



الشعبية الديمقراطية الجزائرية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA

جامعة باجي مختار - عنابة

FACULTÉ DES SCIENCES  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat en sciences

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie Animale

Intitulé

Etude systématique et bioécologique de la faune culicidienne et associée du lac des Oiseaux. Etude comparative de deux molécules le Dimilin et le *Bacillus thuringiensis israelensis* à l'égard de quelques espèces non ciblées (faune associée).

Présentée par: M<sup>me</sup> SERRAGE Nassima

Membres du jury :

Pr. Hamid BOUDJELIDA	Président	Université Badji Mokhtar –Annaba
Pr. Fatiha BENDALI-SAOUDI	Directrice de thèse	Université Badji Mokhtar –Annaba
Pr. Tarek Daas	Examineur	Université Badji Mokhtar –Annaba
Pr. Ali BOUAZIZ	Examineur	Université Chérif Messaadia-Souk Ahras
Pr. Kaouther HAMAIDIA	Examinatrice	Université Chérif Messaadia-Souk Ahras
Pr. Lynda AISSAOUI	Examinatrice	Université Ferhat Abbas – Sétif

Année universitaire : 2023/2024

## **REMERCIEMENTS**

*Je tiens à exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude avant tout à Allah le Tout Puissant de m'avoir donné la force, le courage, la santé et la patience pour pouvoir accomplir ce travail.*

*J'exprime mes sincères remerciements à **Mr BOUDJELIDA Hamid**, Professeur au département de Biologie et directeur du laboratoire LBAA (Laboratoire de Biologie Animale Appliquée) de l'Université Badji Mokhtar Annaba de m'avoir accueilli au sein de son laboratoire d'excellence et surtout de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.*

*Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à ma directrice de thèse **Mme BENDALI-SAOUDI Fatiha**, Professeur au Département de Biologie de l'Université Badji Mokhtar Annaba pour tout ce qu'elle m'a apporté durant ces années. Je la remercie pour son encadrement, ses recommandations et les nombreuses discussions scientifiques que nous avons eues.*

*Mes plus vifs remerciements vont à **Mr Tarek Daas**, Professeur au, Département de Biologie de l'Université Badji Mokhtar Annaba qui a bien voulu accepter d'être membre de ce jury et de me faire l'honneur de juger ce modeste travail.*

*Je remercie **Mr. Ali BOUAZIZ** Maître de conférence A à l'Université de Souk-Ahras pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail et d'avoir accepté de juger cette thèse.*

*Il m'est particulièrement agréable d'exprimer ma gratitude et mon profond respect au **Mme. Kaouther HAMAIDIA**, professeur à l'Université de Souk-Ahras d'avoir accepté généreusement de diriger ce travail,*

*Toute ma considération à l'égard de **Mme AISSAOUI Lynda**, Maître de conférences A à l'Université Ferhat Abbas Sétif qui m'a fait l'honneur pour avoir jugé le présent travail.*

***Merci***

## Table des matières

	Pages
<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>18</b>
<b>2. MATERIELS E METHODES</b>	<b>25</b>
2.1. Présentation de la zone d'étude lac des Oiseaux	25
2. 2. Présentation de la commune de Sidi Ammar	27
2.3. Données climatiques de la région d'étude	28
2.3. 1. Température	28
2.3.2. Précipitations	28
2.3.3. Humidité	29
2.3.4. Vents	29
2.4. Matériel biologique	30
2.4.1. Les Culicidae	30
2.4.2. La faune associée	35
2.4.2.1. Les Coléoptères aquatiques	35
2.4.2.2. Les Hétéroptères aquatiques	37
2.4.2.3. Les Hydracariens	40
2.4.2.4. Les Cladocères	42
2.4.2.5. Les Odonates	44
2.4.2.6. <i>Gambusia affinis</i>	46
2.5. Présentation du <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> Sérotype H14	48
2.5.1. Position systématique du <i>B.t.i</i>	49
2.5.2. Cycle biologique de la bactérie	50
2.5.3. Origine de l'effet larvicide du <i>B.t.i</i>	50
2.6. Présentation de l'insecticide Dimilin	51
2.6.1. Mode d'action et propriétés	51
2.7. Choix des stations	52
2.7.1. Lac d'oiseaux	52
2.7.2. Station de Sidi Ammar (Annaba)	53
2.8. Échantillonnage	54
2.8.1. Identification systématique des taxons	55

2.8.2. Montage des spécimens	56
2.9. Test de toxicité	56
2.9.1. Test de toxicité par Dimilin	56
2.9.2. Test de toxicité par <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>	57
2.10. Tests de prédation	57
2.11. Analyses physico-chimiques de l'eau	58
2.12. Indices écologiques	59
2.12.1. Richesse spécifique (ou totale) et moyenne	59
2.12.2. Diversité (H')	60
2.12.3. Equitabilité (E)	60
2.12.4. Fréquence centésimale (F)	61
2.13. Méthodes d'analyse statistiques	61
2.13.1. Analyses statistiques univariées	61
2.13.2. Description des données	61
2.13.3. Analyses statistiques bivariées	61
2.13.4. Analyse de la variance multivariée (MANOVA)	62
2.13.5. L'analyse en composantes principales (ACP)	62
2.13.6. Analyse hiérarchique	63
2.13.7. Le test d'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA)	63
2.13.8. Test de TUKEY	64
<b>3. RESULTATS</b>	<b>66</b>
3.1. Inventaire des espèces d'invertébrés au niveau du lac des Oiseaux	66
3.2. Les indices écologiques	68
3.2.1. Richesse totale et moyenne	68
3.2.1.1. Richesse spécifique	68
3.2.1.2. Indice de diversité et équitabilité	68
3.3. Fréquence centésimale ou l'abondance relative des espèces inventoriées	69
3.3.1. Fréquence centésimale des espèces dans lac des Oiseaux (2018 -2019)	70
3.3.1.1. Les Culicidae	70
3.3.1.2. Les Coléoptères aquatiques	71

3.3.1.3. Les Hétero­ptères aquatiques	72
3.3.1.4. Les Cladocères	72
3.3.1.5. Les Hydrachnidia	73
3.4. Cinétique de l'abondance des différents groupes identifiés	73
3.4.1. Les Culicidae	74
3.4.2. Les Coléoptères aquatiques	74
3.4.3. Les Hémiptères aquatiques	75
3.4.4. Les Cladocères	75
3.4.5. Les Hydrachnidia	76
3.5. Paramètres Physico-chimiques du Lac des Oiseaux	76
3.5.1. Présentation des paramètres	76
3.5.2. Analyses statistiques	78
3.5.2.1. Test de l'ANOVA	78
3.5.2.2. Recherche de groupes des stations homogènes par caractéristique physico-chimique : Résultats du test de TUKEY	79
3.5.2.3. Résultats du test de l'analyse de la variance multivariée (MANOVA).	79
3.5.3. Résultats de l'analyse en composantes principales (ACP)	80
3.5.4. Analyse du nuage des points variables : Cercle de corrélations	82
3.5.5. Recherche de classes de stations homogènes : Résultats de l'analyse hiérarchique	82
3.6. Identification des espèces inventoriées	83
3.6.1. Les Culicidae	83
3.6.2. Les Coléoptères aquatiques	95
3.6.2.1. La Famille des Hydrophilida	95
3.6.2.2. La Famille des Dytiscidae	99
3.6.2.3. Noteridae	104
3.6.3. Hétero­ptères aquatiques	105
3.6.3.1. Notonectida	105
3.6.3.2. Corixidae	107

3.6.3.3. Pleidae	108
3.6.3.4. Nepidae	109
3.6.4. Cladocères	110
3.6.4.1. Daphnidae	110
3.6.5. Hydrachnidia	113
3.6.6. Odonate	117
3.7. Effet toxique de deux molécules chimique (DIMILIN) et biologique ( <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> ) à l'égard de quelques espèces d'insectes aquatiques non visées.	118
3.7.1. Effet toxique du Dimilin	118
3.7.1.1. Effet toxique de la CL <sub>10</sub>	118
3.7.1.2. Effet toxique de la CL <sub>50</sub>	119
3.7.2. Effet toxique du <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> ( <i>B.t.i</i> )	122
3.7.2.1. Effet toxique de la CL <sub>50</sub>	122
3.7.2.2. Effet toxique de la CL <sub>90</sub>	124
3.8. Evaluation du potentiel prédateur de quelques espèces d'invertébrés à l'égard de <i>Cx. modustus</i>	127
3. 8 .1. <i>Anisop sardea</i>	128
3.8.2. <i>Corixa punctata</i>	129
3.8.3. <i>Notonecta glauca</i>	130
3.8.4. <i>Gambusia affinis</i>	130
3.8.3. Analyse statistique comparative des données du potentiel prédateur (ANOVA & Test de TUKEY)	132
3.8.3.1. Comparaison du potentiel de prédation d' <i>Anisops sardea</i>	132
3.8.3.2. Comparaison du potentiel de prédation de <i>Corixa punctata</i>	134
3.8.3.3. Comparaison du potentiel de prédation de <i>Notonecta gluaca</i>	136
3.8.3.4. Comparaison du potentiel de prédation de <i>Gambusia affinis</i>	138
3.8.6. Analyse de la variance à deux critères de classification (AV2) de la capacité prédatrice des quatre espèces	140
<b>4. Discussion</b>	<b>142</b>
<b>5 .Conclusion et perspectives</b>	<b>162</b>
<b>6. RESUMES</b>	<b>165</b>
<b>Abstract</b>	<b>166</b>

ملخص	167
<b>7. Références bibliographiques</b>	<b>169</b>
<b>8. Annexe</b>	<b>223</b>
<b>Productions scientifiques</b>	<b>225</b>
Articles scientifiques	227

## Liste des figures

N°	Titres	Pages
1	Position géographique du lac des Oiseaux. (Nord-est de l'Algérie), positionnement des stations d'échantillonnage (S1, S2, S3, S4 & S5)	25
2	Situation géographique de la Commune de Sidi Ammar (Annaba)	27
3	Cycles de développement des Culicidae	31
4	Les œufs du genre Culex en nacelle	31
5	Aspect général d'une exuvie larvaire du stade IV de Culicidé sous l'eau	32
6	Nymphe à l'état naturel	33
7	Schématisation générale d'un moustique adulte	34
8	Morphologie externe d'un Coléoptère A : Vue dorsale B : vue ventrale	36
9	Cycle biologique d'un Coléoptère aquatique	37
10	Hétéroptère aquatiques. A : vue de dorsale d'un Hétéroptère adulte. B : vue de profil	38
11	Cycle biologique des Hétéroptères	39
12	Face ventrale d'une femelle adulte Limnesia	40
13	Cycle biologique des hydracariens	42
14	Organisation générale d'un Cladocère, vue latérale	43
15	Cycle biologique des Daphnidae	44
16	Morphologie générale de la larve des Odonates	45
17	Cycle de vie des Odonates	46
18	Aspecte général de <i>Gambusia affinis</i>	47
19	Le <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> sous forme de poudre	48
20	Cycle vital du <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>	50
21	Mode d'action schématique des toxines Cry (Orange) et Cyt (Vert) de <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> dans l'intestin de la larve de moustique	51
22	Formule chimique du diflubenzuron	52
23	Les cinq stations d'échantillonnage situées au niveau du lac des Oiseaux. A:Station B : Station 2; C: Station 3; D: Station4; E : Station5.	53

<b>24</b>	A : Situation géographique correspondant à la station de récolte des larves de moustiques B : Site de récolte des larves de moustiques.	<b>54</b>
<b>25</b>	Technique d'échantillonnage de la faune non visée A: Filet-troubleau de vide de maille de 0,5 mm. B: Technique d'échantillonnage au niveau du lac. C: Les spécimens disposé dans des bouteilles. D: Identification et conservation au niveau du laboratoire.	<b>55</b>
<b>26</b>	Matériels utilisés	<b>59</b>
<b>27</b>	Répartition mensuelle des individus au niveau du lac des Oiseaux par mois (2018-2019)	<b>68</b>
<b>28</b>	Fréquence centésimale des groupes dans lac des Oiseaux (2018 -2019)	<b>70</b>
<b>29</b>	Fréquence centésimale des Culicides dans lac des Oiseaux (2018 -2019)	<b>71</b>
<b>30</b>	Fréquence centésimale des Coléoptères dans lac des Oiseaux (2018 -2019)	<b>72</b>
<b>31</b>	Fréquence centésimale des Hémiptères dans lac des Oiseaux (2018 -2019)	<b>72</b>
<b>32</b>	Fréquence centésimale des Cladocères dans lac des Oiseaux (2018 -2019)	<b>72</b>
<b>33</b>	Fréquence centésimale les Hydrachnidia dans le lac des Oiseaux (2018 -2019)	<b>73</b>
<b>34</b>	Abondance des Culicidae au niveau du lac des Oiseaux (2018-2019)	<b>74</b>
<b>35</b>	Abondance des Coléoptères au niveau du lac des Oiseaux (2018-2019)	<b>74</b>
<b>36</b>	Abondance des Hémiptères dans le lac des Oiseaux (2018-2019)	<b>75</b>
<b>37</b>	Abondance des Cladocères au niveau du lac des Oiseaux (2018-2019)	<b>75</b>
<b>38</b>	Abondance des Hydrachnidia au niveau du lac des Oiseaux (2018-2019)	<b>76</b>
<b>39</b>	Graphique des valeurs propres en fonction des rangs des axes principaux pour l'ensemble des six paramètres de l'eau.	<b>81</b>
<b>40</b>	Représentation graphique des six variables à l'intérieur du cercle de corrélation du plan factoriel 1-2 obtenu à partir des données des cinq stations du site lac d'Oiseaux.	<b>82</b>
<b>41</b>	Dendrogramme du regroupement des cinq stations, à l'aide de la méthode du lien simple et la distance de Pearson quadratique.	<b>83</b>
<b>42</b>	Partie antérieure du corps de <i>Cx. pipiens</i>	<b>84</b>
<b>43</b>	Structure morphologique de l'antenne	<b>84</b>
<b>44</b>	Région apicale de l'antenne <i>Cx. pipiens</i>	<b>86</b>
<b>45</b>	Mentum de <i>Cx.pipiens</i>	<b>86</b>
<b>46</b>	Soie céphalique 1-C de <i>Cx.pipiens</i>	<b>86</b>
<b>47</b>	Soies céphaliques de <i>Cx.pipiens</i> 4-C, 5-C	<b>86</b>
<b>48</b>	Soie thoracique P-4 de <i>Cx. pipiens</i>	<b>86</b>
<b>49</b>	Soie thoracique P-8 de <i>Cx.pipiens</i> .	<b>86</b>

50	Peigne du huitième segment de <i>Cx. pipiens</i>	87
51	Dent distale du siphon de <i>Cx. pipiens</i>	87
52	La selle et soie caudale 1-X de <i>Cx. pipiens</i>	87
53	Structure générale du siphon de <i>Cx. pipiens</i>	87
54	Soie 2-S courte du <i>Cx. pipiens</i>	88
55	Touffe siphonale de <i>Cx. pipiens</i>	88
56	Forme de l'épine préclypéale 1-C de <i>Cx. modestus</i>	89
57	Nombre de dents du mentum de <i>Cx. modestus</i>	89
58	Soies céphalique de <i>Cx. modestus</i>	89
59	Peigne de 8ème ségment de <i>Cx. modestus</i>	89
60	Forme générale du segment de du siphon de <i>Cx. modestus</i>	89
61	Dent distale de <i>Cx. theileri</i>	90
62	Mentum de <i>Cx. theileri</i>	90
63	Soies siphonal de <i>Cx. theileri</i>	90
64	Antenne de <i>Cs. morsitans</i>	91
65	Spécule de l'antenne de <i>Cs. morsitans</i>	91
66	Vue d'ensemble d'un siphon de <i>Cs. morsitans</i>	92
67	Touffe siphonale de <i>Cs. morsitans</i>	92
68	Mentum d'un <i>Cs. morsitans</i>	92
69	Dent basale du peigne siphonale de <i>Cs. morsitans</i>	92
70	Tête d' <i>An. sacharovi</i>	93
71	Structure de la brosse buccale d' <i>An. sacharovi</i>	93
72	Antenne larvaire d' <i>An. sacharovi</i>	94
73	Soies céphaliques C1 d' <i>An. sacharovi</i>	94
74	Structure de l'abdomen d' <i>An. sacharovi</i>	94
75	Soie étoilée d' <i>An. sacharovi</i>	94
76	Structure de l'orifice stigmatique d' <i>An. Sacharovi</i>	94
77	Vue dorsale d'un <i>Berosus affinis</i>	95
78	Vue ventrale d'un <i>Berosus affins</i>	95

79	Vue dorsale d'un <i>B. luridus</i>	96
80	Vue ventrale d'un <i>B. luridus</i>	96
81	Vue dorsale d'un <i>Berosus frontifoveatus</i>	96
82	Vue ventrale d'un <i>Berosus frontifoveatus</i>	96
83	Vue dorsale d'un <i>Berosus signaticollis</i>	97
84	Vue ventrale d'un <i>Berosus signaticollis</i>	97
85	Vue dorsale d'un <i>Hydroporus pubescens</i>	98
86	Vue ventrale d'un <i>Hydroporus pubescens</i>	98
87	Vue dorsale d'un <i>Hydophylus piceus</i>	98
88	Vue ventrale d'un <i>Hydophylus piceus</i>	98
89	Vue dorsale d'un <i>Enochrus halophilus</i>	99
90	Vue ventrale d'un <i>Enochrus halophilus</i>	99
91	Vue dorsale d'un <i>Agabus brunneus</i>	100
92	Vue ventrale d'un <i>Agabus brunneus</i>	100
93	Vue dorsale d'un <i>Agabus bifarius</i>	100
94	Vue ventrale d'un <i>Agabus bifarius</i>	100
95	Vue dorsale d'un <i>Laccophilus poecilus</i>	101
96	Vue ventrale d'un <i>Laccophilus poecilus</i>	101
97	Vue dorsale d'un <i>Dytiscus semisulcatus</i>	102
98	Vue ventrale d'un <i>Dytiscus semisulcatus</i>	102
99	Vue dorsale d'un <i>Dytiscus circumflexu</i>	102
100	Vue ventrale d'un <i>Dytiscus circumflexue</i>	102
101	Vue dorsale d'un <i>Dytiscus marginalis</i>	103
102	Vue ventrale d'un <i>Dytiscus marginalis</i>	103
103	Vue dorsale d'un <i>Dytiscus dimidiatus</i>	103
104	Vue ventrale d'un <i>Dytiscus dimidiatus</i>	103
105	Vue dorsale d'un <i>Laccophilus minitus</i>	104
106	Vue ventrale d'un <i>Laccophilus minitus</i>	104
107	Vue dorsale d'un <i>Hydrocanthus iricolor</i>	105
108	Vue ventrale d'un <i>Hydrocanthus iricolor</i>	105

109	Vue dorsale d' <i>Anisops sardea</i> .	106
110	Vue ventrale d' <i>Anisops sardea</i>	106
111	Vue dorsale de <i>Notonecta glauca</i>	107
112	Vue ventrale de <i>Notonecta glauca</i>	107
113	Vue dorsale de <i>Corixa punctata</i>	108
114	Vue ventrale de <i>Corixa punctata</i>	108
115	Vue dorsale de <i>Plea minutissima</i>	109
116	Vue ventrale de <i>Plea minutissima</i>	109
117	Vue dorsale de <i>Nepa cinerea</i>	109
118	Vue ventrale de <i>Nepa cinerea</i>	109
119	Partie antérieure, présence de rostre de <i>Daphnia magna</i>	110
120	Présence de cuticule de <i>Daphnia magna</i>	110
121	Présence d'épine caudale de <i>Daphnia magna</i>	110
122	Partie postérieur de <i>Daphnia magna</i>	110
123	Cavité incubatrice	111
124	Bord échancré de la patte abdominale	111
125	Vue général de <i>Simocephalus vetulus</i>	111
126	Ocelle étiré de <i>Simocephalus vetulus</i>	111
127	La griffe distale du post-abdomen	112
128	Griffe distale du post- abdomen	112
129	Ocelle rhomboïdal de <i>Simocephalus expinosus</i>	112
130	Carapace bivalve dépourvue d'épine	112
131	Griffe distale du post abdomen	113
132	Vue d'ensemble ventrale d' <i>Eylais hamata</i>	114
133	Vue ventrale d' <i>Eylais hamata</i>	114
134	Plaque oculaire d' <i>Eylais hamata</i>	114
135	Chélicères d' <i>Eylais hamata</i>	114
136	Vue ventrale d'adulte d' <i>Eupatra rotunada</i>	115
137	Pattes d' <i>Eupatra rotunada</i>	115
138	Vue ventral de <i>Pion auncata</i>	115

<b>139</b> Les trois pattes de <i>Piona uncata</i>	<b>115</b>
<b>140</b> Vue dorsale de <i>Piona nodata</i>	<b>116</b>
<b>141</b> Vue ventrale de <i>Piona nodata</i>	<b>116</b>
<b>142</b> Plaque génitale d'adulte femelle de <i>Piona nodata</i>	<b>116</b>
<b>143</b> Vue dorsale de <i>Boyeria irene</i>	<b>117</b>
<b>144</b> Vue ventrale de <i>Boyeria irene</i>	<b>117</b>
<b>145</b> Mortalité des six espèces traitées à la CL10 de Dimilin	<b>119</b>
<b>146</b> Mortalité des six espèces traitées à la CL50 de Dimilin	<b>120</b>
<b>147</b> Variations temps et espèces concernant le pourcentage de la mortalité sous l'effet de Dimilin	<b>122</b>
<b>148</b> Mortalité des six espèces traitées à la CL50 de <i>B.t.i</i>	<b>123</b>
<b>149</b> Mortalité des six espèces traitées à la CL90 de <i>B.t.i</i>	<b>125</b>
<b>150</b> Variations temps et espèces concernant le pourcentage de la mortalité sous l'effet de <i>B.t.i</i> .	<b>126</b>
<b>151</b> Potentiel prédateur d' <i>A. sardea</i> à l'égard des quatre stades larvaires de <i>Cx. modestus</i> pour 24h, 48h & 72h.	<b>128</b>
<b>152</b> Potentiel prédateur de <i>C. punctata</i> à l'égard des quatre stades larvaires de <i>Cx. modestus</i> pour 24h, 48h & 72h.	<b>129</b>
<b>153</b> Potentiel prédateur de <i>N. glauca</i> à l'égard des quatre stades larvaires de <i>Cx. modestus</i> pour 24h, 48h & 72h.	<b>130</b>
<b>154</b> Potentiel prédateur de <i>Gambusia affinis</i> à l'égard des quatre stades larvaires de <i>Cx. modestus</i> pour 24h, 48h & 72h.	<b>131</b>
<b>155</b> Variation temporelle du taux de prédation cumulé de chaque espèce étudiée sur les différents stades larvaires de <i>Cx. modestus</i> .	<b>131</b>
<b>156</b> Variations inter-temps (A) et inter - stades (B) concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur d' <i>A. sardea</i> .	<b>133</b>
<b>157</b> Variations entre temps-stade larvaire concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur d' <i>A. sardea</i> .	<b>133</b>
<b>158</b> Variations inter-temps (A) et inter-stades (B) concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur de <i>Corixa punctata</i> .	<b>135</b>
<b>159</b> Variations entre temps-stades larvaires concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur de <i>C.punctata</i> .	<b>135</b>

<b>160</b>	Variations inter-temps ( <b>A</b> ) et inter-stades ( <b>B</b> ) concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur de <i>Notonecta glauca</i> .	<b>137</b>
<b>161</b>	Variations temps-stades larvaire concernant le pourcentage de la mortalité sous potentiel de prédation de <i>Notonecta glauca</i> .	<b>137</b>
<b>162</b>	Variations inter-temps ( <b>A</b> ) et inter-stades( <b>B</b> ) concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur de <i>G.affinis</i> .	<b>139</b>
<b>163</b>	Variations entre temps-stade larvaire concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur de <i>G.affinis</i> .	<b>139</b>

