux espèces, *Aedes* (*Ochlerotatus*) *mariaae* et *Aedes* (*Ochlerotatus*) *zammitii*, qui présentent un isolement reproductif après l'accouplement, pendant 25 ans sans résultats. Le rôle relatif de facteurs tels que le temps de contact, le flux de gènes, la force de la sélection naturelle et les mécanismes biologiques, provoquent l'isolement prézygotique. À ce jour, la caractérisation génétique des trois espèces au sein du complexe *Aedes mariaae* et une évaluation de leur différenciation interspécifique font défaut (Bank *et al.*, 2012 ; Urbanelli *et al.*, 2014). Le séquençage des génomes reste la seule méthode exhaustive pour la recherche du polymorphisme. Malgré les progrès de l'automatisation, le séquençage reste assez coûteux et long à mettre en œuvre sur les grands effectifs requis pour les études de polymorphisme (Porretta *et al.*, 2012). D'autre part le rôle épidémiologique de ce complexe, est encore mal connu. L'espèce *Aedes mariaae* est proche et sœur de l'espèce *Aedes caspius* qui est considérée comme espèce nominotypique d'un complexe d'espèces. Ribeiro *et al.* (1980) et Harbach & Wilkerson (2023) ont déterminé les caractéristiques distinctives des membres du complexe. Importance médicale. *Aedes caspius* est un vecteur de la fièvre de la vallée du Rift, des virus Sindbis, Tahyna et du Nil occidental, transmet les microfilaires de *Dirofilaria immitis* et *D. repens* en Europe, est un vecteur efficace de la bactérie tularémique *Francisella tularensis* en Russie et l'agent causal (poxvirus) de la myxomatose (Gad *et al.*, 1987; Schaffner *et al.*, 2001; Gratz 2004 a; Trari *et al.*, 2017; Ferreira *et al.*, 2015). Dans le sud de l'Espagne, cette espèce a été trouvée infectée par le Plasmodium aviaire (Ferraguti *et al.*, 2013). Il n'existe aucun rapport sur l'importance médicale de cette espèce en Arabie saoudite (Khater *et al.*, 2013). Le moustique *Aedes caspius* est largement distribué en Europe et se reproduit dans une

grande variété de milieu. Cette espèce génère une forte nuisance, dépassant parfois les 300 piqûres en 15 minutes, qui peut avoir des conséquences économiques importantes. Depuis près de 50 ans, les populations de moustiques sont contrôlées le long de la côte méditerranéenne française avec des insecticides chimiques et biologiques. En dépit d'une diminution significative de la nuisance, des densités larvaires fortes sont encore fréquemment observées. Ces dernières ne sont pas due à de la résistance car la sensibilité aux insecticides n'a pas changée. Ainsi cette espèce a pu développer des mécanismes démographiques pour compenser les effets des traitements. La démographie d'*Aedes caspius* est décrite et son évolution sous pression insecticide est estimée. Les cycles de vie de deux populations, l'une traitée et l'autre non traitée, sont comparés. Pour cela, des traits d'histoire de vie, tels que la mortalité, la durée de développement et la fécondité, sont mesurés en laboratoire et sur le terrain. La probabilité de passage d'un stade au suivant, la durée de développement et la mortalité sont dépendantes du stade larvaire. Les traitements insecticides induisent une diminution d'abondance qui entraîne une augmentation de la fécondité et un changement du sex-ratio en faveur des mâles (Carron, 2007).

4.1.2. Identification systématique des cinq espèces non visées

4.1.2.1. Identification systématique de *Daphnia magna* Straus 1820

Les macro-invertébrés benthiques possèdent des sensibilités variables à différents stress comme la pollution ou la modification de l'habitat. Les macroinvertébrés benthiques forment une partie importante des écosystèmes d'eau douce. Ils servent de nourriture à nombre de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. C'est un groupe très diversifié, et les organismes le composant possèdent des sensibilités variables à différents stress telles la pollution ou la modification de l'habitat. Les macroinvertébrés sont les organismes les plus souvent utilisés pour évaluer l'état de santé des écosystèmes d'eau douce (Moisan & Pelletier, 2010). Certains groupes de macro-invertébrés tels que les vers sont ainsi peu sensibles aux perturbations, ils sont dits « pollutotolérants », contrairement à d'autres tels que les plécoptères dits « polluosensibles » (Hodkinson & Jackson, 2005; Phiri *et al.*, 2011).

Face à des perturbations ou des pollutions majeures, ils ne peuvent ainsi que subir (pour les plus résistants) ou mourir (pour les plus sensibles). Ils sont par conséquent représentatifs des conditions environnementales d'un milieu donné. De plus, leur durée de vie est suffisamment longue (quelques mois à quelques années) pour fournir un historique de la qualité environnementale. Ils sont abondants et relativement faciles à collecter. Les macro-invertébrés

benthiques sont ainsi considérés comme de très bons indicateurs de la qualité d'un milieu : on parle de « bioindicateurs ». De par leur qualité de bioindicateur, les macro-invertébrés benthiques sont très souvent utilisés pour évaluer la qualité des cours d'eau (**Testi et al., 2009; Moisan, 2011**).

L'espèce étudiée appartient au genre *Daphnia magna*, appelé communément puces d'eau, comprend 100 espèces d'organismes planctoniques d'eau douce (**Ebert, 2005**). Ce sont des crustacés planctoniques filtreurs des bactéries, algues, cyanobactéries, protozoaires et autres petites particules en suspension dans l'eau. Les Cladocères *Daphnia magna* représente une espèce clé, indicatrice des changements environnementaux donc évaluatrice de la qualité de l'eau et un modèle idéal de laboratoire dans l'écotoxicologie (**Chaturvedi et al., 2023**).

4.1.2.2. Identification systématique de *Cyclops fuscus* Müller 1785

Parmi les composantes benthiques de la faune aquatique, les macro-invertébrés présents et abondants dans tous les types d'eau (**Camargo et al., 2004**). Leur cycle de vie varie selon les conditions physicochimiques de l'eau et de leurs environnements, pour cela ils présentent une tolérance à la pollution, donc ils sont étroitement intégrés à la structure et au fonctionnement de leurs habitats (**Zouggaghe, 2020**). Les déséquilibres dans les réseaux trophiques écologiques sont principalement causés par des changements dans les interactions biologiques (c'est-à-dire la prédation) qui augmentent ou diminuent la densité de la population locale à d'autres niveaux trophiques. Les crustacés benthiques constituent des proies comme base trophique, pour les poissons d'eau douces et autre éléments aquatiques. La prédation fréquente induit diverses stratégies de défense chez les proies, y compris des changements morphologiques ou des schémas de migration dans le zooplancton (**Choi & Kim, 2021**).

L'espèce *Cyclops fuscus* appartient à la famille des Cyclopoidae. Ce sont des crustacés benthiques de petite taille à reproduction sexuée, ils ne possèdent ni branchies ni carapace et ils ont un seul œil, médian, appelé nauplien. La nage se fait à l'aide des antennes natatoires et par des petits sauts. Ils peuvent vivre plusieurs mois, se développent par métamorphoses, après la cinquième mue au sixième stade, la métamorphose devienne complète. Donc la larve copépoditique segmentée, au stade Copépodite, le dimorphisme sexuel devient net et la larve se transforme en adulte. Les femelles attirent les mâles par les phéromones sexuelles, les œufs fécondés sont portés dans deux sacs ovigères (Sacs contenant des œufs). Après la ponte instantanément, la femelle formera un nouveau sac (**Devreker et al., 2012**). **A l'éclosion** les larves néonatales appelées nauplies **1** (Larve orthonauplius) ne se nourrissent pas, alors que

les autres stades naupliens sont microphages et se nourrissent de bactéries; de flagellés et de protozoaires (Lonsdale *et al.*, 1998).

4.1.2.3. Identification systématique de *Corixa punctata* Illger 1807

Les punaises d'eau sont des insectes hémimétaboles vivant dans des habitats aquatiques, forment un groupe homogène, appelé également en anglais « true bugs ». Elles jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et la surveillance de la pollution de l'eau (Bakonyi *et al.*, 2022). Il s'agit d'un groupe très diversifié en particulier au niveau de sa morphologie et de ses modes de vie (espèces prédatrices, phytophages, terrestres ou aquatiques, géophiles, saproxyliques...). Concernant ce groupe peu étudié, il n'existe pas encore de listes rouges qui prennent ce groupe en compte. Cependant, cela tend à évoluer puisque les Hétéroptères commencent à être davantage étudiés dans le cadre d'inventaires faunistiques réalisés dans les espaces aquatiques naturels. De plus, il existe aujourd'hui dans certaines régions, des listes d'espèces déterminantes, qui prennent en compte les espèces d'Hétéroptères considérées comme rares, menacées ou bio-indicatrices (Pichenot, 2016).

Parmi les espèces non visées qui ont été traitées, l'espèce *Corixa punctata* appartenant à la famille des Corixidae. Ce sont des insectes aquatiques de l'ordre des Hémiptères. Les adultes mesurent normalement de 5 à 15 mm de long et se trouvent dans les étangs et les lacs. Ils ont de longues pattes arrière puissantes, couvertes de minuscules poils les aident à flotter à la surface de l'eau et qu'ils utilisent pour nager (Poisson, 1957; Polhemus & Herring, 1970; Loncle, 2020; Dusoulier, 2021; Vogel, 2022; Anonyme, 13).

4.1.2.4. Identification systématique de *Plea minutissima* Leach 1817

Plea minutissima est une punaise d'eau, comme *Corixa punctata*. Elle appartient à la famille des Pleidae, de l'ordre des Hémiptères (Akhoundi, 2020; Anonyme 14). Le corps de cette espèce est convexe, la tête et le prothorax sont partiellement fusionnés (Poisson, 1957). Les antennes sont formées de 3 articles, les pattes sont munies à l'extrémité d'une paire de griffes. Les tibias et tarses postérieurs sont recouverts de deux rangées de soies. Ils possèdent des ailes (Hémélytres) très sclérifiées. Ils occupent une place importante dans l'écologie de l'eau douce (Moulton, 2018). Ils constituent une ressource alimentaire pour divers organismes tels que les amphibiens, les poissons et les oiseaux. Ces insectes aquatiques sont de redoutables prédateurs

dès leur stade larvaire, chassent les petits invertébrés dans les eaux calmes et contribuent efficacement à la réduction des populations de moustiques et participent à l'équilibre faunistique (**Elder, 2016**).

Les œufs de *plea minutissima* sont généralement pondus en groupes et se fondent généralement dans l'environnement pour se protéger. Après l'éclosion, les larves subissent plusieurs mues, se transformant en nymphes (ressemblant aux adultes en miniatures sans ailes). A l'émergence, les adultes possèdent des ailes entièrement formées et des organes reproducteurs fonctionnels (**Anonyme 14**).

4.1.2.5. Identification systématique d'*Agabus brunneus* Fabricius 1798

Beaucoup de travaux dans le monde, ont contribué à la détermination taxonomique et spécifique de la faune des Coléoptères aquatiques. Parmi ces chercheurs, on peut citer les travaux de **Bertrand & Legros (1960)**, **Luque (1997)**, **Gonzalez et al. (2007)**, ainsi que **Karaman et al., (2008)**. Ils se sont adaptés à la colonisation des cours d'eau temporaires. L'espèce étudiée *Agabus brunneus*, est classée comme vulnérable, son état de conservation se détériore, cela devrait entraîner une reclassification comme espèce en danger (**Macadam et al., 2021**).

L'Ordre des Coléoptères aquatique se divise en cinq Sous-ordres: Protocoleoptera (éteint), Adephaga, Polyphaga, Myxophaga et Archostemata (**Bouchard et al., 2011**). Une grande proportion de coléoptères aquatiques appartient à Adephaga et sont souvent appelés Hydradephaga par opposition à Geadephaga. Dans le monde entier, environ 6 000 espèces ont été décrites dans huit familles et représentent un groupe taxonomiquement diversifié avec l'une des histoires évolutives les plus connues (**Short, 2018**). La plupart des espèces sont entièrement ailées et capables de voler (**Cosandey et al., 2024**).

4.2. Etude toxicologique de deux larvicides (Chimique et Biologique) à l'égard du quatrième stade larvaire d'*Aedes mariae* et de la faune non visée

La toxicologie est une discipline scientifique qui étudie les effets nocifs des agents toxiques (Molécule, radiation, nanomatériaux, etc) sur des organismes ou des systèmes biologiques. Elle fait appel à plusieurs disciplines (Chimie, physiopathologie, pharmacocinétique, pharmacologie, médecine, etc). La toxicologie est un élément important pour protéger la santé environnemental et professionnel, car à travers ces connaissances elle permet d'évaluer les risques permettant de proposer une stratégie de prévention (**Anonyme 12**).

4.2.1. Effet larvicide de l'Oberon à l'égard du quatrième stade d'*Aedes aegypti*

En raison de la résistance croissante aux insecticides chez les moustiques vecteurs de plusieurs maladies, le contrôle des larves n'est pas sûr à l'heure actuelle (**Loukou et al., 2024**), à cause de l'utilisation intensive pour lutter contre ces vecteurs redoutables. Cela, a affecté les efforts fournis dans le domaine de la lutte et les tentatives de réduction des maladies vectorielles (**Burtis, 2021**). Bien qu'ils soient très efficaces sur les moustiques, mais causant des dommages à l'environnement et à l'Homme (**Ibrahim & Othman, 2020**).

Le spiromesifen (OBERON) est un insecticide/acaricide systémique appartenant à la classe des dérivés spirocycliques de l'acide tétronique/tétramique. Il provoque une diminution significative des lipides totaux (**Bensafi-Gheraibia et al., 2013**). Ce composé a été introduit dans plusieurs pays au cours des dernières années et devient un composé important pour le contrôle des aleurodes et des acariens dans les programmes de gestion de la résistance, avec d'autres insecticides efficaces tels que les néonicotinoïdes et le diafenthiuron. En raison de sa haute sélectivité, bon résiduel activité, combiné à un nouveau mode d'action font du spiromesifen un excellent nouvel outil pour de nombreuses luttes antiparasitaires (**Kodandaram et al., 2016**).

Dans cette étude il a été constaté que le spiromésifène a présenté une activité larvicide sur l'espèce *Aedes aegypti* après avoir été appliqué à deux doses sublétales, également il réduisait les quantités des principaux constituants biochimiques. Il a provoqué une diminution du taux d'AChE et a augmenté le taux de la GST et de l'MDA. Il a été rapporté dans une étude de **Bouabida et al., (2017)** que le spiromésifène présentait une activité larvicide contre les larves de *Culiseta longiareolata*, de plus, il a perturbé la croissance, le volume corporel, les biomarqueurs et les teneurs en glucides, lipides et protéines. L'effet le plus marqué été sur les lipides précisément sur le malondialdéhyde (MDA), ou aldéhyde malonique, est un composé chimique, son mode d'action principal est lié surtout à la synthèse des lipides .

Plusieurs études récentes ont montré l'efficacité du spiromésifène contre une variété d'insectes nuisibles (**Shah et al., 2016**). Auparavant, il a été signalé que le spiromesifen s'avérait réduire les quantités de lipides corporels qui jouent un rôle important dans le métabolisme général et la reproduction (**Briegel & Timmermann, 2001**) et augmenter le taux de MDA (**Bensafi-Gheraibia et al., 2013**). Les principaux carburants du métabolisme des insectes nécessaires à la métamorphose sont les lipides, car ils jouent un rôle fondamental, dans plusieurs fonctions vitales, telles que la compartimentation et la ségrégation cellulaire, la transduction du signal et

la communication chimique (**Toprak et al., 2020**). De même, les glucides ont un rôle capital dans la physiologie des insectes vu que le taux de glycogène dans les tissus est lié aux phénomènes physiologiques tels que le vol, la mue et la reproduction (**Kaufmann & Brown, 2008**).

Afin de mieux comprendre le mode d'action de ce produit et ces effets retardés, **Kissoum et al., (2020)** ont appliqué le spiromésifène par voie topique sur les pupes nouvellement muées de *Drosophila melanogaster*. Les mesures morphométriques des ovaires, les teneurs ovariennes en glucides et en glycogène, la fécondité, la fertilité et la descendance des adultes survivants ont été évaluées. Sur la base des résultats de **Hamida et al., 2021**, il s'est avéré que ce produit induit une létalité chez les individus exposés au cours du développement pré-imaginal de la mouche *D. melanogaster*.

4.2.2. Toxicité de l'Oberon sur la faune non visée

Le contrôle et la préservation des écosystèmes aquatiques ainsi que l'état général de la qualité des eaux sont essentiels, pour la communauté des macros invertébrées aquatiques. Surtout les insectes aquatiques, jouent un rôle important dans le cycle de la chaîne alimentaire de ces écosystèmes. Ils constituent un groupe essentiel dans la transformation de la matière organique, la nourriture des poissons comme ils présentent un élément potentiel dans le diagnostic de la pollution. Ce sont des bioindicateurs dans l'évaluation de la qualité de l'eau et l'intégrité environnementale des cours d'eau (**Wandscheer et al., 2017; Mahmoud & Riad, 2020**). D'une part, les crustacés sont de bons indicateurs de la qualité de l'eau, car ils présentent des populations très abondantes, comme ils sont repartis dans divers microhabitats (**Soro et al., 2020; Serradj et al., 2022**).

La contamination de l'environnement aquatique et surtout les écosystèmes d'eau douce est devenue un problème majeur vu le niveau croissant de contaminants, menaçants les sources d'eau publiques et la vie aquatique, qui sont exposés fréquemment à divers xénobiotiques et peuvent en subir les effets négatifs (**Huang et al., 2016; Zhiquan et al., 2020**). Il est donc important de comprendre les mécanismes de ces contaminants, afin de les protéger et cela grâce à l'analyse des biomarqueurs (**Marinho et al., 2021**). Donc l'emploi non raisonnable des produits artificiels dans la lutte chimique affecte différentes espèces non ciblées parmi les Arthropodes aquatiques on peut citer les hydracariens, les Coléoptères les Hétéroptères les Ephemères les poissons d'eau douce, les gastéropodes et d'autres invertébrés d'intérêt

biologique et écologique macro et micro benthiques (**Starnes et al., 1993 ; Martin et al., 2000 ; Vaissayre et al., 2002**).

La mesure de l'activité de l'acétylcholinestérase chez les organismes aquatiques a été utilisée comme biomarqueur crucial à de nombreux contaminants neurotoxiques à savoir, les pesticides et les métaux (**Ajima et al., 2021**). L'analyse des résultats au cours de cette étude a révélé une inhibition de l'activité spécifique de l'AChE chez la faune non visée.

Les glutathion S-transférases est une enzymes complexes, elle se trouve principalement dans le cytosol (**Ahmadi et al., 2021**) et participe dans de nombreux processus physiologiques tel que la détoxification de nombreux xénobiotiques (**Patro & Samantaray, 2021**). En effet, les GSTs catalysent la conjugaison du tripeptide glutathion (GSH) avec une grande variété de substrats chimiques électrophiles réactifs, permettant ainsi de neutraliser leurs sites électrophiles actifs et de rendre le composé principal plus soluble dans l'eau (**Yamamoto et al., 2011 ; Tarazi et al., 2021**). Ces substrats peuvent être des molécules endogènes, mais aussi des xénobiotiques (**Liu et al., 2019**) comme les pesticides (**Martinuzzi et al., 2020**). Également l'activité de la GST a été largement utilisée comme un biomarqueur pour évaluer l'exposition et les effets causés par les contaminants environnementaux (**Fortes Carvalho Neta et al., 2017 ; Ribeiro et al., 2022**).

Les résultats de cette étude indiquent une induction de l'activité de la GST plus marquée pour les individus de la faune associé. Par ailleurs, l'induction de cette activité est plus importante chez les individus exposés à la deuxième concentration par rapport à la première.

Différents biomarqueurs liés à la peroxydation lipidique sont disponibles pour évaluer un stress oxydatif. Ils sont plus ou moins spécifiques et sensibles. Le malondialdéhyde (MDA) ou le diène conjugué (Sont des composés avec des doubles liaisons séparées par une seule liaison simple), se mesure facilement dans différentes matrices. C'est sans doute le plus connu et celui qui a été le plus utilisé. Il résulte de la dégradation des hydroperoxydes formés au cours de la peroxydation des acides gras polyinsaturés. Cependant, il peut être aussi détecté après sa dérivation sous la forme d'un complexe avec l'acide thiobarbiturique ou avec l'acide diéthylthiobarbiturique (**Guichardant et al., 2006**).

Les résultats obtenus révèlent que, le taux de MDA a augmenté significativement chez les séries traitées par les doses sublétales CL₁₀ & CL₂₅ pendant le troisième jour du traitement.

4.2.2.1. *Daphnia magna*

Les Daphnies forment un modèle adéquat pour la plasticité phénotypique; la toxicologie et l'évolution du cycle de vie, elles ont été largement utilisés dans l'évaluation de la toxicité d'une large gamme des produits pharmaceutiques. Ce modèle biologique sensible et prometteur le plus anciennement et le plus couramment utilisés en recherche toxicologique (**Ebert, 2005**). Vu leurs sensibilités, les daphnies ont présenté des effets sublétaux. D'autre part, elles sont considérées comme filtres dans les réservoirs d'eau douce.

Le dosage des constituants biochimiques a été réalisé chez *Daphnia magna* après traitement avec les doses sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) de l'Oberon (Spiromésifène). Les résultats du dosage des métabolites de cette espèce au stade adultes, indiquent une réduction significative des taux de protéines, de glucides et de lipides par rapport à la série témoin. Le dosage des biomarqueurs indique une inhibition de l'activité spécifique de l'AChE, une augmentation du taux de la GST et de l'MDA. Contrairement aux observations de **Fuertes et al., (2020)** qui a testé quelques produits chimiques tel que le Neuroactifs anxiolytiques, antiépileptiques et β -adrénergiques) à de faibles concentrations. Ces produits régulaient positivement les voies métaboliques chez *Daphnia magna*.

Plusieurs études ont montré que l'activité enzymatique chez *Daphnia* sont significativement affectées par les composés xénobiotiques (**Liu et al., 2018, 2019; Lyu et al., 2016**), confirmant en outre le rôle important de la GST dans la détoxification.

Dans une étude d'**Aksakal & Arslan, (2019)** sur l'utilisation intensive en agriculture de nanopesticides à base de cuivre et leur rejet dans le milieu aquatique représente un risque potentiel pour les organismes aquatiques dans leur biotope aquatique. Les résultats des essais biologiques physiologiques et biochimiques, et l'expression des gènes, ont aidé à mieux comprendre l'effet toxique des nanopesticides ainsi leur toxicité. Les résultats des premières 24h ont provoqué une régulation négative significative des gènes de détoxification, après 48 h ils ont provoqué une régulation positive significative.

4.2.2.2. *Cyclops fuscus*

Les résultats obtenus montrent que les deux doses sublétales CL₁₀ & CL₂₅ de l'Oberon appliqué sur la faune non visée y compris l'espèce *Cyclops fuscus* ont montré que le traitement perturbe la composition biochimique, de plus il entraîne une diminution du taux de l'AChE et une augmentation significative de l'activité spécifique de la GST et l'MDA selon les différents temps de traitement.

D'autre part, la concentration sublétales CL₂₅ appliquées par **Lavarias et al., 2022**, sur une espèce de la faune associée non visée, *Cypris bispinosa* a entraîné une augmentation significative de l'activité spécifique de la GST. Toutefois, l'augmentation du taux de la GST a été évoquée également chez la crevette *Macrobrachium borellii*, traitée par la Spirotétramate.

4.2.2.3. *Corixa punctata*

Corixa punctata est également connu sous le nom de « dytique de l'eau », c'est un bon indicateur des polluants chimiques dans les environnements aquatiques et pour évaluer la qualité des habitats. Cette espèce est souvent utilisée dans les études de toxicité. Pour évaluer l'effet toxique d'un produit chimique L'Oberon appliqué sur *Corixa punctata*, avec deux concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅) nous avons procédé au dosage des constituants biochimiques, ainsi au dosage des biomarqueurs. Les résultats obtenus ont montré que le l'Oberon perturbe la composition biochimique, comme plus ils a entraîné une diminution du taux de l'AChE et une augmentation significative de l'activité spécifique de la GST et l'MDA selon les différents temps de traitement.

Divers produits chimiques sur *Corixa punctata*, soulignant l'importance, de surveiller et de réguler les concentrations de ces substances dans les environnements aquatiques, pour protéger les organismes invertébrés. D'après **Zhou et al., (2023)** dans une étude récente où ils ont testé un pesticides (Imidaclopride), ce dernier a présenté une toxicité aiguë, ce qui a engendré une perturbation de la locomotion et du comportement alimentaire de la faune benthique. Les concentrations les plus élevées augmentent la mortalité et perturbent les fonctions essentielles. Les résultats de **Liu et al., (2021)** ont montré que l'utilisation des Métaux lourds comme le Plomb qui est hautement toxique, a entraîné une mortalité accrue et des déformations des organes avec des effets neurotoxiques. Ces impacts sont observés à des concentrations relativement faibles chez cette espèce. Dans une étude ultérieure où le produit toxique été un Herbicide couramment utilisé l'Atrazine, ce produit a provoqué une altération des comportements, de la nage et une réduction de la survie de *Corixa punctata* (**Goulson et al., 2020**). Dans une étude ultérieure par **Kumar et al., (2022)**, un composés organiques volatils le Toluène a montré un effet sublétales sur la locomotion, avec une toxicité aiguë chez *Corixa punctata*. Les concentrations plus élevées entraînent une mortalité accrue. Les effets sublétaux sont des effets biologiques, physiologiques, démographiques ou comportementaux sur un individu ou une population qui survit à l'exposition à une substance à une concentration létale (c'est-à-dire mortelle) ou sublétales (**Anonyme 15**).

4.2.2.4. *Plea minutissima*

Plea minutissima est une espèce appartenant à la famille des Notonectidae, souvent utilisée comme bioindicateur dans les études de toxicité aquatique. Cette étude a été menée pour déterminer l'effet toxique du spiromesifène contre la faune non visée, suite au traitement par deux concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅). Les résultats obtenus ont montré que le traitement perturbe la composition biochimique. De plus, ce composé constitue une bonne alternative aux insecticides neurotoxiques pour la lutte contre les moustiques. Le dosage des biomarqueurs indique une inhibition de l'activité spécifique de l'AChE, une augmentation du taux de la GST et le MDA. Dans une étude de **Gao et al., (2024)**, ils ont évalué les effets des insecticides organophosphorés sur divers insectes aquatiques, y compris *Plea minutissima*. Dans leurs études ils ont utilisé le chlorpyrifos, qui est un insecticide organophosphoré, il a montré une toxicité aiguë sur *Plea minutissima*, affectant leur comportement de la nage et leur capacité à se nourrir. Les concentrations les plus élevées entraînent une mortalité accrue ainsi que des altérations comportementales. Dans une autre étude par **Huang et al., (2022)**, ont montré que l'utilisation des métaux lourds (Zinc), provoquent une augmentation de la mortalité et des altérations fonctionnelles. Les effets sont significatifs même à des concentrations relativement faibles. Cependant l'utilisation d'un herbicide chloré, le 2,4-D par **Liu et al., (2021)**, cause des effets néfastes sur la locomotion et la croissance des *Plea minutissima*, réduisant leur taux de survivants. Les concentrations plus élevées augmentent la gravité des effets observés. **Serradj et al., (2022)** fournissent des données sur les impacts d'une formulation commerciale de diflubenzuron (Dimilin® 25 WP), qui est un insecticide considéré comme un inhibiteur de la synthèse de la chitine, sur certaines espèces aquatiques non ciblées. Le Dimilin, provoque une toxicité aiguë et une mortalité moyenne enregistrée chez *P. minutissima*.

4.2.2.5. *Agabus brunneus*

Agabus brunneus est un Coléoptère aquatique de la famille des Dytiscidae. Comme d'autres insectes aquatiques, il est sensible à divers polluants chimiques dans son environnement. On a procédé à l'évaluation des effets toxiques de l'Oberon, testé selon deux concentrations sublétales (CL₁₀ & CL₂₅), accompagné de dosage des composants biochimique ainsi des biomarqueurs. Les résultats du dosage des métabolites de cette espèce au stade adultes, indiquent une réduction significative des taux de protéines, de glucides et de lipides par rapport à la série témoin. Les résultats concrétisés sur l'évaluation de l'activité des biomarqueurs (AChE, GST, MDA) ont révélé une perturbation de leurs activités suite à l'exposition à

l'Oberon selon les deux doses sublétales (CL₁₀ & CL₂₅). Cela concorde avec les résultats trouvés par **Eman & Abeer, (2021)**, suite à l'exposition des Coléoptère du niébé *Callosobruchus maculatus* à deux concentrations sublétales de la Deltaméthrine et le Thiaméthoxame, qui ont entraîné une réduction significative de l'activité spécifique de l'Acétylcholinestérase après traitement

Les résultats du dosage des métabolites de cette espèce au stade adultes, indiquent une réduction significative des taux de protéines, de glucides et de lipides par rapport à la série témoin. **Gao et al., (2024)** ont examiné les effets des insecticides organophosphorés sur les coléoptères aquatiques, y compris *Agabus brunneus* traité par un pesticide Chlorpyrifos, lui a causé une toxicité aiguë perturbant le comportement de la nager et l'alimentation. Les concentrations élevées entraînent une mortalité accrue et des changements significatifs dans leur comportement. Une autre étude réalisée par **Huang et al., (2021)** sur les impacts du mercure à l'égard des invertébrés aquatiques et particulièrement sur *Agabus brunneus*, ce qui a entraîné une mortalité accrue et des altérations métaboliques. Les effets sont observés même à des concentrations relativement faibles. En outre, **Liu et al., (2022)** ont testé la toxicité d'un herbicide l'Atrazine couramment utilisé. Ce dernier a provoqué des effets néfastes sur la croissance et la survie d'*Agabus brunneus*, ainsi que des perturbations comportementales. Même les concentrations modérées peuvent induire des effets significatifs.

Un autre produit chimique le Toluène affecte *Agabus brunneus*, qui est un solvant organique, provoque une toxicité aiguë et des effets sublétaux sur la locomotion et la survie de cette espèce. Les concentrations les plus élevées augmentent les risques de mortalité (**Zhang et al., 2022**).

4.2.3. Effet larvicide de l'HE de *Lavandula dentata* à l'égard d'*Aedes mariaae*

Face à l'émergence de la résistance aux insecticides chimiques qui a réduit l'efficacité des outils actuels de lutte antivectorielle, les recherches sont dirigées de plus en plus sur d'autres formes de luttés, qui peuvent être des alternatives efficaces contre les moustiques vecteurs de maladie (**Vani, Cheng & Chuah, 2009; Ileke et al., 2015**). En effet, plusieurs stratégies alternatives et/ou complémentaires sont envisagées afin de contourner les mécanismes de résistance. Parmi ces moyens, nous avons les insecticides biologiques notamment les extraits naturels de plantes. Ces derniers offrent l'avantage de provoquer très peu de résistance contrairement aux insecticides synthétiques, car leur efficacité provient d'une synergie d'action entre les différents composés organiques qu'ils contiennent (**Pavela, 2014 ; Deletre et al., 2015**). Les huiles essentielles (HE) étant biodégradables et peu toxiques pour les mammifères, elles font partie

des produits d'origine naturelle les plus employés dans la lutte antivectorielle (LAV) (**Deletre et al., 2013**). En effet, elles possèdent des propriétés insecticides et répulsives (**Deletre et al., 2016; Pohlit et al., 2011**).

Cependant, des chercheurs et des scientifiques ont essayé de trouver des alternatives efficaces en utilisant des plantes, en effet ces extraits de plantes aqueux ou sous forme d'huiles essentielles contiennent des substances toxiques pouvant agir efficacement sur les moustiques. Les huiles essentielles végétales, largement utilisées comme parfums et arômes dans les industries de la parfumerie et de l'agroalimentaire, sont depuis longtemps réputés pour repousser les insectes, mais aussi bien ils ont des actions insecticides de contact et de fumigation contre des ravageurs spécifiques (**Isman, 2000**). Malgré cet effort de recherche, la commercialisation des bioinsecticides à base d'huiles essentielles a pris beaucoup de retard (**Murray, 2020**). Dans cette nouvelle approche, différents modes d'action sont déterminés, surtout contre les insectes (**Dongsheng, 2022**), ainsi que des activités anti appétissant, des interférences dans l'activité enzymatique, des changements dans la croissance des insectes, des effets remarquables en agissant comme des agents répulsifs et peuvent aussi inhiber la ponte des œufs, en bloquant l'éclosion des œufs et l'émergence (**Baz et al., 2022**). Ces « pesticides verts » peuvent également s'avérer efficaces dans l'agriculture, en particulier pour la production d'aliments biologiques (**Vinod, 2022**).

De nombreuses études ont été menées par **Nakasen et al., (2021)**, afin de prouver l'efficacité des extraits de plantes sur les moustiques, ils ont réalisé des tests sur *Culex quinquefasciatus* selon trois concentrations de l'HE de *Cinnamomum verum*, soit 12,5, 25 et 50 ppm. Les résultats montrent une inhibition totale de l'éclosion des œufs à 72 heures et des altérations morphologiques au niveau des radeaux des œufs et une mortalité totale de 100% chez les larves du troisième stade. L'étude de **Pavé et al., 2019**, menée sur une analyse de 400 espèces végétales, soulignant que 29 d'entre elles ont une activité larvicide exceptionnelle (c'est-à-dire des valeurs de CL₅₀ inférieures à 10 ppm) contre les principaux vecteurs appartenant aux genres Anopheles, Aedes et Culex. En outre, leur mode d'action sur les larves de moustiques s'exprime par des effets neurotoxiques et se termine par l'inhibition des enzymes détoxifiantes et du développement larvaire et/ou des dommages au niveau de l'intestin moyen.

Bettayeb et al., (2017) se sont intéressés sur la composition chimique des polyphénols des HES des racines; des tiges et des feuilles de la *Lavandula dentée* et d'évaluer leurs potentialités antioxydantes. Le constituant majeur de l'HE des racines est le β -ocimène. D'autre part, le limonène représente le composé majeur de l'HE des tiges. Quant à l'HE des feuilles, elle est

dominée par le camphre. Cependant cette HE peut être considérée comme une source alternative d'antioxydant naturel, puissants qui peut être utilisés en industrie agroalimentaire et pharmaceutique.

De nombreuses études antérieures ont rapporté que les HEs d'*Artemisia sieberi* et *Artemisia haussknechtii* dont le composant principal est le Camphre, ces huiles sont très efficaces à l'égard *Culex maculatus* (Negahban *et al.*, 2007). Aussi, un potentiel larvicide significatif de l'huile essentielle d'*Artemisia absinthium* et de ses trois principaux constituants chimiques contre six espèces de moustiques Govindarajan & Benelli (2016).

Dans cette étude on a testé la toxicité de l'huile essentielle de *Lavandula dentata* sur le quatrième stade larvaire d'*Aedes aegypti*. Des effets ont été observés sur le ralentissement des mouvements larvaires de façon très remarquable par rapport à leur mouvement normal rapide. D'autre part on a observé des transformations structurales de la larve, révélant une désintégration de la cuticule, ce qui a entraîné la mort.

4.2.3.1. Effet larvicide de l'HE de *Lavandula dentata* sur La composition biochimique

Le dosage des constituants biochimiques a été réalisé dans le corps entier des larves L₄ d'*Aedes aegypti* traitées par les doses sublétales CL₁₀ & CL₂₅ de l'HE de *Lavandula dentata*, déterminées auparavant. Les résultats du dosage des métabolites, ont révélé une diminution des taux de protéines, de glucides et de lipides dans des larves traitées par rapport à la série de contrôle. Ce qui concorde avec les résultats de Bouguerra & Boukoucha, (2021), qui ont révélé que l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* affectait les réserves énergétiques avec un effet marqué sur les lipides des larves du quatrième stade de *Culex pipiens*. Le même résultat a été observé par Bouguerra *et al.*, (2018) après un traitement par l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* cultivée à Tébessa, à l'égard de *Cx. pipiens*. L'HE a affecté les réserves énergétiques avec un effet marqué sur les protéines et les lipides. Une étude similaire effectuée par Shahriari *et al.*, (2017) ont observé de même une diminution du contenu en protéines, en glycogène et en triglycérides chez *Ephesia kuehniella* traitées par l'HE de *Teucrium polium*. Cela pourrait être dû à une faible absorption d'acides aminés pendant la synthèse des protéines, après l'exposition aux insecticides. Une autre diminution significative des teneurs en glycogène et en glucides a été signalée chez les larves de *Cx. quinquefasciatus* traitées par l'extrait éthanolique de *Catharanthus roseus* (Shoba, 2018). La réduction des réserves métaboliques larvaires peut être due à l'épuisement d'énergie suite aux conditions de stress imposées à ces insectes.

4.2.3.2. Effet larvicide de l'HE de *Lavandula dentata* sur Les biomarqueurs

L'acétylcholinestérase est une enzyme dont le principal rôle est d'hydrolyser le neurotransmetteur acétylcholine en choline et acide acétique, ce si au niveau des synapses cholinergiques assurant la transmission de l'information neuronale (**Marinho et al., 2021**). Cette enzyme inactive l'acétylcholine, permettant au système de revenir à l'état de repos. L'inhibition de cette enzyme par des substances toxiques entraîne l'accumulation du médiateur chimique dans la fente synaptique et de ce fait la transmission est permanente menant à une paralysie et des fois la mort (**Atamanalp et al., 2021**).

Les résultats de l'activité spécifique de l'AChE chez les larves (L₄) d'*Aedes mariae* traité par l'HE de *Lavandula dentata* à deux concentrations (CL₁₀ & CL₂₅) révèlent une inhibition de l'activité de l'AChE et ce si durant toute la période de traitement. Ce si ne concorde pas avec les résultats de **Bouguerra et al., (2018)**, les mesures des biomarqueurs chez les larves L₄ de *Culex pipiens*, traitées par l'huile essentielle de feuilles de *Thymus vulgaris* cultivé à Tébessa (CL₂₅ & CL₅₀) n'ont révélé aucun effet sur l'activité de l'AChE. Par contre les résultats obtenus dans cette étude après le dosage de l'enzyme de détoxification ont révèlent une induction de l'activité spécifique de la GST, et de l'MDA. Ces résultats concorde avec celle trouvé par **Bouguerra et al., (2018)**, où ils ont noté une augmentation de l'activité de la GST et une diminution du taux de GSH.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

5. Conclusion et perspectives

La présente étude a été menée dans une première partie à une détermination systématique spécifique d'*Aedes mariae* et de quelques espèces de la faune non visée (*Daphnia magna* du groupe Cladocères; *Cyclops fuscus* (Copépode); *Corixa punctata* et *Plea minutissima* (Hétéroptères); *Agabus brunneus* (Coléoptère aquatique) selon des clés dichotomiques et informatique appropriées. Suivi par une évaluation toxicologique du Spiromesifen (l'Oberon®) à l'égard des larves du quatrième stade d'*Ae. Mariae*. L'effet larvicide augmente en fonction des doses testées et du temps d'exposition.

-Deux doses sublétales choisies à partir des données toxicologiques, ont été appliquées également sur les larves du dernier stade. Cela, pour déterminer l'effet de ce produit sur la composition biochimique (Protéines; Glucides et Lipides) et enzymatiques des biomarqueurs (l'Acétyl choline estérase (AChE), Glutathion-S-transférase (GST) et le Malondialdéhyde (MDA). L'analyse statistique a révélé une différence très hautement significative, entre témoins et traitées selon le temps et les doses testées.

-Dans le même contexte, deux doses sublétales du Spiromesifene (l'Oberon) la CL₁₀ & CL₂₅ ont été appliquée sur 5 modèles de la faune non visée associés aux stades aquatiques des Culicidae. Cependant on a évalué l'effet de ces deux doses, sur la composition biochimique (Protéines, Glucides et Lipides) qui révèle une diminution significative par rapport aux séries témoins. De même, les deux doses ont provoqué, une inhibition du biomarqueur (AChE) et une induction de la GST et de l'MDA.

-L'utilisation des pesticides dans le domaine de l'agriculture doit prendre en considération les doses appliquées, à l'égard des différents ennemis des plantes, selon des doses étudiées. Cela peut contribuer à une menace réelle de la biodiversité aquatique, par le phénomène de lessivage pluviométrique, favorisant ainsi, la contamination des collectes d'eau avoisinantes des terres agricoles.

-On a procédé par la suite à l'évaluation de l'effet toxique de l'Huile Essentielle, extraite à partir des feuilles de *Lavandula dentata*, à l'égard des larves du dernier stade larvaire d'*Ae. Mariae*. Cependant on a procédé à l'analyse de la composition chimique de l'huile, évalué par GC-MS déterminant 23 composés, dont le principal élément identifié à 40,4% est l'Eucalyptol. Par la suite on a procédé à une évaluation toxicologique de l'HE à l'égard des larves du quatrième stade d'*Ae. Mariae*. L'effet larvicide augmente en fonction des doses testées et du temps d'exposition.

-Pour évaluer l'effet larvicide de l'HE sur la composition biochimique et enzymatique chez les larves du quatrième stade d'*Aedes aegypti* deux doses sub létales CL₁₀ & CL₂₅, ont été appliquées. Ce qui a entraîné une diminution des composés biochimiques (Protéines; Glucides et Lipides). Cet effet a provoqué d'autre part, une inhibition de l'activité spécifique de l'AChE et une augmentation de la GST & MDA. L'HE de la *Lavandula dentata* est un bio insecticide efficace pour le contrôle de population de moustique du genre *Aedes*.

- L'effet larvicide important de la plante médicinale étudiée, ouvre des perspectives intéressantes pour son application dans la production des bio-insecticides. Nous envisageons de poursuivre cette étude afin de préciser la nature des composé (s) responsable (s) de cette activité par fractionnement (Isolement) mené en parallèle avec des tests biologiques, à l'aide d'une migration (électrophorèse) et l'étude phytochimique approfondie de la plante (Purification; identification & caractérisation des composés actifs). Nous envisageons à découvrir de nouvelles plantes et par la suite de nouvelles molécules à effet bio-insecticide.

-Cependant l'emploi de l'HE est considéré comme agent prometteur et produit alternative aux insecticides de synthèse dans la lutte biologique.

-Continuer de développer et de tester l'effet synergique d'autres huiles essentielles, dans la perspective d'une activité insecticide combinée de plusieurs composants chimiques.

-Optimisation des opérations d'extraction par la réduction des couts de production des huiles essentielles, comme l'utilisations des extraits aqueux et alcooliques des différentes parties de la plante (Feuilles; fleurs; racines; graines...).

RÉSUMÉ

6. Résumé

Les moustiques sont connus pour leur nuisance causée à l'Homme et aux animaux, car ils jouent un rôle majeur dans la transmission de nombreux agents pathogènes infectieux et parasitaires, à l'occasion du repas sanguin.

Notre travail a été consacré dans une première partie à une détermination systématique spécifique d'*Aedes mariae* et de quelques espèces de la faune non visée (*Daphnia magna* du groupe Cladocères; *Cyclops fuscus* (Copépode); *Corixapunctata* et *Plea minutissima* (Hétéroptères); *Agabus brunneus* (Coléoptère aquatique). D'autre part une étude toxicologique a concerné un produit chimique de la famille Kétoénoles, le Spiromesifen commercialisé sous le nom Oberon[®], à l'égard d'une espèce de Culicidae, hématophage *Aedes mariae* Sergent & Sergent 1903, proliférant au niveau des pholades (Rocks pools) du littoral méditerranéen. Les bioessais ont été réalisés après un screening de plusieurs tests préliminaires, cinq concentrations ont été sélectionnées suite à une analyse statistique AV1. Les résultats montrent une corrélation positive très hautement significative ($P < 0,001$) de la mortalité observée en fonction du temps d'exposition. Les paramètres toxicologiques (CL_{50} ; $CL_{90} \dots X2$; Le Slope..) ont été déterminées selon le logiciel Prisme 6.

La deuxième partie de ce travail a été attribuée à tester la toxicité de deux doses sub létales (CL_{10} et CL_{25}) qui ont été choisies respectivement, selon le temps de traitement: après 24 h (571,9 $\mu\text{g/mL}$; 1899 $\mu\text{g/mL}$); après 48h (467,4 $\mu\text{g/mL}$; 1417 $\mu\text{g/mL}$) et après 72 h (347,3 $\mu\text{g/mL}$; 1161 $\mu\text{g/mL}$). Cela pour déterminer l'impact de l'Oberon sur la composition biochimique (Protéines ; glucides et lipides) d'*Ae. mariae* après 3 jours de traitement. L'analyse de la variance à deux critères de comparaison entre traités et témoins, a révélé une diminution très hautement significative du contenu en protéines; glucides et lipides. D'autre part, un dosage a concerné également trois biomarqueurs, l'acétylcholinestérase; Glutathion S-transférases et le Malondialdéhyde. L'analyse statistique AV2 et le test de Tukey, prouvent une inhibition de l'AChE; une augmentation de la GST et celle de l'MDA.

La troisième partie de cette étude a été visée pour tester, l'activité toxique de l'Oberon[®], sur quelques espèces de la faune non visée associée aux Culicidae. Ces espèces ont été prélevées à partir d'un lac endoréique situé au Nord-est de l'Algérie (Garaat Djamel). Un dosage des métabolites biochimiques (Protéines; glucides et lipides) a été réalisé sur ces espèces, traitées aux concentrations sub létales la CL_{10} (276 $\mu\text{g/L}$) et la CL_{25} (110,4 $\mu\text{g/L}$), de l'Oberon pendant 3 jours, déterminés auparavant à l'égard des larves du quatrième stade de *Culex pipiens*.

La comparaison des valeurs moyennes du contenu en protéines, glucides et lipides des spécimens traités, révèle une diminution significative par rapport aux séries témoins. En plus on a déterminé l'effet toxique de l'Oberon sur les biomarqueurs testés chez les mêmes espèces. Les résultats ont montré une inhibition de l'acétylcholinestérase (AChE), une augmentation de la Glutathion S-transférases (GST) et du Malondialdéhyde (MDA). Cela confirme l'activité larvicide de l'insecticide chimique à l'égard de la faune non visée.

La quatrième partie de ce travail a ciblé un concept de méthode de lutte alternative aux insecticides de synthèse anticulicidienne, la lutte biologique utilisant les plantes et leurs extraits. Dans ce contexte on a étudié l'effet de l'huile essentielle (HE) de la *Lavandula dentata* extraite par hydro distillation sur l'espèce *Aedes mariae*. On a procédé à une analyse chimique par chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse a été utilisée pour déterminer la composition chimique de cette huile. L'analyse chimique a identifié 23 composés, les principaux sont l'eucalyptol (40,45 %) suivi du camphre (19,85 %) et du D-limonène (7,98 %). Les tests toxicologiques ont été réalisés conformément aux techniques préconisées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Les bioessais ont été réalisés après un screening de plusieurs tests préliminaires, cinq concentrations ont été sélectionnées. Les résultats montrent une corrélation positive très hautement significative ($P < 0,001$) de la mortalité observée en fonction du temps d'exposition. Les doses létales (CL_{50} ; CL_{90} ...X2; Le Slope..) ont été déterminées selon le logiciel Prisme 6.

Deux concentrations sub létales (CL_{10} , CL_{25}) de *Lavandula dentata*, ont été appliquées sur les larves du quatrième stade d'*Aedes mariae*, pour déterminer les constituants biochimiques et enzymatiques des espèces traitées par rapport aux témoins. Les doses appliquées sont respectivement: après 24 h (396,2 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 515,3 $\mu\text{g}/\text{mL}$); 48 h (297,4 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 529 $\mu\text{g}/\text{mL}$) et 72 h (208,7 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 411,1 $\mu\text{g}/\text{mL}$). Pour cela, un dosage du contenu en protéines, glucides et lipides a été réalisé. Les résultats de l'analyse biochimique prouvent une diminution des éléments biochimiques, selon l'analyse de la variance AV2 et le test de Tukey. Un autre dosage a porté sur les biomarqueurs enzymatiques (AChE, GST et MDA), une inhibition de l'acétylcholinestérase (AChE), ainsi qu'une augmentation des glutathion S-transférases (GST) et du malondialdéhyde (MDA) se sont produits. L'analyse statistique par AV2 appuyé par Tukey a confirmé une différence très hautement significative. Cela confirme l'activité larvicide de l'HE de *Lavandula dentata* à l'égard d'*Ae. mariae*.

Mots clés : *Lavandula dentata*; Spiromesifen; *Aedes mariae*; Faune non visées; Toxicité; Biomarqueurs.

Abstract

Mosquitoes are known for the nuisance they cause to humans and animals, as they play a major role in the transmission of numerous infectious and parasitic pathogens during their blood meal.

Our work is divided into several sections, with the first focusing on the systematic identification of *Aedes mariae* and a few non-target species (such as *Daphnia magna* from the Cladocera group; *Cyclops fuscus* (Copepoda); *Corixa punctata* and *Plea minutissima* (Hemiptera); *Agabus brunneus* (Aquatic beetle).

Additionally, a toxicological study was conducted on a chemical product from the Ketoenol family, Spiromesifen, marketed under the name Oberon®, with respect to the hematophagous *Aedesmariae* Sergent & Sergent 1903, which proliferates in rock pools along the Mediterranean coast. Bioassays were performed after screening several preliminary tests, and five concentrations were selected based on statistical analysis (AV1). The results showed a highly significant positive correlation ($P < 0.001$) between observed mortality and exposure time. Toxicological parameters (CL_{50} , CL_{90} , X2, Slope, etc.) were determined using the Prisme 6 software.