## Liste des tableaux

N°	Titres	Pages
1	Température (T.) de l'année 2018/2019. Source: Station Météorologique la région d'ElTaref	28
2	Précipitation pour l'année 2018/2019. Source: Station Météorologique d'El Taref	28
3	L'humidité (%) pour l'année 2018/2019. Source: Station Météorologique d'El Taref	29
4	La variation de la vitesse du vent (m/s) pour l'année 2018/2019. Source: Station Météorologique d'El Taref et Annaba	29
5	Les espèces récoltées au niveau du lac des Oiseaux par mois, par station et par espèces	67
6	Indices écologiques. Richesse totale et moyenne, indice de diversité de Schanon-Weaver (H'), indice de diversité maximale (H' max) et l'indice d'équitabilité (E).	69
7	Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau des cinq stations d'étude	78
8	Comparaison des cinq stations entre elle, pour chacune des caractéristiques physico-chimiques de l'eau à l'aide de l'ANOVA a un critère modèle fixe.	78
9	Groupes de moyennes des stations homogènes par les variables pH ; T(C°) ; Conductivité ; T.A.C ; Salinité ; Turbidité : résultats du test de TUKEY.	79
10	Résultats de la MANOVA appliqués aux cinq stations	80
11	L'ACP des 2 axes principaux, obtenus pour l'ensemble des 5 stations sur les six paramètres de l'eau.	80
12	Corrélations et corrélations au carré des variables initiales avec les 2 premières composantes principales et information prise en compte par le 1 <sup>er</sup> plan factoriel représenté par les axes 1 et 2.	81
13	Effet toxique de Dimilin (CL <sub>10</sub> :3,9 ng/L) à l'égard des espèces non visées après 24h, 48h &72h.	118
14	Effet toxique de Dimilin (CL <sub>50</sub> :16 ng/L) à l'égard des espèces non visées après 24h, 48h &72h.	120
15	Comparaison inter-temps, inter-dose espèces et inter-doses à l'égard de six espèces non visées	121
16	Effet toxique de <i>B.t.i</i> (CL <sub>50</sub> : 0,004µg/ml), à l'égard des espèces non visées après 24h, 48h &72h.	123
17	Effet toxique de <i>B.t.i</i> (CL <sub>90</sub> : 0,007 µg/ml) à l'égard des espèces non visées après 24h, 48h &72h.	124
18	Comparaison inter-temps, inter- espèces et inter-doses à l'égard de six espèces non visées	125
19	Analyse descriptive selon le temps et le stade larvaire de <i>Cx. modestus</i>	127

---

<b>20</b>	Pourcentage de consommation totale dans les trois jours (%)	<b>127</b>
<b>21</b>	Comparaison du potentiel de prédation d' <i>A. sardae</i> entre les temps (24h; 48h & 72 h) pour chaque stades larvaires de <i>Cx. modestus</i> .	<b>132</b>
<b>22</b>	Comparaison du potentiel de prédation de <i>C. punctata</i> entre les temps (24h; 48h & 72 h) pour les différents stades larvaires de <i>Cx. modestus</i> .	<b>134</b>
<b>23</b>	Comparaison du potentiel de prédation de <i>N. glauca</i> entre les temps (24h; 48h & 72 h) pour les différents stades larvaires de <i>Cx. modestus</i>	<b>136</b>
<b>24</b>	Comparaison du potentiel de prédation de <i>G. affinis</i> entre les temps (24h; 48h & 72 h) pour les différents stades larvaires de <i>Cx. modestus</i> .	<b>138</b>
<b>25</b>	Comparaison entre les espèces prédatrices et les stades larvaires de <i>Cx. modestus</i> après 24h, 48h & 72h.	<b>140</b>

## Liste d'abréviation

**Cx:** *Culex*

**Cs:** *Culiseta*

**An:** *Anopheles*

**N.** *Notonecta*

**C.** *Corixa*

**A.** *Anisops*

**G.** *Gambusia*

**B.** *Berosus*

**D.** *Daphnia*

**S.** *Simocephalus*

**B.t.i:** *Bacillus thuringiensis israelensis*

**DFB:** Diflubenzuron

**C:** Coxae

**P:** Patte

**S:** station

**OMS :** Organisation Mondiale de la Santé

# *INTRODUCTION*

## 1. INTRODUCTION

Les Arthropodes sont l'un des embranchements les plus importants sur notre planète. Cet embranchement est de très loin celui qui possède le plus d'espèces et le plus d'individus de tout le règne animal (80 % des espèces connues) (**De Gentile & Carsuzaa, 2021**). Les insectes constituent plus de 70 % de la biodiversité spécifique connue du règne animal, et font partie intégrante de la communauté des macroinvertébrés aquatiques. Ils jouent un rôle important dans le cycle des nutriments au sein d'un écosystème en transformant les matières végétales en tissus animaux, de plus, ils agissent comme sources d'énergie pour d'autres niveaux trophiques, pour de nombreux invertébrés et plusieurs espèces de poissons et oiseaux (**Albertoni & Palma-Silva, 2010**). Outre cette importance numérique, le rôle des insectes dans la nature n'est plus à démontrer, ils jouent un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques (**Dunbar et al., 2010**). Les insectes constituent d'excellents témoins de la qualité des habitats où ils se rencontrent. C'est ainsi qu'ils sont utilisés comme bio indicateurs de la qualité de l'eau (**Wandscheer et al., 2017**).

De nombreux insectes sont des prédateurs et participent au maintien de l'équilibre faunistique. Certaines espèces sont des parasitoïdes d'autres insectes comme les Hyménoptères et les Diptères. Les larves vivent en ecto ou endoparasites de l'hôte dont ils provoquent la mort à plus ou moins long terme. On trouve également des insectes hématophages (Hémiptères Reduviidae, Diptères Culicidae, Simuliidae, Glossinidae, etc.) souvent vecteurs de graves maladies humaines ou animale (paludisme, onchocercose, trypanosomiase, etc.) enfin, d'autres sont des ectoparasites de mammifères ou d'oiseaux (Diptères, Hippoboscidae, Nycteribiidae, etc., Siphonaptères, Phthiraptères) (**De Gentile & Scabiose, 2012**). Ils peuvent aussi être des hôtes intermédiaires voire obligatoires pour certains agents pathogènes, chez lesquels, ils réalisent une partie essentielle de leur cycle vital (**Delvare & Aberlenc, 1989**).

Les écosystèmes d'eau douce sont riches en biodiversité par rapport à leur taille car ils abritent environ 10 % des espèces connues dans le monde, tout en ne couvrant qu'environ 0.8 % de la surface de la Terre (**Min & Kong, 2020**). Les macroinvertébrés benthiques sont connus pour être de bon indicateur, de la santé des écosystèmes aquatiques (**Sanogo et al., 2014**), leurs composition, leurs distribution et leurs l'abondance sont influencés par des facteurs physiques, biologiques et les facteurs environnementaux chimiques (**Emeka et al., 2020**).

Parmi les macroinvertébrés d'eau douce, les insectes aquatiques passent tout ou une partie de leur cycle de vie dans l'eau. De plus certains, sont couramment utilisés en tant que bio-indicateurs regroupant, les mollusques et les crustacés d'eau douce (**Mahmoud & Riad, 2020**). Ces organismes se répartissent de manière variable sur différentes strates d'eau et ont des tolérances différentes à la pollution. Ils sont donc caractérisés par le caractère de polluotolérance et de polluosensibilité. L'absence de ces derniers et en même temps la présence d'espèces tolérantes indiquent une détérioration de la qualité de l'eau (**Sanogo et al., 2014**), ce sont des bio-indicateur (**Markert et al., 1999**).

Parmi les membres de la classe des insectes, la famille des Culicidae. Cette dernière regroupe beaucoup d'espèces qui ont été identifiées comme ectoparasites temporaires hématophages, les plus importants en santé public et vétérinaire (**Rodhain & Perez, 1985**). Cependant, ces insectes, sont vecteurs de parasites et de virus. Comme le paludisme ou malaria maladie épidémique dont l'agent pathogène appartient au genre Plasmodium Protozoaire sporozoaire regroupant plusieurs espèces qui sont responsables de la Maladie. L'agent responsable de la transmission de cette maladie est un culicidé du genre Anopheles. D'autre part les arbovirus transmis également par les Culicidae sont responsables de la fièvre jaune, le Chikungunya, ainsi que l'infection à virus Zika transmis par l'espèce *Aedes aegypti*. Cependant la filariose lymphatique, le virus West Nile, sont transmis principalement par le genre Culex (**Eckhoff, 2011; L'Ambert et al., 2012**). Le souci de la santé humaine est l'une des meilleurs raisons d'étudier les insectes nuisibles qui ont une incidence sur les maladies infectieuses. La place importante qu'occupent les moustiques dans la faune terrestre comme dans la faune macrobentique d'une part, et la lutte contre les maladies transmises par leurs piqûres d'autre part, font de ces insectes un bon matériel d'étude pour les biologistes (**Tantely et al., 2013**).

Les méthodes de lutte employées contre ces vecteurs sont majoritairement chimiques. Les insecticides utilisés appartiennent aux Organophosphorés de synthèse, aux pyréthroïdes et aux carbamates (**Hamaidia & Soltani, 2014**). Les insecticides restent le principal moyen de lutte contre les ravageurs malgré leurs conséquences négatives pour l'environnement. Ils provoquent, entre autres, une toxicité dans la chaîne alimentaire et une pollution des eaux de surface et souterraines (**Hénaut, 2011**). Certains pesticides sont appliqués directement dans les systèmes aquatiques pour réduire le nombre de larves de moustiques (larvicides), et ainsi réduire la transmission d'agents pathogènes par les moustiques aux humains et aux animaux (**Lawler et al., 2017**). L'utilisation intensive d'insecticides devient hostile à l'environnement et

écologiquement dangereuse, puisque le principal effet secondaire de l'application se traduit par l'extinction des ennemis naturels de moustique tels que les odonates, les Coléoptères (**Chidester, 1917**) et les poissons d'eau douce (**Bendali et al., 2001; Zaidi & Soltani, 2013**) et beaucoup d'espèces d'intérêt biologique et écologique comme les espèces macro et micro benthiques (les Cladocères) (**Zamora Perea, 2009**).

Les impératifs environnementaux ont poussé la recherche vers l'utilisation de pesticides naturels (**Cepeda et al., 2014**). Ces nouveaux produits sont des perturbateurs de croissance des insectes. Ils comprennent les inhibiteurs de la synthèse de la chitine (CSI), qui interfèrent avec la formation des cuticules (**Sun et al., 2015**), les mimétiques de l'hormone juvénile et les agonistes de l'ecdysone (**Ishaaya & Horowitz, 1998**). Les inhibiteurs de la synthèse de la chitine sont représentés par deux groupes: les Benzoylphenylurées (BPUs) et la buprofézine, ces BPUs sont des insecticides sélectifs inhibant la synthèse de la chitine (**Oberlander & Silhacek, 1998**) en interférant avec la mise en place de la nouvelle cuticule causant ainsi des mues imaginales incomplètes chez les insectes (**Grosscurt & Anderson, 1980**).

Le représentant majeur des BPUs est le Diflubenzuron (DFB) commercialisé sous l'appellation de Dimilin. Il est pulvérisé à grande échelle en Algérie contre les ravageurs des forêts. En outre, il est intégré dans la lutte chimique contre les moustiques dans plusieurs pays (**Boudjelida et al, 2005**). En Algérie, le diflubenzuron est largement utilisé contre les insectes ravageurs en foresterie. De plus, le diflubenzuron a déjà été trouvé chez la crevette *Penaeus kerathurus* pour perturber la structure fine des différentes couches de la cuticule (**Morsli & Soltani 2003**). Des essais biologiques effectués dans des conditions de laboratoire ont montré que les CSI comme le diflubenzuron et le triflumuron se sont avérés efficaces pour lutter contre les moustiques (**Soltani & Rehim, 2001**). De nombreux effets biochimiques du diflubenzuron ont également été signalés sur le métabolisme des glucides (**Soltani, 1990**) et des lipides (**Khebbeb et al., 1997**). Il a été rapporté que la Dimiline affectait la croissance et l'activité du glutathion chez *Gambusia affinis* (**Drardja-Beldi & Soltani, 2003**). Plus récemment, il a été rapporté que le Novaluron, un CSI, affectait l'hormone de mue, la sécrétion de la cuticule et la teneur en chitine chez la crevette *Palaemon adspersus* (**Berghiche et al., 2018**).

Le programme de lutte anticulicidienne dans notre pays a concerné exclusivement la lutte chimique, que ce soit dans les gîtes urbains ou ruraux. Cependant les travaux de recherches effectués au sein de notre laboratoire se sont intéressés aux deux méthodes de lutte chimique et biologique (**Bendali-Saoudi, 1989**).

La lutte biologique est donc une technique de rééquilibrage écologique dont le but est d'introduire des ennemis naturels ou antagonistes (agents de lutte biologique) afin de faire échec aux espèces indésirables (**Tréboux, 2014**). Dans le domaine de l'écologie appliquée, il y a eu de nombreuses tentatives de lutte biologique contre des agents pathogènes ou vecteurs. Cela a été réalisé par l'introduction de nouveaux ennemis naturels efficaces, dans leurs milieux naturels (**Denoth et al., 2002**). La sélection des agents de lutte biologique doit être fondée sur leur potentiel d'impact involontaire, leur capacité de se développer et de s'adapter aux conditions climatiques et leur capacité à maintenir de très près les interactions avec les populations cibles des proies (**Waages & Greathead, 1988**). Il est important d'avoir une connaissance du mode de sélectivité du prédateur, de sa proie et en particulier de la sélection vis-à-vis les larves de moustiques, dans la présence de proie naturelle alternative (**Arthington & Marshall, 1999**). En plus, la capacité d'adaptation des prédateurs dans l'environnement mis en place et l'interaction avec l'ensemble d'organismes autochtones, doivent être pris en considération avant leur introduction (**Carlson et al., 2004**). La prédation joue un rôle important dans la dynamique du fonctionnement de la stabilisation des écosystèmes (**Wasserman et al., 2013; Hammerschlag et al., 2019**). Les prédateurs sont parmi les premiers groupes trophiques à disparaissent lorsque les systèmes naturels sont dégradés par des activités anthropiques (**de Sá et al., 2018; Priawandiputra et al., 2018**). Cependant l'utilisation d'insectes prédateurs tel que les Hétéroptères sont les seuls Hémiptères à avoir des représentants inféodés plus ou moins et strictement, aux milieux aquatiques et qui vivent associés, avec la faune Culicidienne. La maintenance et la facilitation des communautés de prédateurs naturels, peut être très souhaitable, en particulier dans les environnements où les espèces nuisibles prolifèrent dans l'absence de prédation (**Little et al., 2017**). En plus, les impacts des ennemis naturels restent souvent non quantifiés et sont intrinsèquement dépendants du contexte, avec les variabilités écologiques de la communauté, altérant potentiellement l'efficacité des ennemis naturels (**Cuthbert et al., 2018a ; b**).

Les insectes prédateurs regroupant les larves d'Odonates et de Toxorynchites, les Dytiques, les Gyrins, les Notonectes et enfin les Hydrachnidia, sont actuellement étudiée d'une façon intensive, de par leurs taxonomie et leurs biologie. De nombreux auteurs se sont intéressés dans leurs recherche à la systématique et à la prédation des Hydrachnidia (**Bendali-Saoudi et al., 2014 ; Boudemagh, 2015 ; Gacem et al., 2015**).

L'effet parasitaire de leurs larves pratiquant le phénomène de phorésie, sur les insectes hôtes (**Lajeunesse, 2007**). Il existe une multitude d'autres prédateurs aux capacités intéressantes,

comme les Coléoptères (**Chidester, 1917**), les Hétéroptères (**Naktl et al., 2019**), les Copépodes (**Tuno et al., 2020; Mahmoudi et al., 2022**) et les Odonates (**Saha et al., 2020**).

Même les vertébrés présentent un potentiel culiciphage important. Certains poissons d'eau douce, sont culiciphage tel que *Gambusia affinis* espèce introduite en 1912, en Algérie et deux espèces autochtones : *Pseudophoxinus callensis* et *Pseudophoxinus guichnoti* (**Bendali-Saoudi, 2001**). D'autre part, des bactéries entomopathogènes comme le *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (*Bti*) sérotype H14 et le *Bacillus sphaericus* (*Bsph*), sont dotés d'une efficacité larvicide culiciphage importante (**Bendali-Saoudi, 2006 ; Pires et al., 2020**). L'effet bactériologique du *Bacillus thuringiensis israelensis* a été démontré sur plus de 115 espèces de moustiques et 40 espèces de mouches noires (**Boudjelida et al., 2008**). En outre le *B. sphaericus* a été également utilisé avec succès dans le monde entier pour contrôler les populations de *Culex* et d'*Anopheles* (**Suter et al., 2017; Pires et al., 2020**).

Cependant, un phénomène largement déployé de résistance a été observés au niveau des populations naturelles (**Nielsen-Leroux et al., 2002**). La résistance au *B.sph* n'entraînant aucune baisse de sensibilité au *Bti*, il est actuellement autorisé en démoustication uniquement en combinaison avec le *Bti*. Depuis, les produits larvicides commerciaux à base de *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* sont de plus en plus utilisés pour le contrôle de ces insectes (**Regis et al., 2001**). Une autre source de lutte biologique est présentée par l'utilisation de produits à base de plantes, c'est l'une des meilleures alternatives pour la lutte anticulicidienne, en effet ces extraits de plantes aqueux ou sous forme d'Huiles Essentielles, contiennent des substances toxiques pouvant agir efficacement sur les moustiques. 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 antivectorielle (**Kemassi et al., 2010; 2014**).

La faune Culicidienne occupe le centre de l'actualité de la recherche scientifique entomologique mondiale, en raison de son rôle dans la nuisance et la transmission des maladies virales et parasitaires qui peuvent affecter l'Homme et les animaux. C'est dans cette perspective que s'intègre cette étude, qui s'intéresse à l'étude des Culicidae et de la faune macrobenthique associée, au niveau d'un lac classé par Ramsar le lac des Oiseaux et qui comporte quatre parties :

Dans la première partie nous nous sommes intéressés à l'étude systématique approfondie, des grands taxons jusqu'à la détermination de l'espèce, des Arthropodes récoltés : Les Culicidae; les Hydracariens; les Coléoptères; les Éphémères; les Hétéroptères et les Cladocères. Réalisant ainsi des inventaires, qualitatifs et quantitatifs, des espèces d'invertébrés aquatiques récoltés, dans la région d'étude. Nous nous sommes intéressés par ailleurs, à leurs distributions spatio-temporelles, dans les différentes stations, durant une année (Mars 2015 - Février 2016). Les résultats ont subi une analyse écologique appropriée déterminant les différents indices caractérisant les différents peuplements.

On a procédé dans la deuxième partie à une analyse physicochimique de l'eau des cinq stations d'étude. Ce qui nous permis de déterminer la répartition des espèces, selon la teneures des éléments constitutifs de l'eau.

La troisième partie a concerné des essais toxicologiques à base du *Bacillus thuringensis israelensis* séro type H14 et le Dimilin à l'égard de quelques espèces de la faune non ciblée : Hétéroptères (*Corixa punctata* ; *Anisops sardea*; *Notonecta glauca* et *Plea minutissima*), Coléoptère (*Berosus signaticollis*) et de Cladocère (*Daphnia magna*).

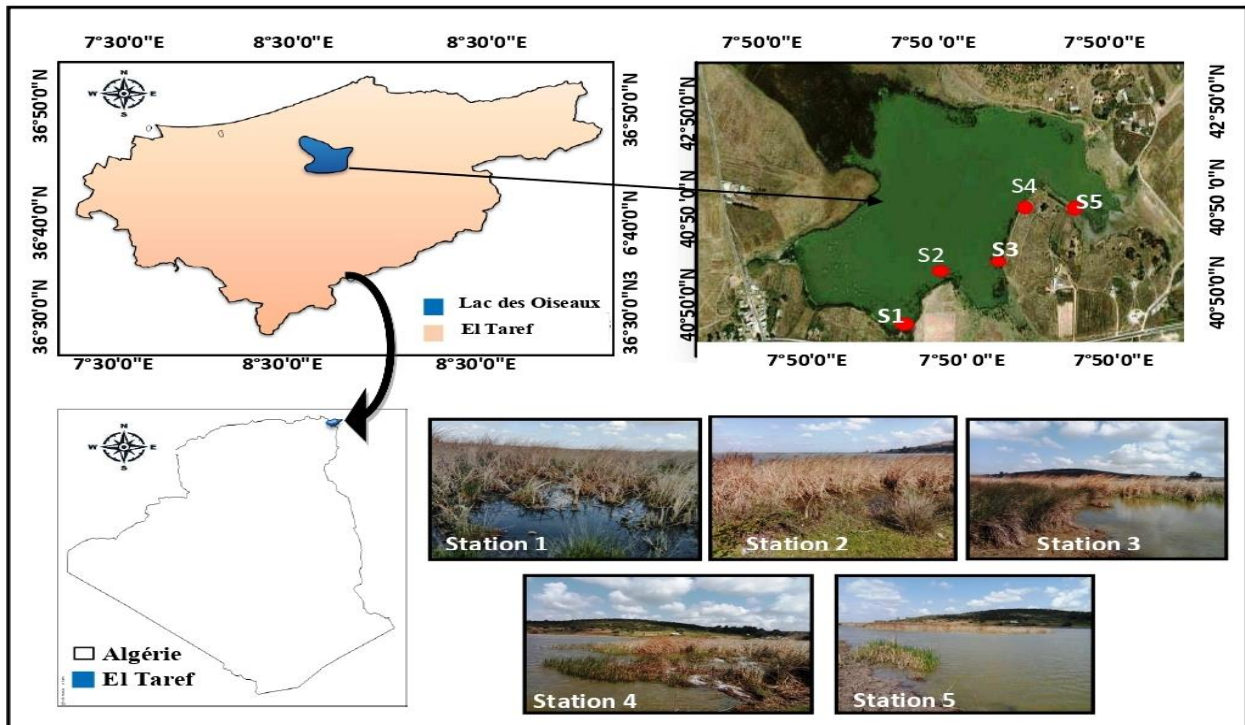
Enfin dans la dernière partie, on a déterminé le potentiel prédateur larvicide, à l'égard de *Culex modestus*, de trois espèces d'Hétéroptères (*Corixa punctata* ; *Notonecta glauca* et *Anisops sardea*) et d'une espèce de poisson d'eau douce, connue pour son excellent potentiel culiciphage (*Gambusia affinis*). La présence de cette espèce de moustique est dominante dans la région d'étude. Elle est responsable d'une nuisance redoutable et vecteur principale de nombreuses arboviroses dans le monde.

# MATERIEL & METHODES

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Présentation de la zone d'étude lac des Oiseaux

Le lac des oiseaux est situé à  $36^{\circ} 47'$  de latitude Nord et  $0,8^{\circ} 7'$  longitude Est, il doit son nom au grand nombre d'oiseaux migrateurs qui y passent l'hiver (Samraoui *et al.*, 1992). Ce lac se situe à 45 km respectivement, à l'Ouest et à l'Est des villes d'El-Kala et d'Annaba, au bord de la route nationale 44 près d'un village portant le même nom. C'est un lac d'eau douce d'une superficie de 70 hectares en période hivernale et 40 hectares en période sèche. Seul un chemin de Wilaya le sépare de la partie la plus orientale du Marais de la Mekhada, avec lequel il partage le même bassin versant. C'est une cuvette qui se penche vers Koudiat Nemlia au Nord et au Nord-est et djebel Bou Abed au Sud et au Sud-est (**Fig. 1**). L'alimentation hydrologique se fait naturellement par les eaux superficielles du ruissellement du bassin versant et par les eaux souterraines des grès de Numidie du Sud. Le lac a connu trois assèchements au total, le dernier remonte à l'année 1992 où il a été mis en culture pendant l'été (Gehu *et al.*, 1993).



**Figure 1:** Position géographique du lac des oiseaux. (Nord-est de l'Algérie), positionnement des stations d'échantillonnage (S1, S2, S3, S4 & S5).

**Classification du lac :** Le Lac des oiseaux est inscrit sur la liste de Ramsar des zones humides, d'importance internationale et classé en réserve naturelle par arrêté du wali d'El Taref depuis 1999. Malgré son importance, beaucoup de Facteurs défavorables menacent le lac, comme le Pompage incontrôlé et irrationnel de l'eau pour l'irrigation, rejet des eaux usées du village du Lac des Oiseaux, braconnage aléatoire, trafic routier intense à cause de la proximité du site de la RN 44. L'ancien exutoire a été mal calibré après son aménagement, de sorte que l'eau s'y écoule sans raison valable en été. On a assisté à trois assèchement au total pour le Lac, la dernière date 1992 lorsqu'il a été mis en culture pendant l'été (**Gehu et al., 1993**).