The second part of this study focused on testing the toxicity of two sublethal doses (CL_{10} and CL_{25}), which were chosen based on treatment duration: after 24 hours (571.9 $\mu\text{g/mL}$; 1899 $\mu\text{g/mL}$); after 48 hours (467.4 $\mu\text{g/mL}$; 1417 $\mu\text{g/mL}$); and after 72 hours (347.3 $\mu\text{g/mL}$; 1161 $\mu\text{g/mL}$). This was done to determine the impact of Oberon on the biochemical composition (proteins, carbohydrates, and lipids) of *Ae. mariae* after three days of treatment. The two-way analysis of variance comparing treated and control groups revealed a highly significant decrease in protein, carbohydrate, and lipid content. Furthermore, three biomarkers—acetylcholinesterase (AChE), Glutathione S-transferases (GST), and Malondialdehyde (MDA)—were also analyzed. The statistical analysis (AV2) and Tukey's test confirmed inhibition of AChE, an increase in GST, and an increase in MDA levels.

The third part of this study aimed at testing the toxic activity of Oberon® on several non-target species associated with the Culicidae. These species were collected from an endorheic lake in northeastern Algeria (Garaat Djamel). Biochemical metabolite assays (proteins, carbohydrates, and lipids) were performed on these species, which were treated with sublethal concentrations of CL_{10} (276 $\mu\text{g/L}$) and CL_{25} (110.4 $\mu\text{g/L}$) of Oberon for three days, as determined in earlier tests on fourth-stage *Culexpiens* larvae.

The comparison of average values of protein, carbohydrate, and lipid content in treated specimens showed a significant decrease compared to the control groups. Additionally, the toxic effect of Oberon on biomarkers in the same species was determined. The results showed inhibition of AChE, increased GST, and elevated MDA, confirming the larvicidal activity of the chemical insecticide on non-target fauna.

The fourth part of this study explored an alternative method for controlling mosquitoes, replacing synthetic insecticides with biological control using plants and their extracts. In this context, we studied the effect of the essential oil (HE) of *Lavanduladentata*, extracted by hydrodistillation, on *Aedesmariae*. Chemical analysis through gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was performed to determine the chemical composition of this oil. The chemical analysis identified 23 compounds, with the major components being eucalyptol (40.45%), camphor (19.85%), and D-limonene (7.98%). Toxicological tests were conducted following the techniques recommended by the World Health Organization (WHO). Bioassays were performed after screening several preliminary tests, and five concentrations were selected. The results showed a highly significant positive correlation ($P < 0.001$) between observed mortality and exposure time. Lethal doses (CL_{50} , CL_{90} , X2, Slope, etc.) were determined using Prisme 6 software.

Two sublethal concentrations (CL_{10} , CL_{25}) of *Lavandula dentata* were applied to fourth-stage *Aedes mariae* larvae to determine the biochemical and enzymatic components of the treated species compared to controls. The doses applied were: after 24 hours (396.2 $\mu\text{g/mL}$; 515.3 $\mu\text{g/mL}$); after 48 hours (297.4 $\mu\text{g/mL}$; 529 $\mu\text{g/mL}$); and after 72 hours (208.7 $\mu\text{g/mL}$; 411.1 $\mu\text{g/mL}$). Biochemical content in proteins, carbohydrates, and lipids was measured. The results from biochemical analysis demonstrated a decrease in biochemical elements, supported by variance analysis (AV2) and Tukey's test. Another assay focused on enzymatic biomarkers (AChE, GST, and MDA), showing inhibition of Acetylcholinesterase (AChE), as well as an increase in Glutathione S-transferases (GST) and Malondialdehyde (MDA). Statistical analysis through AV2 and Tukey confirmed a highly significant difference. This confirms the larvicidal activity of *Lavandula dentata* HE against *Ae. mariae*.

The non-rational use of Oberon® at unstudied doses by farmers contributes to a real threat to aquatic biodiversity. The phenomenon of rainwater leaching promotes contamination of nearby water sources on agricultural lands. However, the use of essential oils is considered a promising alternative to synthetic insecticides in biological control.

Keywords: *Lavandula dentata*; Spiromesifen; *Aedes mariae*; Non-target fauna; Toxicity; Biomarkers.

المخلص

يعرف البعوض بإزعاجه للإنسان، حيث يلعب دوراً رئيسياً في انتقال العديد من مسببات الأمراض المعدية والطفيلية أثناء وجبة الدم. تم تكريس عملنا في الجزء الأول لتحديد منهجي محدد للزراعة *Aedes mariae* وبعض أنواع غير المستهدفة (*Daphnia magna* من مجموعة Cladoceran ؛ (مجدافيات الأرجل) ؛ *Corixa punctata* و *Plea minutissima* (Heteroptera) ؛ *Agabus brunneus* (خنفساء مائية). من ناحية أخرى ، تتعلق دراسة سمية بمنتج كيميائي من عائلة Ketoenol ، Spiromesifen ، تسويقه تحت اسم Oberon® ، فيما يتعلق بنوع من Culicidae ، *Aedes mariae* (Sergent 1903 & Sergent) ، تتكاثر على مستوى الفولادات (برك الصخور) على ساحل البحر الأبيض المتوسط . تم إجراء المقاييسات الحيوية بعد فحص العديد من الاختبارات الأولية ، وتم اختيار خمسة تركيزات بعد تحليل إحصائي AV1. تظهر النتائج ارتباطاً إيجابياً شديداً للدلالة ($P < 0.001$) للوفيات المرصودة كدالة لوقت التعرض. المعلمات السمية ($Slope$ ؛ $2 \times CL_{90}; CL_{50}$) تم تحديدها باستخدام برنامج Prisme 6.

تم تكليف الجزء الثاني من هذا العمل باختبار سمية جرعتين شبه مميتين (LC_{10} و LC_{25}) اللتين تم اختيارهما على التوالي ، وفقاً لوقت العلاج: بعد 24 ساعة (571.9 ميكروغرام / مل. 1899 ميكروغرام / مل؛ بعد 48 ساعة (467.4 ميكروغرام / مل ؛ 1417 ميكروغرام / مل) وبعد 72 ساعة (347.3 ميكروغرام / مل؛ 1161 ميكروغرام / مل). حدد هذا تأثير Oberon على التركيب الكيميائي الحيوي (البروتينات والكربوهيدرات والدهون) لـ *Ae. mariae* بعد 3 أيام من العلاج. كشف تحليل التباين مع معيارين للمقارنة بين المعالجة والضوابط ، عن انخفاض كبير جداً في محتوى البروتين ، الكربوهيدرات والدهون. من ناحية أخرى ، يتعلق التحديد أيضاً بثلاثة مؤشرات حيوية ، l'acétylcholinestérase; Glutathion S-transférases et le Malondialdéhyde ، يثبت التحليل الإحصائي AV2 واختبار Tukey تثبيط AChE. زيادة في GST و MDA.

كان الجزء الثالث من هذه الدراسة يهدف إلى اختبار النشاط السام لـ Oberon® على أنواع قليلة من غير المستهدفة المرتبطة بـ Culicidae. تم جمع هذه الأنواع من بحيرة داخلية تقع في شمال شرق الجزائر (ة عرق لامج طشلا). تم إجراء تحديد المستقلبات الكيميائية الحيوية (البروتينات والكربوهيدرات والدهون) على هذه الأنواع، ومعالجتها بتركيزات شبه مميتة من LC_{10} (276 ميكروغرام / لتر) و LC_{25} (110.4 ميكروغرام / لتر)، من Oberon لمدة 3 أيام ، تم تحديدها مسبقاً فيما يتعلق بآثارها الرابع من *Culex pipiens*. تكشف مقارنة القيم المتوسطة لمحتوى البروتين والكربوهيدرات والدهون في العينات المعالجة عن انخفاض كبير مقارنة بسلسلة دهاوشلا . بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد التأثير السام Oberon على المؤشرات الحيوية التي تم اختبارها في نفس النوع. أظهرت النتائج تثبيط l'acétylcholinestérase (AChE)، زيادة في Glutathion S-transférases (GST) و Malondialdéhyde (MDA)، هذا يؤكد نشاط ميبد اليرقات للمبيد الحشري الكيميائي ضد تار شحلا غير المستهدفة .

استهدف الجزء الرابع من هذا العمل مفهوم طريقة المكافحة البديلة للمبيدات الحشرية المضادة للحشرات الاصطناعية، والمكافحة البيولوجية باستخدام النباتات ومستخلصاتها. في هذا السياق، تمت دراسة تأثير الزيت العطري (HE) من *Lavandula dentata* المستخرج عن طريق التقطير المائي على الأنواع/الزراعة *Ae. mariae*. تم استخدام التحليل الكيميائي بواسطة كروماتوغرافيا الغاز - قياس الطيف الكتلي لتحديد التركيب الكيميائي لهذا الزيت.

حدد التحليل الكيميائي 23 مركبا، أهمها eucalyptol (40.45%) يليه camphre (19.85%) و D-limonene (7.98%). تم إجراء اختبارات السُموم وفقا للتقنيات التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية (OMS). تم إجراء المقاييسات الحيوية بعد فحص العديد من الاختبارات الأولية، وتم اختيار خمسة تركيزات. تظهر النتائج ارتباطا إيجابيا شديدا للدلالة ($P < 0.001$) للوفيات المرصودة كدالة لوقت التعرض. الجرعات المميتة ($2 \times CL_{90}; CL_{50}$) Slope تم تحديدها باستخدام برنامج Prisme 6.

تم تطبيق تركيزين شبه مميتين (LC_{25} ، CL_{10}) من *Lavandula dentata* على يرقات الطور الرابع من الزاعجة *Ae. mariaae* ، لتحديد المكونات الكيميائية الحيوية والأنزيمية للأنواع المعالجة مقارنة بالضوابط. الجرعات المطبقة هي على التوالي: بعد 24 ساعة (396.2 ميكروغرام / مل؛ 515.3 ميكروغرام / مل) ؛ 48 ساعة (297.4 ميكروغرام / مل ؛ 529 ميكروغرام / مل) و 72 ساعة (208.7 ميكروغرام / مل ؛ 411.1 ميكروغرام / مل). للقيام بذلك، تم تحديد محتوى البروتين والكربوهيدرات والدهون. أثبتت نتائج التحليل الكيميائي الحيوي انخفاضا في العناصر الكيميائية الحيوية، وفقا لتحليل التباين AV2 واختبار Tukey. ركز اختبار آخر على المؤشرات الحيوية للإنزيم (AChE ، GST ، MDA) ، وتنشيط l'acétylcholinestérase (AChE) ، بالإضافة إلى زيادة في (MDA) Malondialdéhyde (GST) Glutathion S-transférases. أكد التحليل الإحصائي بواسطة AV2 بدعم من Tukey وجود فرق كبير جدا. هذا يؤكد نشاط مبيد اليرقات لـ *Lavandula dentata* ضد *Ae. mariaae*.

الكلمات المفتاحية: *Lavandula dentata* ; سبيرومسيفين *Ae. mariaae* ; تاناويحلا غير مستهدفة. سمية ; المؤشرات

الحيوية.

RÉFÉRENCES

7. Références bibliographiques

A

Abílio, A.P., Abudasse, G., Kampango, A., Candrinho, B. Sitei, S., Luciano, J., et al. (2018) Distribution and breeding sites of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in 32 urban/peri-urban districts of Mozambique: implication for assessing the risk of arbovirus outbreaks. *PLoS Negl Trop Dis* 12(9): e0006692. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006692>.

Abou El Ela, A.A., Mostafa, A., Ahmed, E.A., & Khalil, A. (2023). Larvicidal and Biochemical Effects of Some Essential Oils and Bee Products Against *Culex pipiens* Larvae (Diptera: Culicidae). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences A. Entomology*. ISSN 1687- 8809. <http://eajbsa.journals.ekb.eg>.

AFNOR. (2000). Huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d'analyse Monographies. Recueil de normes Française: Les huiles essentielles. Tome 2.

Aksakal, F.I., & Arslan, H. (2019). Désintoxication et expression génétique liée au système reproducteur suite à une exposition au nanopesticide $\text{Cu}(\text{OH})_2$ chez la puce d'eau (*Daphnia magna* Straus 1820). Volume 27, page 6103 à 6111, (2020). *Sciences de l'environnement et recherche sur la pollution*.

Amoros, C. (1984). Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises-5. Crustacés Cladocères. *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*. 53(3), 72-107.

B

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and Chemical Toxicology*. 46: 446-475.

Bakonyi, G., Vászrhelyi, T. & Szabó, B. (2022). Impacts de la pollution sur les punaises d'eau (Nepomorpha, Gerromorpha) : état de l'art et leur potentiel de biosurveillance. *Environ Monit évalue*. **194**, 301. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09961-2>.

Baldwin, WS., Leblanc, G.A. (1994). Identification of multiple steroid hydroxylases in *Daphnia magna* and their modulation by xenobiotics. *Environmental toxicology and chemistry*. Volume 13, Issue 7. Pages 1013-1021. <https://doi.org/10.1002/etc.5620130702>.

Bank, C., Hermisson, J., & Kirkpatrick, M. (2012). Can reinforcement complete speciation? *Evolution*. 66:229–239.

- 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): 85–90.
- Barman, B., Gupta, S. (2016).** Assemblage of Coleoptera and Hemiptera community in a stream of Chakrashila Wildlife Sanctuary in Assam. *Tropical Ecology.* 57(2):243–253.
- Bartholomeeusen, K., Daniel, M., LaBeaud, D.A., Gasque, P., Peeling, R.W., Stephenson, K.E., Ng, L.F.P & Ariën, K.K. (2023).** Fièvre chikungunya. *Nature Reviews Disease Primers.* 9:17. <https://doi.org/10.1038/s41572-023-00442-5>.
- Baz, M.M., Hegazy, M.M., Khater, H.F., & El-Sayed, Y.A. (2021).** Comparative Evaluation of Five Oil-Resin Plant Extracts against The Mosquito Larvae, *Culex pipiens* Say (Diptera: Culicidae). *Pakistan Veterinary Journal.* 41(2). <https://doi.org/10.29261/pakvetj/2021.010>.
- Baz, M.M., Selim, A.M., Radwan, I.T., & Khater, H.F. (2022).** Plant oils in the fight against the West Nile Vector, *Culex pipiens*. *International Journal of Tropical Insect Science.* 42(3), 2373–2380. <https://doi.org/10.1007/s42690-022-00762-1>.
- Bechlem, H. (2018).** Etude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales algériennes. Thèse de doctorat, Université des Frères Mentouri, Constantine, 242 p.
- Benamar, L., Bennis, N., Hassoun, M., Millán, A. (2021).** Threatened endemic water beetles from Morocco. *Journal of Insect Conservation.* 25(3):465–477. Doi :10.1007/s10841-021-00314-x.
- Bendali-Saoudi, F. (1989).** Etude de *Culex pipiens pipiens* anautogène. Systématique, biologie, lutte (*Bacillus thuringiensis israelensis* serotype H14, *Bacillus sphaericus* (1953) et deux espèces d'hydracariens. Thèse de Magister en Arthropodologie, Univ. d'Annaba.
- Bendali –Saoudi, F. (2006).** Etude bioécologique, systématique et biochimique des Culicidae (Diptera-Nematocera) de la région d'Annaba. Lutte biologique anticulticienne. Thèse de Doctorat en Biologie animale. Département de Biologie. Université d'Annaba, Algérie, 224 p.
- Bendali –Saoudi, F., Djebbar, F., & Soltani, N. (2001).** Efficacité comparée de quelques espèces de poissons à l'égard de divers stades de *Culex pipiens* L. dans des conditions de laboratoire. *Parasitica.* 57(4), 255-265.
- Benhissen, S., Rebbas, K., Habbachi, W & Masna, F. (2017).** Biodiversité et répartition des moustiques (Diptera: Culicidae) dans les oasis de la région de Biskra (Sud-est Algérien). 96-99.

- Bensafi-Gheraibia, H., Menail, A.H., Soltani, N. (2013).** Activity of a lipid synthesis inhibitor (spiromesifen) in *Drosophila melanogaster*: lipid levels and peroxydation and effects in offspring. *Bull Soc Zool Fr.* 138(1–4): 189-99.
- Bhatt, S., Gething, P., Brady, O., Messina, J., Farlow, A., Moyes, C., Drake, J., Brownstein, J., Hoen, A., Sankoh, O., Myers, M., Georg, D., Jaenisch, T., Wint, G., Simmons, C., Scott, T., Farrar, J., Hay, S. (2013).** The global distribution and burden of dengue. *Nature.* 496:504–507. doi: 10.1038/nature12060.
- Bilton, D.T., Ribera, I., Short, A.E.Z. (2019).** Water beetles as models in ecology and evolution. *Annual Review of Entomology.* 64(1) :359–377. doi: 10.1146/annurev-ento-011118-111829.
- Boillot, C. (2008).** Evaluation des risques écotoxicologiques liés aux rejets d'effluents hospitaliers dans les milieux aquatiques : Contribution à l'amélioration de la phase "caractérisation des effets". Thèse en Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain. Lyon: INSA de Lyon et LSEENTPE, 292 p. <https://theses.hal.science/tel-00289514>.
- Bonnin, J-B. (2015).** Les indicateurs biologiques des milieux aquatiques. Botanicals, Phytochemicals, and Essential Oils as Alternative Larvicidal Agents Against Mosquitoes. *Frontiers in Physiology.* 10: 1591.
- Bouabida, H., Tine-djebbar, F., Tine, S. and Soltani, N. (2017).** Activity of a lipid synthesis inhibitor (spiromesifen) in *Culiseta longiareolata* (Diptera: Culicidae). *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 7(12): 1120-1124.
- Bouguerra, N., Tine-Djebbar, F., & Soltani, N. (2018).** Effect of *Thymus vulgaris* L. (Lamiales: Lamiaceae) Essential oil on energy reserves and biomarkers in *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) from Tebessa (Algeria). *Journal of Essential Oil Bearing Plants.* 21: 1082-1095. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2018.1504696>.
- Bouguerra, N., Boukoucha, M. (2021).** Analyses GC – MS et GC-FID, activités antimicrobiennes et insecticides de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* et leur effet sur le contenu biochimique des larves de *Cx. Pipiens*. *International Journal de la science des Insectes Tropicaux.* 41, 3173-3186. <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00513-8>.
- Bousmaha, L., Atik, F., Tomi, F., Casanova, J. (2005).** Advances in the Chemical Composition of *Lavandula dentata* L. Essential Oil from Algeria. *Journal of Essential Oil Research.* 17(3): 292-295.
- Bousses, P., Dehecq, J-S., & Didier, F. (2021).** Les moustiques de l'île de la réunion. Chapitre 7. Caractères diagnostiques des genres présents à La Réunion. IRD Éditions, 216 p :(85-105). DOI : 10.4000/books.irdeditions.42534.

Bousses, P., Dehecq, J-S., Fontenille, D. (2021). Chapitre 5. Les stades de développement du moustique. LES MOUSTIQUES DE L'ÎLE DE LA RÉUNION. p. 59-75. <https://books.openedition.org/irdeditions/42616?lang=fr>. DOI:10.4000/books.irdeditions.42620.

Bouزيد, D. (2018). Evaluation de l'activité biologique de l'huile essentielle d'une plante endémique *Hélichrysum italicum* (Roth) G. DON. Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 105 p.

Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive for the quantification of micrograms quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal. Biochem*, 72:278-284.

Brassard, S.G. (2000). Les rôles relatifs de la prédation et des ressources sur la distribution verticale du zooplancton à travers un gradient de prédation des poissons dans les lacs boréaux.

Briegel, H., Timmermann, S. (2001). *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): physiological aspects of development and reproduction. *J. Med. Entomol.* 38(4): 566-71.

Brunhes, J., Hassaine, K., Rhaïem, A., Hervy, J.P. (2000). Les Culicides de l'Afrique méditerranéenne : espèces présentes et répartition (Diptera, Nematocera). In: Bulletin de la Société entomologique de France. Volume 105 (2), juin 2000. pp. 195-204. DOI : <https://doi.org/10.3406/bsef.2000.16659>.

Bruno, M. (2011). Les espèces de *Culicoides* du sous-genre *Avaritia* (Diptera : Ceratopogonidae) dans le monde : révision systématique et taxonomique des espèces d'intérêt dans la transmission d'Orbivirus. Strasbourg : Université de Strasbourg, 253 p. Thèse de doctorat : Sciences du vivant : Université de Strasbourg.

Burke DS, Monath TP. 2001. Flavivirus; in Fields Virology. 4e édition. Philadelphia: Lippincott-Raven; 2001. p. 1043–125.

Burtis, J.C. (2021). Pesticide Resistance Monitoring Network: Establishing a Centralized Network to Increase Regional Capacity for Pesticide Resistance Detection and Monitoring. *Journal of Medical Entomology*. Volume 58, Issue 2. 787–797.



Calba, C., Cochet, A., Jourdain, F., Grand, G., Durand, G.A., Guinard, A., Noël, H., Paty, M-C., Franke, F. (2022). Une année marquante pour les épisodes de transmission de dengue autochtone en France métropolitaine. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*. Volume 71. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2023.101997>.

Camargo, J.A., Alonso, A. & de la Puente, M. (2004). Multimetric assessment of nutrient enrichment in impounded rivers based on benthic macroinvertebrates. *Environ. Monit. Assess.* 96, 233-249.

Carron, A. (2007). Traits d'histoire et démographie du moustique « *Aedes caspius* » Pallas, 1771) (Diptera : Culicidae) : impact des traitements larvicides. Thèse de Doctorat. Biologie des Population et Ecologie. Montpellier 3.

Casida, J.E., Durkin, K.A. (2013). Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 99–117.

Casida, J.E. (2017). Pesticide interactions: mechanisms, benefits, and risks. *Journal of agricultural and food chemistry* 65 (23), 4553-4561.

Cauzzi, N. (2007). Evaluation de l'éco-compatibilité de sédiments contaminés, traités ou non par un procédé physico-chimique, dans le cadre d'un scénario de dépôt en gravière (Doctoral dissertation, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon).

Chandrasegaran, K., Lahondère, C., Escobar, L.E., & Vinauger, C. (2020). Linking mosquito ecology, traits, behavior, and disease transmission. *Trends in parasitology.* 36(4): 393-403.

Chaturvedi, A., Jing Li, X., Dhandapani, V., Marshall, H., Kissane, S., Cuenca-Cambroner, M., Asole, G., Calvet, F., Ruiz-Romero, M., Marangio, P. (2023). L'hologénome de *Daphnia magna* révèle une possible méthylation de l'ADN et une évolution du génome hôte médiée par le microbiome. *Nucleic Acids Research.* Volume 51, numéro 18, pages 9785 à 9803. <https://doi.org/10.1093/nar/gkad685>.

Choi, J.Y & Kim, S-K. (2021). Utilisation de la température de l'eau et de la composition de la nourriture en hiver par le copépode *Cyclops vicinus* (Uljanin, 1875) pour fournir un refuge temporaire contre la prédation des poissons. *Biologie.* 10 (5), 39. <https://doi.org/10.3390/biology10050393>.

Coignard, H. (2024). Arboviroses, méga-épidémies de demain ? Emerging arboviroses, future's mega epidemic? Médecine de Catastrophe - Urgences Collectives. *Current Medicinal Chemistry.* 10: 813-829. <https://doi.org/10.1016/j.pxur.2024.04.001>.

Cook, JL (2020). Le genre *Heteroplea* (Hemiptera : Pleidae), avec deux nouvelles espèces et une clé du genre. *Actes de la Société entomologique de Washington.* 122 (4), 777–786.

Cosandey, V., Chittaro, Y., Sanchez, A. (2024). An updated checklist of the Hydradephaga of Switzerland (Coleoptera). *Alpine Entomology.* 8 2024, 87–119. DOI 10.3897/alpento.8.124813.

Costa, AP., Oliveira, R.L., Riccio, L.R.P., Alvarenga, D.A.M., Peterka, C.L., Brito, C.F. A., Ferreira-da-Cruz, M.F., Brasil, P & Ribeiro, C.T.D. (2023). *Plasmodium simium* dans la forêt Atlantique de Rio de Janeiro: le paludisme zoonotique brésilien *Plasmodium simium* in the Atlantic forest of Rio de Janeiro: The Brazilian zoonotic malaria. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine.* Volume 207, Issue 9. Pages 1203-1211. <https://doi.org/10.1016/j.banm.2023.09.006>.

D

Delaunay, P., Fauran, P., Marty, P. (2001). Les moustiques d'intérêt médical Revue Française des Laboratoires Volume 2001, Issue 338, 2001, Pages 27-36.

Deletre, E., Martin, T., Campagne, P., Bourguet, D., Cadin, A., Menut, C., Bonafos, R. and Chandre, F. (2013). Repellent, irritant and toxic effects of 20 plant extracts on adults of the malaria vector *Anopheles gambiae* mosquito. *PloS One*. 8(12) : e82103. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082103>.

Deletre, E., Chandre, F., Williams, L., Duménil, C., Menut, C., & Martin, T. (2015). Electrophysiological and behavioral characterization of bioactive compounds of the *Thymus vulgaris*, *Cymbopogon winterianus*, *Cuminum cyminum* and *Cinnamomum zeylanicum* essential oils against *Anopheles gambiae* and prospects for their use as bednet treatments. *Parasites & vectors*. 8, 316. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0934-y>.