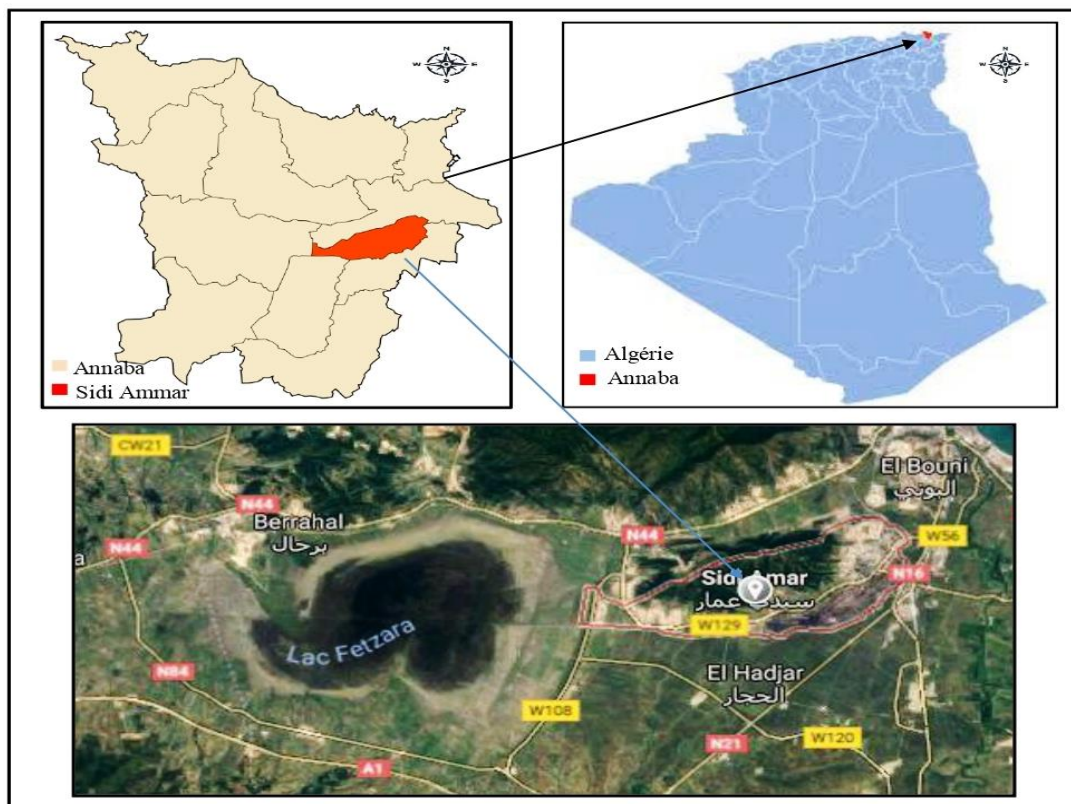
**Richesse floristique :** Le lac est entouré par de terrains agricoles, de pâturages, ainsi qu'une petite ville, la commune du Lac des oiseaux. Une large bande de Scirpes, de Typha, de Renoués et de Roseaux se trouve tout au long des rives Nord et Nord-est. Une étude datant de 1996 a permis de recenser 31 espèces végétales appartenant à 16 familles botaniques dont 70 % héliophytes et 30 % d'hydrophytes. On a recensé une flore recouvrant l'eau libre, remarqué par la présence des Potamotes, des Myriophyles, des Ceratophyles, des Renoncules (*Ranunculus aquatilis*), *Lemnaminor*, *Callitriche pallustris*, *Myriophyllum verticillatum* et *Nymphaea alba* (**Samraoui et al., 1992**).

**Richesse faunistique :** Malgré sa taille réduite, le Lac des Oiseaux abrite une grande diversité faunistique (oiseaux d'eau, insectes et batraciens). Le lac est un site d'hivernage d'oiseaux d'eau, ainsi qu'il représente un endroit favorable pour la nidification de l'Erismature à tête blanche *Oxyuraleucocephala*, espèce en voie de disparition sur la Liste rouge de l'IUCN, aussi, le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*), la Talève sultane (*Porphyrio porphyrio*), la Sarcelle marbrée (*Marmaronetta angustirostris*), qui sont des espèces inscrites sur la liste rouge de l'IUCN comme espèces vulnérables et le Blangios nain (*Ixobrychus minutus*). Également, le lac est un lieu de repos pour beaucoup d'oiseaux migrateurs se dirigeant vers le Sud.

Pareillement, le zooplancton au niveau du lac constituent une richesse spécifique, tels que les crustacés, les coléoptères, les hydracariens, les oligochètes et les gastéropodes. Notamment, cinq espèces rares d'odonates ont été recensées au niveau du lac, à savoir : *Orthetrum chrysostigma*, *Acisoma panorpoides*, *Diplacodes lefebvrii*, *Brachythemis leucosticta* et *Trithemis annulata*. Le lac contient aussi des espèces de reptiles et de batraciens comme les tortues et les lézards. Aussi, la périphérie du lac est fréquentée par des mammifères, tels que les renards, les sangliers, hérissons, la mangouste. Parmi les espèces de poissons qu'on trouve au lac, on note l'Anguille et le Mulet (**Maazi, 1991**).

## 2.2. Présentation de la commune de Sidi Ammar

La zone d'étude se situe dans la commune de Sidi Ammar. C'est une zone sub-urbaine, elle est située au centre de la Wilaya d'Annaba, d'une superficie de 4 200 hectares. Sidi Amar fait partie du massif de BLILITA et d'une partie de la plaine Ouest d'Annaba, à l'Ouest est limité par le lac Fezara. Au Nord les monts de Barga Zerga, H'djar Eddiss du massif de Blilita et du mont de Chaïba. A l'Est El Hadjar, au Sud la plaine Ouest. Il est à noter qu'une bonne partie du complexe Sidérurgique d'El Hadjar se trouve dans la commune Sidi Amar ainsi que le pôle universitaire Badji Mokhtar et la station de traitement des eaux à Chaïba (DRE Annaba). Cette région est caractérisée par un climat, méditerranéen avec un été chaud. Selon le recensement général de la population et de l'habitat, la population de la commune de Sidi Ammar est évaluée à 125 265 habitants (**Recensement de la Population Algérienne, Wilaya d'Annaba, 2008**). Malgré son nombre considéré d'habitants, le complexe Sidérurgique d'el Adjar se localise à proximité de l'agglomération, provoquant ainsi des effets néfastes sur la population. Sidi Ammar abrite le pôle Universitaire Central Badji Mokhtar. Les caves inondées qui se trouvent dans la totalité des immeubles nous ont servi comme gîte de prélèvement des Culicidae (**Fig. 2**).



**Figure 2** : Situation géographique de la Commune de Sidi Ammar (Annaba).

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

### 2.3.1. Température

Ce paramètre est fonction de l'altitude, de la distance à la mer et de la position topographique de manière plus générale souligné dans toute l'Algérie (**Toubal, 1986**). La température est de Novembre à Mai, inférieure à la moyenne annuelle, elle lui est supérieure de Juin à Septembre. On peut donc diviser l'année en un semestre froid et un semestre chaud (**De Bélair, 1990**), (**Tableau 1**).

**Tableau 1:** Température (T.) de l'année 2018/2019. Source: Station Météorologique la région d'El Taref et Annaba : <https://dz.freemeteo.com>.

Mois	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Out.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.
Lac des Oiseaux	15	19	23	27	31	31	28	24	19	18	17	17
Sidi Ammar	13.2	15.1	19.6	22.7	26.1	26.7	24.3	20.7	15.7	11.9	12.1	12.4

### 2.3.2. Précipitations

Les précipitations représentent l'élément le plus important du climat, tant pour les êtres vivants que pour les milieux. De ce fait la majorité des études et analyses s'appuient sur les précipitations bien plus que sur d'autres paramètres du climat. Toutes les ressources en eaux superficielles ou souterraines sont conditionnées par les précipitations. Elles sont conditionnées par la perturbation cyclonique d'origine atlantique de l'Ouest et du Nord-est et les pressions qui prennent naissance en méditerranées occidentale, généralement centré dans le périmètre du golf de Gène-Corse-Sardaigne. Ce second phénomène n'affecte en générale, que la partie orientale du tell Algérien, est à l'origine de son statut de région la plus humide d'Algérie (**Seltzer, 1946**), (**Tableau 2**).

**Tableau 2:** Précipitation pour l'année 2018/2019. Source: Station Météorologique d'El Taref et Annaba : <https://dz.freemeteo.com>.

Mois	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Out.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.
Lac des Oiseaux	104	93	63	16	3	19	39	75	130	7	89	58
Sidi Ammar	101.3	1.27	24.5	3.5	0.25	16.01	34.03	76.44	124.7	0	92.7	45.47

### 2.3.3. Humidité

L'humidité relative de l'air est assez constante durant toute l'année et varie entre 72 et 80% (Semadi, 1989), principalement en raison de l'action modérée de la mer et des plans d'eau qui contribuent à maintenir une humidité élevée en été ce qui réduit la durée et la sévérité de l'été sécheresse (Tableau 3).

**Tableau 3:** L'humidité (%) pour l'année 2018/2019. Source: Station Météorologique d'El Tarf et Annaba: <https://dz.freemeteo.com>.

Mois	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Out.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.
Lac des Oiseaux	77,4	78,4	77,8	74,3	72,2	74,5	79,9	78,8	78,2	80,2	78,6	77,9
Sidi Ammar	81,6	81,3	72,9	73,6	77	77,2	76,2	78,1	85,6	81,8	81,5	84,8

### 2.3.4. Vents

La vitesse du vent ne diffère pas beaucoup d'un mois à l'autre au cours de l'année d'inventaire, car elle est presque la même en toutes saisons et varie entre 15m/s et 13m/s (Tableau 4).

**Tableau 4:** La variation de la vitesse du vent (m/s) pour l'année 2018-2019. Source: Station Météorologique d'El Taref et Annaba : <https://dz.freemeteo.com>.

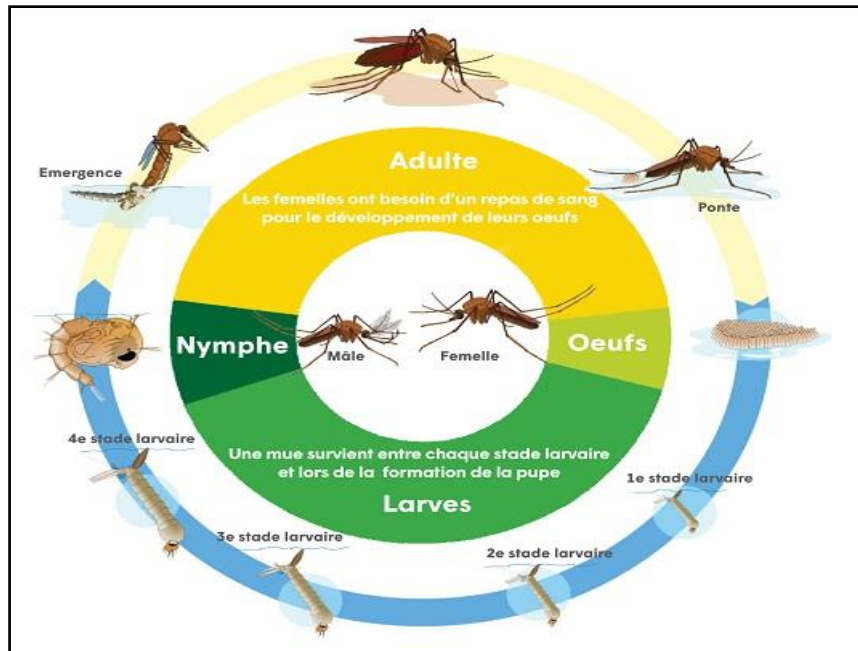
Mois	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Out.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.
Lac des Oiseaux	13,8	13,7	14,5	14,8	15	14,5	15,1	14,9	13,4	14	13,6	13,9
Sidi Ammar	15	12,2	13,5	14,6	14,2	13,2	14,2	12,9	11,9	11	15,1	16,9

## **2.4. Matériel biologique**

Notre étude a porté sur le peuplement faunistique aquatique qui est constamment soumis à la variabilité spatio-temporelle de l'environnement. Les variations observées dans la structure des peuplements dépendent donc, des modifications des caractéristiques environnementales. L'étude conjointe de la composition taxonomique et la bioécologie du peuplement d'une part, et la description des conditions physiques du milieu d'autre part, permettent la compréhension de certains mécanismes. Cela explique la présence ou l'absence, de différents groupes d'espèces et ainsi la prédiction de l'évolution des peuplements aquatiques. Les macro-invertébrés sont à la base de nombreux indices biotiques, pour la plupart basés sur l'abondance ou la richesse d'un certain nombre de groupes taxonomiques indicateur (**Tachet et al., 2000**). Les peuplements aquatiques sont particulièrement intéressants dans notre étude qui est basée sur la détermination des certains groupes, de la faune aquatique (macro-invertébrés).

### **2.4.1. Les Culicidae**

Les Culicidés appelés communément les moustiques sont des insectes, holométabole qui offrent à tous les stades de leur développement des détails anatomiques et morphologiques qui facilite amplement la systématique de ce groupe (**Bendali-Saoudi, 1989; Himmi et al., 1998**). Ces Diptères (présence d'une seule paire d'aile), Nématocères (larve apode), sont remarquables par l'évolution progressive qui affecte parallèlement l'imago et la larve (**Bendali-Saoudi, 2006**), ils constituent le plus important groupe de vecteurs d'agents pathogènes transmissibles à l'Homme. Plus de 3 300 espèces sont à ce jour décrites. Ils passent par différents stades de développement, le stade œuf, larve et nymphe sont aquatiques, ce sont les stades pré-imaginaux. Le stade adulte ou imago à une vie aérienne (**Fig. 3**). Leur premier repas, pris au crépuscule, est composé de nectar de fleur et participent à la pollinisation des plantes (**Jolivet, 1980**). Les adultes femelles sont abrités dans des lieux proches de leurs appâts, dans lesquels elles seront gorgées facilement. Cela permettra, entre autres, la maturation des organes génitaux ainsi que la constitution de réserves énergétiques pour le vol. Donc seulement la femelle est hématophage, elle a besoin d'un repas sanguin contenant des protéines indispensables à la maturation des œufs (**Neveu-Lemaire, 1923**).



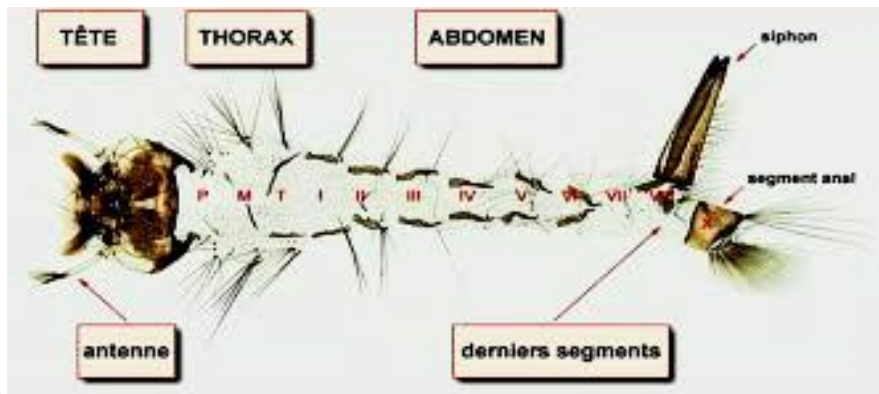
**Figure 3 :** Cycles de développement des Culicidae (Anonyme, 1)

**Œufs :** Les femelles hématophage, après quarante-huit heures de la prise du repas sanguin, les œufs arrivent à maturité (Wigglesworth, 1979). Elles effectuent leur ponte à la surface des eaux stagnantes. Les dimensions des œufs sont de 0.07mm de long et 0.05 mm de large (Bendali-Saoudi, 1989). L'œuf comprend de l'intérieur vers l'extérieur : l'embryon ; la membrane vitelline pellucide ; un endo-chorion et un exo-chorion plus ou moins pigmenté et ornementé (Rodhain & Perez, 1985). Au moment de la ponte il est blanchâtre et prend rapidement, par oxydation de certains composants chimiques de la thèque, une couleur marron ou noire (Fig. 4), (Rehimi, 2004). Leur nombre déposés varie entre 200 et 400 œufs. L'incubation est de 2 à 3 jours après de la ponte, période nécessaire au développement embryonnaire, (Bendali-Saoudi, 1989; Himmi *et al.*, 1995).



**Figure 4 :** Les œufs du genre *Culex* en nacelle (Anonyme, 2).

**Larve :** Les larves de Culicidae sont nématocères. On distingue quatre stades larvaires: L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> ; dont les trois premiers stades ne présentent pas des caractères taxonomiques précis, seule la larve du 4<sup>ème</sup> stade rend la dichotomie facile. Ces larves sont clairement constituées de trois parties: tête, thorax et abdomen (**Fig. 5**), (**Rioux, 1958**).



**Figure 5 :** Aspect général d'une exuvie larvaire du stade IV de Culicidé sous l'eau (**Brunhes et al., 2000**).

**Nymphe :** La nymphe de Culicidae, se caractérise par une tête et un thorax réunis en une seule masse globuleuse le céphalothorax. La partie postérieure effilée et recourbée constituant l'abdomen. Ce dernier donne à la forme générale de la nymphe un aspect d'une virgule ou en point d'interrogation. L'abdomen est formée de huit segments dont le dernier, est pourvu de deux palettes natatoires, alors que le neuvième est atrophié (**Rodhain & Perez, 1985**). Au niveau du céphalothorax se situent les ébauches des yeux et des différents appendices (Antennes, trompe, pattes, ailes), deux trompettes respiratoires prothoraciques, de forme très variable, équivalents physiologiques du siphon respiratoires de la larve. Elle est extrêmement sensible et plonge dans l'eau au moindre mouvement perçu (**Urquhart et al., 19960**). Ce stade dure 24 à 48h, la nymphe ne se nourrit pas, elle épuise les réserves stockées au stade larvaire (**Rodhain & Perez, 1985**), mais durant ce stade le moustique subit de profondes transformations morphologiques et physiologiques. A la fin de cette période, la nymphe donne un adulte, mâle ou femelle (**Ripert, 2007**) (**Fig. 6**).



**Figure 6 :** Nympe à l'état naturel (**Anonyme, 1**).

**Adulte :** Le moustique adulte a un corps allongé, de 5 à 20 millimètres de long (**Rodhain & Perez, 1985**). Le corps comporte trois parties : la tête, le thorax, l'abdomen (**Fig. 7**).

**Tête :** Est un des éléments permettant de différencier les mâles des femelles, ainsi que les genres et espèces. Elle comprend deux yeux composés, de nombreuses ommatidies s'étendant sur les faces latérales mais aussi sur une grande partie de la face dorsale et sur la face ventrale. Entre les yeux s'insèrent deux antennes constituées de 15 articles chez les mâles, 16 chez les femelles. Chez les mâles, elles portent de longs et nombreux verticilles de soies (antennes plumeuses). En dessous des antennes et de part et d'autre du proboscis se situent deux palpes maxillaires penta-articulés. Les palpes maxillaires sont longs, dilatés ou non à leur extrémité, suivant le genre et le sexe. Les six pièces buccales, transformées en stylets vulnérants, se disposent dans une gouttière formée par le labium pour constituer la trompe vulnérante. Le labium présente à son extrémité deux languettes mobiles appelées labelles (**Séguy, 1951**).

**Thorax:** Sombre à noir, est la partie centrale du corps à laquelle sont attachées les ailes et les pattes, composé de trois segments soudés.

Le **prothorax** qui porte la première paire des pattes; le **mésothorax**, occupe plus de la moitié du thorax, il porte la deuxième paire de pattes et les deux ailes. Le **métathorax**, correspondant à la partie postérieure du thorax et porte la troisième paire des pattes et les deux balanciers.

**Ailes:** Comme chez tous les Diptères, les ailes des Culicidae présentent des nervures costales bariolées, des écailles sombres et des écailles claires. Les nervures et les balanciers sont en rapport avec la puissance de vol du moustique (Séguy, 1950).

**Pattes:** Sont constitués de cinq parties : la hanche ou coxa, le trochanter distinct, le fémur, le tibia, et un tarse subdivisé en cinq segments, dont le premier est appelé protarse et le cinquième le distarse qui porte deux griffes.

**Abdomen:** Couvert d'écailles plates, se compose de dix segments, les huit premiers sont bien différenciés, les deux derniers, étant modifiés pour les fonctions sexuelles. Les pièces du mâle (*hypopygium* ou *génitalia*), la coloration des écailles et leur disposition, présentent un intérêt majeur dans la taxonomie des Culicidés (Seguy, 1950).

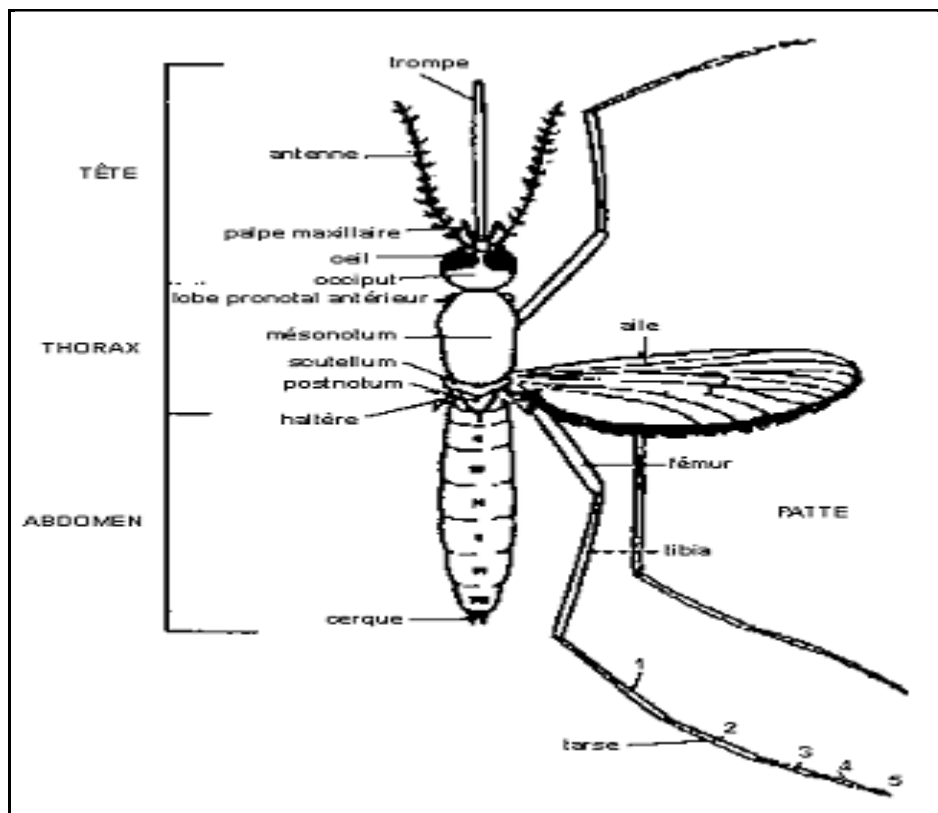
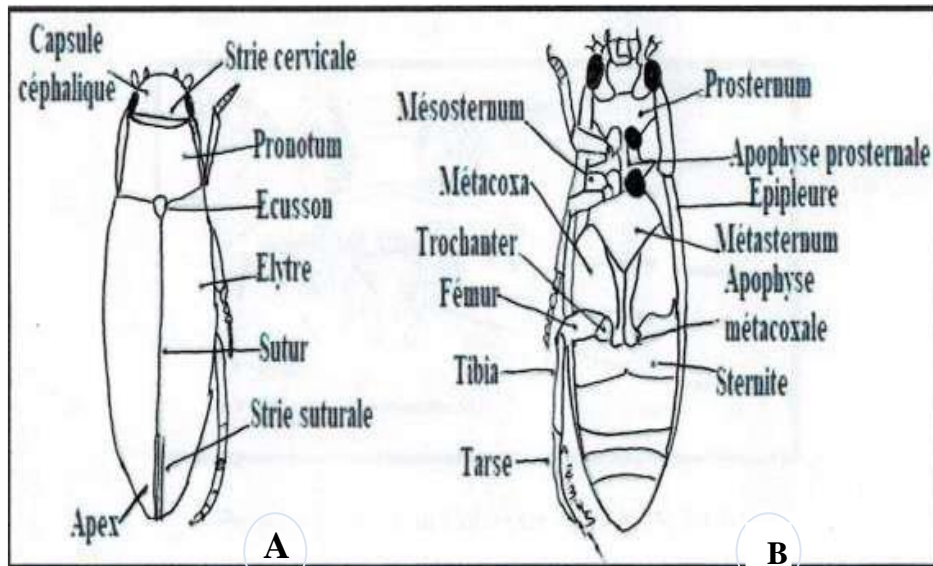


Figure 7 : Schématisation générale d'un moustique adulte (O.M.S, 1973).