Deletre, E., Schatz, B., Bourguet, D., Chandre, F., Williams, L., Ratnadass, A., & Martin, T. (2016). Prospects for repellent in pest control: current developments and future challenges. *Chemoecology*. 26(4), 127-142. <https://doi.org/10.1007/s00049-016-0214-0>.

Dethier, M. (1981). Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne, les Hétéroptères. *Off. Rech. Sci. Tech. Outre-Mer*. 45, 661-683.

Donato, R., Sacco, C., Pini, G., Bilia, A.R. (2020). Activité antifongique de différentes huiles essentielles contre l'espèce pathogène *Malassezia*. *Journal d'Ethnopharmacologie*. Tome 249, 112376. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112376>.

Draper, H.H. and Hadley, M. (1990). Malondialdehyde determination as index of lipid peroxidation. *Meth. Enzymol*. 186: 241-431.

Duchateau, G. & Folking, M. (1959). Sur la thréalosémie des insectes et sa signification. *Arch. Int. Physiol. Biochem*. 67: 306.

Dusoulier, F., Streito, J.-C., Cœur d'acier, A., Frapa, P., Lambert-grimpard, C., & Pierre é. (2021). Premier inventaire des hémiptères de la Moyenne Tinée (Alpes-Maritimes) et du Haut Verdon (Alpes-de-Haute-Provence). Rapport Zicrona pour le Parc national du Mercantour dans le cadre du projet COBIODIV/PITEM Biodiv' Alp/ALCOTRA. 47 p. <https://www.researchgate.net/publication/360861819>.

E

Ebert, D. (2005). Ecology, epidemiology, and evolution of parasitism in Daphnia. *National Library of Medicine*. 98p.

Edmondson, W.T. (1984). Margalef, R. 1983. Limnologie. Ediciones Omega, SA, Barcelone. *Limnology and Oceanography* Volume 29, Issue 6. 56 pp. Pages 1149-1358. *England*. <https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.6.1349b>.

Ekra, K.D., Ahoussou, E.M.K., Aka, L.B.N., Orsot, E.T., Okoubo, G., Ekou, F.K., uehi, C. G., Douba, A., Ano, A.K.M.N., Kpebo, D.O.D., Traore, Y. (2023). Analyse temporo-spatiale de la fièvre jaune de 2012 à 2021 en Côte d'Ivoire. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*. Volume 71. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2023.101877>.

Elder, J.F. (2016). Aquatic Heteroptera. A new national inventory, 25p. existing MRL for acetamiprid in bananas. *EFSA Journal*. 12(9): 3824.

Ellman, G.L., Courtney, K.D., Andres, V. and Featherstone, R.M. (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.* 7: 88-95.

Eman, A.F & Abeer, O.A. (2021). Sublethal Effects of Two Insecticides, Deltamethrin, Thiamethoxam and the Botanical Insecticide (Foeniculum vulgare Mill.) on *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Bruchidae). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences A. Entomology*.

Ese, N.R.B., Wilnique, P., Otshudiandjeka, J., Issaka, T. (2024). P5-2 - Investigation d'une flambée de dengue, District sanitaire de Cocody-Bingerville, Côte d'Ivoire. *Journal of Epidemiology and Population Health*. Volume 72. <https://doi.org/10.1016/j.jeph.2024.202676>.

Estofolete, CF., Versiani, A.F., Dourado, F.S, Milhim, B.H.G.A., Pacca, C.C., Silva, G.C.D., Zini, N., dos Santos, B.F., Gandolfi, F.A., Mistrão, N.F.B., García, P.H.C., Rocha, R.S., Lefebvre, J.P., Nogueira, M.L. (2023). Influence d'une infection antérieure par le virus Zika sur l'épisode aigu de dengue. *PLoS Negl Trop Dis*. 17(11) : e0011710. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0011710>.



Fahed, L. (2016). Diversité chimique et potentiel antimicrobien d'huiles essentielles de plantes libanaises. Thèse de doctorat, Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS, Ecole Doctorale Sciences de la Nature et de l'Homme – ED 227, Français, 173 p.

Fortes Carvalho Neta, R.N., Barbosa, G.L., Torres, H.S., Pinheiro Sousa, D.B., da Silva Castro, J., Santos, D.M.S., Tchaicka, L., da Silva de Almeida, Z., Teixeira, E.G. & Torres Jr, A.R. (2017). Changes in Glutathione S-Transferase

Activity and Parental Care Patterns in a Catfish (Pisces, Ariidae) as a Biomarker of Anthropogenic Impact in a Brazilian Harbor. *Arch Environ Contam Toxicol.* 72, 132–141. <https://doi.org/10.1007/s00244-016-0326-0>.

Fuertes, I., Piña, B., Barata, C. (2020). Changes in lipid profiles in *Daphnia magna* individuals exposed to low environmental levels of neuroactive pharmaceuticals. *Science of the Total Environment.* Volume 733, 139029. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139029>.

G

Gadiaga, T., Bassoum, O., Faly Ba, M., Sarifou Ba, M., Ndiaye, M., Diao, P.M., Ndiaye, E., Diouf, Konko Ciré, Ba & Abdou Ndiaye, J L. (2023). Investigation et riposte face à un cas de fièvre hémorragique virale positif aux immunoglobulines des virus Zika, West Nile, fièvre jaune et dengue dans le District Sanitaire de Tambacounda (Sénégal). *PAMJ. One Health.* 2023;12(9). 10.11604/pamj-oh.2023.12.9.41632.

Gao, P., Tan, J., Peng, X., Qu, M., Chen, M. (2024). Principaux résidus impliqués dans l'interaction entre le chlorpyrifos et une protéine chimiosensorielle chez *Rhopalosiphum padi* : implications pour le suivi des résidus chimiques *via* les protéines olfactives des insectes. *La science de l'environnement total.* Tome 928. 172361. <https://doi.org/10.1016/j.Scitotenv.2024.172361>.

Giraldo, M., Gonzalez-Orozco, M & Rajsbaum, R. (2023). Pathogenesis of Zika Virus Infection. *Annual review of pathology: Mechanisms of disease.* Vol. 18:181-203. <https://doi.org/10.1146/annurev-pathmechdis-031521-034739>.

Guichardant, M., Bacot, S., Molière, P., Lagarde, M. (2006). Les biomarqueurs de la peroxydation lipidique. *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids. OCL.* VOL. 13 N° 1. Page 2. <http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2006.5555>.

Ghorbani, F., Vatandoost, H., Hanafi-bojd, A.A., Abai, R., Nikookar, H., & Enayati, A. A. (2018). High Resistance of Vector of West Nile Virus, *Culex pipiens* Linnaeus (Diptera : Culicidae) to Different Insecticides Recommended by WHO in Northern Iran. *Journal of Arthropod-Borne Diseases.* 12(1), 24–30.

Giuliani, C., Bottoni, M., Ascrizzi, R., Milani, F., Papini, A., Flamini, G., Fico, G. (2020). *Lavandula dentata* l. from Italy: analysis of trichomes and volatiles. *Biodiversity. Chemistry & Biodiversity.* 15 p.

Goldsworthy, G. J, Mordue, W. And Guthkelsh J; 1972. Studies on insect adipogenic. *Comp. Endocrinol.* 18 (3):545.

Goulson, D. (2020). Pesticides, corporate irresponsibility, and the fate of our planet. *One Earth.* 2(4), 302-305.

Govindarajan, M., Benelli, G. (2016). Artemisia absinthium-borne compounds as novel larvicides: effectiveness against six mosquito vectors and acute toxicity on non-target aquatic organisms. *Parasitol. Res* 115, 4649-4661. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5257-1>.

Gutiérrez-López, R., Bialosuknia, SM., Ciota, AT., Montalvo, T., Martínez-de la Puente, J., Gangoso, L., Figuerola, J., & Kramer, L. (2019). Compétence vectorielle des moustiques *Aedes caspius* et *Ae. albopictus* pour le virus Zika, Espagne. *Emerg Infect Dis*. <https://doi.org/10.3201/eid2502.171123>.

H

Habel, J.C., Dieker, P., & Schmitt, T. (2009). Biogeographical connections between the Maghreb and the Mediterranean peninsulas of southern Europe. *Biol. J. Linn. Soc.* 98: 693–703.

Habig, W.H., Pabst, M.J. and Jakoby, W.B. (1974). Glutathione S-transferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.* 249: 7130-7139.

Hamida, Z.C., Farine, J.P., Ferveur, J.F., Soltani, N. (2021). L'exposition pré-imaginale à Oberon® perturbe la composition en acides gras, le profil d'hydrocarbures cuticulaires et le comportement sexuel chez les adultes de *Drosophila melanogaster*. Biochimie et physiologie comparées Partie C. *Toxicologie et pharmacologie*. Tome 243, <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2021.108981>.

Hassaïne, K., Gourmala, S., & Metge, G. (2001). Cinétique démographique des populations pré-imaginale de *Aedes mariae* (Diptera : Culicidae) des côtes occidentales algériennes, *Ann. Limnol.* 37 (1): 59-69. limnology-journal.org or <http://dx.doi.org/10.1051/limn/2001006>.

Hessas, T., Simoud, S. (2018). Contribution à l'étude de la composition chimique et à l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de Thymus sp. Thèse de Docteur en pharmacie, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 106 p.

Himmi, O., Dakki, M., Trari, B., & Elagbani, M.a., (1995). Les Culicidae du Maroc. Clés d'identification avec données biologiques et écologiques. *Trav. Inst. Sci., Zool.* 44, Rabat: 50 p.

Hodkinson, I. D., & Jackson, J. K. (2005). Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems. *Environmental Management.* 35(5), 649-666.

Huang, G.Y., Liu, Y.S., Chen, X.W., Liang, Y.Q., Shi, W.J., Hu, L.X., Tian, F., Chen, J., & Ying, G.G. (2016). Multi-biomarker responses as indication of contaminant

effects in *Gambusia affinis* from impacted rivers by municipal effluents. *Science of the Total Environment*. 563-564:273-281. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.127>.

Huang, Y., Liping, F., Bin, Z., Yufan, Z., Yiwen, Z., Zongwu, W., Qian, W., Fangbai, L. (2022). Interfacial chemistry of mercury on thiol-modified biochar and its implication for adsorbent engineering. *Chemical Engineering Journal*.

Hui, L., Jingrui, L., Hongtong, B., Lei, S., Huafang, W. (2019). The complete chloroplast genome sequence of *Lavandula dentata* (Lamiaceae) and its phylogenetic analysis.

Hussain, S., Gaur, M. (2023). Tetroneic Acid and Tetramic Acid derived pesticides and their toxicity: A Review. *Pesticidas derivados del ácido tetrónico y ácido tetrámico y su toxicidad: una revisión. Agri, Food and Environmental Research*. Vol 13. 0719-3726. <http://dx.doi.org>.

Huys, R., Suarez-Morales, E., Serrano-Sánchez, M.D.L., Centeno-Garcia, E., & Véga, F.J. (2016). Des inclusions d'ambre du Miocène précoce du Mexique révèlent l'ancienneté des copépodes associés aux mangroves. *Sci. Représentant*, 6, 34872. isolation: a 25-yr survey of an artificial sympatric area between two mosquito sibling species of the *Aedes mariaae* complex. *Evolution*. 68: 12490.

I

Ibrahim, A.M.A & Othman, A.A.E. (2020). Piperonyl butoxide enhances the insecticidal toxicity of nanoformulation of imidacloprid on *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) mosquito. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 20: 134-142.

Ileke, K. D., Oyeniya, E. A., Ogunbite, O. C., & Adesina, J. M. (2015). *Nicotiana glauca* a prospective mosquitocidal in the management of *Anopheles gambiae* (Giles). *International Journal of Mosquito Research*. 2(4): 19-23.

J

John, R. (2000). New classification for the composite genus *Aedes* (Diptera: Culicidae: Aedini), elevation of subgenus *Ochlerotatus* to generic rank, reclassification of the other subgenera. and notes on certain subgenera and species. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 16(3):175-188, 2000 copyright.

Juin, Y.C., Kim, N.Y., Kim, S.H., Park, Y.S., Kong, D.S., Hwang, S.J. (2016). Répartition spatiale des assemblages de macroinvertébrés benthiques en relation avec les variables environnementales dans les cours d'eau nationaux coréens. *Eau*. 8(1):27.

K

Kalemba, D., Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*. 10: 813-829.

Kissoum, N., Soltani, N. (2016). Spiromesifen, an insecticide inhibitor of lipid synthesis, affects the amounts of carbohydrates, glycogen and the activity of lactate dehydrogenase in *Drosophila melanogaster*. 4 (1) : 452-456.

Kissoum, N., Bensafi-Gheraibia, H., Hamida, Z.C., Soltani, N. (2020). Evaluation du pesticide Oberon sur un organisme modèle *Drosophila melanogaster* via un test de toxicité topique sur les paramètres biochimiques et reproductifs. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C. Toxicology & Pharmacology*. Volume 228. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2019.108666>.

Kodandaram, M.H., Kumar, Y.B., Rai, A.B., Singh, B. (2016). An overview of insecticides and acaricides with new chemistries for the management of sucking pests in vegetable crops. *Veg Sci*. 43(1): 1-12.

Koné, K., Tuo, Y., Coulibaly, T., & Koua, K.H. (2019). Entomofauna and phytosanitary practices in cabbages production (*Brassica oleracea* L. 1753) in the township of Korhogo of Northern Côte d'Ivoire. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 12(2): 09-13.

Kouassi Adjoua, M., Ouali N'goran San-Whouly, M., Akesse, E.N., Coulibaly, A. (2022). Évaluation des performances d'un filet anti-insectes dans un système de lutte intégrée contre les principaux ravageurs du chou pomme à Korhogo, Nord de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*. 177: 18424 – 18433 ISSN 1997-5902.

Kumar, R., Sangeet, A., Erinm, Driver., Ted, S., Aruni, B., Pawel, K.L., Zhengzhi, Xie., David, H., Rolf, U.H. (2022). Towards a novel application of wastewater-based epidemiology in population-wide assessment of exposure to volatile organic compounds. *Science of The Total Environment*.

L

Lavarías, S.M.L., Colpo, K.D., Landro, S.M., Ambrosio, E.S., Rodrigues, C., Arrighetti, F. (2022). Deleterious effects of two pesticide formulations with different toxicological mechanisms in the hepatopancreas of a freshwater prawn. *Chemosphere*.

Lecollinet, S., Fontenille, D., Pagès, N., Failloux, A-B. (2020). Le moustique, ennemi public no 1.K

Lim, T.K. (2014). *Lavandula angustifolia*. In *Edible Medicinal and Non Medicinal plants* 8.

Liu, N. (2015). Insecticide resistance in mosquitoes: Impact, mechanisms, and research directions. *Annu Rev Entomol.* 60:537–559. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020828>.

Liu, S.J., Ding, R., Nie, X.P. (2019a). Assessment of oxidative stress of para-cetamol to *Daphnia magna* via determination of Nrf1 and genes related to antioxidant system. *Aquat Toxicol.* 211:73–80.

Liu, Y., Ding, R., Pan, B.B, Wang, L., Liu, S.J., Nie, X.P. (2019b). Simvastatin affect the expression of detoxification-related genes and enzymes in *Daphnia magna* and alter its life history parameters. *Ecotox Environ Safe:* 182.

Liu, S., Zhao, S., Liang, Z., Wang, F., Sun, F., & Chen, D. (2021). Perfluoroalkyl substances (PFASs) in leachate, fly ash, and bottom ash from waste incineration plants: Implications for the environmental release of PFAS. *Science of the Total Environment.* 795, 148468.

Loncle, P. (2020). Aquatic Heteroptera. Observatory of Continental Invertebrates of Brittany, “Taxonomic” sheets SHEET N°3, 13 pp.

Loukou, K.S.P., Toure, M., Kone, S., Yapi, Y.G. (2024). Incidence du paludisme et la résistance d’*Anopheles gambiae* s.l principal vecteur du paludisme en Côte d’Ivoire : corrélation et mécanismes de résistance dans trois localités à faible et forte incidence du paludisme. *International Journal of Biological and Chemical Sciences.* Vol. 18 No. 2. 10.4314/ijbcs.v18i2.17.

Lounaci, A., Brosse, S., Thomas, A., & Lek, S. (2000). Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the Sébaou wadi. In *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology EDP Sciences.* 36 (2), 123-133).

Lyu, K., Gu, L., Li, B., Lu, Y., Wu, C., Guan, H & Yang, Z. (2016). Stress-Responsive Expression of a Glutathione S-Transferase (Delta) Gene in Waterflea *Daphnia Magna* Challenged by Microcystin-Producing and Microcystin-Free *Microcystis Aeruginosa*. *Harmful Algae.* 56 (juin): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2016.04.009>.

M

Macadam, C., Stubbington, R. & Wallace, I. (2021). The specialist insects that rely on the wet-dry habitats of temporary streams. *FBA News: The Freshwater.* No. 81.

Mahmoud, A.M, & Riad, A.S. (2020). Ecological studies on some aquatic insects in the Damietta branch, River Nile of Egypt as bioindicators of pollution. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries.* 24(4), 57-76. doi:10.21608/ejabf.2020.95322.

Martin, T., Saidi, M., Komlan, F.A., Simon, S., Kasina, M., Vidogbéna, F., Parrot, L., Adegbedi, A., Wasilwa, L.A., Subramanian, S., Baird, V., & Ngouajio, M.

(2014). Des filets anti insectes pour protéger les cultures maraichères en Afrique subsaharienne : une technologie rentable et adaptée aux conditions climatiques. 10e Conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, 22 et 23 octobre 2014, Montpellier, France, 9 p.

Martins, R., Gomes, R.A., da, S., Malpass, A.C.G., Okura, M.H. (2019). Chemical characterization of *Lavandula dentata* L. essential oils grown in Uberaba-MG. BIOLOGY. *Cienc. Rural* 49 (8). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180964>.

Medlock, j.M., Hansford, K.M., Schaffner, F., Verstmt, V., Hendrickx, G., Zeller, H., Van Bortel, W. (2012). A review of the invasive mosquito in Europe: ecology, public health risks, and control options. *Vector Borne Zoonotic. DIS.* 12 (6) : 435-447.

Mehani, M. (2015). Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Eucalyptus camendulensis* dans la région d'Ouargla. Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 135 p. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en sciences de l'environnement.

Menden-Deuer, S & Kiørboe, T. (2016). De petits bugs avec un grand impact : relier l'écologie du plancton aux processus écosystémiques. *J. Plancton Rés.* 38,1036–1043.

Michael, L. (2021a). Cameron Bishop , et Sassan Asgari ,Réponse transcriptionnelle de *Wolbachia* à l'infection par le virus de la dengue dans les cellules du moustique *Aedes aegypti*, Le National Center for Biotechnology Information fait progresser la science et la santé en donnant accès à des informations biomédicales et génomiques.

Michael, L., Cameron, B., & Sassan, A. (2021b). Transcriptional Response of *Wolbachia* to Dengue Virus Infection in Cells of the Mosquito *Aedes aegypti*. The National Center for Biotechnology Information advances science and health by providing access to biomedical and genomic information.

Mikel, B., Andreu, R., Raúl, L., & Carlo, B. (2022). Larvae ecology and adult activity of *Aedes mariaae* (Diptera: Culicidae) in a touristic rock-pool area of the Balearic Islands (Western Mediterranean). *Bulletin of Entomological Research.*

Min, J.K & Kong, D.S. (2020). Distribution patterns of benthic macroinvertebrate communities based on multispatial-scale environmental variables in the river systems of Republic Of Korea. *Journal of Freshwater Ecology.* 35(1):323-347. doi:10.1080/02705060.2020.1815599.

Minard, G. (2020). Un nouveau candidat pour lutter contre le moustique tigre : Utilisation du protiste symbiotique *Ascogregarina taiwanensis* dans la lutte antivectorielle contre le moustique tigre (*Aedes albopictus*). *Les cahiers de la Recherche : Santé. Environnement.* 15, pp.28-30. ffanses-03108786f. Mitochondrial DNA Part B 4(2) : 2135-2136.

Moisan, J. & Pelletier, L. (2014). Réponses des macroinvertébrés benthiques à la contamination métallique – Site minier de Notre-Dame-de-

Montauban, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-70752-3.

Moreno-Madriñán, M. & Turell, M. (2018). History of Mosquitoborne Diseases in the United States and Implications for New Pathogens. *Emerg Infect Dis.* 24(5):821–826. doi: 10.3201/eid2405.171609.

Mostefa Della, N. (2015). Contribution à la régénération in-vitro de *Lavandula dentata* via le microbouturage, l'organogenèse et / ou l'embryogenèse somatique et contrôle de la conformité génétique des plantes régénérées par les Marqueurs RAPD. Mémoire pour l'obtention du diplôme de magister en biotechnologie.

Moulton, J.K. (2018). A New Genus, *Ectemnoïdes*, for Seven Species of Australian Gondwanan Simuliidae (Diptera) With Description of a Novel Form of Larval Attachment. – *Insect Systematics and Diversity.* 2(4): 22-31. DOI.org/10.1093/isd/ixy009.

N

Nelson, M.J. (1986). *Aedes aegypti*: Biology and Ecology, Pan American Health Organization, Washington, DC, PNSP/86-63, pp. 50.

Ng, V., Rees, E.E., Lindsay, L.R., Drebot, M.A., Brownstone, T., Sadeghieh, T., Khan, S.U. (2019). Les changements climatiques pourraient-ils entraîner la propagation de maladies exotiques transmises par les moustiques au Canada ? *Relevé des maladies transmissibles au Canada.* 45(4) :108–18. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v45i04a04f>.

Norihisa, T., & Shigeto, O. (2007). The water flea *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera) as a test species for screening and evaluation of chemicals with endocrine disrupting effects on crustaceans. *Ecotoxicology.* 16:197–203. DOI 10.1007/s10646-006-0120-2.

O

Ojianwuna, C.C., Omotayo, A.I., Enwemiwe, V.N., Adetoro, F.A., Eyeboka, D.N., Adesalu, K., Egedegbé, A., Esiwo, E., Oyeniyi, T.A. (2022). Sensibilité aux pyréthroides chez *Culex quinquefasciatus* Say. (Diptères : Culicidae) Populations de l'État du Delta, Région du Delta du Niger, Nigéria. *Journal of Medical Entomology.* Volume 59, numéro 2, mars 2022, pages 758–763, <https://doi.org/10.1093/jme/tjab217>.

OMS, (2002). Dengue et dengue hémorragique. (Internet). (Cité 15 oct. 2021). Disponible sur:<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/fr/print.html>.

OMS. (2005). Guidelines for Laboratory and Field Testing of Mosquito Larvicides. Communicable Disease Control, Prevention and Eradication, WHO Pesticide Evaluation Scheme. WHO, Geneva (WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/1.3).

OMS, (2014). Rapport mondial sur la filariose lymphatique. (Internet). (Cité 6 déc. 2021). Disponible sur <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204169>.

OMS, (2018). Filariose, principaux repères, Organisation mondiale de la Santé. Consulté le 18 avril 2021. www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/lymphatic-filariasis.

OMS, (2019). <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/japanese-encephalitis>.

OMS, (2020). Diseases Maladies à transmission vectorielle. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>.

P

Parker-Crochett, C., Loyd, A., Ramirez, D., & Connelly, R. (2022). Impacts of differential mosquito control treatment regimens on insecticide susceptibility status of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *SN Applied Sciences*. Volume number: 4. 249.

Pavela, R. (2014). Acute, synergistic and antagonistic effects of some aromatic compounds on the *Spodoptera littoralis* Boisd.(Lep., Noctuidae) larvae. *Industrial crops and products*. 60, 247- 258. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.06.030>.

Pavela, R., Benelli, G. (2016). Essential Oils as Ecofriendly Biopesticides? Challenges and Constraints. *Trends in Plant Science*. Volume 21, Issue 12, Pages 1000-1007. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.10.005>.

Pavé, r., Filippo, M., Romilde, I., Giovanni, B. (2019). Des extraits de plantes pour développer des larvicides contre les moustiques : du laboratoire au terrain, avec un éclairage sur les modes d'action. *Acta Tropique*.

Philippe, A. (1984). Biologie et écologie des moustiques d'alsace. Editions de l'orstom institut français de recherche scientifique pour le développement en Coopération PARIS 1984. I.S.B.N.: 2-7099-0741-0.

Phiri, C., Chakona, A. & Day, J.A. (2011). The effect of plant density on epiphytic macroinvertebrates associated with a submerged macrophyte, *Lagarosiphon ilicifolius* Obermeyer, in Lake Kariba, Zimbabwe. *African Journal of Aquatic Science*. 36(3), 289-297.