## 2.4.2. La faune associée

### 2.4.2.1. Les Coléoptères aquatiques

Les Coléoptères aquatiques, sont les seuls insectes holométaboles à se présenter à la fois sous la forme imaginaire et larvaire, le corps est constitué de trois parties bien distinctes : tête ; thorax & abdomen (**Fig. 8**). Ils colonisent divers habitats: sources, ruisseaux de source, torrents, rivières à eau modérément courante et rivières à eau quasi-stagnante et riche en végétation (**Tachet *et al.*, 1980**). Ce groupe est caractérisé par la présence de pièce buccale de type broyeur et de deux paires d'ailes, dont la supérieure est transformée en éléments coriaces, impropres au vol, ou élytres (**Forge, 1981**). Cet ordre constitue un groupe très diversifié et écologiquement très hétérogène pouvant s'adapter à tout type de biotope. Morphologiquement très homogènes, ils ont un corps segmenté en trois tagmes : tête possédant des pièces buccales de type broyeur, une paire d'antennes et une paire d'yeux composés mais sans ocelles ; thorax pourvu de trois paires de pattes articulées et deux paires d'ailes, avec un prothorax large, un mésothorax et un métathorax soudés en un ptérothorax, lui-même soudé à l'abdomen dépourvu d'appendices, et constitué de neuf segments chez les femelles, dix chez les mâles. Ils sont caractérisés par un pronotum développé allant jusqu'à la base des élytres. La première paire d'ailes sclérotinisées, sans nervures et quelquefois très colorées, correspond aux élytres qui recouvrent et protègent le ptérothorax et l'abdomen, et la deuxième paire, les ailes membraneuses métathoraciques, servent au vol. Biologiquement, en Holométaboles typiques, vie et comportements des larves sont généralement totalement différents de ceux des adultes (**Pierre, 1995**).



**Figure 8:** Morphologie externe d'un Coléoptère (Tache *et al.*, 2000).

**A :** Vue dorsale.

**B :** vue ventrale.

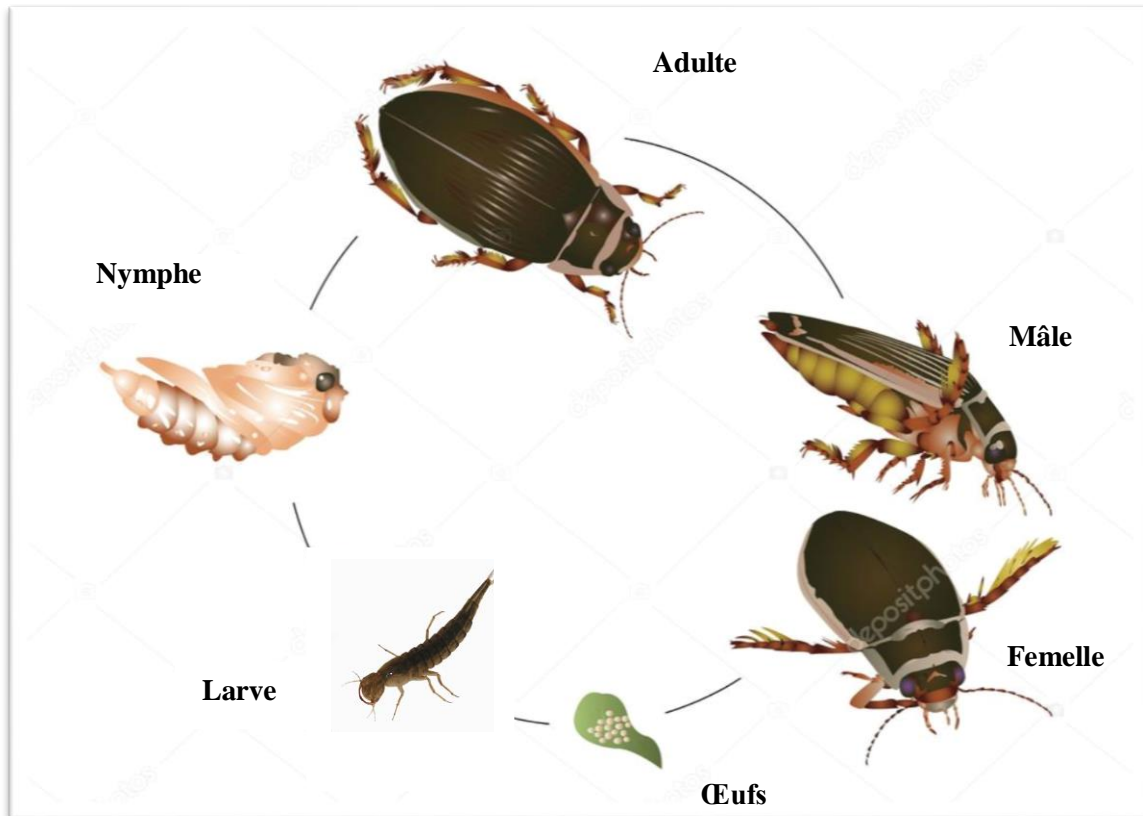
**Biologie des Coléoptères :** Les coléoptères réalisent une métamorphose complète (holométabole). Le développement se réalise en quatre étapes (Œuf ; larve ; nymphe & l'imago ou adulte). La larve et l'imago sont très voraces et se nourrissent de toutes sortes d'animaux par exemple, les larves de Chironomes, de Libellules, de Culicidae ...etc. (Dommanget, 1981).

**Œufs :** Durant sa vie, une femelle peut produire entre une dizaine d'œufs à plusieurs milliers. Les œufs sont pondus en fonction du substrat sur lequel les larves se développeront. Les œufs sont pondus en masse sur le feuillage ou posés individuellement sur le plant. D'autres pondent à l'intérieur des racines à l'aide d'un ovipositeur spécialisé (Powell & Jerry, 2009).

**Larve :** C'est généralement au stade de larve que l'insecte s'alimente. La période larvaire est très variable selon les espèces et des conditions environnementales présentes. La tête de la larve de coléoptères est sclérifiée, la présence de pièces buccales du type broyeur et l'absence de pseudopode. Leur thorax est difficilement distinguable de leur abdomen. Les larves sont très aplaties et sont particulièrement mobiles. Pour compléter leur développement, les larves de coléoptères passent par plusieurs mues, puis subir une métamorphose, ils sont du type holométabole (Gilliot & Cedric, 1995).

**Nymphe :** À la fin du stade larvaire, la larve se transforme en nymphe. À partir de cette nouvelle forme, émerge un adulte. La nymphe ressemble à l'adulte, est généralement de

couleur pâle, avec les pattes et les antennes recroquevillées sur son corps. A l'inverse de leur larve, les adultes ont une durée de vie très longue, exceptionnelle pour des Coléoptères, puisqu'ils vivent près de 4 ans. La reproduction ne semble possible que les 2 ou 3 premières années (Dommaget, 1981), (Fig. 9).

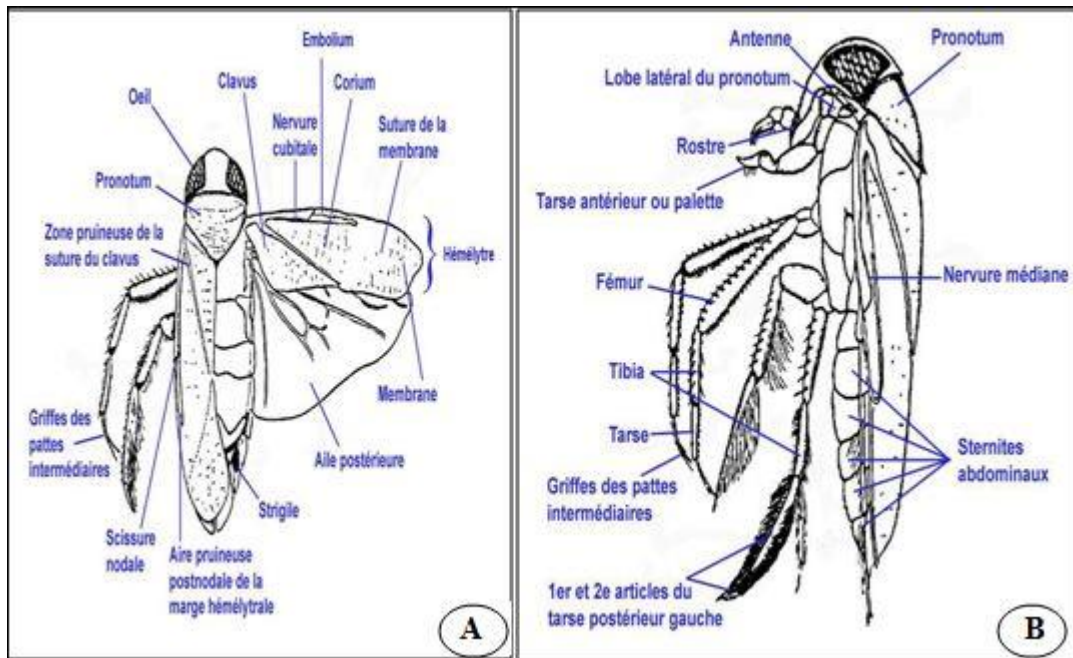


**Figure 9:** Cycle biologique d'un Coléoptère aquatique (Anonyme, 3).

#### 2.4.2.2. Les Héétéoptères aquatiques

Les Héétéoptères aquatiques, appelés également "punaises aquatiques" sont des hémimétaboles dont les ailes antérieures, lorsqu'elles sont présentes, ont une partie coriacée et une partie membraneuse (hémélytres). Leurs pièces buccales forment un rostre piqueur (Polhemus & Herring, 1970). Les Héétéoptères sont caractérisés par leur appareil buccal transformé en rostre de type labial, piqueur-suceur (Polhemus & Herring, 1970), par leur première paire d'ailes dont la partie basale est durcie. Ces ailes, appelées *hémélytres*, forment une carapace quand elles sont rabattues sur l'abdomen. Un motif caractéristique en X apparaît alors et par la présence fréquente d'une ou de deux glandes odoriférantes métathoraciques (provoquant l'odeur de Punaise) (Déthier, 1981).

Les Insectes appartenant à cet ordre (considéré aussi comme Sous-ordre des Hémiptères ou Rhynchotes) ont en outre une tête libre mais très peu mobile, avec des antennes 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<sup>ème</sup> segment, l'orifice femelle sur le 8<sup>ème</sup> (Fig. 10) (Poisson, 1957; Déthier, 1981)



**Figure 10** : Hétéroptère aquatiques (Poisson, 1957) modifiée.

**A** : vue de dorsale d'un Hétéroptère adulte.

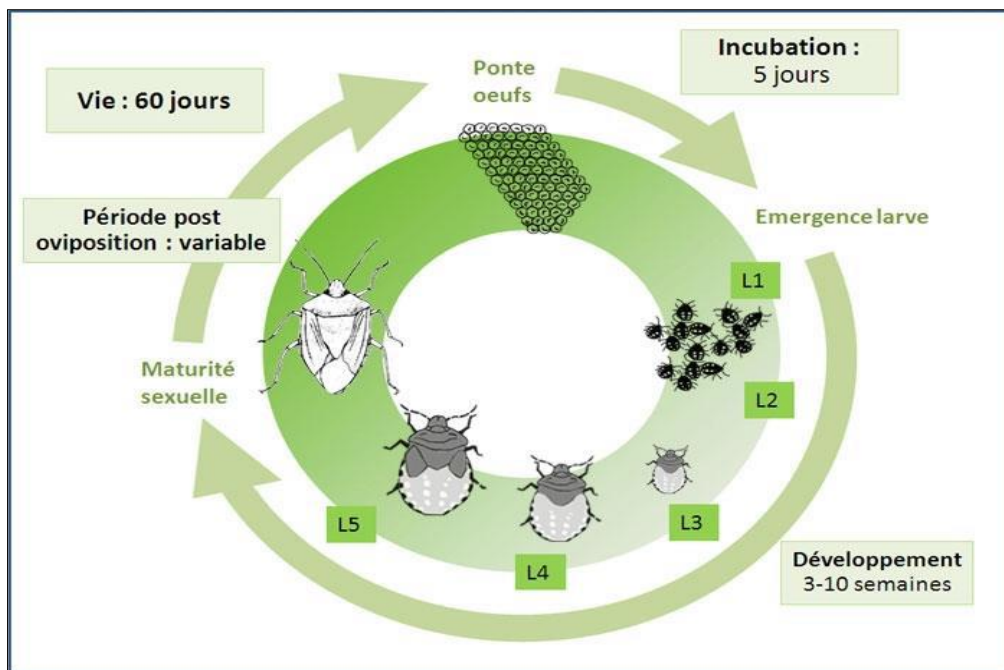
**B** : vue de profil.

**Biologie des Hétéroptères** : Il y a généralement 5 stades larvaires chez les hétéroptères. Il y a d'autres modifications telles que l'augmentation du nombre d'articles, des antennes et des tarsi, le changement de forme du pronotum et le développement des ailes (Lacroix, 1991). L'accouplement a lieu au printemps et sous l'eau.

**Œufs**: sont fixés aux plantes aquatiques. Ceux du genre *Corixa* sont en forme de poire, pédonculés et fixés grâce à un disque ; ceux du genre *Cymatia* sont fixés par un petit pédoncule et ceux du genre *Micronecta* adhèrent directement au substrat grâce à une sécrétion coagulante.

**Larve:** naissent au début de l'Eté. Cinq stades larvaires se succèdent durant lesquels des glandes odoriférantes se développent par paire, dans des ports situés sur les bords des troisième, quatrième et cinquième tergites.

**Adulte :** les glandes disparaissent au profit d'une unique glande odoriférante métasternale (2e section du thorax), dont la sécrétion s'écoule dans deux sillons coxaux (hanche). Les larves possèdent des tarses postérieurs à un article et des antennes à deux articles. Lorsque les conditions sont favorables (température), deux générations par an sont possibles pour certaines espèces. C'est le cas de *Corixa punctata* et de nombreuses *Sigara*, où les premiers accouplements ont lieu en Février avec une ponte de mi-Février à mars. Les vieux mâles disparaissent progressivement alors que les jeunes adultes de l'année se développent jusqu'à pulluler en Septembre-Octobre, période où ils effectuent des vols migratoires pour se disperser, (Déthier, 1981 ) (Fig. 11).



**Figure 11 :** Cycle biologique des Héteroïptères (Bonetti, 2019).

### 2.4.2.3. Les Hydracariens

Les Hydracariens sont des Arthropodes Chélicérates de la Classe des Arachnides et de l'Ordre des Acariens, ils représentent 6 000 espèces décrites (Walter *et al.*, 2009). Ce sont des Acariens purement aquatiques, à téguments généralement mous et vivement colorés. L'une des choses les plus frappantes au sujet des Hydracariens est leur brillante coloration souvent orange, jaune et rouge, probablement en raison de sécrétions nocives provenant de leurs glandes dermiques (Walter & Proctor, 1999). De taille microscopique (0,5 mm à 5 mm), le corps est d'une seule venue, prosome et opisthosome étant intimement fusionnés et à segmentation inapparente. La partie buccale se compose d'une paire de chélicères et d'une paire de pédipalpes. La classification la plus récente a été donnée par Proctor & Walter, (1999), elle subdivise les Acariens en 4 groupes : Prostigmata, Astigmata, Gribatida, Mesostigmata. L'identification systématique des espèces récoltées a été réalisée à l'aide des clés dichotomiques de Cook, (1974), Smith, (1976) et Perrier, (1979) (Fig.12).

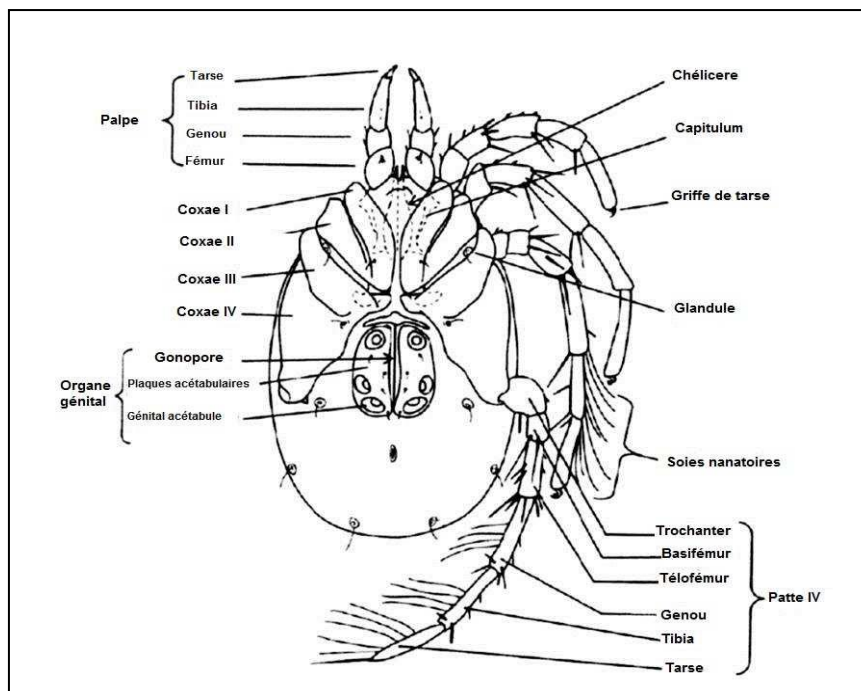


Figure 12 : Face ventrale d'une femelle adulte *Limnesia* (Proctor, 2006).

**Biologie des hydracariens** : Le développement par stades des Acariens et l'alternance de phases actives et inactives rend les cycles complexes. De plus, les hydracariens bouclent leur cycle de développement par un passage souvent obligé sur un hôte invertébré. A partir d'un développement ontogénétique ancestral à six stades: prélarve, larve, protonympe,

deutonymphe, tritonymphe et adultes (**Fig.13**). Le développement de l'hydracarien se réduit à trois phases exprimées jouant un rôle actif dans l'écosystème. Le passage d'un stade à l'autre se fait nécessairement par une mue. Chaque mue est précédée d'une période d'immobilité (**Peyrusse & Bertrand, 2001**).

**Œufs:** Sont généralement ronds, entourés d'une substance gélatineuse, avec une période d'incubation de 20 jours environ (**Peyrusse & Bertrand, 2001**).

**La phase larvaire:** Les oeufs se développent en larves hexapodes à vie aériennes. Après l'éclosion, les larves de la plupart des hydracariens cherchent des larves d'insecte ou des chrysalides, et s'attachent aux adultes à vie semi-aquatique au niveau des pattes, du pronotum ou des ailes, pendant qu'elles émergent, ainsi, la plupart des espèces d'hydracariens passent par un stade larvaire ectoparasite ou phorésie, qui ont pour hôtes différents ordres d'insectes (**Smith, 1988 ; Smith & Cook, 1991 ; Shatrov, 2000 ; Smith et al., 2001; Shatrov & Kudryashova, 2006**). Ainsi, ce phénomène contribue à la dispersion des hydracariens (**Gledhill, 1985**).

**Deutonymphe :** La phase nymphale se caractérise par trois stases. La protonymphe et la tritonymphe sont des (calyptostases ), immobilité, alors la deutonymphe, présente la phase active et libre. La deutonymphe se développe en taille et ayant un potentiel prédateur, car elle se nourrit d'insectes aquatiques, c'est une étape dans laquelle la nymphe ressemble à l'adulte, mais qui n'est pas sexuellement matures (**Peyrusse & Bertrand, 2001**). Après, la deutonymphe se transforme en tritonymphe, pendant ce temps, elle se transforme en adulte sexuellement mature.

**Adulte:** En général prédatrice, elle assure la reproduction. L'adulte est plus grand que la nymphe, avec un appareil génital bien développé; le dimorphisme sexuel est net chez les groupes les plus évolués exemple de la famille des Arrenuridae et les Pionidae (**Peyrusse & Bertrand, 2001**).

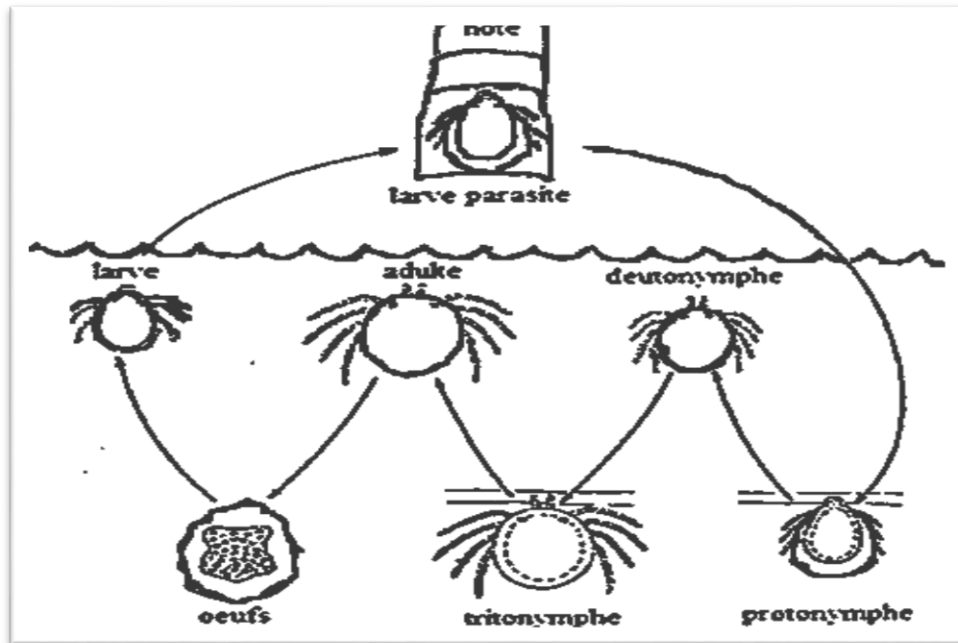
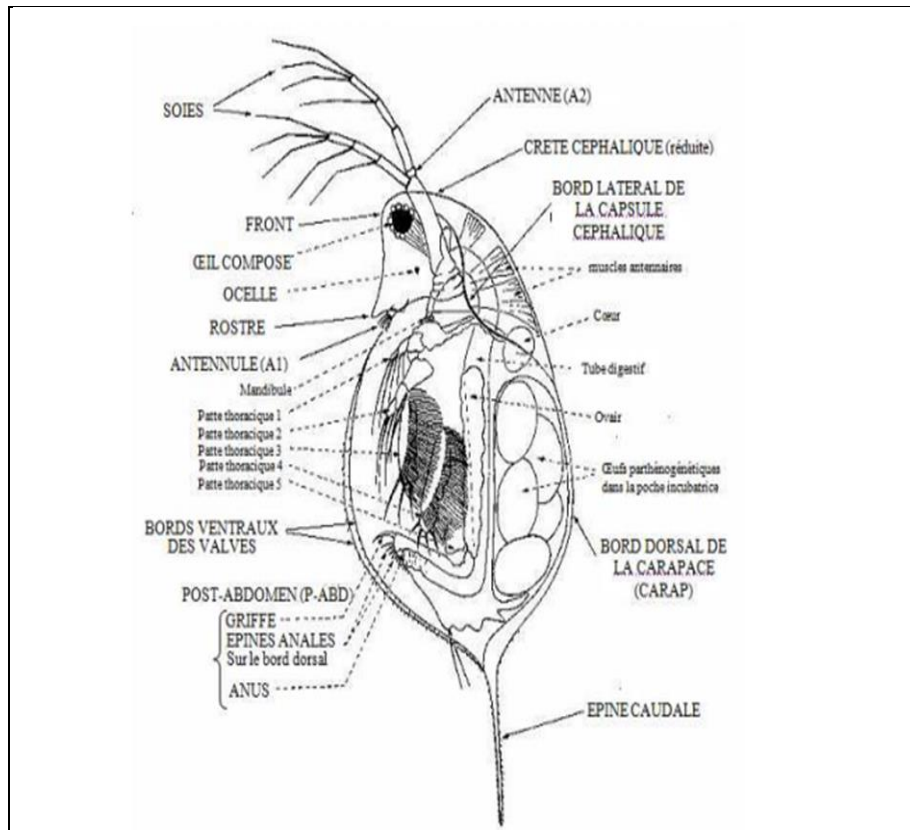


Figure 13: Cycle biologique des hydracariens (Smith, 1976).

#### 2.4.2.4. Les Cladocères

Les Cladocères sont de petits crustacés abondant en eau douce et peu représentés en milieu marin. Les plus connus sont sans doute les daphnies ou puces d'eau, visibles à l'œil nu et qui peuvent être abondamment présentes dans les pièces d'eau à certains moments de l'année. Sauf les Leptodoridae et les Polyphemidae (non signalés en Afrique) tous les Cladocères présentent les mêmes caractères morphologiques (Fig. 14). La segmentation typique a disparu. On distingue la tête et le corps, parfois séparés par un sinus cervical bien marqué. Le corps est enveloppé par une carapace chitineuse bivalve transparente. Il comprend une région thoracique portant 5 à 6 paires d'appendices et un abdomen très court prolongé par un post-abdomen où débouche l'anus. La carapace est très généralement bien développée, englobant entièrement le corps de l'animal (Calyptomères) ou, dans quelques cas, seulement la cavité incubatrice dorsale comme dans le cas des Gymnomères qui regroupe la famille des Leptodoridae et celle des Polyphemidae (Rey & Saint-Jean, 1980).

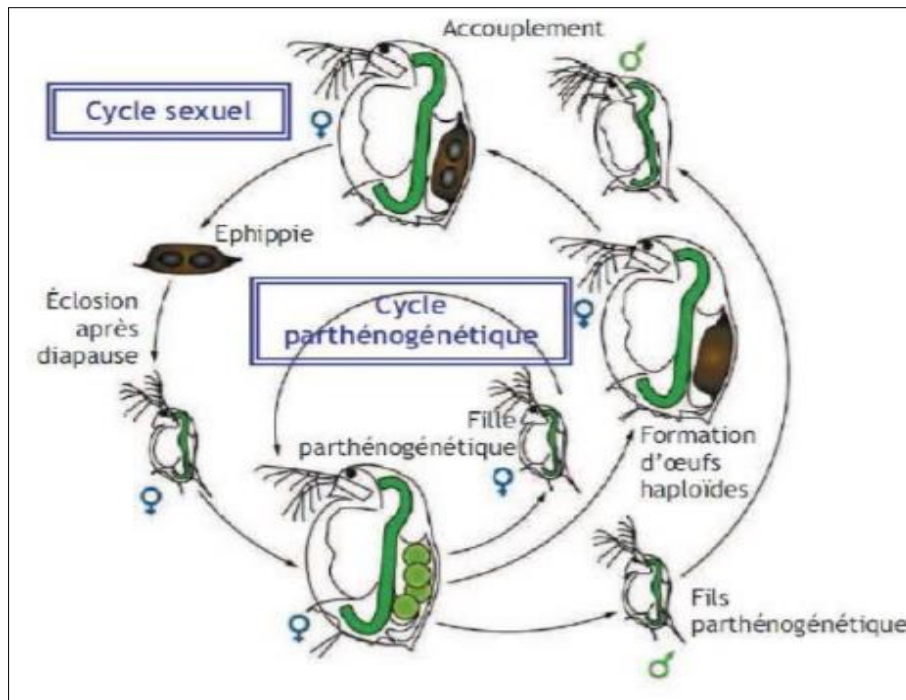


**Figure 14 :** Organisation générale d'un cladocère, vue latérale.

(Amoros, 1984).

**Biologie des Cladocères :** La reproduction se fait le plus souvent par parthénogénèse. La femelle parthénogénétique produit des œufs diploïdes à développement immédiat s'effectuant dans la cavité incubatrice. Chez *Moina*, les œufs sont de très petite taille et leur développement est assuré grâce à des apports nutritifs transmis de la femelle à l'œuf par l'intermédiaire d'une sorte de placenta. Le nombre d'œufs varie selon les espèces (la taille étant un facteur limitant). Lorsque les conditions du milieu deviennent défavorables (refroidissement, assèchement...), la production d'œufs donnant des femelles parthénogénétiques décroît, puis cesse. Certains des œufs pondus donnent des mâles.

Les femelles produisent également des œufs haploïdes, plus foncés, pourvus d'une enveloppe plus épaisse, et qui seront fécondés, ce sont les œufs de durée et éphippie. La fécondation est suivie d'une transformation affectant principalement la poche incubatrice qui s'épaissit, prend une teinte foncée et donne une éphippie qui se détachera de l'exuvie à la mue suivante (Goulden, 1968) (Fig.15).



**Figure 15 :** Cycle biologique des Daphnidae.  
( Zeman, 2008 ; Ebert, 2005).

#### 2.4.2.5. Les Odonates

Les libellules font partie des insectes, une des grandes classes du règne animal. Leur nom scientifique « Odonates » provient du grec et signifie « mâchoires dentées », la larve et l'adulte sont des prédateurs carnivores (**Fig. 16**). Les odonates font partie des insectes les plus caractéristiques et facilement identifiables par leur morphologie. Le corps des adultes est divisé en trois grandes parties (**Grand & Boudot, 2006**):

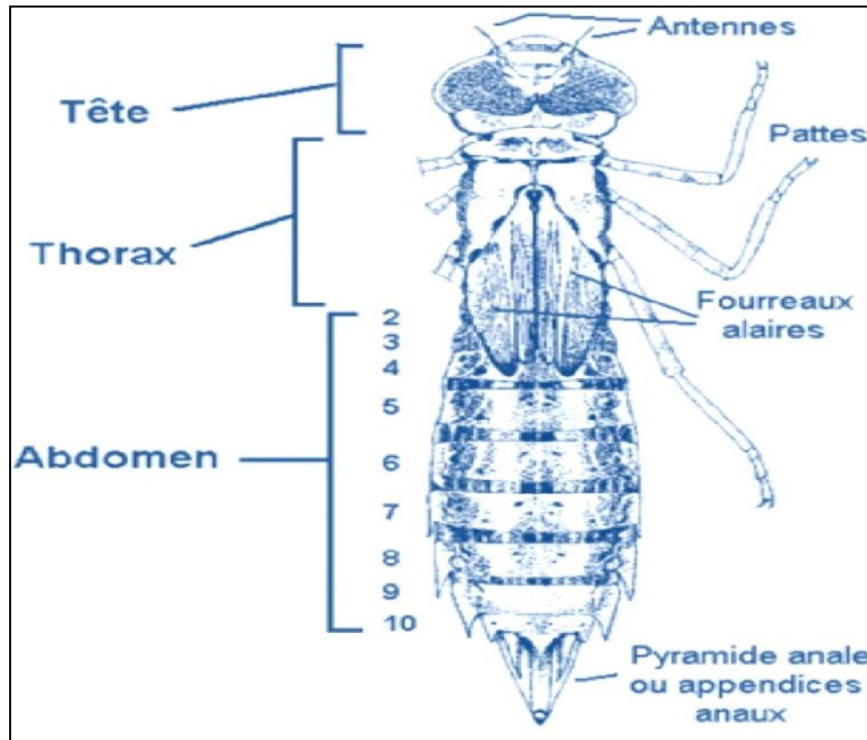
**Tête:** Très mobile, est rattachée à la partie antérieure du prothorax. Elle porte une paire d'yeux composés de taille généralement imposante, ainsi que 2 antennes généralement de taille très réduite.

**Thorax:** Souvent bien coloré, est composé de deux parties fusionnées : le prothorax et le synthorax. Le prothorax est très réduit et porte les pattes antérieures. Le synthorax, formé par la fusion du méso et métathorax, porte les 2 paires d'ailes membraneuses ainsi que les deux paires de pattes médianes et postérieures.

**Abdomen:** Toujours très allongé, est constitué de 10 segments abdominaux fixés au synthorax. Il porte les pièces copultrices. L'appareil copulateur complexe des mâles est implanté sur la

face ventrale du second segment abdominal. Chez les femelles, il est porté par les 8<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> segments. Le 10<sup>ème</sup> segment, généralement très réduit, se termine par les appendices anaux.

Les larves d'odonates ont un corps divisé de la même manière que les adultes. La partie inférieure de la tête présente la particularité de posséder un organe préhensile spécialisé pour la capture des proies appelé « labium » ou parfois encore « bras mentonnier » (**Doucet, 2010**).



**Figure 16 :** Morphologie générale de la larve des Odonates (**Zebza, 2016**).

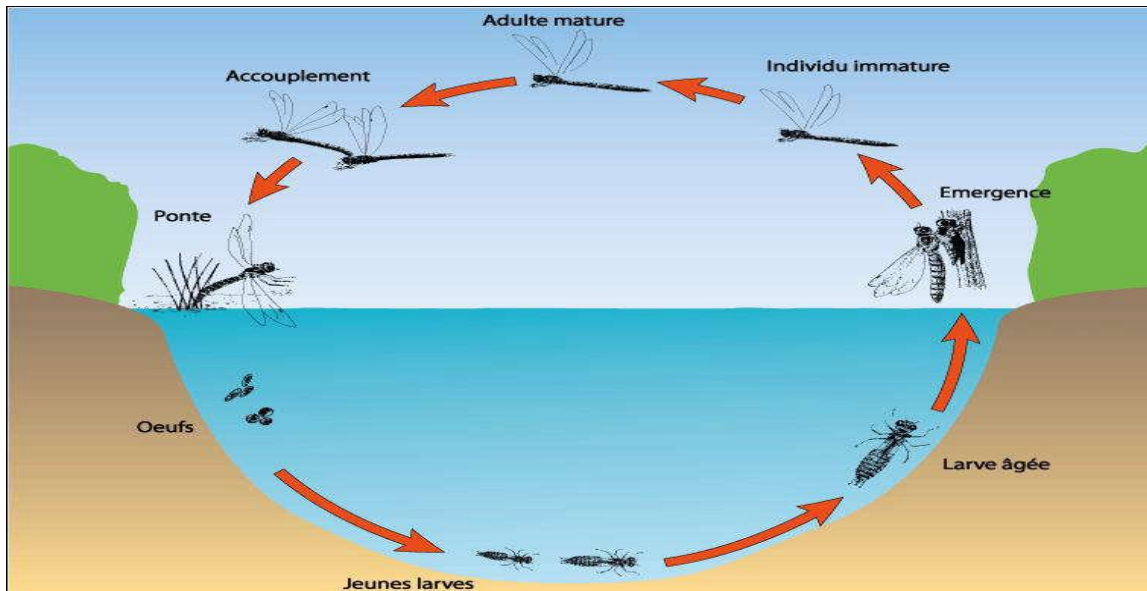
**Biologie des Odonates :** Le cycle de vie des libellules se compose de 3 grandes phases (**Fig.17**) :

**Œuf :** Cette phase peut durer de quelques jours à plusieurs mois selon les espèces. Les œufs peuvent être pondus directement dans l'eau, dans ou sur des tissus vivants ou morts des végétaux aquatiques ou riverains, voire même quelques fois sur des substrats exondés (**Lambret et al., 2015**). Après la ponte, l'embryon se développe jusqu'à l'éclosion qui donne naissance à une première larve, appelée prolarve (**Grand et Boudot, 2006**).

**Larve :** La phase larvaire est la période la plus longue du cycle de vie des libellules. Elle peut durer quelques semaines à plusieurs années selon les espèces et les ressources disponibles. (**Kriska, 2013**). Lorsque leur taille et les conditions environnementales le permettent, ces

dernières vont quitter le milieu aquatique, puis se métamorphoser en adultes au cours d'une mue imaginaire appelée « émergence ».

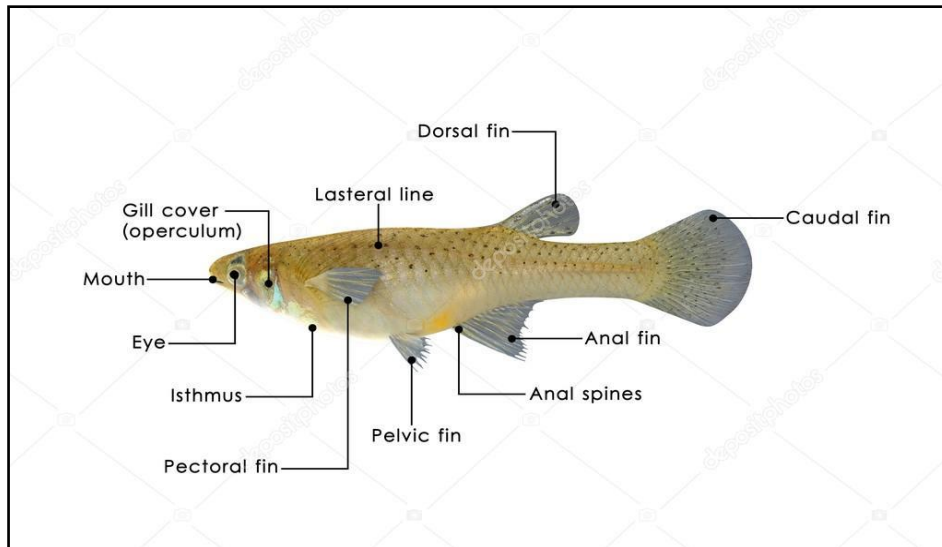
**Adulte** : Cette phase terrestre et aérienne est généralement assez courte chez les libellules. Elle peut durer quelques semaines à plusieurs mois selon les taxons et les conditions environnementales. Les adultes récemment métamorphosés vont préalablement subir une période de maturation avant d'être en mesure d'assurer la reproduction et la dissémination de l'espèce. Cette phase de maturation va en général pousser les individus à s'éloigner, (Doucet, 2010). Les adultes s'alimentent essentiellement d'insectes volants (diptères, etc.) (Berquier, 2015).



**Figure 17** : Cycle de vie des Odonates (Berquier, 2015).

#### 2.4.2.6. *Gambusia affinis*

Est un petit poisson ovovivipare d'eau douce, de couleur gris argentée, originaire d'Amérique centrale et de Floride, lieux où il est connu sous le nom de mosquitofish. Ce poisson présente un dimorphisme sexuel se manifestant par une différence de taille très nette (Fig. 18).



**Figure 18 :** Aspecte général de *Gambusia affinis* (Anonyme, 4).

A l'état adulte, la femelle mesure jusqu'à 5 cm de long, alors que le mâle ne dépasse guère 3 cm. En outre, chez le mâle, à maturité sexuelle, la nageoire anale est modifiée en une structure allongée qui constitue le gonopode. Des muscles puissants sont associés au gonopode lui permettant une grande mobilité (Howell & Denton, 1989). Le gonopode est utilisé lors du transfert du sperme dans l'organe génital femelle, durant la copulation (Peden, 1972). Chez la femelle, la nageoire anale reste inchangée et est de forme arrondie. Pendant la gestation, en avant de cette nageoire, on distingue par transparence à travers le tégument, une tache noire plus ou moins étendue, qui marque l'emplacement de l'ovaire (Chambolle, 1970). Au repos sexuel, l'ovaire est réduit à un mince cordon contenant des ovocytes jeunes de couleur blanchâtre (Draredja-Beldi, 1993). La Gambusie est loin d'être strictement culiciphage. Son régime comporte des petits crustacés, du zooplancton, divers mollusques et arthropodes aquatiques, des débris, des juvéniles de poissons (y compris de sa propre espèce), et des moustiques gobés surtout au moment de l'émergence de l'imago (Fraval, 2002). *Gambusia affinis* est un prédateur de larves de moustique (Rosen & Gordon, 1953).

**Biologie de *Gambusia affinis* :** Comme chez tous les Poeciliidae ovovivipares, l'ovaire est impair et possède en son centre une cavité dite chambre ovarienne. Au moment de l'insémination, les spermatozoïdes sont emmagasinés dans le repli de l'épithélium qui tapisse la cavité ovarienne. Leur survie est très longue puisqu'une femelle peut être l'objet de 4 à 5 gestations successives sans nouvelle insémination (Chambolle, 1973). La durée de gestation est assez variable ; elle est de l'ordre de 25 jours dans le cas de gestations courtes et de 35

jours pour les plus longues. La vitellogenèse chez *G. affinis* est d'environ 8 jours. Une dizaine de jours après la parturition, l'ovaire renferme des embryons à des stades différents de développements. Ces variations s'atténuent au cours de la gestation. Plus on s'achemine vers la fin du développement plus les portées sont homogènes. A la naissance, les alevins ont tous le même état de développement. La femelle prend part activement, à l'expulsion des embryons car au moment de leur sortie, elle est animée de contractions abdominales (Chambolle, 1973).

## 2.5. Présentation du *Bacillus thuringiensis israelensis* Sérotype H 14

Le biocide *Bacillus thuringiensis israelensis* a été isolé dans un étang stagnant situé dans le désert de Negev de l'Israël (Goldberg & Margalit, 1977), plus tard, ce microbe pathogène a été identifié comme un nouveau sérotype *B. thuringiensis*, nommé *israelensis* ou H14. Le *B.t.i* s'est avéré toxique pour un large spectre d'espèces de moustiques (De Barjac, 1978a), ainsi que les Diptères et les mouches noires. Le *B.t.i* a été utilisé sous plusieurs formes commerciales. Les produits commerciaux à base de *B.t.i* se présentent généralement sous quatre grands types : les poudres (Fig. 19), les granules, les briquettes et les liquides. Le choix de la formulation à employer dépend de l'insecte visé par le contrôle, du type d'environnement à traiter et de son accessibilité, et de la persistance de l'effet toxique visée par l'applicateur.



**Figure 19** : Le *Bacillus thuringiensis israelensis* sous forme de poudre.

### 2.5.1. Position systématique du *Bacillus thuringiensis israelensis*

Le *Bacillus thuringiensis* est un gram positif, les spores formant la bactérie, ont souvent les propriétés insecticides. La position systématique selon **Berliner, (1715)** de la bactérie est la suivante:

**Embranchement :** Firmicutes

**Sous -E. :** Eubactérie

**Classe :** Bacilli

**Ordre :** Bacillales

**Famille :** Bacillaceae

**Genre :** Bacillus

**Espèce :** *Bacillus thuringiensis*

**Sous espèce :** *Bacillus thuringiensis israelensis* **Berliner1715**

### 2.5.2. Cycle biologique de la bactérie

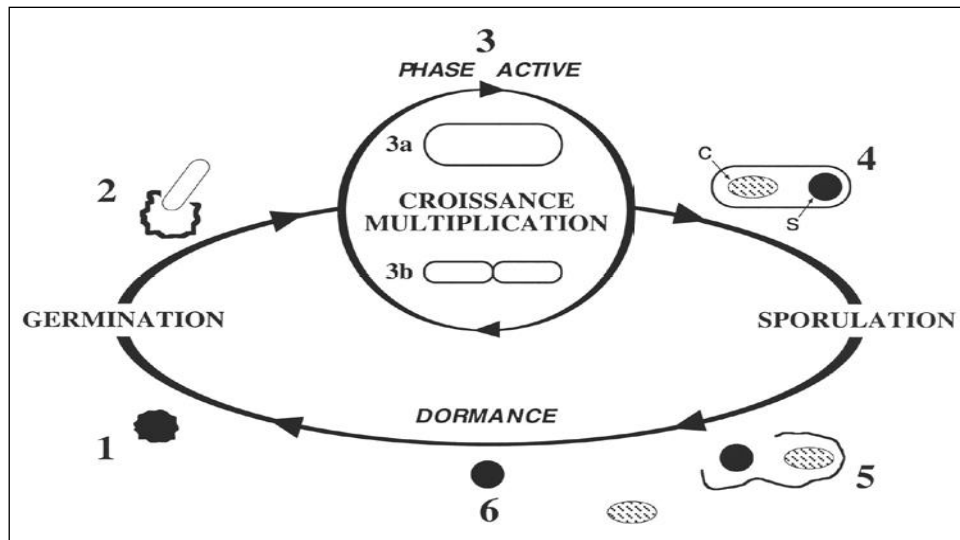
Le cycle comprend les phases suivantes :

**Phase de germination :** Basée sur la Réhydratation de la spore et production de la cellule végétative.

**Phase active:** Caractérisée par la croissance et la multiplication des cellules végétative, chaque cellule se divise en deux cellules génétiquement identiques, lorsque le milieu devient appauvri pour l'un des nutriments essentiels, la bactérie entre alors en phase stationnaire et s'engage dans un processus qui aboutit à la formation des spores, où elle subit des modifications physiologiques et biochimiques aboutissant aux formations des protéines cristal.

**Phase de sporulation :** Dans les conditions défavorables, les spores se forment et les membranes des cellules bactériennes s'éclatent en libérant la spore.

**Période de dormance :** La spore résiste aux conditions défavorables (Alimentation, température, pH), le cycle biologique reprend de par la transformation des spores en de nouvelles cellules bactériennes (**Margalit & Ben-Dov, 2000**)(Fig. 20).



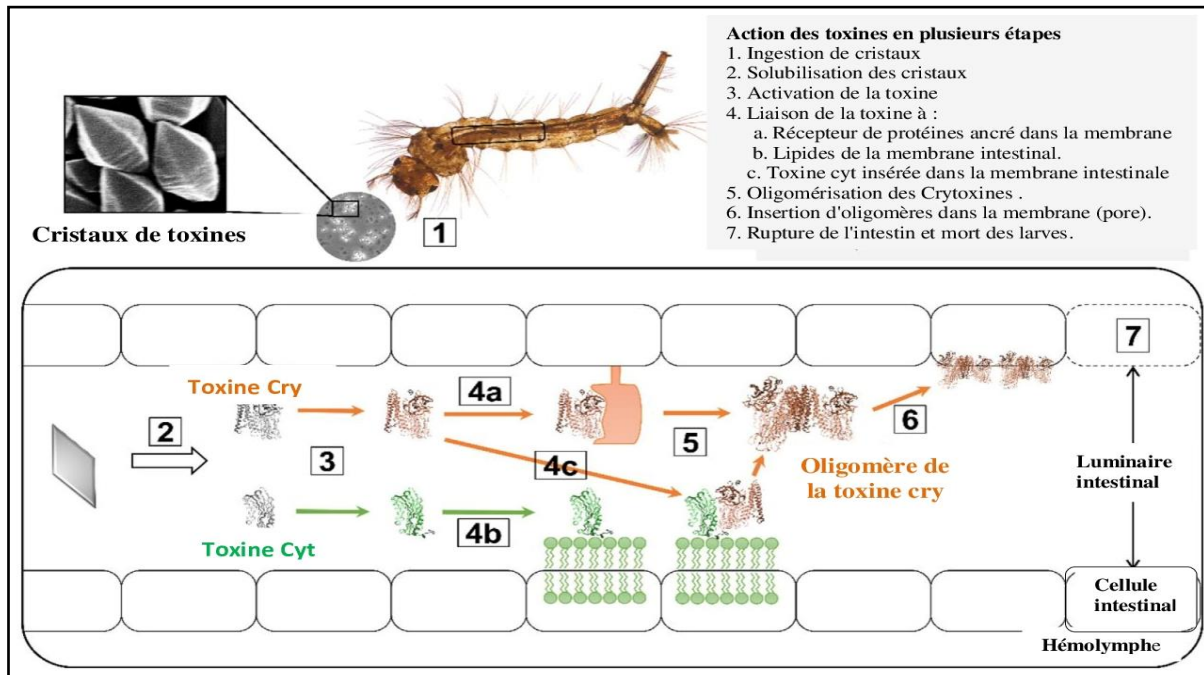
**Figure 20:** Cycle vital du *Bacillus thuringiensis israelensis* (Boisvert & Lacoursière, 2004).

1. Germination: réhydratation de la spore.
2. Germination: production de la cellule végétative.
3. Croissance et multiplication des cellules végétatives.
4. Sporulation : formation de la spore (s) et de l'inclusion cristalline (c).
5. Lyse : éclatement de la cellule végétative et libération de la spore et de l'inclusion cristalline.
6. Période de dormance: la spore résiste aux conditions défavorables.

### 2.5.3. Origine de l'effet larvicide du *Bacillus thuringiensis israelensis*

Le *Bacillus thuringiensis israelensis* est connu pour sa biodégradation et sa spécificité pour les espèces ciblées ainsi que son mode d'action qui s'avère typique. Quand les protéines de *Bti* sont ingérées par des larves de moustique, les inclusions cristallines sont partiellement dissoutes dans le liquide alcalin de l'intestin moyen, libérant ainsi de longues chaînes de protéines qui sont les différents précurseurs des toxines, nommées protoxines ou endotoxine (Chilcott *et al.*, 1983). Ces longues chaînes de protéines sont par la suite sectionnées par des enzymes (les protéases) pour produire de petites molécules qui sont les segments toxiques, dénommés les «toxines». Après la libération des segments toxiques par le liquide alcalin et les enzymes intestinales, ces molécules se fixent sur des récepteurs spécifiques présents sur les membranes des cellules épithéliales de l'intestin moyen, afin d'immobiliser les toxines sur la membrane de ces cellules (Honée & Visser, 1993). Par la suite, provoquées par le déséquilibre biochimique induit par l'activité des toxines, les cellules affectées se gonflent et éclatent, causant la perforation de la paroi du tube digestif (Charles & de Barjac, 1983). Ceci

provoque le passage du suc digestif dans la cavité corporelle de l'insecte et le mouvement inverse de l'hémolymphe, provoquant ainsi la mort de la larve (**Fig. 21**) (**Bauer, 1995**).



**Figure 21:** Mode d'action schématique des toxines Cry (Orange) et Cyt (Vert) de *Bacillus thuringiensis israelensis* dans l'intestin de la larve de moustique (**Carsten et al., 2020**).

## 2.6. Présentation de l'insecticide Dimilin

Le Diflubenzuron (DFB) ou (1-(4-chlorophenyl)-3-(2,6-difluorobenzoyl) (**Fig. 22**) (PM = 310,7 g), appartient à la famille des benzoylphénylurée. C'est un insecticide sélectif, efficace contre les insectes nuisibles. Il perturbe le développement et la croissance des insectes par inhibition de la chitine synthétase (**Soltani et al., 1996**). Il nous a été aimablement fourni par, le Professeur Soltani. Il est commercialisé sous le nom du Dimilin 25% WP (poudre mouillable).