- Pichenot, J. (2016).** Inventaire des Hétéroptères terrestres et aquatiques de la Réserve Naturelle du marais de Vesles-et- Caumont. *Technical Report*.
- Pingen, M., Schmid, M.A., Harris, E., & McKimmie, C.S. (2017).** Mosquito Biting Modulates Skin Response to Virus Infection. *Trends Parasitol.* 33(8): 645-657.
- Pohlit, A. M., Lopes, N. P., Gama, R. A., Tadei, W. P., & Neto, V. F. (2011).** Patent literature on mosquito repellent inventions which contain plant essential oils--a review. *Planta medica.* 77(6) : 598–617. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1270723>.
- Poisson, R. (1957).** Faune de France.n° 61, Hétéroptères Aquatiques, figure 33, page 59.
- Polhemus, J.T., & Herring, J.L. (1970).** Études hydrobiologiques en Nouvelle-Calédonie (Mission 1965 du Premier Institut de zoologie de l'Université de Vienne). X. Aquatic and semi-aquatic hemiptera of New Caledonia. *Cah. Orstom, sér. Hydrobiol.* 4 (2), 3-12.
- Porretta, D., & Urbanelli, S. (2012).** Evolution of premating reproductive isolation among conspecific populations of the sea rock-pool beetle *Ochthebius urbanelliae* driven by reinforcing natural selection. *Evolution.* 66: 1284–1295.

R

- Raitif, J., Plantegenest, M., Agator, O., Piscart, C., Roussel, JM. (2018).** Variations saisonnières et spatiales de l'émergence des insectes de ruisseau dans un paysage agricole intensif. *Science de l'environnement total.* Tome 644, pages 594-601. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.021>.
- Rebey, B.I., Bourgou, S., Saidani Tounsi, M., Fauconnier, M.L., Ksouri, R. (2017).** Etude de la composition chimique et de l'activité antioxydante des différents extraits de la Lavande dentée (*Lavandula dentata*). *Journal of New Sciences Agriculture and Biotechnology.* 39(2): 2096-2105.
- Reinert, JF., Harbach, R.E., Cuisine, I.J. (2009).** Phylogénie et classification de la tribu Aedini (Diptera : Culicidae). *Journal zoologique de la Linnean Society.* Volume 157, numéro 4, décembre 2009, pages 700 à 794, <https://doi.org/10.1111/j.1096-642.2009.00570.x> relatives aux huiles essentielles. Tome 2ème édition.
- Ribera, I., Foster, G. (1993).** Use of aquatic Coleoptera as biological indicators (Coleoptera). *Elytron.* 6:61–75.
- Ribera, I., Foster, G.N. (1995).** Biodiversity of aquatic Coleoptera associated with transhumance and livestock management in the North-East of Spain. Farming on the edge: the nature of traditional farmland in Europe. *Peterborough: Joint Nature Conservation Committee.* p. 203–209.

Ribeiro, P.E.B., Ribeiro, D.B., dos Santos Soares, A.M., Marques, P.R. B.O., Badea, M., Targa, M., Granato, J.A., Nunes, G.S. (2022). A novel glutathione-S-transferase-based biosensor for pyrethroid insecticides. *From inhibition study to detection*. Volume 4. 100093. <https://doi.org/10.1016/j.sn.2022.100093>.

Rioux, J.A. (1958). Les Culicidés du midi Méditerranéen. Encyclopédie Entomologique XXXV. Ed. Paul Lechevalier. 302 pp.

Rodhain F. 2001. Fièvre jaune, dengue et autres arboviroses. Maladies infectieuses 8–062, A–10. 2001. 19 pages *Encycl. Méd. Chir.* (Édit. scientifique et médical. Elsevier AS, Paris).

Ryley, C. (1998). Roman gardens and their plants. Sussex Archaeological Society, Lewes.

S

Santiago, S., Becker van Slooten, K., Chèvre, N., Pardos, M., Benninghoff, C., Dumas, M. & Garrivier, F. (2002). Guide pour l'utilisation des tests écotoxicologiques avec les daphnies, les bactéries luminescentes et les algues vertes, appliqués aux échantillons de l'environnement.

Sasaki, M., Hans, G.B. (2021). Modèles globaux de tolérance thermique des copépodes. *Journal of Plankton Research*. Volume 43, Numéro 4, pages 598-609. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbab044>.

Schaffner, F., Angel, G., Geoffroy, B., Hervy, J.O. & Rhaeim, A. (2001). The mosquitoes of Europe / Les moustiques d'Europe. IRD Éditions and EID Méditerranée.

Schlupe, S.M., Buckner, E.A. (2021). Metabolic resistance in permethrin-resistant Florida *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Insects*. 12 :866. <https://doi.org/10.3390/insects12100866>.

Senthil-Nathan, S. (2020). A Review of Resistance Mechanisms of Synthetic Insecticides and botanicals, phytochemicals, and essential oils as alternative larvicidal agents against mosquitoes. *Front. Physiol.* Volume 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01591>.

Sergent, E.D. and Sergent, E.T. (1903). Observations sur les moustiques des environs d'Alger. *Annal. Inst. Pasteur Algérie*. 17: 60-67.

- Serradj, N., Bendali-Saoudi, F., Soltani, N. (2022).** The effect of diflubenzuron (Dimilin® 25 WP) on some non-target aquatic insect and crustacean species. *Polish Journal of Entomology*. 91(4):174–183. DOI: 10.5604/01.3001.0016.1930.
- Service, M. (2012).** Medical Entomology for Students, 5th Ed., Cambridge University Press, New York, pp. 303.
- Sh, A., Korrat, R. A. A., & Korrat, E. E. E. (2020).** Selection of cypermethrin resistance in mosquito *Culex pipiens* larvae in Assiut, Egypt. *Archeives of Agriculture Sciences Journal*. 3(2), 195–204.
- Shah, R.M., Alam, M., Ahmad, D., Waqas, M., Ali, Q., Binyamine, M. (2016).** Toxicity of 25 synthetic insecticides to the field population of *Culex quinquefasciatus* Say. *Parasitol. Res.* 115: 4345-51.
- Shaoyong, K., Tingting, S., Zhigang, Z., Ya-Ni, Z., Ying, L., Kaimei, W., & Ziwen, Y. (2010).** Spirodiclofen Analogues as Potential Lipid Biosynthesis Inhibitors: A Convenient Synthesis, Biological Evaluation, and Structure-Activity Relationship. *Bull. Korean. Chem. Soc.* Vol. 31, No. 8.
- Shibko, S., Kaivistoinen, P., Tratnyck, C. A., Newhell, A.R. & Freidman, L. (1966).** A method for the sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, lipid and glycogena from a single rat liver homogenate a from a sub cellular fraction. *Analytic Biochem.* 19: 514-528.
- Simonin, Y. (2024).** Circulation of West Nile Virus and Usutu Virus in Europe: Overview and Challenges. *Viruses*. 16, 599. <https://doi.org/10.3390/v16040599>.
- Singh, V., Sharma, N., Sharma, S.K. (2016).** A review on effects of new chemistry insecticides on natural enemies of crop pests. *Int J Sci Environ Technol*. 2016; 5(6): 4339-61.
- Slater, J.A., & Baranowski, R.M. (1978).** How to Know the True Bugs. Dubuque, Iowa.
- Ślipinski, A. (2007).** Australian Ladybird Beetles (Coleoptera: Coccinellidae) Their biology and classification. *Australian Biological Resources Study*.
- Soro, G., Koffi, N.M., Brama, K., Kouakou, Y.E., M’Bra, K.R., Soro, P.D., & Soro, N. (2018).** Utilisation de produits phytosanitaires dans le maraîchage autour du barrage d’alimentation en eau potable de la ville de Korhogo (nord de la Côte d’Ivoire) : risques pour la santé publique. *Environnement, Risques & Santé*. 17(2) : 155-163.
- Soro, T.A., Etile, R.N., Goore, G.B.i., Aboua, B. (2020).** Preliminary study of the zooplankton population in the Upper Bandama basin (Ivory Coast). *Agronomie Africaine*. 31(3): 305-319.
- Souilah, N., Benabdallah, A., Bendif, H., Mohamed Djamel, M., Nasser, D., Ahmed M, M. (2023).** Etude ethnobotanique de *Pistacia lentiscus* L. cultivé à El Kala

(Algérie), et étude phytochimique et de l'activité antioxydante de son huile essentielle et de ses extraits. *Recherche sur les produits naturels*. Vol 37.9. Page 1583-1588. <https://doi.org/10.1080/14786419.2021.2024825>.

Strayer, D.L., Dudgeon, D. (2010). Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*. 29(1):344-358. doi:10.1899/08-171.1.

T

Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2003). Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie. *CNRS Editions*. Paris, 587 p.

Tarazi, p.S., Ahmadi, S., Ostvar, N., Ghafouri, H., Sarikhan, S., Mahmoodi, Z., Sariri, R. (2021). Enhanced soluble expression of glutathione S-transferase Mu from *Rutilus kutum* by co-expression with Hsp70 and introducing a novel inhibitor for its activity. *Process Biochemistry*. Volume 111, Part 1. Pages 261-266. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2021.10.003>.

Taşar, G.E. (2018). Contributions to the knowledge of aquatic Coleoptera fauna (dryopidae, helophoridae, heteroceridae, hydrochidae, hydrophilidae, gyridae, haliplidae and noteridae) of Diyarbakır, Mardin and Batman Provinces (Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 18(8):927–936. Doi : 10.4194/1303-2712-v18_8_01.

Testi, A., Bisceglie, S., Guidotti, S. & Fanelli, G. (2009). Detecting river environmental quality through plant and macroinvertebrate bioindicators in the Aniene River (Central Italy). *Aquatic ecology*. 43(2), 477-486.

Tkaczyk, A., Bownik, A., Dudka, J., Kowal, K., Ślaska, B. (2021). Modèle *Daphnia magna* dans l'évaluation de la toxicité des produits pharmaceutiques : une revue. *Science de l'environnement total*. Tome 763, 143038. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143038>.

Tine-Djebbar, F., Dris, D., Guenez, R., Tine, S., & Soltani, N. (2021). Larvicidal Activity of Lamiaceae and Lauraceae Essential Oils and Their Effects on Enzyme Activities of *Culex pipiens* L.(Diptera: Culicidae). In Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions (2nd Edition) Proceedings of 2nd Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration (EMCEI-2), Tunisia 2019 (pp. 709-716). *Springer International Publishing*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51210-1_112.

Tuno, N., Phong, T.V., & Takagi, M. (2020). Climate Change May Restrict the Predation Efficiency of *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda: Cyclopidae) on *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Larvae. *Insects*. 11(5), 307. <https://doi.org/10.3390/insects11050307>.

U

Urbanelli, S., Porretta, D., Mastrantonio, V., Bellini, R., Pieraccini, G., Romoli, R., Crasta, G., & Nascetti, G. (2014). Hybridization, natural selection and evolution of reproductive isolation: a 25-yr survey of an artificial sympatric area between two mosquito sibling species of the *Aedes mariaae* complex. *Evolution*. 68: 12490.

V

Vani, R. S., Cheng, S. F., and Chuah, C. H. (2009). Comparative study of volatile compounds from genus *Ocimum*. *American Journal of Applied Sciences*. 6 (3): 523–28. <https://doi.org/10.3844/ajas.2009.523.528>.

Vargas, V.M. (1968). “Sexual dimorphism of larvae and pupae of *Ae. aegypti* (Linn.)”, *Mosquito News*, Vol. 28, pp. 374-379.

Verdier, J.M. (1978). Biologie comparée de deux espèces jumelles. Un exemple chez les Arthropodes hématophages : les espèces A et B du complexe *Aedes* (*Ochlerotatus*) *detritus* (Haliday, 1833) (Diptera-Culicidae). Thèse de Doctorat de Spécialité, U.S.T.L., Montpellier, 109 p.

Villastrigo, A., Arribas, P., Ribera, I. (2020). Irreversible habitat specialization does not constrain diversification in hypersaline water beetles. *Molecular Ecology*. 29 (19):3637–3648. doi:10.1111/mec.15593.

Vogel, H. (2022). *Corixa punctata* - RNAseq data. *Edmond Data Repository*. doi: 10.17617/3.VOQQRJ.

W

Wandscheer, A.C.D., Marchesan, E., Santos, S., Zanella, R., Silva, MF., Londero, GP., Donato, G. (2017). Richness and density of aquatic benthic macroinvertebrates after exposure to fungicides and insecticides in rice paddy fields. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 89: 355- 36.

Wilkerson, R.C., Linton, Y-M., Fonseca, D.M., Schultz, T.R., Prix, D.C. Strickman, D.A. (2015). Rendre la taxonomie des moustiques utile : une classification stable de la tribu Aedini qui équilibre l'utilité avec les connaissances actuelles des relations évolutives. *Plos one*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133602>.

Wang, H.R., Liu, T., Gao, X. Wang, H-B & Xiao, J.H. (2024). Impact du changement eune étude de cadrage. *Infect Dis Poverty*. 13, 38. <https://doi.org/10.1186/s40249-024-01207-2>.

Y

Yamamoto, K., Teshiba, S., Shigeoka, Y., Aso, Y., Banno, Y., Fujiki, T. & Katakura, Y. (2011). Characterization of an omega-class glutathione S-transferase in the stress response of the silkworm. *Insecte Molecular Biology*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2583.2011.01073.x>.

Yolidje, I., Alfa keita, D., Moussa, I., & Pirat, J-L. (2024). Composition chimique et activité larvicide sur *Anopheles gambiae* s.l. des huiles essentielles de *Citrus sinensis* L. (Rutaceae) et de *Crotalaria podocarpa* DC. (Fabaceae) deux plantes de la biodiversité du Niger. *Afrique Science*. 24(2)31 – 39. <http://www.afriquescience.net>.

Yurista, P.M. (2000). Cyclomorphose chez *Daphnia lumholtzi* induite par la température. *Freshwater Biology*. Tome 43, Numéro 2. Pages 207-213. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2000.00543>.

Z

Zahran, H. E. M., Abou-taleb, H. K., & Abdelgaleil, S. A. M. (2017). Adulticidal , larvicidal and biochemical properties of essential oils against *Culex pipiens* L. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 20(1), 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2016.12.006>.

Zeraib, A. (2016). Etude phytochimique et chimiosystématique de *Juniperus thurifera* en Algérie. Thèse de Doctorat en Sciences, Université Ferhat Abbès, Sétif 1, 144 p.

Zhiquan, L., Yang, J., Qiang, C., Yiming, L., Jiangtao, T., Yinying, H., Mingqi, C., Donglei, W., Yunlong, Z. (2020). Two sigma and two mu class genes of glutathione S-transferase in the Deux gènes sigma et deux gènes de classe mu de la glutathion S-transférase chez la puce d'eau *Daphnia pulex* : Caractérisation moléculaire et réponse transcriptionnelle à l'exposition aux nanoplastiques. *Chemosphère*. Tome 248, 126065. <https://doi.org/10.1016/j>.

Zhou, L., Chen, Q., Ke, H., Wang, Z., Peng, J., Wu, D., Liu, Y., & Feng, J. (2023). Descriptions of a new genus and a new species, *Grylloprimevala jilina* (Grylloblattidae) from China. *Ecology and Evolution*. 13(1), e 9750.

ZidaCompaore W.I.C., Gnatou, G.Y.S., Agoro, S., Togan, R., Tchankoni, M.K., Gbeasor-Komlanvi, F.A., Ekouevi, D. (2022). Séroprévalence de la dengue chez des patients fébriles dans la région de la Kara au Togo. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*. Volume 71. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2023.102008>.

Zouggaghe, F. (2020). Structure et distribution des macro-invertébrés aquatiques de la Kabylie de la Soummam (Nord de l'Algérie). *Bulletin de la Société zoologique de France*. 145(3) : 295-310.

SITE WEBE

Anonyme1:https://jeanyvesthorrignac.fr/wa_files/INFO_20654_20HERBILLON.pdf.

Anonyme 2: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cheta%C3%AFbi>.

Anonyme3:<http://myalgerianpost.canalblog.com/archives/2016/01/29/33171083.html>.

Anonyme 4: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Echatt>.

Anonyme 5: Modified from Rueda, L. (2004). “Pictorial keys for the identification of mosquitoes (Diptera: Culicidae) associated with dengue virus transmission”, in ZOOTAXA. 589, Magnolia Press, Auckland, pp. 60.

Anonyme 6: <https://books.openedition.org/irdeditions/42611>.

Anonyme 7 : Lane et Crosskey. (1993). Dynamique-de-la-faune-culicidienne-sur-le-campus-de-luniversite-de-Yaounde-I-Cameroun3. <https://www.memoireonline.com/11/11/4966/m>.

Anonyme 8: Copépodes (<https://www.universalis.fr/encyclopedie/copepodes>).

Anonyme 9: <https://doris.ffessm.fr/Especes/Corixidae-famille-Corises-2118>.

Anonyme 10: https://fr.wikipedia.org/wiki/Lavandula_dentata.

Anonyme11:<https://www.pharma-gdd.com/fr/guide-huiles-essentielles/huile-essentielle-de-lavande-vraie-fine-ou-officinale>.

Anonyme 12: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Toxicologie>.

Anonyme 13: https://pictureinsect.com/fr/wiki/Corixa_punctata.html.

Anonyme 14: https://pictureinsect.com/fr/wiki/Plea_minutissima.html.

Anonyme 15: <https://www.efsa.europa.eu/fr/glossary/sublethal-effect>.

ANNEXES

8. Annexe : Production scientifique

Communications Internationales

1. **Adila Fartas, Fatiha Bendali, Hani Saoudi, Nouredine Soltani.** Effet toxique de l'Obéron sur la population non visée de quelques invertébrés aquatiques. 27-28 Décembre, 2021 Skikda. 1st International Seminar on Pollution, Health, Environment and Bio-monitoring.
2. **Adila Fartas, Fatiha Bendali, Hani Saoudi, Nouredine Soltani.** Effet du Spiromesifen sur quelques espèces de la faune non visée bio indicatrice de pollution environnemental. 18,19 & 20 October, 2022, Skikda. International Seminar on valorisation of agricultural, ecological and food resources (ISVAEFR).
3. Gueddouche Malika, Houmani M, Chaabna S, **Adila Fartas**, Bendali Saoudi Fatiha, Soltani Nouredine. 2023. Le potentiel prédateur d'une espèce d'hydracariens *Piona uncinata* (Koenike 1888) à l'égard de quatre stades larvaires de *Culex pipiens*. 1er Séminaire International sur: Valorisation des Bioressources en Environnement & Santé. Mars, 5-7, 2023, El-Oued Algérie (SIVBEH).

Communications Nationales

1. **Adila Fartas**, Fatiha Bendali, Hani Saoudi & Nouredine Soltani. Effet toxique de l'Obéron à l'égard d'*Aedes aegypti* Sergent & Sergent, 1903. 15-16 Novembre 2023. National doctoral Days of Applied Sciences & Innovation (DD-ASI) and the laboratory director (LBAA).
2. **Adila Fartas**, Hani Saoudi, Fatiha Bendali & Nouredine Soltani 2023. Effet toxique de *lavandula dentata* (HE) à l'égard d'*Aedes aegypti* Sergent & Sergent, 1903 (Diptera ; Culicidae) dans le littoral extrême nord-est de l'Algérie. 6-07, Décembre 2023. Le premier séminaire national sur la vitalité de la biodiversité et l'écosystème des milieux naturels (SNVBEMN-1).

ARTICLE



Essential oil of *Lavandula dentata* L. (Lamiaceae) as a potential larvicidal agent against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), an invasive species from the coasts of Algeria

Fartas Adila, Bendali-Saoudi Fatiha, Saoudi Hani, Mahmoudi Khaoula, Kaarar Mohamed Nadjib & Soltani Nouredine

To cite this article: Fartas Adila, Bendali-Saoudi Fatiha, Saoudi Hani, Mahmoudi Khaoula, Kaarar Mohamed Nadjib & Soltani Nouredine (2024) Essential oil of *Lavandula dentata* L. (Lamiaceae) as a potential larvicidal agent against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), an invasive species from the coasts of Algeria, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 27:1, 211-229, DOI: [10.1080/0972060X.2024.2305826](https://doi.org/10.1080/0972060X.2024.2305826)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/0972060X.2024.2305826>



Published online: 15 Feb 2024.



Submit your article to this journal [↗](#)



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

Essential oil of *Lavandula dentata* L. (Lamiaceae) as a potential larvicidal agent against *Aedes mariae* (Diptera: Culicidae), an invasive species from the coasts of Algeria

Fartas Adila¹, Bendali-Saoudi Fatiha^{1*}, Saoudi Hani², Mahmoudi Khaoula³, Kaarar Mohamed Nadjib⁴, and Soltani Noureddine¹

¹ Laboratory of Applied Animal Biology, Faculty of Science, Animal Biology Department, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria

² Laboratory of Epidemiology-surveillance, Health, Production & Reproduction, Cell Therapy of Domestic and Wild Animals, Faculty of Nature and Life Sciences, Department of Veterinary Sciences, Chadli Benjdid University, El Tarf, Algeria

³ Department of Natural and Life Sciences, Faculty of Sciences, Echahid Cheikh Larbi University, Tebessa, Algeria

⁴ Laboratory of Analytical Chemistry, Pharmacy Department, Faculty of Medicine, Ferhat Abbas University, Setif, Algeria

*Corresponding Author

Bendali-Saoudi Fatiha
bendalisaoudif@gmail.com

Received 24 July 2023

Revised 05 January 2024

Accepted 09 January 2024

Abstract

The species *Aedes mariae* (Sergent & Sergent, 1903) (*Ae. mariae*) is a mosquito that breeds in rock pools on the Mediterranean coast and unfortunately has not been the subject of much analysis. The present study was undertaken to develop a new method of Culicidae control. In recent decades, studies have intensified on plants and their extracts' toxic effects. Therefore, as far as *Lavandula dentata* is concerned the Essential oils (EO) are being extracted from this plant first by Hydrodistillation, and then by gas chromatography-mass spectrometry to determine its chemical composition as a take-off point. These EO analysis findings contained 23 compounds, the main ones being eucalyptol (40.45%) followed by camphor (19.85%) and D-limonene (7.98%). The toxicological tests were carried out in accordance with World Health Organization (WHO) techniques, followed by the determination of lethal and sub-lethal concentrations (LC_{10} , LC_{25} , LC_{50} and LC_{90}), giving the following results respectively after 24 hours: (396.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 515.3 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 670.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and 1134 $\mu\text{g}/\text{mL}$); 48 hours (297.4 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 529 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 940.9 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 2977 $\mu\text{g}/\text{mL}$), and 72 hours (208.7 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 411.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 810 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 3144 $\mu\text{g}/\text{mL}$). In the long run, the two sub-lethal toxic effects on the biomarkers were determined. The results prove an inhibition of Acetylcholinesterase (AChE), as well as an increase in Glutathione S-transferases (GST) and Malondialdehyde (MDA). This confirms its larvicidal activity against *Ae. mariae*. Based on the results obtained, it has been concluded that it can be used as an alternative to synthetic insecticides in biological anti-culicidae control.

Keywords

Bio insecticide, *Aedes mariae*, *Lavandula dentata*, Toxicity, Biomarkers

INTRODUCTION

There are nearly 3,500 species of mosquitoes in the world^{1,2}. Among these species, we are limited to mentioning the importance of the species belonging to the genus *Aedes*. Among the species of the genus *Aedes* exist the *mariae* complex with three members (*Aedes* (Ochlerotatus) *mariae* Sergent & Sergent 1903; *Aedes* (Ochlerotatus) *zammittii* Theobald 1903 and *Aedes* (Ochlerotatus) *phoeniciae* Coluzzi & Sabatini 1968)³: In the south of the islands of Majorca this species has been found in tide pools near the coast⁴. It is a

harmful mosquito of considerable economic importance to tourism. From a veterinary point of view, the species is considered a vector of an avian parasite *Plasmodium relictum*⁵. Mosquito populations are generally controlled by the use of conventional insecticides⁶ which have caused several environmental concerns⁷. In this context, ecologically safe alternative methods are needed like selective insecticides and biological agents. Insect growth disruptors (IGDs) seem promising because of their specific mode of action. Several products have been tested against *Culex pipiens*

and *Culiseta longiareolata*, the most mosquito species in the world particularly in Algeria^{8,9}, such as inhibition of chitin synthesis¹⁰⁻¹², juvenile hormone analogs¹³ or molting hormone agonists¹⁴⁻¹⁶. Concerning the biological control, the potential of some predators was examined like fish species *Gambusia affinis*¹⁷, crustacean species *Cyclops fuscus* Jurine, 1820 against *Cx. pipiens* and *Cs. longiareolata*¹⁸. The use of botanical insecticides also constitutes a new alternative approach¹⁹⁻²³. The insecticidal action of essential oils has been the subject of intensive research during the last decades²⁴⁻²⁶. More recently, the chemical composition of plant-derived products and their potential larvicidal activity were determined^{27,28}. The WHO estimates that 200,000 people die every year worldwide as a direct result of pesticide poisoning^{29,30}. The excessive use of synthetic pesticides has led to problems such as environmental contamination, the development of resistance, and health problems (cancer, adverse effects on the immune system, neurological dysfunction, metabolic diseases such as diabetes, disruption of the endocrine system, and infertility)^{31,32}. This has prompted scientists to look for alternative methods, and more targeted development, such as the use of pesticide plants. Their use has the dual advantage of being environmentally friendly and effective in pest control^{33,34}. They have been used for millennia and were widely promoted in commercial agriculture until the 1940s when synthetic pesticides were developed. Today, there is a growing interest in the use of natural substances. Aromatic plants and their essential oil (EO), used since ancient times in folk medicine and food preservation, offer a wide range of compounds with pharmacological activities³⁵. Algeria lists approximately 4 to 125 vascular plants divided into 123 families. The plant *L. dentata*, also known as fringed lavender³⁶, is a highly aromatic shrub with upright branches, woody at the base, which produces long flowering stems³⁷, up to 1 m high and wide³⁸. The genus *Lavandula*, is an important member of the Lamiaceae family³⁹. This genus comprises 30 species of small shrubs and is distributed from Cape Verde Island in the

Azores to India (Bombay to Bengal), via the Canary Islands, North Africa, the Mediterranean region, and southern Arabia⁴⁰. Lavender EO is characterized by high levels of linalool and linalyl acetate, and moderate levels of lavandulyl acetate, terpinen-4-ol and lavandulol⁴¹. It is widely used in the perfume and soap industries. Yet, it has been used to relieve hemorrhoidal and rheumatic pain and has diuretic, antifungal, and antioxidant activities as well⁴². Besides, it is an important ingredient in perfumes, cosmetics, flavors, aroma, and pharmaceutical industries. Consequently, the search for potential active ingredients of this plant is more relevant than ever⁴³.

This mosquito species is poorly studied⁴⁴ and to date, no information is available on insecticidal bioassays against *Ae. mariae*. Since, the first evidence of the presence of *Ae. mariae* in Algeria⁴⁵, only a survey on the dynamics of its pre-imaginal population on the rocky coast of Western Algeria was reported. Therefore, the present study aimed to investigate an alternative method to conventional insecticides for mosquito control by using a plant product. Thus, the chemical composition of EO of *L. dentata* and its larvicidal activity against the fourth instar larvae were determined against an invasive mosquito species *Ae. mariae*. To give additional information on its mode of action, changes in the activity of three selected biomarkers (AChE, GST, and MDA) were assessed.

MATERIAL AND METHODS

Presentation of the study area

The province of El Tarf and Annaba has a maritime facade spread over 120 km in the Mediterranean Sea. We have selected two sampling zones, the first zone (Vieille Calle) in the province of El Tarf and the second zone (Chetaïbi) in the province of Annaba (Fig. 1). The municipality of Chetaïbi (37°03'58" North, 7°22'49" East) is located about 62 km from the Province of Annaba, on the Northwest coast of Algeria: it has a fishing port, a density of 60 inhabitants/km², and an area of 134 km². The sampling site is represented by the West Bay with multiple rock pools on the coast of the

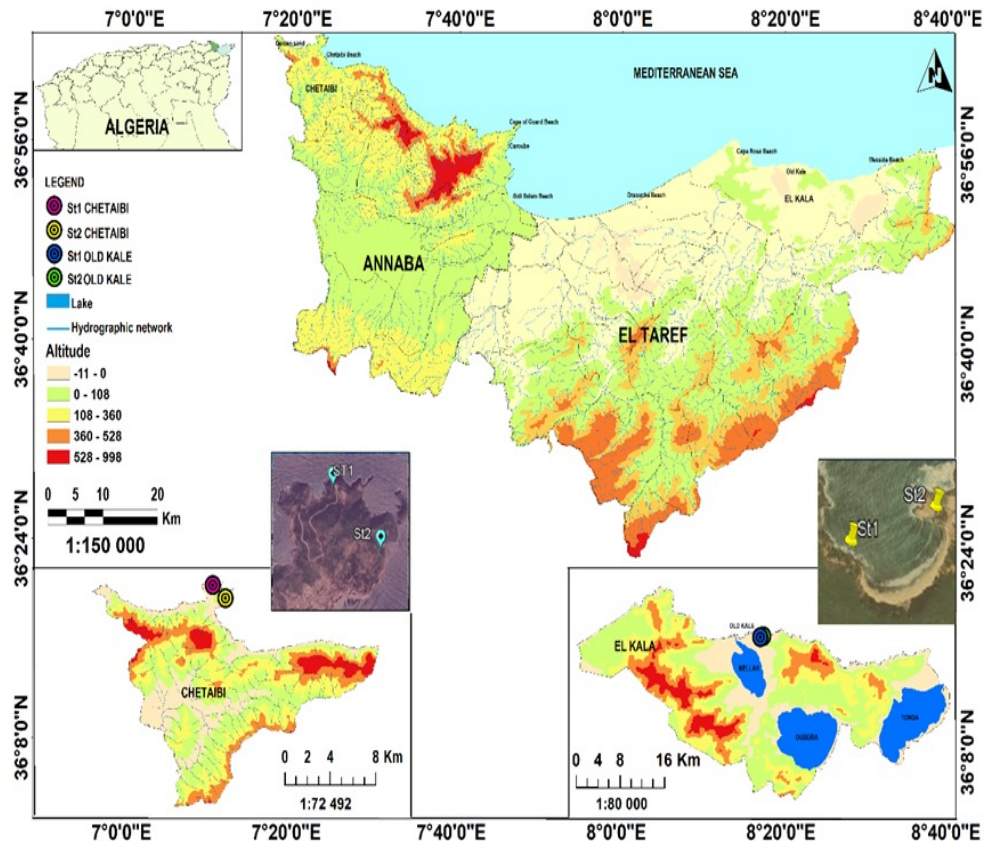


Figure 1. Location of sampling sites for *Aedes species mariae* Sergent & Sergent, 1903

Chetaibi region. The physiographic diversity of the rock flats extends over a few kilometers of the West Bay beaches (Fig. 1). Averages of meteorological temperature data; Rainfall and vapour pressure, corresponding to the sampling period from March to September 2022 in the Chetaibi region, respectively ($22.21 \pm 5.71^{\circ}\text{C}$, 39.01 ± 38.37 mm, and 15.75 ± 3.60 HPa) of the study sites are represented in Fig. 2A.

The second site retained is La Vieille Calle ($36^{\circ}91'74''$ North, $8^{\circ}34'08''$ East). It is a beach located in the Province of El Tarf, in the extreme Northeast Algeria, which can easily be reached from the national road (RN) N^o166 making 13 km from the junction of the beach with the city Center of El Kala, or from the RN 84. El Kala (formerly called La Calle) is a town in the province of El Tarf, it is close to the border Algerian-Tunisian, located 20 km northeast of El Tarf and 77 km East of Annaba (Fig. 1). Concerning the second site, the meteorological

values are respectively (Temperature $21.48 \pm 5.36^{\circ}\text{C}$; Rainfall 42.47 ± 47.26 mm, and Vapour pressure 16.04 ± 4.01 HPa) of the study sites and represented in Fig. 2B.

Mosquito and sampling method

Larval sampling

The collection concerned the larval instars and was carried out using a ladle; its diameter corresponds to the diameter of the hole in the rock. Sampling consists of introducing it into several places on the rocky outcrop and changing the holes or rock pools, each time, thus looking for the presence of larvae.

Larvae rearing

The larvae were transmitted to the laboratory in hermetically sealed bottles (date and site) respecting the transport. Larvae arriving at the laboratory are kept in 500 mL feeding containers. The larvae are reared in seawater and

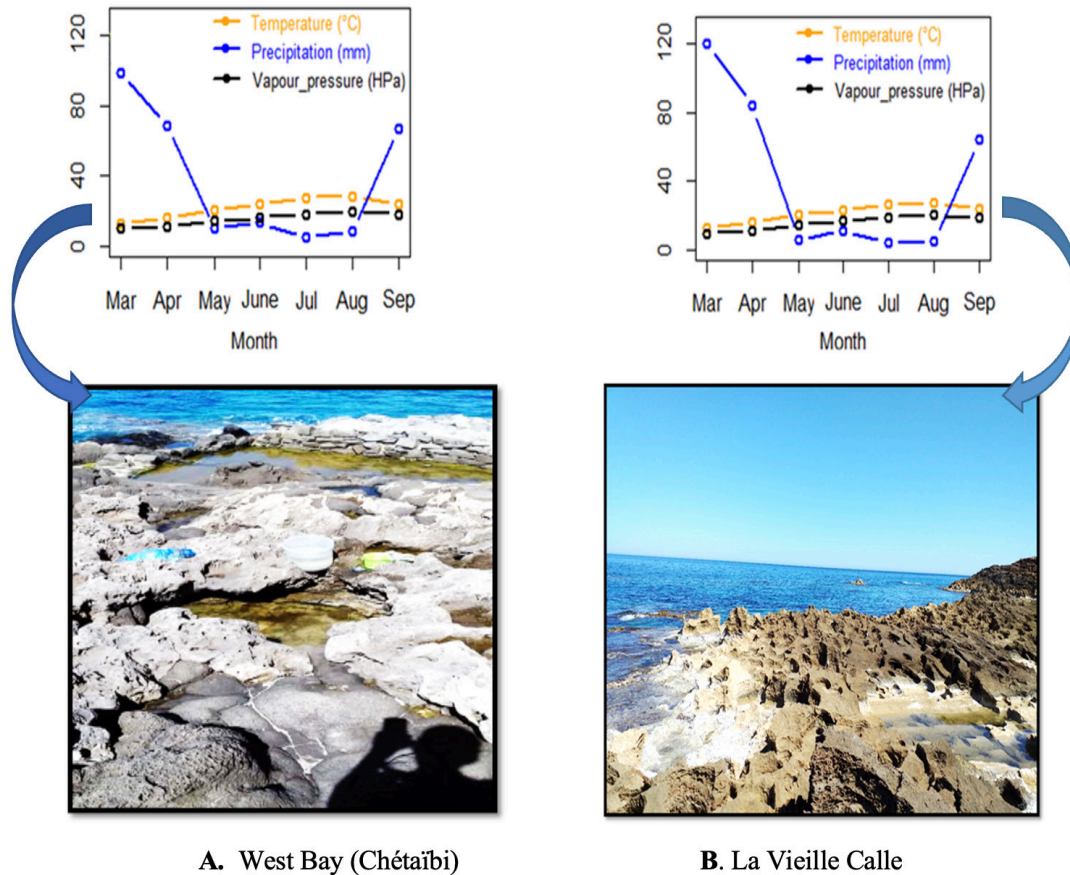


Figure 2. Temperature (°C), Rainfall (mm) and Vapour pressure (HPa) from March to September, 2022, in the two studied sites: West Bay (A) and La vieille Calle (B)

fed macrobenthos (marine macroinvertebrate fauna). The water volume is maintained at 250 mL by adding evaporated volume.

Method

The speed must not exceed 50 km/h and to avoid shaking and eddies which are harmful to the larvae. Breeding was maintained at the Animal Biology Laboratory, under temperature and humidity (24°C and 61%) conditions. Newly molted fourth instar larvae were reared under laboratory conditions in plastic boxes containing seawater from the appropriate sites for use in bioassays.

Plant and EO extraction

Plant harvesting

The leaves of *L. dentata* L., 1753 (Lamiaceae) were collected in March 2022 in the city of

Annaba; (36°81'31" North, 7°71'94" East) (Algeria), then dried at room temperature (27 ± 2°C) for 7 days, and deposited in the herbarium of the Department of Botany (Faculty of Sciences, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria).

Identification

Identification of the plant was carried out by Professor Tarek Hamel (laboratory, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria). The identification of the plant is based on morphometric characteristics, namely: under aromatic shrub inflorescences in dense terminal spikes. Leaves tubular bracteolate calyx with five short unequal teeth. The toothed leaves are crenate on the margins, greyish below and green above.

Flowers and bracts blue, the reference specimen is No. 109-29, the identification number (109-29) is the reference for *L. dentata* published in the

Gérard de Belair herbarium site which includes over 7004 plant occurrences, 1874 taxa, 686 sites from the Algerian Far East 6150 exsiccata, 3189 scans, 854 plant photos, 160 landscape photos Last updated: 2019-06-21, available under the following URL: <https://gdebelair.com/boi/boi11.html>.

Plant preparation

The leaves were stripped of their stems, dried in the shade for a week, and then ground to a powder by hand⁴⁶. To obtain the oil, this powder was immersed (100 g) of it, in a 2-liter flask filled with distilled water (1 L). The mixture was then boiled for 2 hours, and the resulting oil was dried over anhydrous sodium sulfate to remove any residual water. The EO was stored in a small opaque bottle at 4°C in the dark. The Hydrodistillation was carried out using a Clevenger-type apparatus. The Yields were calculated according to the AFNOR⁴⁷ formula: % oil (w/w) = weight of essential oil (g) / weight of plant material (g) × 100

EO analysis by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

GC-MS analysis was performed on a Shimadzu NEXIS GC-2030-GCMS QP 2020 NX instrument equipped with a mass detector and fitted with a Uptiblond apolar capillary column type Rxi-5ms (crossbond 5% diphenyl/95% dimethyl polysiloxane) 30 m long, 0.25 mm internal diameter and 0.25 µm film thickness. The ionization mode was electron impact (EI) with an ionization energy set at 70 eV. The analyzer was a quadrupole equipped with pre-filters. The mass range analyzed was programmed in full scan mode from 50 to 500 uma.

The start of the acquisition was set at 2.50 minutes to limit the saturation of the detector by solvents. The column temperature was programmed to start at 50°C, followed by a 5°C/min rise to 200°C, maintained for 5 minutes. The carrier gas was helium at 1 mL/min; the injection volume was 1 µL. The Compound identification was based on the comparison of mass spectra recorded within the Gas chromatography-mass spectrometry also known as Wiley's bank

of spectra, and the NIST mass spectra library. The Interpretation took into consideration the percentage of similarity of the spectra recorded in the spectrometry, the intensity of the basic parent peaks, and characteristic fragments as well, as bibliographical data on the nature of the compounds present in the essential oil helped us not only to complete this interpretation but also in identifying each compound with certainty. The chemical composition of EO was carried out by GC-MS. This was done according to the standard of European Pharmacopoeia⁴⁸. With a Japanese device (SHIMADZU) GCMS - QP2020 NX equipped with a column with a length of 30 m, internal diameter of 0.53 mm. The injection volume was 0.2 µL and the carrier gas was helium with a pressure of 97.9 kPa (kilo Pascal). The rising power of the furnace, whose initial temperature was 70°C, was increased to reach 200°C in 15 minutes. The conditions for carrying out the mass spectrophotometry were as follows: Temp. Column oven: 70.°C, Temp. Operating temperature: 220.00°C, Injection mode: Split, Flow control mode: Pressure, Pressure: 97.9 kPa, Total flow: 49.5 mL/min, Column flow: 1.50 mL/min, Linear Velocity: 44.9 cm/sec, Purge Flow: 3.0 mL/min, Split Ratio: 30.0, Start Time: 3.00 min, End Time: 70.00 min, ACQ Mode: Scan, Event Time: 0.30 sec, Scan Speed: 1666, Start m/z: 50.00, End m/z: 500.00.

The chemical compounds were identified by comparing their spectra to the reference and ranked in ascending order of their retention time (3 minutes up to 70 minutes) and their detection gain (1.17 kV). Relative abundance was reported using their maximum area percentages.

Insecticidal bioassays

The toxicological tests were carried out under laboratory conditions according to the procedure recommended by WHO⁴⁹, as previously described¹⁴. EO was tested at five concentrations ranging between 300 and 500 µg/L on the fourth-instar larvae, each with five replicates. Control series were exposed to seawater only. The test was carried out with five repeats containing each 20 newly molted fourth instar larvae per

concentration. Larvae were introduced into 250 mL of seawater. Mortality was recorded in the control and treated series at various exposure times (24, 48, and 72 h). The mortality percentage obtained was corrected⁵⁰. Toxicity data was analyzed by Prism6[®] software for Windows and lethal concentrations (LC₁₀, LC₂₅, LC₅₀, and LC₉₀) and 95% confidence limits (95% CL) were determined, and the slope of the concentration-mortality lines estimated⁵¹.

Determination of biomarker activities

The essential oil was applied to fourth instar larvae at two sublethal concentrations (LC₁₀ and LC₂₅) and its effects on acetylcholinesterase (AChE) and glutathione S-transferases (GST) activity were measured at various times following treatment (24, 48, and 72 h) as recently used²⁸.

The activities of GST

GST assay was performed according to the procedure of Habig *et al.*⁵², using 1-chloro-2, 4-dinitrobenzene (CDNB) as an artificial substrate in the presence of a glutathione cofactor (GSH). After treatment, the larvae were pooled in 1 ml of phosphate-buffered saline solution (0.1 M; pH=6.5) in 4 repetitions of 20 individuals. After centrifugation at 14,000 rpm for 30 minutes, the supernatant was used as an enzyme source.

The activities of the AChE

The AChE activity was determined according to the method of Ellman *et al.*⁵³. The samples were homogenized in this solution containing: 38.03 mg of ethylene glycol tetraacetic acid (EGTA), 1 mL of Triton X-100, 5.845 g of NaCl, and 80 mL of Tris buffer (10 mM, pH = 7).

After centrifugation (5000 rpm for 5 minutes), the dosage of AChE activity on a 100 µL aliquot to which 100 µL of DTNB were added (39.6 mg of DTNB, 15 mg of CO₃HNa (Sodium Bicarbonate), 10 mL of Tris buffer (0.1 M, pH=7) and 1 mL of Tris buffer (0.1 M, pH=7). After 3 to 5 minutes, 100 µL of Acetylthiocholine substrate (23.6 mg AChS, 1 mL distilled water) was added. Absorbance was read at 412 nm for 20 min, each assay was conducted in triplicate and

results were expressed in mM/min/mg protein. The protein content was evaluated according to Bradford⁵⁴ using bovine serum albumin as a standard (BSA, Sigma).

The MDA rate

The rate of malondialdehyde (MDA), a biomarker of lipid peroxidation, was made according to Draper and Hadley⁵⁵, as previously described⁵⁶. This method was based on a spectrophotometric measurement of the reaction of thiobarbituric acid with MDA at 532 nm. The protein content was evaluated according to Bradford⁵⁴ using bovine serum albumin as standard (BSA, Sigma). The rate was expressed as mmol/mg protein.

Statistical analysis

Results are presented as mean ± standard deviation (SD). The comparison between the different concentrations was tested using the Student's test. Two-way analysis of variance (ANOVA) involved concentrations and times using Prism6[®] software for Windows (GraphPad Software, La Jolla, California, USA, www.Graphpad.com) was also performed with a significance level of P≤0.05.

RESULTS

Systematic characterization of *Aedes (Ochlerotatus) mariaae*

The systematic identification of the species *Aedes (Ochlerotatus) mariaae* is based exclusively on chaetotaxy and the morphology of the fourth-stage larva. We consider three anterior and three posterior structures (Cephalic Region & Anal Region) following the software of Schaffner *et al.*⁵⁷. The morphological structures used are: the hexagonal head; and the triangular-shaped mentum, formed of more than 7 teeth on either side of the median tooth (Fig. 3A). The ornamentation of the antennal tegument, is speculated, with several branches of three or more (1-A) (Fig. 3B). Head branch 6-C has a single seta. At the level of the abdomen, the arrangement of the teeth of the comb of the eighth segment is triangular. The middle teeth of the comb are significantly longer than the side teeth (Fig. 3C). The siphon is of short size (a / b

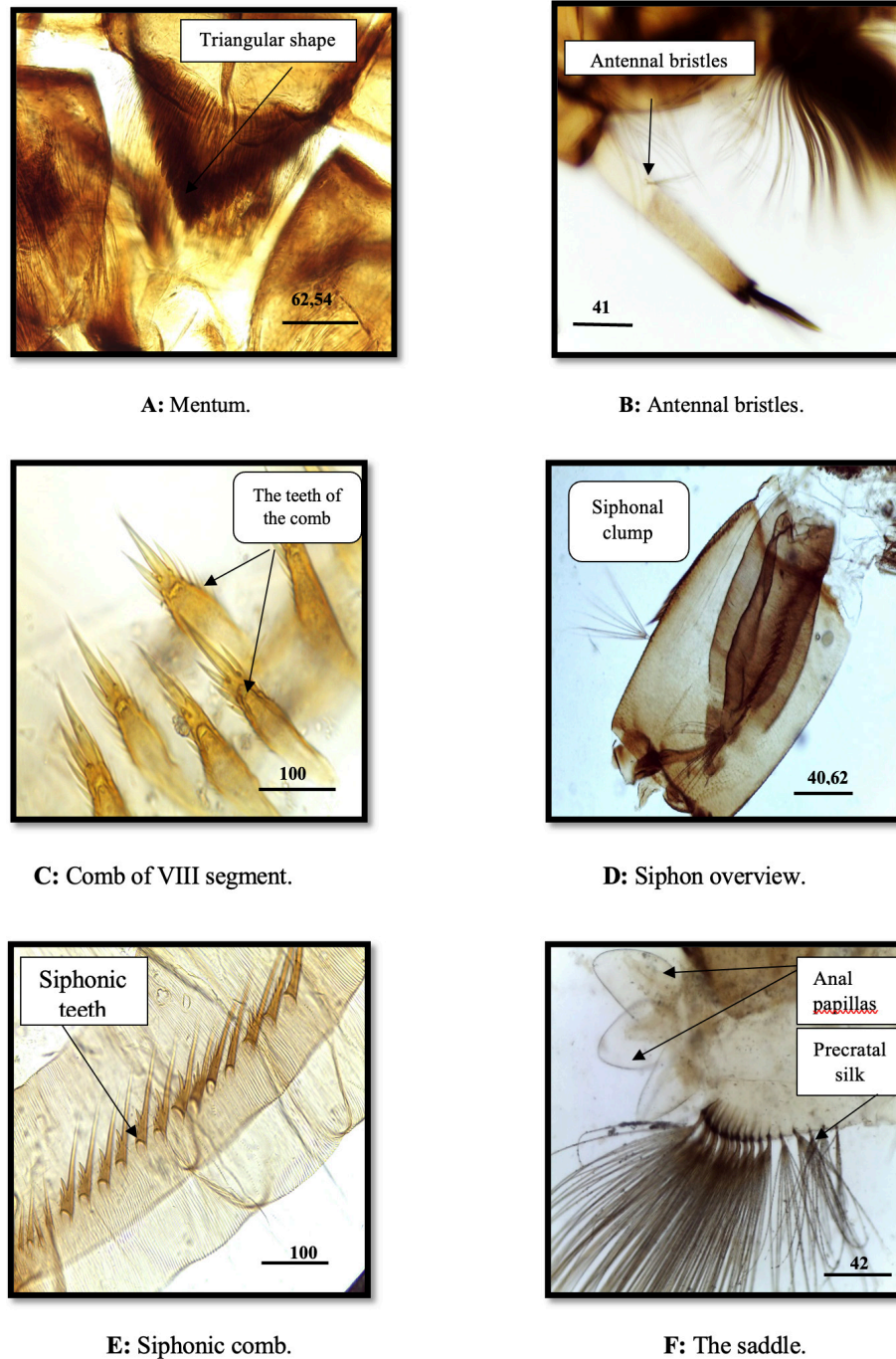


Figure 3. Systematic characteristics of *Aedes (Ochlerotatus) mariaae*: Mentum (A), Antennal bristles (B), Comb of VIII segment (C), Siphon overview (D), Siphonic comb (E), The saddle (F)

≤ 3) (Fig. 3D). The teeth of the siphon comb are not isolated, in the form of thorns (Fig. 3E). The 9-S tang is short and slightly curved. Silk 1-S, inserted after the last tooth of the comb, is located in the middle of the siphon. The saddle

surrounds the anal segment, clearly incomplete. The number of precratal bristles is 2 to 3. The number of comb teeth in the eighth abdominal segment is 18. The size and shape of the anal papillae are short and sub-spherical (Fig. 3F).

Chemical composition of essential oil

The percentage of lavender oil yield recorded was 0.48%. The number of components identified is 23 components (Fig. 4). The majority components are camphor (43.05%); eucalyptol (29.78%); D-limonene (6.07%); endo-borneol (5.15%); cryptone (2.01%); β -pyrene (1.86%); β -ocimene (1.42%); α -pinene (1.35%); linalool (1.25%); α -terpinol (0.98%); pcymene (0.94%); terpinen-4-ol (0.93%); camphene (0.85%); β -myrcene (0.79%); caryophyllene (0.69%); 4(10),thujene (0.56%); lisverbenol (0.45%); myrtenol (0.29%); dcarvone (0.28%); o-cymene (0.24%); α -phellandrene (0.15%); γ -terpinene (0.14%) and myrtenal (0.06%) (Table 1).

Toxicity of *L. dentata* EO to fourth instar larvae of *Aedes (Oclerotatus) mariae*

Table 2 summarizes the percentage of larval

mortality, obtained after 24 h (4.208 - 22%); 48 h (9.63 - 21.04%), and finally after 72 h of treatment (15.04 - 32.66%). The first two concentrations (300 and 350 $\mu\text{g}/\text{mL}$) and also the last three concentrations (400, 450 and 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$) did not show any significant difference after 24 h and 48 h of treatment with EO of *L. dentata*. However, there was a significant difference between the first two concentrations and the last three, according to the first two days of treatment. After 72 h exposure, there was a significant difference between the five concentrations used.