### 2.6.1. Mode d'action et propriétés

Le Dimilin présente une action insecticide double :

**Ovicide de contact:** il détruit les œufs déposés après le traitement sur les feuilles ou les fruits, il n'a pas d'effet sur les insectes adultes (papillons), les abeilles (couvain et adultes), l'entomofaune auxiliaire et utile (**Soltani, 1987**).

**Larvicide d'ingestion:** Il bloque le cycle des mues, les larves ne peuvent donc plus se développer et meurent. Une fois ingéré par les chenilles, il perturbe et empêche la formation de la chitine des tissus cuticulaires du ravageur. Les larves meurent au moment de la mue suivante. Cette mortalité est échelonnée selon le stade de développement et la fréquence des mues. Une larve traitée au stade L<sub>2</sub> ne peut donner une larve L<sub>3</sub> viable. Le Dimilin est fortement absorbé par les matières organiques et les colloïdes du sol. Il se dégrade rapidement par voie microbienne. Stable sur le feuillage, il a un effet durable de 3 à 4 semaines. En pépinière, il ne doit être utilisé sur les végétaux proches de la commercialisation car le traitement peut salir le feuillage (Morsli & Soltani, 2003).

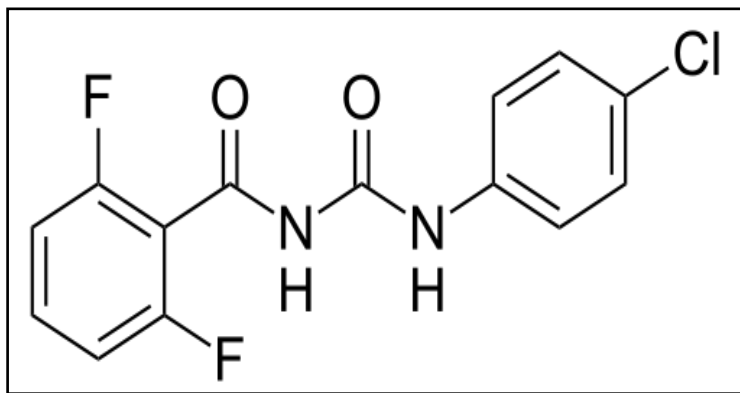
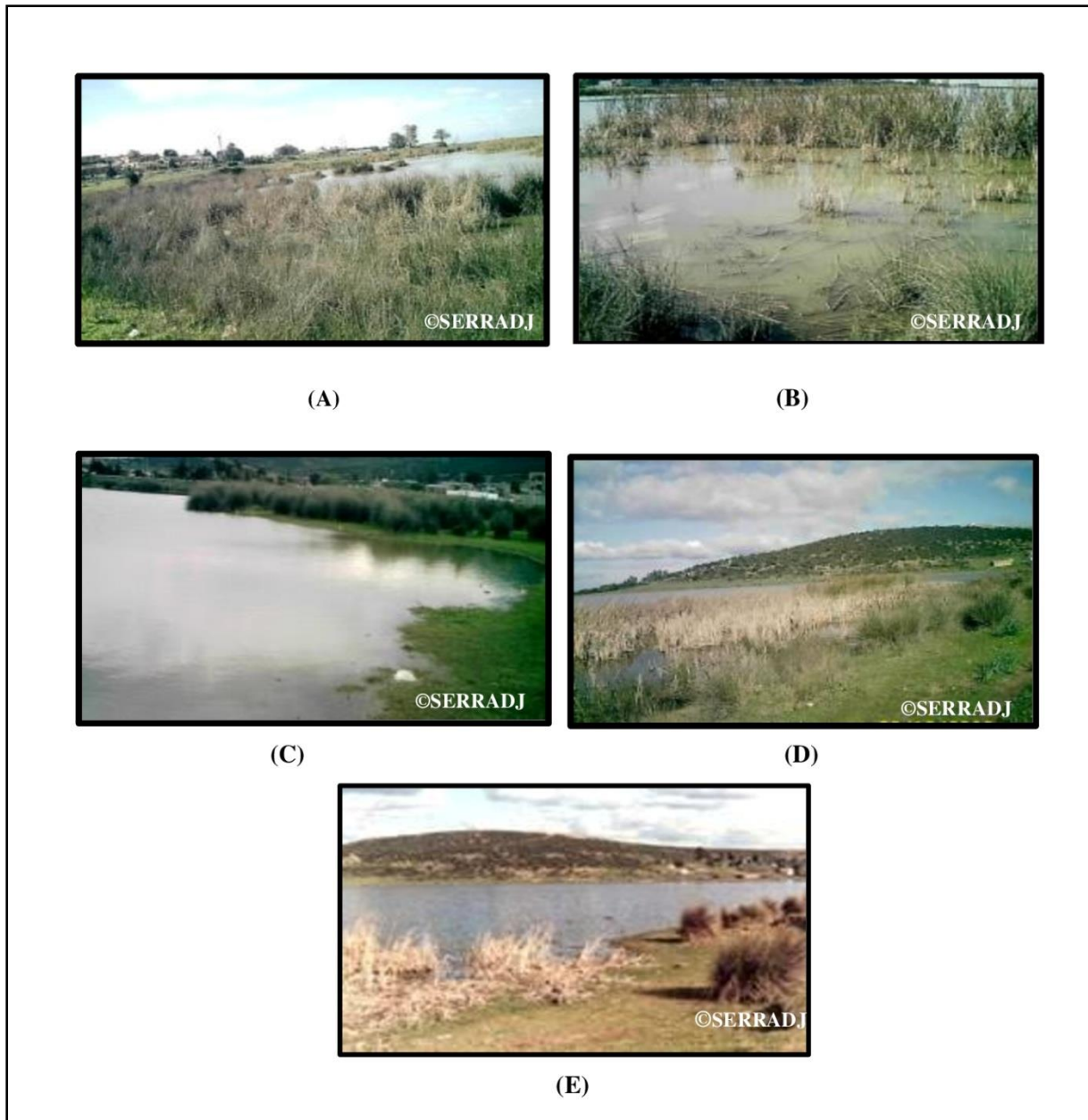


Figure 22: Formule chimique du diflubenzuron (Morsli, 1994).

## 2.7. Choix des stations

### 2.7.1. Lac d'Oiseaux

Une station correspond à une surface dont les paramètres écologiques sont homogènes. Il est difficile de faire un choix judicieux des stations typiques de prélèvements. Cependant, nous avons pu le faire en tenant compte de plusieurs critères : la végétation, la profondeur et l'accessibilité. Cinq stations ont été donc retenues sur la rive du lac (Fig. 23 : A, B, C, D, E).

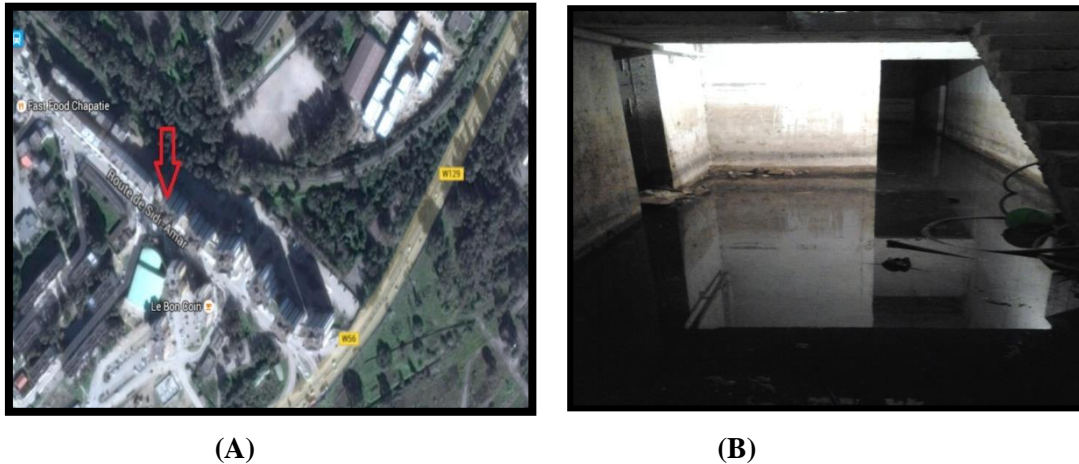


**Figure 23:** Les cinq stations d'échantillonnage situées au niveau du lac des Oiseaux.

**A:** Station 1; **B :** Station 2; **C:** Station 3; **D:** Station 4; **E :** Station 5.

### 2.7.2. Station de Sidi Ammar (Annaba)

Les larves de moustiques ont été collectées dans les sous-sols des bâtiments de la zone de Sidi Ammar-Le-Torres (Bâtiments 2, Bloc 13) (**Fig. 24: A & B**). La technique de récolte des larves consistait à réaliser des prélèvements répétés au niveau de gîte, à l'aide d'une passoire fine.



**Figure 24 : A :** Situation géographique correspondant à la station de récolte des larves de moustiques.

**B :** Site de récolte des larves de moustiques.

## 2.8. Échantillonnage

Notre travail consiste à un échantillonnage qualitatif et quantitatif en fréquence d'une sortie par moi, durant une année (Mars 2018 - Février 2019) dans la région de Taref, au niveau du lac des Oiseaux (**Fig. 25**). De même nous nous sommes intéressés, à leurs distributions spatio-temporelles, dans les différentes stations d'étude. L'échantillonnage des Culicidae et des invertébrés associés a été réalisé à l'aide d'une louche de 500 millilitres. Cette dernière est plongée dans l'eau, puis déplacée d'un mouvement uniforme en évitant les remous. Les spécimens récoltés seront déposés délicatement dans un bac en plastique de couleur claire, transféré par la suite des récipients étiquetés et qui se ferment hermétiquement, (**Bendali-Saoudi, 1989**). Les spécimens récoltés sont déposés dans des bouteilles en plastique étiquetés, de petite contenance comportant l'eau de gîte, pour faciliter leur transport vers le laboratoire et d'éviter le changement des conditions de vie. Au laboratoire, chaque population est maintenue en élevage dans des récipients étiquetés (**Fig. 25**), (**Bendali-Saoudi, 2006**). Les échantillons sont ensuite transférés dans des tubes eppendorf contenant de l'alcool à 70% étiquetés avec toutes les informations nécessaires (Numérotation de la date de sortie; la station; le taxon), et permettent ainsi de reconnaître chaque échantillon. Cette conservation est un élément indispensable à la détermination systématique des espèces. Les étiquettes permettent de reconnaître la localisation de chaque échantillon.



**Figure 25 :** Technique d'échantillonnage de la faune non visées.

**A:** Filet-troubleau de vide de maille de 0,5 mm.

**B:** Technique d'échantillonnage au niveau du lac.

**C:** Les spécimens disposé dans des bouteilles.

**D:** Identification et conservation au niveau du laboratoire.

### 2.8.1. Identification systématique des taxons

Les taxons triés sont identifiés selon le niveau de précision requis (Famille; genre et espèce) à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un microscope de type LEICA muni de caméra, qui sert à photographier les structures utilisée dans les clés d'identification systématiques. Les invertébrés sont systématiquement comptés sauf, lorsque le nombre d'individus d'un même taxon dépasse largement 50, et au de là il est possible de les estimer, ceci concerne surtout les Crustacés benthiques et les Cladocères.

Les clés utilisées sont multiples : en ce qui concerne les Culicidae (**Schaffner et al, 2001; Himmi, 2007**), les Hétéroptères (**Poisson, 1957**); les Coléoptères aquatiques selon le catalogue des Coléoptères du Nord de l'Afrique du **Bedel, (1925)** et le Catalogue et Atlas des Coléoptères d'Alsace (**Callot, 1990; 2001; Schott, 1999; 2000**), et les travaux du Kocher (**1964, 1969**) et les ouvrages de **Pierre (1995) ; Richoux (1982) ;** les Cladocères (**Amoros, 1984**) ; les Hydracariens (**Cook, 1974**) , les Odonates (**Fabricius, 1793**).

### **2.8.2. Montage des spécimens**

Concernant la faune macrobenthique, le montage des spécimens a été réalisé, sur lame dans une goutte de glycérine, couverte d'une lamelle, qui sera collée par le vernis à ongle. L'observation des spécimens a été réalisée sous microscope, à différents grossissements. La systématique des espèces a été déterminée à l'aide de clés dichotomiques : celles de la faune de France (**Poisson, 1957; Amoros, 1984**) qui permettent l'identification en se basant sur un ensemble de critères morphologiques et de descripteurs structuraux bien précis. Ces différentes structures ont été photographiées à l'aide d'une caméra Leica intégrée au microscope. Cependant l'identification systématique de la faune macrobenthique comme pour les Coléoptère, les Hétéroptères, les Cladocères les observations ont été réalisées sous loupe binoculaire du type SIZZE, et les spécimens ont été montés sur épingle entomologiques. La systématique des Culicidae a été étudiée à l'aide du logiciel (**Schaffner, 2001**).Le groupe d'Hydrachnidia a été identifié d'après les clés de **Smith, (1976)** et **Cook, (1974)**..

## **2.9. Test de toxicité**

### **2.9.1. Test de toxicité par Dimilin**

Dimilin® (Poudre mouillable, 25% d'ingrédient actif, a.i.), une formulation commerciale de diflubenzuron, est un insecticide appartenant aux dérivés de la benzoylphénylurée. Il a été gracieusement fourni par PR. G. Smaghe (Université de Gand, Belgique).On a ajouté aux récipients des bioessais les deux concentrations l'étale du Dimilin déterminées précédemment sur les larves du quatrième stade de *Culex pipiens* (**Rehimi 2004**). La première concentration testée correspond à la CL<sub>10</sub> (3,9 ng/L) d'un volume de 128µl. La deuxième correspond à la CL<sub>50</sub> (16 ng/L) d'un volume de 380 µl. Les 2 concentrations ont été testées sur les 6 espèces présentent en abondance dans le site d'étude (*C. punctata* ; *A. sardea* ; *N. glauca*; *P.*

*minutissima; B. signaticollis et D. magna*). Le test a été effectué dans des boîtes de conservation en plastique contenant 250 ml d'eau du lac. 20 individus pour chaque espèce, avec de la nourriture fournie en plaçant des larves de moustiques pour l'espèce étudiée. Le test a été réalisé au laboratoire sous une température de 24°C et 76 % d'humidité. Chaque test a comporté 3 témoins et 3 répétitions pour chaque dose, testées sur les 6 espèces, cela pendant 3 jours (la mortalité a été enregistrés quotidiennement après : 24 h, 48 h & 72 h).

### **2.9.2. Test de toxicité par *Bacillus thuringiensis israelensis***

Les valeurs de la CL<sub>50</sub> et la CL<sub>90</sub> déterminées sur le quatrième stade larvaire de *Cx pipiens* par **Mansouri, (2015)**, ont été utilisées dans les différents bio-essais, cela a été réalisé dans le but de tester leur effet sur la population non visée. La solution mère a été préparée à partir de 200 ml d'eau distillée additionnée à 0.5 mg de *B.t.i.* agitation pendant 5 minutes. À l'aide d'une micropipette on prélève 350 µl de la solution mère qu'on ajout eaux différents récipients pour la CL<sub>50</sub> (0,004 µg/ml) et 713µl pour la CL<sub>90</sub> (0,007 µg/ml). Les 2 concentrations ont été testées sur les 6 espèces présentent en abondance dans le site d'étude (*C. punctata ; A. sardea ; N. glauca; P. minutissima; B. signaticollis et D. magna*). Le test a été effectué dans des boîtes de conservation en plastique contenant 250 ml d'eau du lac. 20 individus pour chaque espèce, avec de la nourriture fournie en plaçant des larves de moustiques pour l'espèce étudiée. Le test a été réalisé au laboratoire sous une température de 24°C et 76 % d'humidité. Chaque test a comporté 3 témoins et 3 répétitions pour chaque dose, testées sur les 6 espèces, cela pendant 3 jours (la mortalité a été enregistrés quotidiennement après : 24 h, 48 h & 72 h).

### **2.10. Tests de prédation**

Le test de prédation à concerner les quatre stades larvaires de l'espèce *Culex modestus* vecteur d'arbovirus et nuisant redoutable dans la région de Sidi Amar. Les prédateurs invertébrés et vertébrés testés sont des Héteroptères (*A. sardae, C. punctata, N. glauca*) et un poisson d'eau douce culiciphage larvivore *Gambusia affinis*. Ces espèces, ont jeuné pendant 24H, placées par la suite dans des boites en plastiques, contenant chacune 250 ml d'eau de gîte filtré pour éliminer la présence de tout autre source nutritive. Pour chaque espèce de prédateur testé, 3 répétitions ont été effectuées, afin d'établir le taux de prédation en pourcentage (%) et de déterminer le temps de saturation énergétique du prédateur. Chaque expérience a comporté un témoin, pour déterminer la mortalité naturelle. Le nombre de larves introduites dans chaque répétition est de 20 individus. Le

test a duré 3 jours consécutifs (24h ; 48h & 72h). L'expérience a été réalisée sous une température de 24°C et une humidité de 76%.

### **2.11. Analyses physico-chimiques de l'eau**

L'analyse physico-chimique de l'eau a concerné cinq stations, on a caractérisé la station polluée par la présence de rejets à sa proximité, soit des rejets domestique soit industriels (S1 très polluée ; S2 polluée ; S3 peu polluée ; S4 et S5 non polluée). Nous avons considéré 5 paramètres physico-chimiques (**Fig. 26**):

**Température:** La température des eaux de surface dépend du climat et des conditions atmosphériques. Ce paramètre révèle un impact direct sur le développement et le cycle biologique de la plupart des insectes aquatiques. La température agit en particulier sur la durée de développement des stades larvaire (**Rodier, 2009**).

**La conductivité:** La conductivité va déterminer l'ensemble des minéraux présent dans une solution, est souvent appelée « conductivité électrique » qui traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique, ce paramètre donne une indication sur la minéralisation globale de cette eau. L'unité communément utilisé est le siemens (S/m), exprimé souvent en micro-siemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ou milli-siemens (ms/m) (**Hceflcd, 2006**).

**La salinité :** d'une eau est un élément important de mesure de qualité, car c'est un paramètre qui conditionne l'aire de répartition des espèces vivantes dans un milieu en fonction de leur préférendum. Aussi, la salinité est l'un des facteurs qui gouvernent la croissance des jacinthes d'eau en zone estuaire (**Wilson et al., 2001**), ce qui emmène au phénomène d'eutrophisation.

**pH :** permet de mesurer l'acidité ou alcalinité d'une solution. La valeur du pH est une grandeur sans unité qui est directement liée à sa concentration en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  qui proviennent de la fixation d'un proton  $\text{H}^+$  sur une molécule d'eau.

**Turbidité apparente:** c'est un paramètre, qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi pollutions qui troublent l'eau. Avec un appareil (turbidimètre) on mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur. Ces paramètres ont été réalisés au niveau du laboratoire de Génie des Procédés. Le pH et la température ont été mesuré à l'aide d'un pH-mètre du type pH 510, la conductivité a été déterminée avec un conductimètre de type Con 510.



Figure 26: Matériels utilisés.

## 2.12. Indices écologiques

Les indices écologiques qui retiennent notre attention pour l'exploitation de notre résultat sont la qualité de l'échantillonnage, la richesse totale et moyenne, la fréquence centésimale, l'indice de Shannon- Weaver et l'indice d'équirépartition.

### Indices de composition (Analyse des peuplements)

Le peuplement est un ensemble d'individus appartenant à des espèces différentes mais qui vivent au sein d'un même espace. Il est singularisé par conséquent, par certaines caractéristiques:

#### 2.12.2. Richesse spécifique (ou totale) et moyenne

La richesse totale d'un peuplement est le nombre d'espèces (S) rencontrées au moins une fois au terme de N relevés (Blondel, 1975). Dans la région d'étude, tandis que la richesse moyenne (S') est le quotient du nombre total d'individu (ki) pour chacune des espèces sur le nombre total de relevés (N) effectués, c'est - à- dire:  $S' = Ki / N$

#### Richesse totale (S)

Très couramment utilisée pour la caractérisation des peuplements, la richesse totale est un paramètre statistiquement non interprétable, qui est la mesure d'une part de la complexité du milieu et d'autre part elle est fonction de la complexité de ce milieu, elle exprime la composition quantitative d'un peuplement et se calcule par le nombre total des espèces recensées, dans les relevés réalisés dans un milieu.

### **Richesse moyenne (s)**

La richesse moyenne d'un peuplement est la moyenne des richesses par relevé. Ce paramètre accorde qu'un faible poids aux espèces rare et n'exprime, par conséquent, que le nombre d'espèces que l'on peut considérer comme représentatives d'un milieu donné (**Benyacoub & Chabi, 2000**).

### **2.12.2. Diversité (H')**

La richesse spécifique est une mesure insuffisamment précise, de la composition quantitative d'un peuplement. A densité et richesse spécifique égales, deux peuplements peuvent présenter des structures très différentes. En bref, le concept de diversité spécifique prend en compte l'abondance relative des espèces en plus de leur nombre (**Barbault, 1981**). Parmi les indices disponibles permettant d'exprimer la structure d'un peuplement, nous avons retenu l'indice proposé par Shannon et Weaver. La diversité de chaque formation peut être calculée par la relation:

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i \quad P_i = n_i / N$$

P<sub>i</sub>: La probabilité de présence d'une espèce dans un milieu (abondance relative)

n<sub>i</sub>: Effectif de l'espèce i

N: Effectif total du peuplement

H' est exprimé en Bit (Unité d'information binaire).

### **2.12.3. Equitabilité (E)**

Des peuplements à physionomie très différente peuvent avoir la même diversité. Aussi convient-il de calculer, parallèlement à l'indice H', l'équitabilité (E), en rapportant la diversité observée à la diversité théorique maximale (H'<sub>max</sub>), **E = H' / H' max ou H' max = Log<sub>2</sub> S**

L'équitabilité varie de 0 à 1: elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce, elle tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont une même abondance (**Barbault, 1981**). Autrement dit, ce paramètre constitue une expression du degré d'équitabilité du peuplement; plus il tend vers 1, plus le peuplement est équilibré.

#### **2.12.4. Fréquence centésimale (F)**

La fréquence F permet d'étudier la distribution d'une espèce dans une région donnée et de dire si elle est commune, rare ou très rare.

Elle est donnée par la formule suivante :  $F = (n_i \cdot 100) / N$

$n_i$  : le nombre d'individus de l'espèce prise en considération

$N$  : le nombre total d'individus

- Espèce commune : Présente dans plus de 50% de relevés.
- Espèce rare : Présente dans 25% à 50% de relevés.
- Espèce très rare : Présente dans moins de 25% de relevés.

### **2.13. Méthodes d'analyse statistiques**

#### **2.13.1. Analyses statistiques univariées**

##### **2.13.2. Description des données**

Pour mieux décrire les différentes des caractéristiques physico-chimiques des cinq stations étudiées, nous avons calculé par station, certains paramètres statistiques de base tels que : la moyenne arithmétique ( $\bar{x}$ ), qui est un paramètre de position et de tendance centrale, l'écart-type ( $s$ ) qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, les valeurs minimales ( $x^{\min}$ ) et maximales ( $x^{\max}$ ) qui donnent, toutes les deux, une idée sur l'étendue des données, et enfin, l'effectif ( $n$ ) qui nous renseigne sur l'importance des données traitées. Tous ces paramètres ont été calculés pour chacune des 6 variables prises en considération, En plus d'utiliser ce test dans une comparaison des cinq stations entre elles, pour chacune des caractéristiques physicochimiques de l'eau. Cas également tous les calculs ont été réalisés avec le logiciel MINITAB (X, 2016).

##### **2.13.3. Analyses statistiques bivariées**

Calcul des corrélations linéaires simples La méthode statistique bivariée utilisée consiste essentiellement, à calculer le coefficient de corrélation linéaire de Bravais–Pearson entre les variables prises 2 à 2. Ce coefficient donne des indices sur l'évolution simultanée des variables considérées 2 à 2. Il mesure la netteté de la liaison existante entre deux séries d'observations pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire (**Dagnélie, 2006**). Le coefficient de corrélation est compris entre +1 et -1. Il est positif quand les deux variables augmentent en même temps ou diminuent en même temps, et il est négatif quand l'une augmente et l'autre diminue.

Les corrélations ont été calculées à partir des moyennes des 6 variables organiques mesurées pour l'ensemble des 5 stations de lac d'oiseaux. Le logiciel Minitab fournit chaque fois, la valeur du coefficient de corrélation et la valeur de la probabilité p correspondante, afin de tester la signification de la corrélation en question.