The two-way ANOVA indicated a significant effect of time between the five concentrations tested ($F = 37.45$; $p < 0.0001$), treatment ($F = 61.07$; $p < 0.0001$), and time-treatment interaction ($p < 0.0001$). This indicates that the larvicidal activity of the oil was proportional to the concentration and duration of exposure

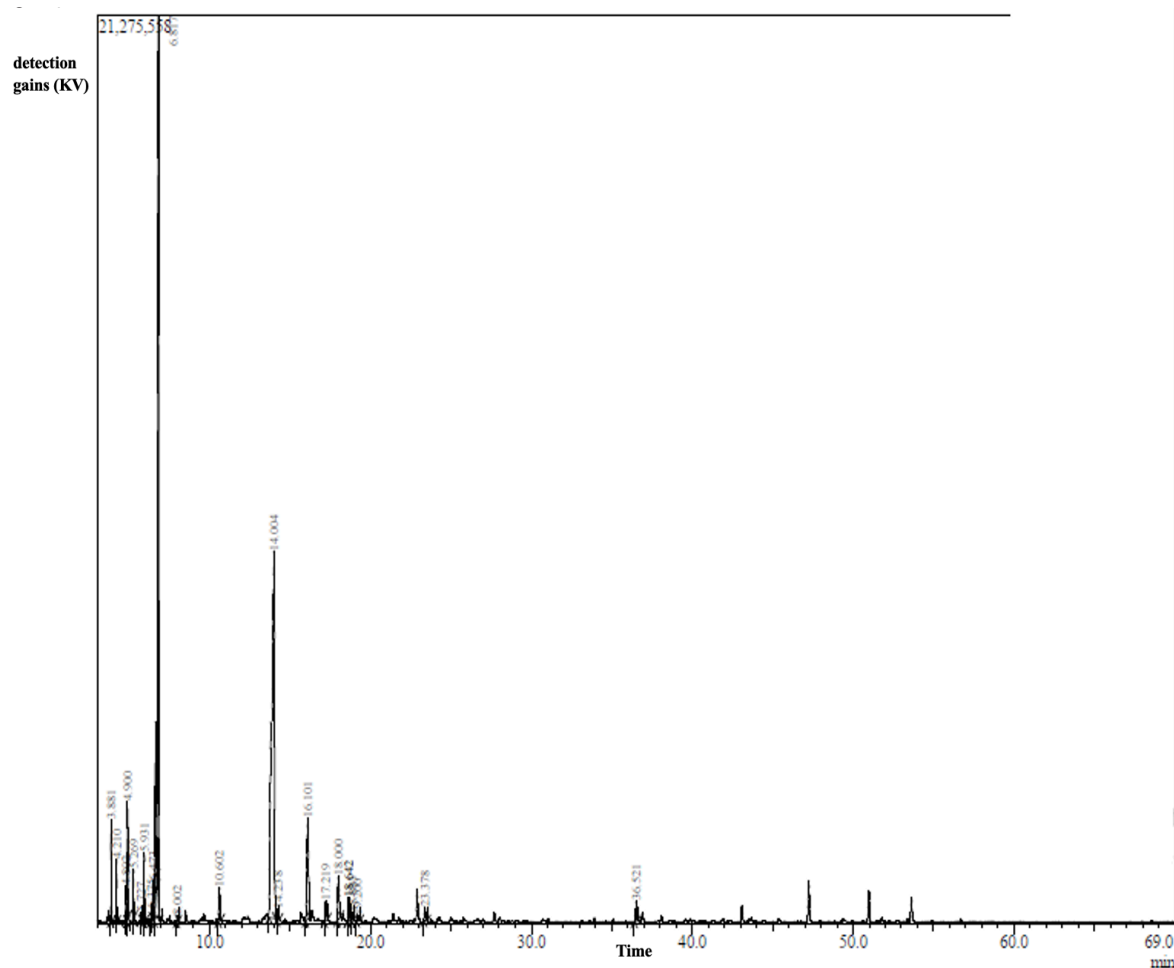


Figure 4. GC-MS chromatogram of *Lavandula dentata* leaf extract

Table 1. Chemical composition of *L. dentata* essential oil

Composition No.	Names of compounds	Chemical classes	Molecular formula	Molecular weight (g/mol)	Retention Index	Retention time (min)	Alight time (min)	Experimental time (min)	Peak area (%)
1	α-Pinene	Monoterpenic carbide	C ₁₀ H ₁₆	136	988	3.88	3.835	3.935	1.35
2	Camphene	Monoterpenic carbide	C ₁₀ H ₁₆	136	1027	4.21	4.145	4.260	0.85
3	4(10)-Thujene	Monoterpenic carbide	C ₁₀ H ₁₆	136	1095	4.80	4.760	4.850	0.56
4	β-Pyrene	Monoterpenic carbide	C ₁₀ H ₁₆	136	1107	4.90	4.855	4.945	1.86
5	β -Myrcene	Monoterpenic carbide	C ₁₀ H ₁₆	136	1150	5.26	5.215	5.305	0.79
6	α -phellandiene	Monoterpenic carbide	C ₁₀ H ₁₆	136.13	1204	4.72	5.665	5.780	0.15
7	β-Ocimene	Monoterpenic carbide	C ₁₀ H ₁₆	136.23	1230	5.93	5.870	6.000	1.42
8	O-cymene	Monoterpenic carbide	C ₁₀ H ₁₄	134.22	1285	6.37	6.320	6.420	0.24
9	p-Cymene	Monoterpenic carbide	C ₁₀ H ₁₄	134.21	1298	6.47	6.420	6.555	0.94
10	D-Limonene	Monoterpenic carbide	C ₁₀ H ₁₆	136.23	1321	6.65	6.575	6.710	6.07
11	Eucalyptol	Monoterpenic etheroxide	C ₁₀ H ₁₈ O	154.24	1343	6.81	6.715	6.860	29.78
12	γ -Terpinene	Monoterpenic carbide	C ₁₀ H ₁₆	136.23	1506	8	7.935	8.060	0.14
13	Linaleol	Alcohol Monoterpenic	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	1931	10.60	10.53	10.745	1.25
14	Camphor	Monoterpenic ketone	C ₁₀ H ₁₆ O	152.23	2502	14	13.67	14.110	43.05
15	<i>cis</i> -Verbenol	Monoterpenic ketone	C ₁₀ H ₁₆ O	152.23	2529	14.23	14.175	14.390	0.45
16	<i>endo</i> -Borneol	Alcohol Monoterpenic	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	2723	16.10	-	-	5.15
17	Terpinen-4-ol	Alcohol Monoterpenic	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	2832	17.21	17.140	17.405	0.93
18	Cryptone	Ketone monoterpenic	C ₉ H ₁₄ O	138.21	2908	18	17.920	18.210	2.01
19	α -Terpinol	Alcohol Monoterpenic	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	2971	18.64	18.56	18.815	0.98
20	Myrtenal	Monoterpenic aldehyde	C ₁₀ H ₁₄ O	150.22	2994	18.64	-	-	0.06
21	Myrtenol	Alcohol Monoterpenic	C ₁₀ H ₁₆ O	152.23	3025	18.88	-	-	0.29
22	D-Carvone	Alcohol Monoterpenic	C ₁₀ H ₁₄ O	150.21	3433	19.20	-	-	0.28
23	Caryophyllene	Sesquiterpene	C ₁₅ H ₂₄	204.36	4716	23.37	-	-	0.69
								Total	99.29

Table 2. Larvicidal activity of five concentrations of *Lavandula dentata* leaf EO against newly molted fourth instar larvae of *Aedes (Oclerotatus) mariae* after 24; 48 and 72 hours. Mean \pm SD, n = 100 larvae/dose

Exposure Time (h)	Concentrations ($\mu\text{g/mL}$)				
	300	350	400	450	500
24	4.208 \pm 1.76 ^{aA}	5.26 \pm 2.26 ^{aA}	11 \pm 2.18 ^{aB}	14 \pm 1.18 ^{aB}	22 \pm 1.36 ^{aB}
48	9.63 \pm 2.17 ^{bA}	11.57 \pm 2.92 ^{bA}	18 \pm 1.80 ^{bB}	20.5 \pm 1.10 ^{bB}	21.04 \pm 2.58 ^{aB}
72	15.04 \pm 1.68 ^{cA}	19.21 \pm 2.19 ^{cB}	23.99 \pm 2.01 ^{cC}	28.06 \pm 1.24 ^{cD}	32.66 \pm 1.48 ^{bE}

For the same exposure time, the means followed by different lower case letters (a, b, c) are significantly different ($p < 0.05$), while for the same concentration the means followed by different upper case letters (A, B, C) are significantly different ($p < 0.05$)

(concentration-response relationship).

The lethal concentrations (LC_{50} and LC_{90}) with their confidence interval were determined according to the three exposure times. The values are respectively: for the first day of treatment, $LC_{50} = 670.2 \mu\text{g/mL}$ [573.8 - 782.8 ($\mu\text{g/mL}$)]; and $LC_{90} = 1134 \mu\text{g/mL}$ [799.1 - 1608]. On the second day of the test, $LC_{50} = 940.9 \mu\text{g/mL}$ [591.6 - 1496] and $LC_{90} = 2977 \mu\text{g/mL}$ [982.3-9021]. On the third day of treatment, $LC_{50} = 810 \mu\text{g/mL}$ [304.5 - 2155] and $LC_{90} = 3144 \mu\text{g/mL}$ [181.3 - 5453]. The sub-lethal concentrations were also estimated (Table 3). For the same exposure time, the means followed by different lowercase letters are significantly different ($p < 0.05$), while for the same concentration, the means followed by different uppercase letters are significantly different ($p < 0.05$).

AChE activities

Measurement of Acetylcholinesterase activity in treated organisms was used as a neurotoxic biomarker. The results showed that AChE activity was significantly inhibited over time ($p < 0.005$), starting the first day of treatment for the two tested concentrations (Fig. 5). This decrease in AChE activity remains dependent on the exposure time (24 h, 48 h, and 72 h). The two-way ANOVA indicated a significant effect of time ($F_{2,18} = 124.6$; $p < 0.0001$), treatment ($F_{2,18} = 106.1$; $p < 0.0001$), and time-treatment interaction ($F_{4,18} = 4.540$; $p = 0.0104$).

GST activities

GST activity has been widely used as a biomarker

to assess the exposure of individuals to the effects caused by environmental contaminants. The results indicate a significant induction in GST activity ($p < 0.05$), starting the first day for the two concentrations (LC_{10} , LC_{25}) as compared with the control (Fig. 6). This suggests a detoxification response, primarily to stress caused by toxic substances. The highest activity was observed on the third day, for the LC_{25} .

The two-way ANOVA indicated a significant effect of time ($F_{2,18} = 114.2$; $p < 0.0001$), treatment ($F_{2,18} = 881.3$; $p < 0.0001$), and time-treatment interaction ($F_{4,18} = 5.819$; $p = 0.0035$).

Determination of MDA rate

The results show a very highly significant ($p < 0.05$) increase in the level of MDA after treatment at the two sub-lethal concentrations (LC_{10} , LC_{25}) from the first day during the experiment, compared to the controls (Fig. 7). However, the highest activity was observed during the third day, for the LC_{25} . The two-way ANOVA indicated a significant effect of time ($F_{2,18} = 2780$; $p < 0.0001$), treatment ($F_{2,18} = 51.12$; $p < 0.0001$), and time-treatment interaction ($F_{4,18} = 51.12$; $p < 0.0001$).

DISCUSSION

Mosquito-borne diseases are a global concern. Mosquitoes are primarily responsible for the spread of arboviruses (Arthropod-borne viruses), which are characteristically transmitted by arthropod vectors Nebbak *et al.*⁵⁸. Among the mosquito vectors of arboviruses, which occupies a prominent position are: *Aedes* and *Culex*. As

Table 3. Larvicidal activity of *Lavandula dentata* EO applied on the fourth instar larvae of *Aedes (Oclerotatus) mariaae*. Determination of lethal and sublethal concentrations with their confidence intervals (95%), Slope and regression curves

Time (h)	LC ₁₀ (µg/mL) 95% IC	LC ₂₅ (µg/mL) 95% IC	LC ₅₀ (µg/mL) 95% IC	LC ₉₀ (µg/mL) 95% IC	Hill Slope	R ²	Regression Curve
24	396.2 (371.9-422.2)	515.3 (482.5-550.3)	670.2 (573.8 -782.8)	1134 (799.116)	4.181	0.991	Y = 13.78 X - 32.7
48	297.4 (240.2-368.2)	529 (451.8-619.4)	940.9 (591.6 -1496)	2977 (982.390)	1.908	0.991	Y = 2.38 X - 2.18
72	208.7 (79.02-551.0)	411.1 (326.1-518.4)	810 (304.5-2155)	3144 (181.3545)	0.710	0.998	Y = 2.64 X - 2.58

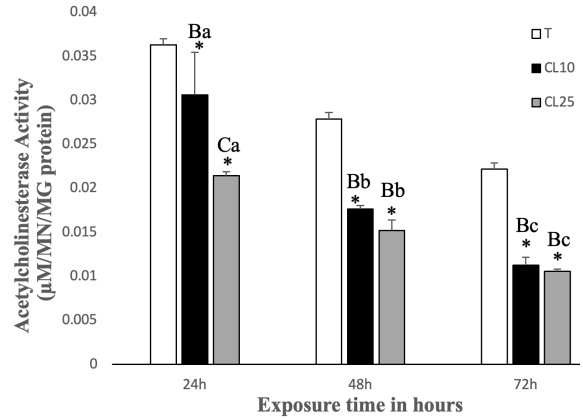


Figure 5. Effects of *L. dentata* EO on AChE activity (µM/mn/mg protein) in *Aedes (Oclerotatus) mariaae* larvae (mean ± SD, asterisks above the treated series indicate a significant difference at p < 0.05 with the control at the same time). One-way ANOVA followed by Tukey's test. Lower case letters compare values of the same dose between times and upper case letters compare values of the same time between concentrations

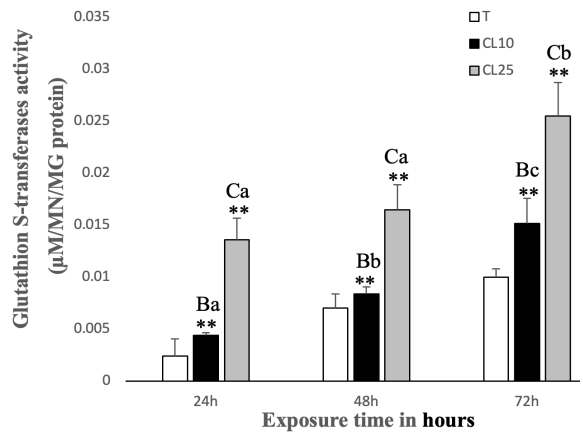


Figure 6. Effects of *L. dentata* EO on GST activity (µM/mn/mg protein) in *Aedes (Oclerotatus) mariaae* larvae (mean ± SD, asterisks above the treated series indicate a significant difference at p < 0.05 with the control at the same time). One-way ANOVA followed by Tukey's test. Lowercase letters compare values of the same dose between times and uppercase letters compare values of the same time between concentrations

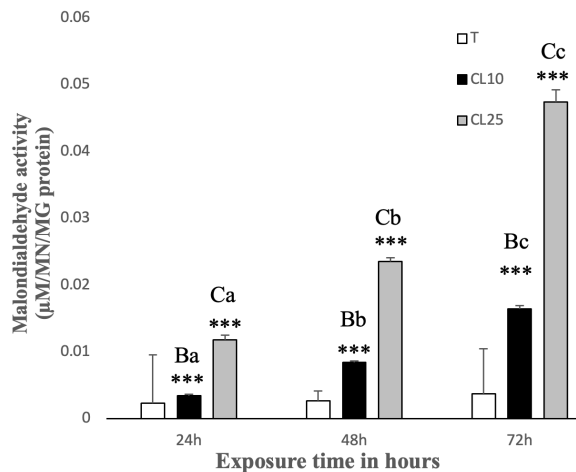


Figure 7. Effects of *L. dentata* EO on MDA activity ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ protein) in *Aedes (Oclerotatus) mariae* larvae (Mean \pm SD, asterisks above the treated series indicate a significant difference at $p < 0.05$ with the control at the same time). One-way ANOVA followed by Tukey's test. Lowercase letters compare values of the same dose between times and uppercase letters compare values of the same time between concentrations

far as The *Aedes (Stegomyia) aegypti* species are concerned, they are found in tropical and subtropical regions, they are the main vector for the dengue, chikungunya, and Zika viruses, inducing large-scale epidemics. However, *Aedes (Stegomyia) albopictus* is a species native to Southeast Asia that has established itself in many temperate zones and is responsible for the autochthonous cases of dengue, chikungunya, and Zika regularly observed in some regions of the world⁵⁹. On the other hand the, *Cx. modestus* and *Cx. pipiens* species are vectors for the West Nile virus, which seems gaining strength after being forgotten for a while. Moreover, most temperate zone species belong to the *Aedes* and *Ochlerotatus subgenera*, and are dominant in the northernmost cold zones of the Holarctic region. Vector control is the primary method for alleviating human concerns about mosquito-borne diseases⁶⁰⁻⁶⁵. Controlling adults and larvae using repellents and insecticides⁶⁶ has long been the most effective approach in reducing mosquito bites by far. The use of synthetic insecticides

has resulted in resistance of treated species, environmental pollution, and risks to human health and non-target organisms. The search for new methods has encouraged researchers to move towards ecological alternative methods such as the use of EO which is becoming an urgent need. EOs are volatile components present in many plant families such as Asteraceae, Rutaceae, Myrtaceae, Lauraceae, Lamiaceae, Apiaceae, Piperaceae, Poaceae, Zingiberaceae, and Cupressaceae⁶⁷.

- EOs contain complex mixtures of products such as phenols, sesquiterpenes, and monoterpenes⁶⁸.
- They have antibacterial, antiviral, and antifungal activities.
- They also have an insecticidal effect interfering with the physiological, metabolic, behavioural, and biochemical functions of insects through inhalation, ingestion, or skin absorption.
- They induce a neurotoxic action⁶⁹.
- They act as adulticides, larvicides, deterrents, and repellents.
- They are less toxic, biodegradable, and overcome resistance to insecticides^{70,71}.

Due to its geographical position, on the edge of the Mediterranean Sea, the city of Annaba represents a tourist hub par excellence. Unfortunately, the presence and wide distribution of mosquitoes in this region represent a serious social problem not only due to their nuisance but they are considered potential vectors of pathogens. Mosquitoes monitoring therefore becomes imperative for control. The presence of *Ae. mariae* Sergent & Sergent, 1903, on the Algerian coast, was confirmed by the first works of Seguy (1924), Senevet & Andarelli (1954, 1963, 1964), and Rioux (1958). This species from the rock pools of the Mediterranean coast corresponded to the same species for these authors who ruled out any possibility of a biogeographic subdivision. The taxonomic approach, in terms of twin species, was established by work relating to the detritus complex. The results of cytotoxic and morphotaxonomic studies obtained by Bullini & Coluzzi (1973), Coluzzi et al., (1974b), make it

possible to identify *Ae. mariae* as a complex of three twin species distributed according to three quite distinct biogeographical zones:

- A Tyrrhenian species: *Ae. mariae* Sergent & Sergent, 1903.
- An Adriatic species: *Ae. zammitii* Théobald, 1903.
- A southern species: *Ae. phoeniciae* Coluzzi & Sabatini, 1968.

Among the members of the Culicidae family, only 5% of the species live in brackish or saline waters. The *Ae. mariae* species is one of the coastal species, which breeds in rocky. Biological control by using plant extracts such as EOs. They are widely used today because of their biological properties (antimicrobial, antioxidant, analgesic, anti-inflammatory, anti-carcinogenic, antiparasitic, insecticide...) ⁷². In another locality of Algeria (Tebessa) the essential oil yields are higher by 1.18% ⁷³. Msaada *et al.* ⁷⁴ found a higher yield of 1.96%, in Tunisia. In the present study, it has been proceeded to the extraction of EOs from the leaves of *L. dentata* by hydrodistillation, their chemical constituents were identified by gas chromatography (GC-MS) to determine its chemical composition. Studies revealed certain differences in the chemical profile of this plant, in Morocco two compounds presented this difference camphor (6.31%) and linalool (2.2%) ⁷⁵. It was reported that *L. dentata* cultivated in Tebessa (Algeria), a semi-arid region contains camphor (13.43%) and eucalyptol (3.62%) ²⁶ lower than our results obtained in Annaba and El Tarf two humid provinces. In addition, Martins *et al.* ⁷⁶ have revealed that in the city of Uberaba (State of Minas Gerais, Brazil), the percentage of eucalyptol (46.30%) is higher compared to our results, on the other hand, camphor (15%), D-limonene (3.20%) and linalool (0.30%) are inferior. However, another study conducted in Tunisia by Msaada *et al.* ⁷⁴ on the chemical composition of EOs from the dried aerial parts of *L. dentata* showed that the percentage of compounds linalool (47.30%) was very high compared to our results, on the other hand, the camphor (2.32%) is lower. In the Rechgoune region in western Algeria (Beni-Saf, Algeria), camphor (13%) is more superior than

in Tunisia and lower than the results obtained and limonene is lower (4.5%) than ours. The difference in the chemical compounds of EO can be linked to several factors ⁷⁷, mainly geography, climate, age and physiology of the plant, genotype, location, and characteristics of the relief on cultivated land, the period of harvest, and the part of the plant used by Giang *et al.* ⁷⁸. The technique of extraction, the drying, the period and the medium of harvest, the cultural practices, and the age of the plant material ⁷⁹. The results of the larvicidal activity of *L. dentata* EO, in northeastern Morocco, this oil applied to *Cx. pipiens* caused 100% mortality at 16,000 µg/mL after 24 h ⁴¹. In the mountainous area, which is in the rural community of Timezgana (Northeastern Morocco) were respectively 2670 µg/mL and 7400 µg/mL after 24 h ⁴¹. Similarly, Dris *et al.* ⁷³ from Algeria, in the region of Tebessa (Semi-arid) noted that this oil showed larvicidal activity against the fourth instar larvae of *Cx. pipiens*, which was more toxic compared to our tests, and the values of LC₅₀ and LC₉₀ were estimated at 113.38, and 150.38 µg/mL after 24 h, respectively. However, the major constituents have been taken into consideration by some authors. Tabari *et al.* ⁸⁰ confirmed that linalool had a significant toxic effect on *Cx. pipiens* larvae and eggs with LC₅₀ values of 14.87 and 1.27 µg/mL, respectively. Other studies conducted by Michaelakis *et al.* ⁸¹ confirmed that linalool acetate has excellent larvicidal activity against *Cx. pipiens* larvae with an LC₅₀ value of 24.30 µg/mL. In works of Fujiwara *et al.* ⁸², the efficacy of linalool against *Ae. aegypti* was studied, and they observed morphological changes in larvae after specified treatment, such as flooding of the tracheal system and damage to the midgut, hampering the larval development and survival. According to Pavela ⁸³, the toxic effect of 30 aromatic compounds as well as their combined actions have been evaluated with regard to *Culex quinquefasciatus*. The comparison of lethal LD₉₀ doses of thymol and p-cymene was selected as the most effective followed by terpinolene and transanethole. A total of 435 binary combinations were tested, of which 249 combinations showed a significant synergistic effect, while 74

combinations showed a significant antagonistic effect on mortality. The results obtained can thus be used in the development of new botanicals insecticides, based on Essential Oils (EO) and in particular in the creation of their formulations. The larvicidal effect of EO from *L. dentata* conducted by Dris *et al.*²⁶ on *Cx. pipiens*, the chemical composition of the extract revealed that the toxicity is due to the presence of 1,8-cineol, camphor, and borneol (LD₅₀ > 250 µg/mL). To contribute to an understanding of detoxification mechanisms, we evaluated the effect of two sub-lethal doses (LC₁₀ and LC₂₅) of EO on the activity of the targeted enzyme, Acetylcholinesterase (AChE), and of a detoxification enzyme, Glutathione-S-transferase (GST) and a biomarker of oxidative stress, Malondialdehyde (MDA). Previous studies have identified AChE as a good molecular indicator, which facilitates the understanding of larvicidal activity. For their part, Seo *et al.*⁸⁴ tested this activity on 12 Apiaceae plant EOs against the Asian tiger mosquito, *Aedes albopictus*, and Li *et al.*⁸⁵ also evaluated the inhibitory activity of four oils of the same species. The effect of EO from *Origanum syriacum* was tested on *Cx. quinquefasciatus* by López *et al.*⁸⁶. They analyzed and determined its impact as an Acetylcholinesterase (AChE) inhibitor. The results showed a higher inhibition of the AChE enzyme (70%) of the larvae at lower concentrations (1 mg mL⁻¹). The results obtained from the AChE assay are consistent with the work of Shahat *et al.*⁸⁷ on the toxicity of extracts of *O. syriacum*, *Pergularia tomentosa*, *Senna italica*, and *Fruticulous otostegia* tested on third instar larvae of *Cx. pipiens*. EO treatment caused a significant decrease in the activity of acetylcholine. Similarly, Dris *et al.*⁷³ tested EO extracted from the *Ocimum basilicum* plant which caused AChE inhibition, on *Cx. pipiens* larvae. GST is an important marker of stress, treated mosquitoes aim to protect the body against oxidative damage it is a detoxification. During our experiment, we recorded an increase in the GST activity according to the period of exposure, which confirms the effect of the oxidative stress of this EO. This is in line with the work carried out by Hafsi *et al.*⁸ carried

out on the fourth instar larvae of *Cx. pipiens* treated with the ethanolic extract of *Tecoma stans* leaf which showed an induction of GST activity. Similarly, Kharoubi *et al.*⁸⁸ assessed GST activity in *Cx. pipiens* treated with the EO of *M. rotundifolium*. Moreover, stimulation of the detoxification system evidenced by induction of GST has been reported by Bouabida *et al.*⁸⁹ using *Ruta graveolens* EO on the fourth instar larvae of *Culiseta longiareolata*. A biomarker of oxidative stress (MDA) is widely used as a biomarker of lipid peroxidation⁹⁰. Our results are consistent with the work carried out on adults of *Blattella germanica* after treatment with a bioinsecticide spinosad (LC₅₀: 143.16 ppm), they showed a significant increase in the level of MDA⁹¹.

CONCLUSION

The complex species *Aedes* (*Ochlerotatus*) *mariae* Sergent & Sergent 1903, is one of the rare species of Culicidae which has never undergone any toxicological test. Our results elucidate the toxic effect of EO from *L. dentata*, characterized by a significant larvicidal potential against the fourth larval stage of *Ae. mariae*. Thus, these EOs could be used in integrated mosquito control programs as larvicides or synergists to improve the effectiveness of current adulticides. For this, it would be interesting to carry out additional studies to develop nanoformulations to improve efficiency and minimize applications after revealing their ecotoxicological aspects. Measurements of bioindicators indicate a disruptive effect on Acetylcholine; Glutathione S-transferase and Malondialdehyde.

REFERENCES

1. Kowo, C., Audrey Mayi, M.P., Gouveia de Almeida, A.P., Foncha, D., Elad, M., Andongma, E., Djomo, C., Fru-Cho, J., Nota Anong, D., Sehgal, R and Cornel, A.J. (2023). Descriptions of a new *Aedes* species and subspecies of the subgenus *Aedimorphus*, from southwest Cameroon and updated key for the species of the "Domesticus group". Afr. Entomo. 31: 1-6.
2. Becker, N., Dusan, P., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M.B and Dahl, C. (2020). Mosquitoes: Identification, Ecology and Control, Springer

- Nature Switzerland. pp. 570.
3. **Mastrantonio, V., Porretta, D., Bellini, R., Nascetti, G and Urbanelli, S. (2015).** Molecular systematics and origin of the mediterranean sea rock-pool mosquitoes of the *Aedes mariae* (Diptera: Culicidae) complex. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 108: 593-599.
 4. **Bueno, M and Serna Mompeán, J.P. (2011).** Primera cita de *Ochlerotatus mariae* (Sergent & Sergent, 1903) (Diptera, Culicidae) en la Comunidad Valenciana: Implicaciones en el control de esta especie singular. *Revta. Gad. Entom.* volumen VI núm. 1: 63-66.
 5. **Gutsevich, A.V., Monchadskii, A.S and Shtakelberg, A.A. (1974).** Fauna of the U.S.S.R. Diptera, Mosquitoes, Family Culicidae. Academy of Sciences of the USSR, Zoological Institute, Leningrad English translation: Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem. 100(3): 384.
 6. **Nelsen, J.A. and Yee, D.A. (2022).** Mosquito larvicides disrupt behavior and survival rates of aquatic insect predators. *Hydrobiologia.* 849(21): 4823-4835.
 7. **Padmanaban, H., Mandodan, S., Bora, B., Sivaprakasam, M., Vijayakumar, A., Lukose, J and Poopathi, S. (2022).** Scoping review on impact of mosquito-borne diseases of man and animals and use of potential bacterial larvicidal agents to control mosquito vectors). *Int. J. Pharm. Biol. Sci. Arch.* 4(02): 046-055.
 8. **Hafsi, N.E., Hamaidia, K. and Soltani, N. (2022).** Chemical screening, insecticidal and reprotoxic activities of *Tecoma stans*: ethanolic leaf extract against the vector mosquito *Culex pipiens*. *Physiol. Entomol.* 47: 176-187.
 9. **Alayat, M.S., Bendali-Saoudi, F., Mahmoudi, K. and Soltani, N. (2023).** Diversity and spatio-temporal distribution of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Laghouat arid region (Algerian northern Sahara). *Orient. Insects.* 57(4): 1102-1127.
 10. **Rehimi, N. and Soltani, N. (1999).** Laboratory evaluation of Alsystin, a chitin synthesis inhibitor, against *Culex pipiens pipiens* (Dip., Culicidae): effects on development and cuticle secretion. *J. Appl. Entomol.* 123: 437-441.
 11. **Soltani, N., Rehimi, N., Drardja, H. and Bendali, F. (1999).** Activité du triflumuron à l'égard de *Culex pipiens* et impacts sur deux espèces larvivoires non visées. *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N.S.).* 35: 59-64.
 12. **Djehader, N.E.H., Boudjelida, H., Bouaziz, A. and Soltani, N. (2013).** Biological effects of a benzoylphenylurea derivative (Novaluron) on larvae of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Adv. Appl. Sci. Res.* 4(4): 449-456.
 13. **Hamaidia, K. and Soltani, N. (2014).** Laboratory evaluation of a biorational insecticide, kinoprene, against *Culex pipiens* larvae: effects on growth and development. *Annu. Res. Rev. Biol.* 4(14): 2263-2273.
 14. **Boudjelida, H., Bouaziz, A., Soin, T., Smagghe, G. and Soltani, N. (2005).** Effects of ecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. *Pest. Biochem. Physiol.* 83 (2/3): 115-123.
 15. **Hamaidia, K., Tine-djebbar, F. and Soltani, N. (2018).** Activity of a selective insecticide (methoxyfenozide) against two mosquito species (*Culex pipiens* and *Culiseta longiarhelata*): toxicological, biometrical and biochemical study. *Physiol. Entomol.* 43 (4): 315-323.
 16. **Hamaidia, K. and Soltani, N. (2020).** Methoxyfenozide, a molting hormone agonist, affects autogeny capacity, oviposition, fecundity, and fertility in *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* 58: 1004-1011.
 17. **Bendali, F., Djebbar, F. and Soltani, N. (2001).** Efficacité comparée de quelques espèces de poissons à l'égard de divers stades de *Culex pipiens* L. dans des conditions de laboratoire. *Parasitica.* 57: 255-265.
 18. **Mahmoudi, K., Bendali-Saoudi, F. and Soltani, N. (2022).** Potential predation of *Cyclops fuscus* Jurine, 1820 (Crustacea Copepoda) against two mosquito species *Culex pipiens* Linnaeus, 1758 and *Culiseta longiareolata* Macquart, 1838 (Diptera Culicidae). *Biodiv. J.* 13(4): 805-812.
 19. **Vivekanandhan, P., Venkatesan, R., Ramkumar, G., Karthi, S., Senthil-Nathan, S. and Shivakumar, M.S. (2018).** Comparative analysis of major mosquito vectors response to seed-derived essential oil and seed pod-derived extract from *Acacia nilotica*. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 15(2): 388.
 20. **Vivekanandhan, P., Senthil-Nathan, S. and Shivakumar, M.S. (2018).** Larvicidal, pupicidal and adult smoke toxic effects of *Acanthospermum hispidum* (DC) leaf crude extracts against mosquito vectors. *Phy. Mol. Plant. Pathol.* 101: 156-162.
 21. **Vivekanandhan, P., Usha-Raja-Nanthini, A., Valli, G. and Shivakumar, M.S. (2018).** Comparative efficacy of *Eucalyptus globulus* (Labill) hydrodistilled essential oil and temephos as mosquito larvicide. *Nat. Prod. Rep.* 34: 2626-2629.

22. **Vivekanandhan, P., Swathy, K., Sarayut, P., Ragavendran, C. and Patcharin, K. (2023).** Essential oils from *Acacia nilotica* (Fabales: Fabaceae) seeds: May have insecticidal effects? *Heliyon*. 9: e14808.
23. **Pratheeba, T., Vivekanandhan, P., Nur Faeza, A.K. and Natarajan, D. (2019).** Chemical constituents and larvicidal efficacy of *Naringi crenulata* (Rutaceae) plant extracts and bioassay guided fractions against *Culex quinquefasciatus* mosquito (Diptera: Culicidae). *Biocatal. Agri. Biotechnologie*. 19: 101137.
24. **Huong, L.T., Dai, D.N., Thin, D.B., Hung, N.H. and Thinh, B.B. (2023).** Essential oils of *Distichochlamys benenica*: chemical constituents, mosquito larvicidal and antimicrobial activities. *Nat. Prod. Commun.* 18(8): 1934578X231193541.
25. **Huong, L.T., Thinh, B.B., Hung, N.H., Phu, H.V., Hieu, N.C. and Dai, D.N. (2023).** Chemical composition, antimicrobial and larvicidal activities of essential oils of two *Syzygium* species from Vietnam. *Braz. J. Biol.* 84: e270967.
26. **Dris, D., Tine-Djebbar, F. and Soltani, N. (2017).** *Lavandula dentata* essential oils: chemical composition and larvicidal activity against *Culiseta longiareolata* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Afr. Entomol.* 25(2): 387-394.
27. **Kharoubi, R., Rehim, N., Khaldi, R., Haouari abderrahim, J. and Soltani, N. (2021).** Phytochemical screening and insecticidal activities of essential oil of *Mentha x piperita* L. (Lamiales: Lamiaceae) and their enzymatic properties against Mosquito *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). *J. Essent. Oil-Bear. Plants*. 24(1): 134-146.
28. **Khaldi, R., Rehim, N., Kharoubi, R. and Soltani, N. (2022).** Phytochemical composition of almond oil from *Melia azedarach* L. and its larvicidal, ovicidal, repellent and enzyme activities in *Culex pipiens* L. *Trop. Biomed.* 39(4): 531-538.
29. **Cape. (2009).** Position Statement on Synthetic Pesticides. <http://rainforests.mongabay.com.html>
30. **Belmain, S.R., Haggar, J., Holt, J. and Stevenson, P.C. (2013).** Managing legume pests in sub-Saharan Africa: Challenges and prospects for improving food security and nutrition through agro-ecological intensification. Chatham Maritime (United Kingdom): Natural Resources Institute (NRI), University of Greenwich, pp.34.
31. **Gilden, R.C., Huffling, K. and Sattler, B. (2010).** Pesticides and health risks. *J. Obstet. Gynecol and Neo. Nurs.* 39: 103-110.
32. **Rahimi, R. and Abdollahi, M. (2007).** A review on the mechanisms involved in hyperglycemia induced by organophosphorus pesticides. *Pestic Biochem. Phys.* 88(2): 115-121.
33. **Stevenson, P.C., Arnold, S.E.J. and Belmain, S.R. (2014).** Pesticidal plants for stored product pest in smallholder farming in Africa. In "Advances in Plant Biopesticides" Ed. D. Singh. Springer Verlag, pp.149-172.
34. **Mkenda, P., Mwanauta, R., Stevenson, P.C., Ndakidemi, P., Mtei, K. and Belmain, S.R. (2015).** Extracts from field margin weeds provide economically viable and environmentally benign pest control compared to synthetic pesticides. *PLoS One*. 10(11): e0143530.
35. **Franz, C.H. (1986).** Actual problems on the quality of medicinal and aromatic plants. *Acta Hort.* 188: 21-34.
36. **Hui, L., Jingrui, L., Hongtong, B., Lei, S., Huafang, W. (2019).** The complete chloroplast genome sequence of *Lavandula dentata* (Lamiaceae) and its phylogenetic analysis. *Mitochondrial DNA Part B*. (4): 2135-2136.
37. **Giuliani, C., Bottoni, M., Ascrizzi, R., Milani, F., Papini, A., Flamini, G., Fico, G. (2020).** *Lavandula dentata* from Italy: analysis of trichomes and volatiles. *Chemistry & Biodiversity*. 17: 11.
38. **Lim, T.K. (2014).** *Lavandula angustifolia*. In *Edible Medicinal and Non Medicinal Plants: Volume 8, Flowers*, Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 156-185.
39. **Rebey, B.I., Bourgo, S., Saidani Tounsi, M., Fauconnier, M.L., Ksouri, R. (2017).** Etude de la composition chimique et de l'activité antioxydante des différents extraits de la Lavande dentée (*Lavandula dentata*). *J. N. Sci. Agric. Biotechnol.* 39(2): 2096-2105.
40. **Bouyahya, A., Chamkhi, I., El Menyiy, N., El Moudden, H., Harhar, H., Lakhlifi El Idrissi, Z., Khouchlaa, A., Jouadi, I., El Baaboua, A., Taha, D., Balahbib, A., Khalid, A., Abdalla, A., Zengin, G., Simal-Gandara, J., El Omari, N. (2023).** Traditional use, phytochemistry, toxicology, and pharmacological properties of *Lavandula dentata* L. *S. Afr. J. Bot.* 154: 67-87.
41. **McGimpsey, J.A. and Porter, N.G. (1999).** *Lavender. A growers guide for commercial production*, New Zealand Institute for Crop

- and Food Research Limited, Christchurch, New Zealand. ISBN 0478108125.
42. **Caputo, L., Nazzaro, F., Souza, L.F., Aliberti, L., De Martino, L., Fratianni, F. and De Feo, V. (2017).** *Laurus nobilis*: Composition of essential oil and its biological activities. *Molecules*. 22(6): 930.
 43. **Muthu, C., Ayyanar, M., Raja, N. and Ignacimuthu, S. (2006).** Medicinal plants used by traditional healers in Kancheepuram District of Tamil Nadu, India. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 2-43.
 44. **Bengoa, M., Rotger, A., Luzón, R. and Barceló, C. (2021).** Larvae ecology and adult activity of *Aedes mariae* (Diptera: Culicidae) in a touristic rock-pool area of the Balearic Islands (Western Mediterranean). *Bull. Entomol. Res.* 112(3): 1-8.
 45. **Sergent, E.D. and Sergent, E.T. (1903).** Observations sur les moustiques des environs d'Alger. *Annal. Inst. Pasteur Algérie*. 17: 60-67.
 46. **Smallfield, B. (2001).** Introduction to growing herbs for essential oils, medicinal and culinary purposes. *Crop and Food Research*. 45:1- 4.
 47. **AFNOR. (2000).** Recueil de normes Française: Les huiles essentielles. Tome 2.
 48. **European Pharmacopoeia Tenth Edition Volume I. (2019).** Council of Europe, 67075 Strasbourg Cedex. France ISBN: 978-92-871-8912-7.
 49. **World Health Organization (WHO). (2005).** Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides. Ref. WHO/CDS/WHOPES/GCPP/13, pp. 41.
 50. **Abbott, W.S. (1925).** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ Ent.* 18: 265-7.
 51. **Swaroop, S., Gilroy, A.B. and Uemura, K. (1966).** Statistical methods in malaria eradication. Geneva: World Health Organisation.
 52. **Habig, W.H., Pabst, M.J. and Jakoby, W.B. (1974).** Glutathione S-transferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.* 249: 7130-7139.
 53. **Ellman, G.L., Courtney, K.D., Andres, V. and Featherstone, R.M. (1961).** A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.* 7: 88-95.
 54. **Bradford, M. (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation microgram quantities of protein utilising the principle dye binding. *Anal Biochem.* 72: 248-54.
 55. **Draper, H.H. and Hadley, M. (1990).** Malondialdehyde determination as index of lipid peroxydation. *Meth. Enzymol.* 186: 241-431.
 56. **Bouabida, H., Tine-djebbar, F., Tine, S. and Soltani, N. (2017).** Activity of a lipid synthesis inhibitor (spiromesifen) in *Culiseta longiareolata* (Diptera: Culicidae). *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 7(12): 1120-1124.
 57. **Schaffner, F., Angel, G., Geoffroy, B., Hervy, J.O. and Rhaeim, A. (2001).** The mosquitoes of Europe / Les moustiques d'Europe. IRD Éditions and EID Méditerranée.
 58. **Nebbak, A., Monteil-Bouchard, S., Berenger, J.M., Almeras, L., Parola, P. and Desnues, C. (2021).** Virome diversity among mosquito populations in a sub-urban region of marseille, France. *Viruses*. 13(5): 768.
 59. **Becker, N., Petrić, D. and Zgomba. M. (2020).** Mosquitoes, 3rd Edition, Fascinating Life Sciences, Springer Nature Switzerland AG.
 60. **Jones, R.T., Ant, T.H., Cameron, M.M. and Logan, J.G. (2021).** Novel control strategies for mosquito-borne diseases. *The Royal Society*. 376: 1818.
 61. **Selim, A. (2021).** Seroprevalence and risk factors associated with Canine Leishmaniasis in Egypt. *Vet. Sci.* 8(10): 236.
 62. **Xhekaj, B., Stefanovska, J., Sherifi, K., Rexhepi, A., Bizhga, B., Rashikj, L., Nikolovski, M., Kniha, E. and Cvetkovikj, A. (2023).** Seroprevalence of canine leishmaniosis in asymptomatic dogs in Kosovo. *Parasitol. Res.* 122: 607-614.
 63. **Selim, A., Megahed, A.A., Kandeel, S. and Abdelhady, A. (2020).** Risk factor analysis of bovine leukemia virus infection in dairy cattle in Egypt. *Compar. Immunol. Microbiol. Infectious Diseases*. 72: 101517.
 64. **Selim, A. and Abdelhady, A. (2020).** The first detection of anti-West Nile virus antibody in domestic ruminants in Egypt. *Trop. Anim. Health. Prod.* 52: 3147-3151.
 65. **Selim, A., Abdelhady, A. and Alahadeb, J. (2020).** Prevalence and first molecular characterization of *Ehrlichia canis* in Egyptian dogs. *Pak. Vet. J.* 41(1): 117-121.
 66. **Baz, M.M. (2013).** Strategies for mosquito control. PhD thesis, faculty of Science, Benha University, Egypt.
 67. **Khater, H.F. (2012).** Prospects of botanical biopesticides in insect pest management. *Pharmacologia*. 3(12): 641-656.
 68. **Khater, H.F. (2013).** Bioactivity of essential oils as green biopesticides: Recent global scenario. *Recent Progress Med. Plants*. 37: 151-

- 218.
69. **Khan, N. and Mukhtar, H. (2013).** Tea and health: Studies in humans. *Curr. Pharm. Des.* 19(34): 6141-6147.
70. **Govindarajan, M., Rajeswary, M., Hoti, S., Bhattacharyya, A. and Benelli, G. (2016).** Eugenol, α -pinene and β -caryophyllene from *Plectranthus barbatus* essential oil as eco-friendly larvicides against malaria, dengue and Japanese encephalitis mosquito vectors. *Parasitol. Res.* 115: 807-815.
71. **Khater, H. and Geden, C. (2018).** Potential of essential oils to prevent fly strike by *Lucilia sericata*, and effects of oils on longevity of adult flies. *J. Vector Ecol.* 43: 261-270.
72. **Gómez-Estaca, D.E., Lacey, A.L., López-Caballero, M., Gómez-Guillén, M. and Montero, P. (2010).** Biodegradable gelatin-chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation. *Food. Microbiol.* 27(7): 889-896.
73. **Dris, D., Tine-Djebbar, F., Bouabida, H. and Soltani, N. (2017).** Chemical composition and activity of an *Ocimum basilicum* essential oil on *Culex pipiens* larvae: Toxicological, biometrical and biochemical aspects. *S. Afr. J. Bot.* 113: 362-369.
74. **Msaada, K., Salem, N., Tammar, S., Hammami, M., Saharkhiz, M.J. and Debiche, N. (2012).** Essential oil composition of *Lavandula dentata*, *L. stoechas* and *L. multifida* cultivated in Tunisia. *J. Essent. Oil-Bear. Plants.* 15(6).
75. **El-Akhal, F., Ramzi, A., Farah, A., Ez Zoubi, Y., Benboubker, M. and Taghzouti K. (2021).** Chemical composition and larvicidal activity of *Lavandula angustifolia* subsp. *angustifolia* and *Lavandula dentata* spp. *dentata* essential oils against *Culex pipiens* Larvae, vector of west Nile virus. *J. Entomol.* 2021(2021): 8872139.
76. **Martins, R., Gomes, R.A. and Malpass, A.C. (2019).** Chemical characterization of *Lavandula dentata* L. Essential oils grown in Uberaba-MG. *Cienc. Rural.* 49: 8.
77. **Ez zoubi, Y., Bousta, D. and Farah, A. (2020).** A phytopharmacological review of a Mediterranean plant: *Lavandula stoechas* L. *Clin. Phytoscience.* 6(9).
78. **Giang, T.V., Chac, L.D., Chinh, H.V. and Thinh, B.B. (2023).** Essential oil from the stems of *Croton kongensis* Gagnep.: chemical composition, antimicrobial and anti-inflammatory activities. *J. Essent. Oil-Bear. Plants.* 26(4): 1018-1031.
79. **El-Akhal, F., Guemmouh, R., Greche, H. and Ouali Lalami, A.E. (2014).** Valorisation en tant que bioinsecticide de deux huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* cultivées au centre du Maroc (Valorization as a bio-insecticide of essential oils of *Citrus sinensis* and *Citrus aurantium* cultivated in center of Morocco). *J. Mater. Environ Sci.* 5(S1): 2319-2324.
80. **Tabari, M.A., Youssefi, M.R., Esfandiari, A. and Benelli, G. (2017).** Toxicity of β -citronellol, geraniol and linalool from *Pelargonium roseum* essential oil against the West Nile and filariasis vector *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Res. Vet. Sci.* 114: 36-40.
81. **Michaelakis, A., Vidali, V.P. and Papachristos, D.P. (2013).** Bioefficacy of acyclic monoterpenes and their saturated derivatives against the West Nile vector *Culex pipiens*. *Chemosphere.* 96: 74-80.
82. **Fujiwara, G.M., Annies, V. and Oliveira, C.F. (2017).** Evaluation of larvicidal activity and ecotoxicity of linalool, methyl cinnamate and methyl cinnamate/linalool in combination against *Aedes aegypti*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 139: 238-244.
83. **Pavela, R. (2015).** Acute toxicity and synergistic and antagonistic effects of the aromatic compounds of some essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say larvae. *Parasitol. Res.* 114(10): 3835-3853.
84. **Seo, S.M., Jung, C.S., Kang, J., Lee, H.R., Kim, S.W. and Hyun, J. (2015).** Larvicidal and acetylcholinesterase inhibitory activities of apiaceae plant essential oils and their constituents against *Aedes albopictus* and formulation development. *J. Agric. Food Chem.* 63: 9977-9986.
85. **Li, Y., Wu, W., Jian, R., Ren, X., Chen, X. and Hong, W.D. (2023).** Larvicidal, acetylcholinesterase inhibitory activities of four essential oils and their constituents against *Aedes albopictus*, and nanoemulsion preparation. *J. Pest Sci.* 96: 961-971.
86. **López, V., Pavela, R., Gómez-Rincón, C., Les, F., Bartolucci, F. and Galiffa, V. (2019).** Efficacy of *Origanum syriacum* essential oil against the mosquito vector *Culex quinquefasciatus* and the gastrointestinal parasite anisakis simplex, with insights on acetylcholinesterase inhibition. *Molecules.* 24(14): 2563.
87. **Shahat, M.A.M., El-Sheikh, T.M.Y., Hammad, K.M., Hasaballah, A.I. and Shehata, A.Z.I. (2020).** Effect of some plant extracts on the

- biochemical parameters, AChE and GST activities of the mosquito, *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). Egypt. Acad. J. Biol. Sci. 12: 69-80.
88. **Kharoubi, R., Rehim, N. and Soltani, N. (2020).** Essential oil from *Mentha rotundifolia* harvested in Northeast Algeria: chemical composition, larvicidal and enzymatic activities on *Culex pipiens* Larvae. Transylv. Rev. 27: 14724-14732.
89. **Bouabida, H. and Dris, D. (2020).** Effect of rue (*Ruta graveolens*) essential oil on mortality, development, biochemical and biomarkers of *Culiseta longiareolata*. S. Afr. J. Bot. 133: 139-143.
90. **Guo, B., Feng, D., Xu, Z., Qi, P. and Yan, X. (2021).** Acute benzo pyrene exposure induced oxidative stress, neurotoxicity and epigenetic change in blood clam *Tegillarca granosa*. Sci. Rep. 11: 18744.
91. **Maiza, A., Kilani-morakchi, S., Rehamnia, F., Bensbaa, F. and Aribi, N.B. (2011).** Activité d'un biopesticide, le spinosad, chez *blattella germanica*: effets sur divers biomarqueurs (LDH, GSH, MDA). Bull. Soc. Zool. Fr. 136(1-4): 189-204.