#### **2.13.4. Analyse de la variance multivariée (MANOVA)**

L'analyse de la variance multivariée consiste à comparer des vecteurs de moyennes de plusieurs caractéristiques mesurées sur 2 ou plusieurs populations en utilisant trois tests statistiques qui sont Wilk's Lambda, Lawley-Hotteling et Pillai's trace (**Dagnelie, 1986**). Cette méthode est une extension de l'analyse de la variance univariée, quand on a plusieurs variables qui ont été observées simultanément sur les mêmes individus ou les mêmes stations. Les trois tests cités précédemment et qui sont proposés par **Palm (2000) & Dagnelie (1986)** sont tous asymptotiquement d'égale puissance et aucun test ne peut être recommandé de manière systématique, de préférence aux autres (**Dagnelie, 1986**). Selon **Huberty (1994)** le test de Wilk's est le plus populaire. Ces trois tests ont été appliqués pour comparer les vecteurs de moyennes des entre les cinq stations et ceci pour l'ensemble des 6 caractéristiques prises en considération simultanément.

#### **2.13.5. L'analyse en composantes principales (ACP)**

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode exploratoire et descriptive (**Dagnelie, 1986; Palm, 1998**). Elle est utilisée pour interpréter une matrice de données sans structure particulière ne comportant, à priori, aucune distinction, ni entre les variables, ni entre les individus. Elle a pour but de remplacer les p variables initiales fortement corrélées entre elles en p variables appelées composantes principales ou axes principaux synthétiques non corrélés entre eux, et de variance progressivement décroissante. Les premières composantes pouvant éventuellement faire l'objet d'une interprétation particulière et les dernières pouvant généralement être négligées (**Dagnelie, 1970 et 2006**). **Dagnelie (1986)** propose deux tests statistiques pour déterminer le nombre de composantes significatives à prendre en considération. Cependant, dans la pratique, l'expérience montre que ces tests conduisent souvent à considérer comme distincts un nombre relativement élevé de composantes, dont certaines ne possèdent en fait aucun intérêt. Comme, d'autre part, ces tests ne sont applicables que dans des conditions relativement strictes de normalité notamment, certains auteurs préfèrent utiliser d'autres règles, les unes plus sommaires que les autres. Parmi celles-ci, citons l'idée de négliger à priori, pour toute la matrice de corrélations, les valeurs propres

inférieures à l'unité, c'est-à-dire inférieures à la contribution moyenne des différentes variables (**Dagnelie, 1986**). Aussi, en ce qui nous concerne nous ne prenons en considération que les composantes principales ayant une valeur propre égale ou supérieure à l'unité. Cette méthode (ACP), a été appliquée, pour chacun des 5 stations, aux deux matrices de corrélations obtenues à partir de la matrice des moyennes centrées réduites de dimensions 6×5 (5 stations et 6).

#### **2.13.6. Analyse hiérarchique**

La recherche de groupes ou de classes de stations homogènes, peut également se faire par ce qu'on appelle la classification hiérarchique. Plusieurs méthodes sont proposées par **Dagnelie (1986)** pour atteindre ce but. Cependant, nous n'utiliserons que celle qui est proposée par **Bouroche & Saporta (1980)** et qui est reprise par **Palm (2000) & Dagnelie (1986)** et dont l'algorithme est programmé dans le logiciel **Minitab (X, 2016)**. Cette méthode permet de déterminer le niveau de similitude ou de divergence entre les individus ou stations et donne leur répartition en groupes ou classes homogènes. C'est une méthode hiérarchique agglomérative qui utilise la procédure du lien simple et la distance carrée de Pearson pour classer par station, en classes aussi homogènes que possibles sur la base des caractéristiques mesurées sur les stations.

Cette méthode a été appliqué sur la matrice des moyennes des données des cinq stations, de dimensions (où n=5stations et p=6 paramètres pour le site).

#### **2.13.7. Le test d'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA).**

Dans le cadre des analyses statistiques ont été réalisées R, version 4.0.1 (**Core, 2020**); Ce dernier est un logiciel de statistique créé par Ross Ihaka et Robert Gentleman (**Ihaka & Gentleman, 1996**). C'est aussi un outil très puissant et très complet, particulièrement bien adapté pour la mise en œuvre informatique de méthodes statistiques. Il est à la fois un langage informatique et un environnement de travail. Nous avons appliqué le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis pour la comparaison des médianes des différentes variables. Les résultats ont été représentés par le traçage du « Box plot » (boîtes de moustaches). Ce test a été utilisé pour comparer entre les trois temps (24h ;48h et 72h) et entre les espèces, de la toxicité du Dimilin, pour chacune des 2 doses à l'égard de 6 espèces de la faune associé. D'autre part a été utilisé pour la comparaison du potentiel de prédation entre temps, pour chaque stade larvaire.

En plus d'utiliser la comparaison entre les trois temps (24h ; 48h et 72h), de la toxicité du *B.T.I*, pour chacune des 2 doses à l'égard de 6 espèces de la faune associée. Cas également les calculs ont été réalisés avec le logiciel MINITAB (X, 2016).

#### **2.13.8. Test de TUKEY**

Lorsqu'à l'issue d'un test de l'analyse de la variance et pour des facteurs fixes on est amené à rejeter l'hypothèse d'égalité de plusieurs moyennes, dans ces conditions la question de rechercher et de localiser les inégalités se pose. De nombreuses solutions ont été proposées pour répondre ou tenter de répondre à cette question (**Dagnelie, 2009**). Ces solutions sont regroupées sous l'appellation générale de méthodes de comparaisons particulières et multiples de moyennes. Le choix entre les différentes approches dépend de façon très large de la nature qualitative ou quantitative des facteurs considérés et de l'objectif qui a été fixé ou qui avait dû être fixé au moment où la collecte des données a été décidée (**Dagnelie, 2009**). En ce qui nous concerne, chaque fois que l'égalité de plusieurs moyennes a été rejetée par l'analyse de la variance pour un facteur fixe, Cette méthode a été utilisée pour recherche des groupes de temps homogènes, pour chacune des doses de *B.t.i*, pour chaque 6 espèce de la faune associée. Les calculs ont été réalisés à l'aide du logiciel d'analyse et de traitement statistique des données MINITAB (X, 2016).

# *RESULTATS*

### 3. RESULTATS

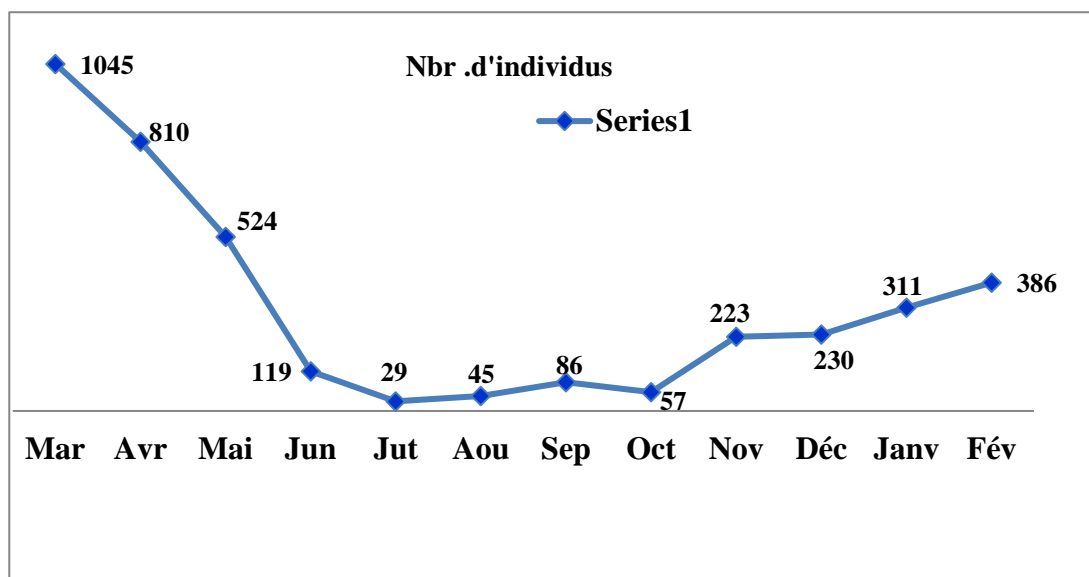
#### 3.1. Inventaire des espèces d'invertébrés au niveau du lac des Oiseaux

La présente étude se veut une mise à jour de la biodiversité faunistique du lac des Oiseaux (Wilaya d'El Tarf Algérie). L'étude a été menée dans cinq stations choisies sur la berge du lac, durant une année (Mars 2018 - Février 2019). Notre échantillonnage a fait état de 3685 individus. Selon l'ordre décroissant de leur abondance, on a la classe des Crustacés comportant le groupe de cladocères regroupant les espèces suivantes : *Daphnia magna*, *Simocephalus vetulus* et *Simocephalus sexpinosus*. Les insectes sont représentés par 5 taxons. Les Coléoptères présentes trois familles dans nos échantillons et qui sont les Noteridae avec l'espèce *Hydrocanthus iricolor*; Dytiscidae avec les espèces suivantes: *Dytiscus semisulcatus*, *Dytiscus circumflexus*, *Dytiscus marginalis*, *Dytiscus dimidiatus*, *Agabus brunneus*, *Agabus bifarius*, *Laccophilus poecilus*, *Laccophilus minutus*). La famille des Hydrophilidae comporte les espèces : *Berosus frontifoveatus*, *Berosus luridus*, *Berosus affinis*, *Hydroporus pubescens*, *Hydrophilus piceus*, *Berosus signaticollis*, *Enochrus halophilus*. Les Hémiptères avec cinq espèces couvrant quatre familles Notonectidae (*Notonecta glauca*, *Anisops sardea*); Pleidae (*Plea minutissima*); Corexidae (*Corixa punctata*) et Nepidae (*Nepa cinerea*). Les Diptères comporte avec les espèces suivante (*Culex pipiens*, *Culex modestus*, *Culex thieleri*, *Culiseta morsitans*, *Anopheles acharovi*). Les Hydrachnidia révèle la présence de quatre espèces appartenant à trois familles: Eylaidae (*Eylais hamata*), Pionidae (*Piona nodata*, *Piona uncatata*), Hydroyphantidae (*Eupatra rotunda*). Les Odonates ne présentent qu'une seule espèce *Boyeria irene*.

Le **tableau 5** affiche une abondance relativement différente. Les mois de mars, février et avril sont les plus riches en abondance, les mois d'août et juillet étant les plus faibles (**Fig. 27**).

**Tableau 5:** Les espèces récoltées au niveau du lac des Oiseaux par mois, par station et par espèces.

Groupes	Familles	Espèces	Nombres	Stations				
				S1	S2	S3	S4	S5
Coleoptera Linnaeus 1775	Noteridae Thomson 1860	<i>Hydrocanthus iricolor</i> Say1823	24	08	04	07	05	/
	Hydrophilidae Latreille 1802	<i>Berosus frontifoveatus</i> Kuwert 1888	18	11	07	/	/	/
		<i>Berosus luridus</i> Linnaeus1761	26	12	05	05	04	/
		<i>Berosus affinis</i> Brullé 1835	27	10	17	/	/	/
		<i>Hydroporus pubescens</i> Gyllenhaal 1808	18	05	07	03	03	/
		<i>Hydophylus piceus</i> Linnaeus 1775	25	15	04	02	/	24
		<i>Berosus signaticollis</i> Charpentier 1825	153	68	44	14	18	09
		<i>Enochrus halophilus</i> Bedel 1858	56	16	23	10	04	02
	Dytixidae Leach 1815	<i>Dytiscus semisulcatus</i> Linnaeus 1775	10	07	03	/	/	/
		<i>Dytiscus circumflexus</i> Ahrens 1811	22	12	10	/	/	/
		<i>Dytiscus marginalis</i> Linnaeus 1758	24	14	10	/	/	/
		<i>Dytiscus dimidiatus</i> Bergsträsser 1778	30	10	09	12	/	/
		<i>Agabus brunneus</i> Fabricius 1768	18	10	08	/	/	/
		<i>Agabus bifarius</i> Leach 1817	5	05	/	/	/	/
<i>Laccophylus poecilus</i> Klug 1834		10	10	/	/	/	/	
<i>Laccophilus minitus</i> Linnaeus 1758	45	25	10	10	/	/		
Hemiptera Linnaeus1775	Notonectidae Latreille 1802	<i>Notonecta glauca</i> Latreille 1802	152	95	25	12	05	15
		<i>Anisops sardea</i> Latreille 1802	286	120	90	22	35	19
	Pleidae Fieber 1851	<i>Plea minutissima</i> Leach 1817	397	157	99	42	47	52
	Corexidae Leach 1815	<i>Corixa punctata</i> Illiger 1807	460	209	122	42	65	22
Nepidae Linnaeus1775	<i>Nepa cinerea</i> Linnaeus 1758	12	07	05	/	/	/	
Diptera Linnaeus 1775	Culicidae Meigen 1860	<i>Culex pipiens</i> Linné 1758	52	22	10	07	12	01
		<i>Culex modestus</i> Ficalbi 1889	72	28	20	15	09	/
		<i>Culex thieleri</i> Theobald 1903	15	07	04	04	/	/
		<i>Culisita morsitans</i> Theobald 1901	42	21	05	07	05	02
		<i>Anopheles sacharovi</i> Meigen 1818	19	10	07	02	/	/
Acari Leach1817	Eylaidae LEACH 1815	<i>Eylais hamata</i> Koenike 1897	31	12	05	03	04	07
	Pionidae Thor1900	<i>Piona nodata</i> Müller 1781	26	11	07	08	/	/
		<i>Piona uncata</i> Koenike 1888	31	10	14	/	07	/
Hydryphantidae PIERSIG 1896	<i>Eupatra rotunda</i> Piersig 1906	12	07	05	/	/	/	
Cladocera Latreille1829	Daphnidae Straus1820	<i>Daphnia magna</i> Straus 1820	796	225	142	154	188	87
		<i>Simocephalus vetulus</i> Müller 1776	424	/	/	188	149	87
		<i>Simocephalus expinosus</i> koch 1841	478	/	/	275	114	89
Odonata Fabricius 1793	Aeshnidae Rambur1842	<i>Boyeria irene</i> Fonscolombe 1838	47	10	07	12	13	06



**Figure 27:** Répartition mensuelle des individus au niveau du lac des Oiseaux par mois (2018-2019).

### 3.2. Les indices écologiques

#### 3.2.1. Richesse totale et moyenne

##### 3.2.1.1. Richesse spécifique

Les valeurs de la richesse spécifique au niveau des sites étudiés, sont représentées dans le tableau 10. Ces valeurs font ressortir la richesse totale, limitée à 34 espèces, avec une abondance de 3 865 individus. La richesse spécifique se présente comme suit : 32 espèces appartenant à la station 1 ; 30 espèces station 2; 23 espèces station 3; 18 espèces station 4 et 14 espèces dans la station 5, qui présente la biodiversité la plus faible. La richesse moyenne de notre échantillonnage est de 322,08.

##### 3.2.1.2. Indice de diversité et équitabilité

Le **tableau 6**, représente l'indice de diversité de Shannon et Weaver ( $H'$ ), la diversité maximale ( $H'$  max) et l'équirépartition ( $E$ ) au niveau du site étudié. Les indices de diversité de la station 1 et 2 révèlent des valeurs successives de 0.16 et 0.17, ces valeurs indiquent une diversité spécifique présentée par 32 espèces pour la station 1 et 30 espèces pour la station 2.

En ce qui concerne l'équitabilité, ce paramètre constitue une expression du degré d'équilibre du peuplement. Plus il tend vers 1, plus le peuplement est équilibré, cependant s'il tend vers zéro cela indique que les populations ne sont pas équilibrées entre elles et la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce. Au niveau de la quatrième station l'équitabilité est de 0,79 ce qui indique un équilibre faunistique. Au niveau des stations : 1, 2, 3 et 5, l'équitabilité, présente des valeurs entre 0,03 et 0,08, ce qui explique que les populations ne sont pas équilibrées, elles présentent une espèce dominante.

**Tableau 6 :** Indices écologiques. Richesse totale et moyenne, indice de diversité de Schanon-Weaver ( $H'$ ), indice de diversité maximale ( $H'$  max) et l'indice d'équitabilité ( $E$ ).

Indices Ecologique	Station1	Station2	Station3	Station4	Station5
Effectif /stations	1182	721	856	279	422
$H'$ / stations	0,16	0,17	0,12	3,30	0,33
$S$ / stations	32	30	23	18	14
$H'$ max	5	4,90	4,52	4,16	3,80
$E$ /stations	0,03	0,03	0,02	0,79	0,08
N.total d'individus	3865				
N. de relevés	12				
Richesse totale	34				
Richesse moyenne	322 ,08				

### 3.3. Fréquence centésimale ou l'abondance relative des espèces inventoriées

La fréquence est un paramètre qui permet d'étudier la distribution d'une espèce dans une région donnée. Les résultats enregistrés dans le tableau 5 indiquent que les Cladocères et les Hémiptères présentent des espèces rares, dans moins de 50% des relevés (**Fig. 28**). Les autres espèces sont très rares, du fait qu'elles sont présentes dans moins de 25 % de relevés dans les cinq stations d'étude.

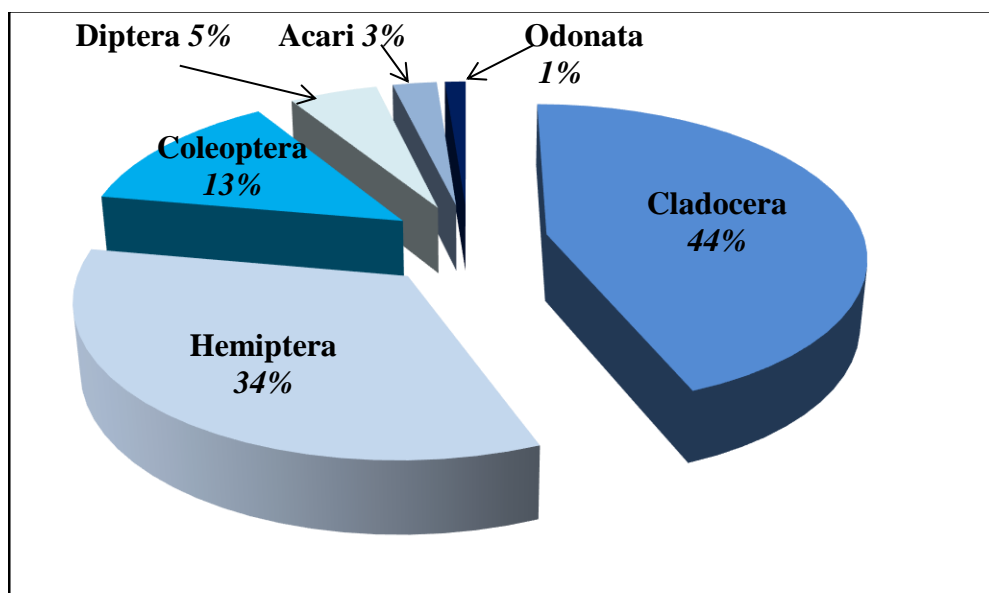


Figure 28 : Fréquence centésimale des groupes dans lac des Oiseaux (2018 -2019).

### 3.3.1. Fréquence centésimale des espèces dans lac des oiseaux (2018 -2019)

#### 3.3.1.1. Les Culicidae

Les résultats cumulés dans le tableau 10 montrent les valeurs des abondances relatives qui varient d'une espèce à l'autre. Selon les effectifs, nous remarquons que l'espèce *Culex modestus* accessoire dans le site avec un taux de 36% et *Culex pipiens* espèce rare avec un taux de 26%, cependant les autres espèces sont très rares du fait qu'elles sont présentes dans moins de 25% de relevés(Fig.29).

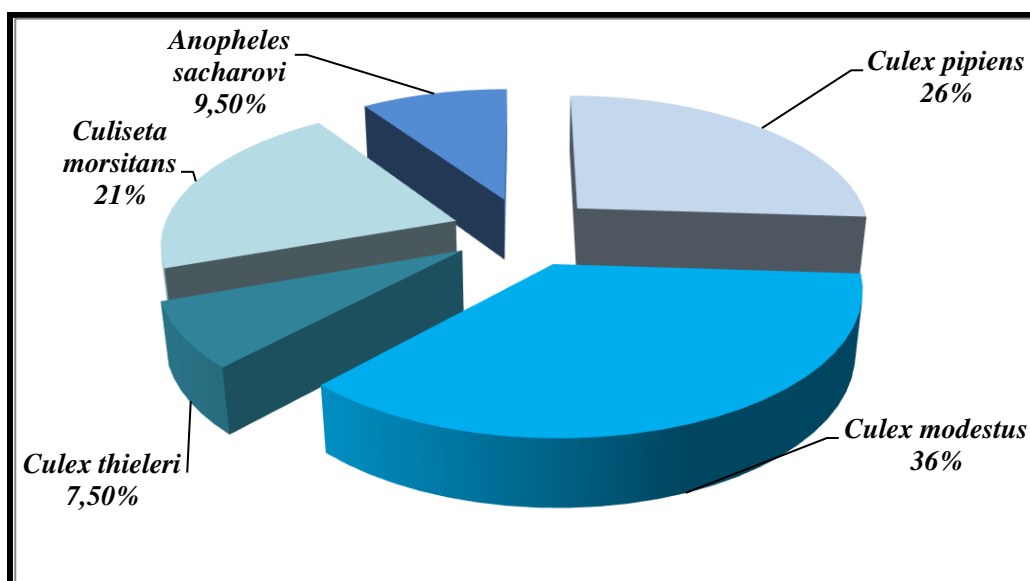
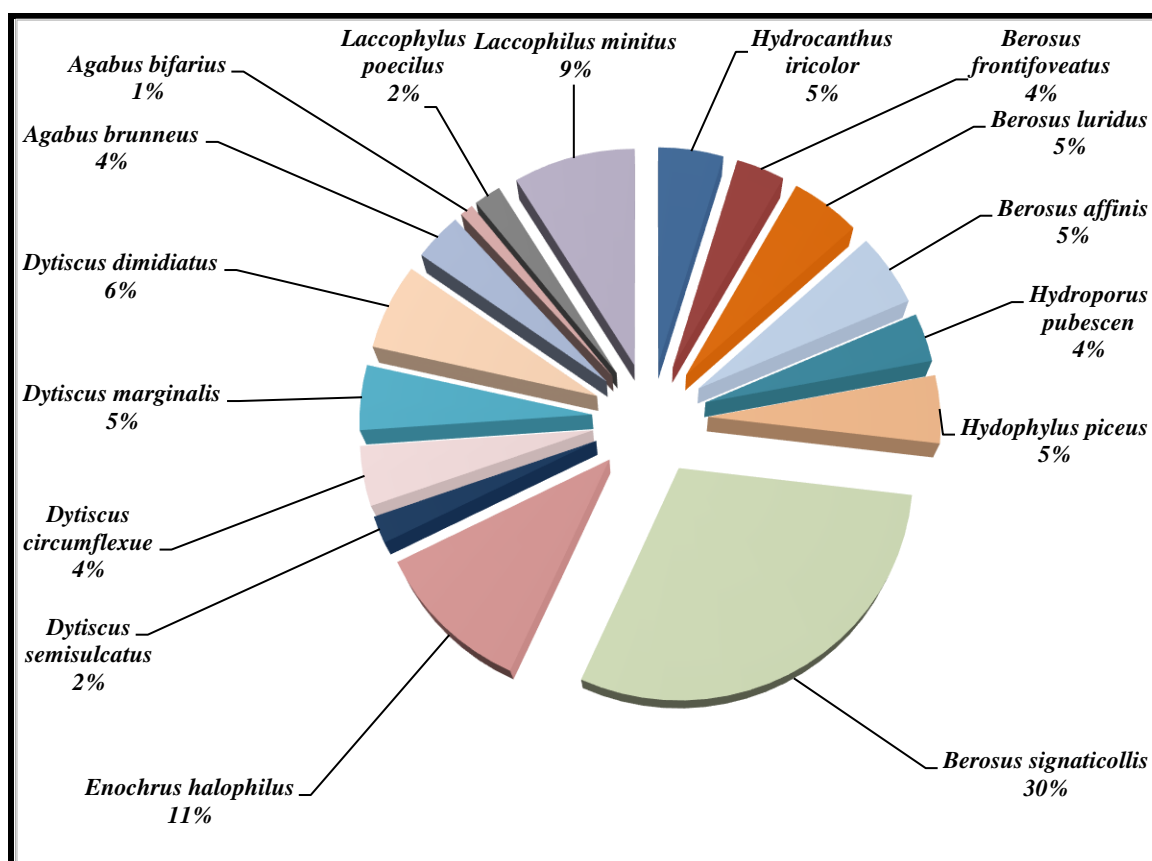


Figure 29 : Fréquence centésimale des Culicides dans lac des Oiseaux (2018 -2019).

### 3.3.1.2. Les Coléoptères aquatiques

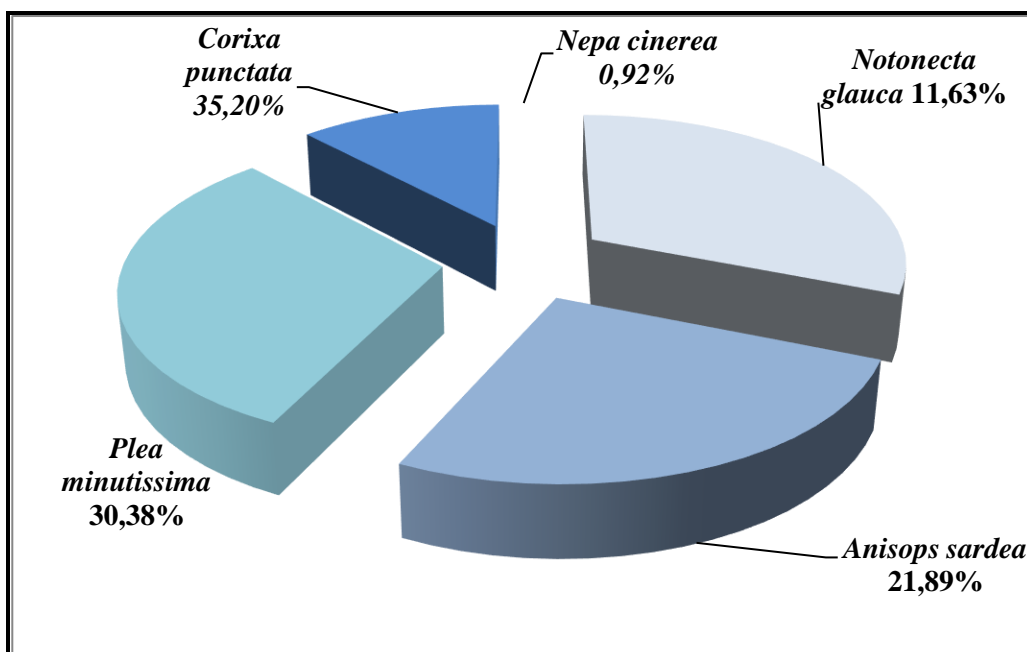
Les Coléoptères récoltés sont représentés par 511 individus appartenant à 7 genres et 16 espèces (Fig. 30). Le peuplement se caractérise par une abondance relative assez importante de l'espèce *Berosus signaticollis* présente 30 % du peuplement globale et en deuxième position *Enochrus halophilus* représente 11%, *Laccophylus minutus* avec une abondance relative de 9%, les autres espèces de *Berosus* se présentent entre 4% et 5%. Suivi par *Hydroporus pubescens* 4%, *Hydrophilus piceus* 5%, *Dytiscus circumflexus* 4%, *Dytiscus marginalis* 5%, *Agabus burunneus* 4% et *Hydrocanthus iricolor* avec 5%. Les autres espèces restantes *Laccophylus poecilus*, *Agabus bifarius* et *Dytiscus semisulcatus*, sont moins abondantes présentant un seul individu.



**Figure 30:** Fréquence centésimale des Coléoptères dans lac des Oiseaux (2018 -2019).

### 3.3.1.3. Les Hétéroptères aquatiques

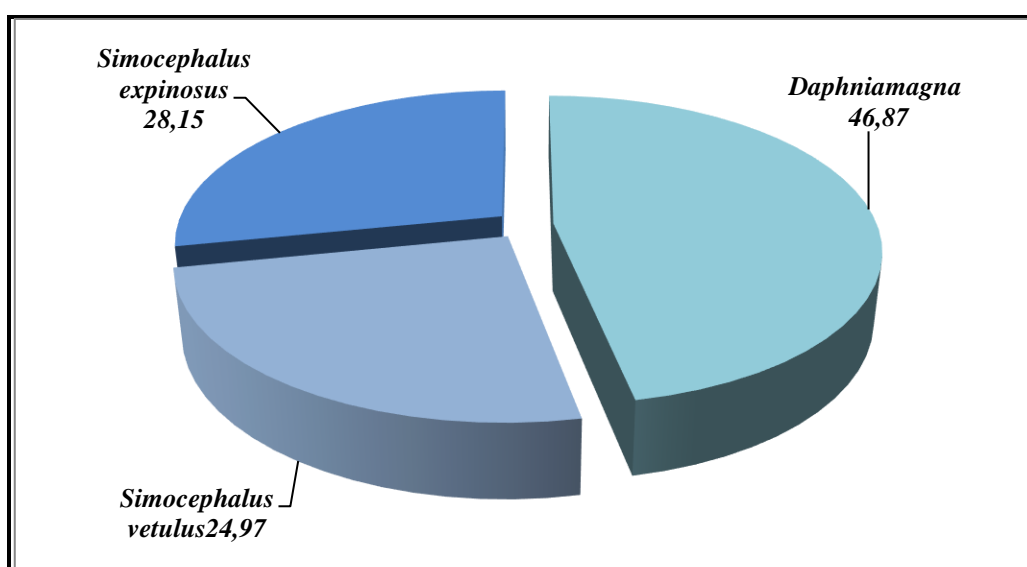
La fréquence centésimale indique que les deux espèces : *Corixa punctata* et *Plea minutissima* sont les plus abondantes dans 35% et 30 % au niveau du lac, puis qu'elles sont présentes dans plus de 25% des relevés. Cependant les autres espèces sont très rares, du fait qu'elles sont présentes dans moins de 25% des relevés (**Fig. 31**).



**Figure 31** : Fréquence centésimale des Hémiptères dans lac des Oiseaux (2018 -2019).

### 3.3.1.4. Les Cladocères

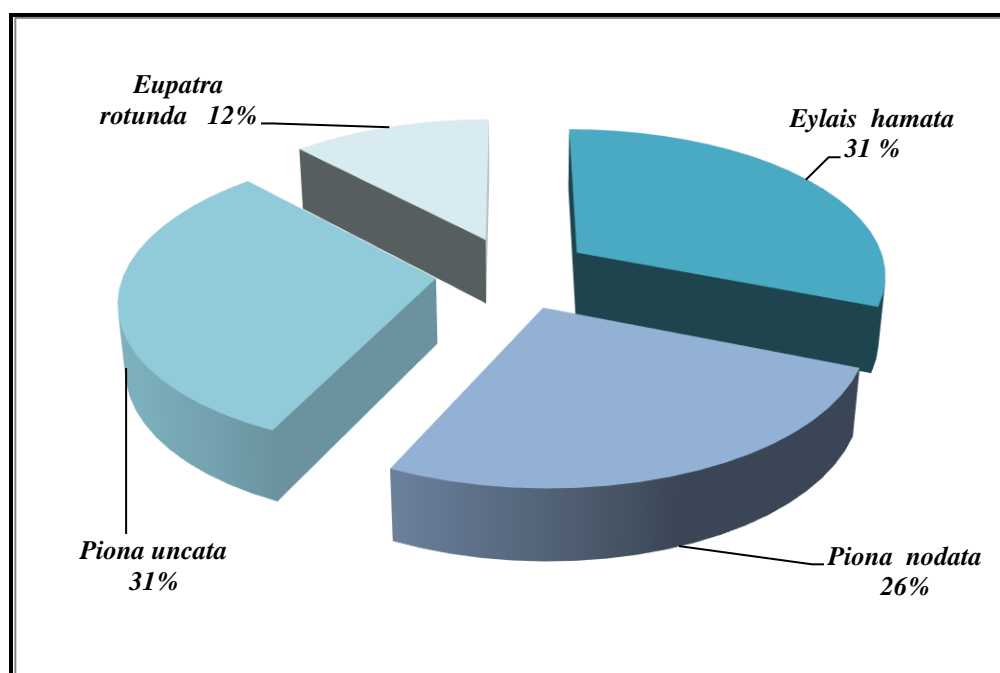
La fréquence centésimale qui est un paramètre qui permet d'étudier la distribution d'une espèce dans une région donnée. D'après ce paramètre *Daphnia magna* est l'espèce la plus abondante avec 47% puisqu'elle est présente dans plus de 25% des relevés. Alors que les autres espèces sont abondantes avec un taux entre 28 % et 25 % (**Fig. 32**).



**Figure 32** : Fréquence centésimale des Cladocères dans lac des Oiseaux (2018 -2019).

### 3.3.1.5. Les Hydrachnidia

La fréquence centésimale indique que les espèces suivantes *Eylais hamata* ; *Piona uncata* et *Piona nodata* sont les plus abondantes respectivement avec 31%; 31% et 26%, puisqu'elles sont présentes dans plus de 25% des relevés. Alors que l'espèce *Eupatra rotunda* espèce est très rare du fait qu'elle est présentée dans moins de 25% des relevés (**Fig. 33**).



**Figure 33** : Fréquence centésimale les Hydrachnidia dans le lac des Oiseaux (2018 -2019).

### 3.4. Cinétique de l'abondance des différents groupes identifiés

Comme l'abondance des espèces dans un écosystème donné, est fortement liée et influencée par les facteurs environnementaux. Donc la distribution des espèces, présente une fluctuation mensuelle en fonction des mois, et des stations. Selon les figures représentant la cinétique annuelle des populations, elle a clairement diminué pendant la saison estivale. A partir du mois d'octobre le nombre d'individus a repris sa recrudescence. Le mois de Mars représente l'abondance maximale.

### 3.4.1. Les Culicidae

L'abondance des Culicidae dans le lac des oiseaux est importante en mars et diminue progressivement en avril et juin jusqu'à leur disparition complète en juillet et septembre. Leur apparition progressive, en faible proportion a lieu pendant les mois d'octobre, novembre, décembre et janvier, jusqu'à leur disparition complète en février (Fig. 34).

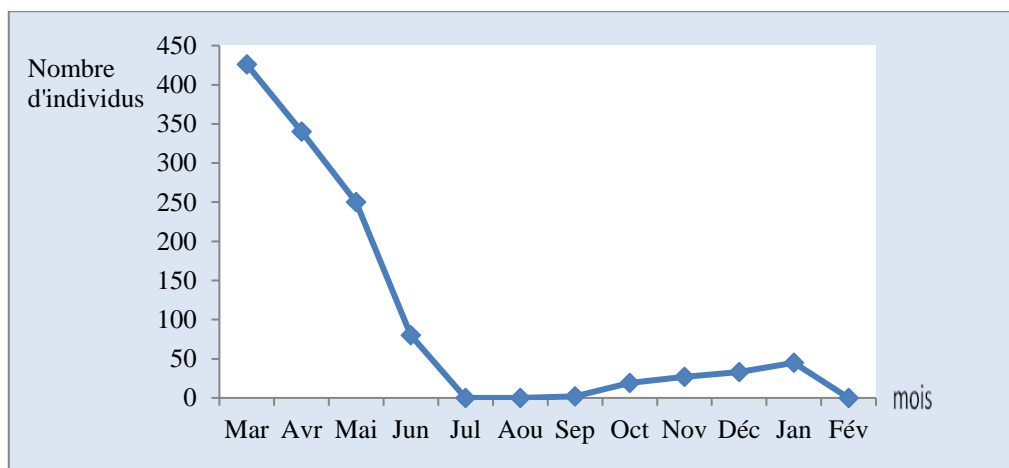


Figure 34: Abondance des Culicidae au niveau du lac des Oiseaux (2018-2019).

### 3.4.2. Les Coléoptères aquatiques

L'abondance des Coléoptères au niveau du lac des Oiseaux, a été à son maximum pendant le mois de mars. Leur effectif a diminué progressivement d'avril à juin, jusqu'à leur élimination complète en juillet, août et septembre. Une augmentation progressive a été constatée les mois d'octobre à février (Fig. 35).

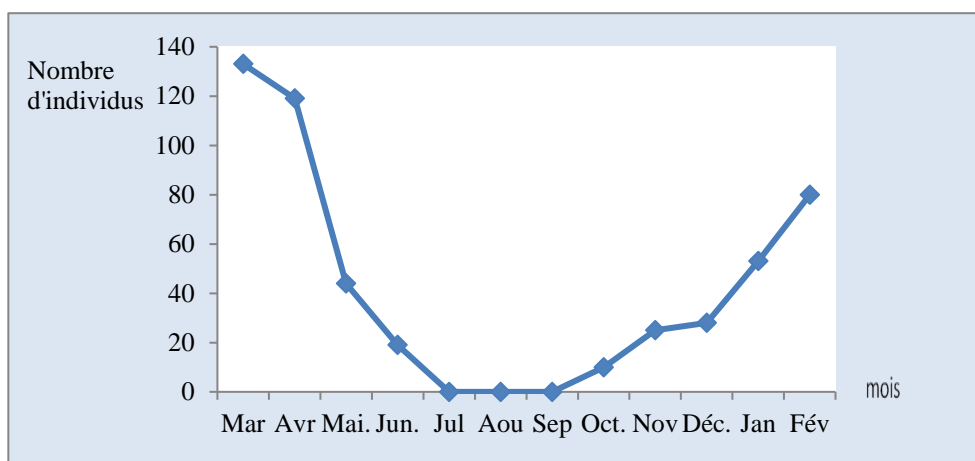
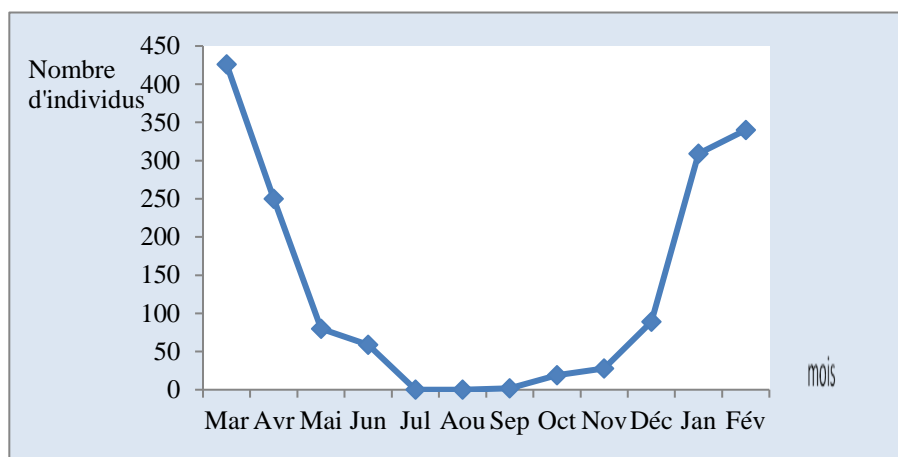


Figure 35: Abondance des Coléoptères au niveau du lac des Oiseaux (2018-2019).

### 3.4.3. Les Hémiptères aquatiques

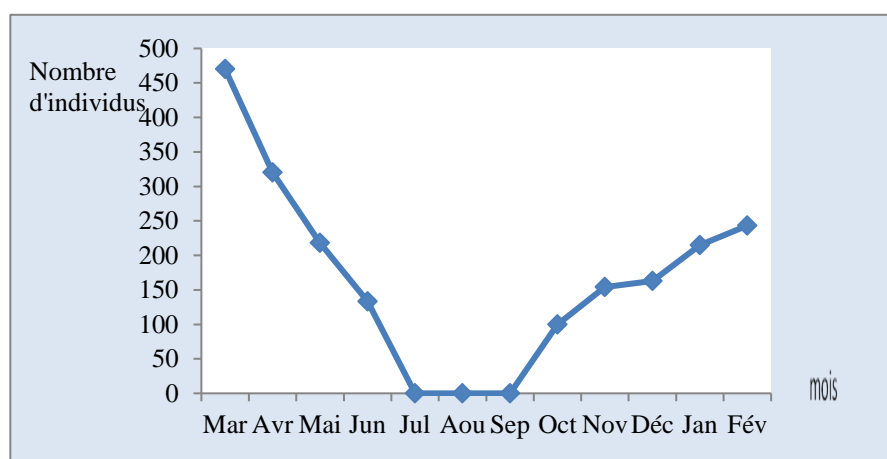
Les Hémiptère ont été collectés le mois de mars, ils étaient abondants avec un effectif de plus de 400 individus. A partir du mois de mai leur nombre commence à régresser progressivement. Leur élimination complète a été observée les mois de juillet, aout et septembre. Cependant leur augmentation progressive a été observée d’octobre à février (**Fig. 36**).



**Figure 36:** Abondance des Hémiptères dans le lac des Oiseaux (2018-2019).

### 3.4.4. Les Cladocères

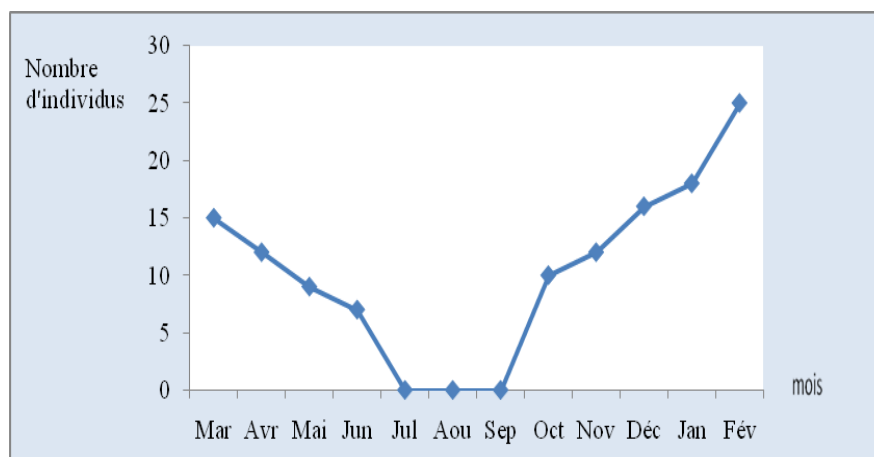
L’échantillonnage des Cladocères durant l’année (2018 -2019) a présenté une fluctuation saisonnière et mensuelle. Le nombre d’individus pendant le mois de mars était important et il diminue progressivement en avril, mai et juin jusqu’à leur disparition complète en juillet, aout et en septembre. Puis l’effectif des individus de Cladocères, augmentent de nouveau du mois d’octobre à février (**Fig. 37**).



**Figure 37:** Abondance des Cladocères au niveau du lac des Oiseaux (2018-2019).

### 3.4.5. Les Hydrachnidia

L'inventaire des Hydrachnidia, l'abondance remarquable de cette famille apparait le mois de Mars et commence à diminuer jusqu'à leur disparition pendant les mois de juillet, aout et septembre. Leur apparition provient progressivement pendant les mois d'octobre à février en abondance (**Fig. 38**).



**Figure 38:** Abondance des Hydrachnidia au niveau du lac des Oiseaux (2018-2019).

## 3.5. Paramètres Physico-chimiques du Lac des Oiseaux

### 3.5.1. Présentation des paramètres

Les paramètres physicochimiques de l'eau au niveau du Lac des Oiseaux ont été enregistrés dans les cinq stations, le changement des valeurs des paramètres a été signalé pour la salinité, le reste des paramètres ne montrent pas de différence entre les cinq stations choisies. L'analyse physico-chimique au niveau du lac nous démontre des niveaux élevés de quelques paramètres, tels que le pH; la conductivité; la température; la turbidité; la salinité ; le titre alcalimétrique complet.

Les résultats du **tableau 7**, révèlent que les valeurs du pH varient de 7,72 à 8,29 ce la confirme que l'eau de notre site d'échantillonnage est alcaline, de plus la deuxième station est la plus fortement alcaline. Les valeurs de température ne montrent pas de différence entre les cinq stations choisies. Cependant, la conductivité électrique (C.E.) varie de 759 $\mu$ S/cm à 1557 $\mu$ S/cm, la première station révèle la valeur maximale (759 $\mu$ S/cm). En ce qui concerne le Titre Alcalimétrique Complet (T.A.C), les valeurs vont de 33,90mg/l à 99,06 mg/l, et la première station affiche la valeur maximale 99, 7 $\pm$ 0,08mg/l. Alors que la Salinité varié entre 89,43 $\pm$

2,04mg/l à 54,48±0,2 mg/l le premier site affiche la valeur maximale. D'autre part, les valeurs de turbidité varient entre 13,8±0,14 à 34±0,16 mg/l, la cinquième station affiche la valeur maximale.

**Tableau 7 :** Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau des cinq stations d'étude.

Paramètres / Station	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
<b>pH</b>	8,29±0,02	7,88±0,09	7,76±0,01	7,83±0,08	7,72±0,05
<b>T (C°)</b>	22,4±0,02	22±0,07	21,9±0,09	21±0,03	22,8±0,08
<b>Conductivité (µS/cm)</b>	759±0,1	1557±0,22	1545±0,04	1504±0,09	1522±0,01
<b>T.A.C (mg/l)</b>	33,90±0,01	42±0,05	94,89±0,25	99,06±0,14	99,7±0,08
<b>Salinité (mg/l)</b>	54,48±0,2	78,48±1,4	89,43±2,04	61,47±0,07	58,18±0,1
<b>Turbidité</b>	24±1	13,8±0,14	32±0,2	31±0,1	34±0,16

### 3.5.2. Analyse statistique

#### 3.5.2.1. Test de l'ANOVA

Le **tableau 8** récapitule les résultats statistiques de la comparaison des cinq stations entre elles pour chaque un des caractères mesurés. Dans ce cas, également, nous observons qu'il existe des différences significatives à très hautement significatives, entre les moyennes des cinq stations, sauf pour la température où il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes des cinq stations.

**Tableau 8:** Comparaison des cinq stations entre elle, pour chacune des caractéristiques physicochimiques de l'eau à l'aide de l'ANOVA a un critère modèle fixe.

Variabes	SV	ddl	SCE	CM	F <sub>ops</sub>	P
<b>pH</b>	Station	4	1,32	0,33	5,59	0,013*
<b>T (C°)</b>	Station	4	0,97	0,24	2,07	0,160 NS
<b>Conductivité</b>	Station	4	1465004	366251	22423,54	0,000***
<b>T.A.C</b>	Station	4	13325,9	3331,5	50431,00	0,000***
<b>Salinité</b>	Station	4	2643,39	660,85	126437,47	0,000***
<b>Turbidité</b>	Station	4	853,14	213,29	793,87	0,000***

### 3.5.2.2. Recherche de groupes des stations homogènes par caractéristique physicochimique : Résultats du test de TUKEY

Les groupes des stations homogènes obtenus par le test de TUKEY. Les résultats du **tableau 9** montrent qu'il ya 2 groupes de stations pour le pH, 1 seul groupe pour la T(C°), 5 groupes de stations pour la conductivité et la salinité, et enfin 4 groupes de stations pour la T.A.C et pour la turbidité.

**Tableau 9:** Groupes de moyennes des stations homogènes par les variables pH ; T(C°) ; Conductivité ; T.A.C ; Salinité ; Turbidité : résultats du test de TUKEY.

Variables	S.V	Moyennes et groupes de stations homogènes					Nombre de groupes
pH	Station	S5	S3	S4	S2	S1	2
		7,3	7,7	7,8	7,8	8,2	
T (C°)	Station	S3	S5	S1	S4	S2	1
		21,5	21,8	21,9	22,2	22,2	
Conductivité	Station	S1	S4	S5	S3	S2	5
		750	1504,3	1521,3	1542	1553	
T.A.C	Station	S1	S2	S3	S5	S4	4
		32,1	42,0	94,8	99,0	99,1	
Salinité	Station	S1	S5	S4	S2	S3	5
		54,1	58,1	61,2	78,1	89,1	
Turbidité	Station	S2	S1	S4	S3	S5	4
		13,1	24,0	31,0	32,0	33,3	

### 3.5.2.3. Résultats du test de l'analyse de la variance multivariée (MANOVA) .Comparaison, entre station, des valeurs moyennes de l'ensemble des caractéristiques : Résultats des tests de la MANOVA

L'étude des résultats statistiques des tests de l'analyse de la variance multivariée (MANOVA) donnés par le **tableau 10** montre que les trois tests Wilk's, Lawley-Hotteling et Pillai's aboutissent aux mêmes résultats. C'est-à-dire que les trois tests concluent qu'il existe des

différences très hautement significatives de vecteurs de moyennes, entre les cinq stations et ceci pour l'ensemble des 6 caractéristiques prises en considération simultanément.

**Tableau 10:** Résultats des tests de la MANOVA appliqués aux cinq stations.

Teste	Valeur observée du test	F <sub>obs</sub>	P
Wilk's	0,000	17584,73	0,000***
Lawley-Hotelling	4,71	68714,66	0,000***
Pillai's	3,84	33,10	0,000***

### 3.5.3. Résultats de l'analyse en composantes principales (ACP)

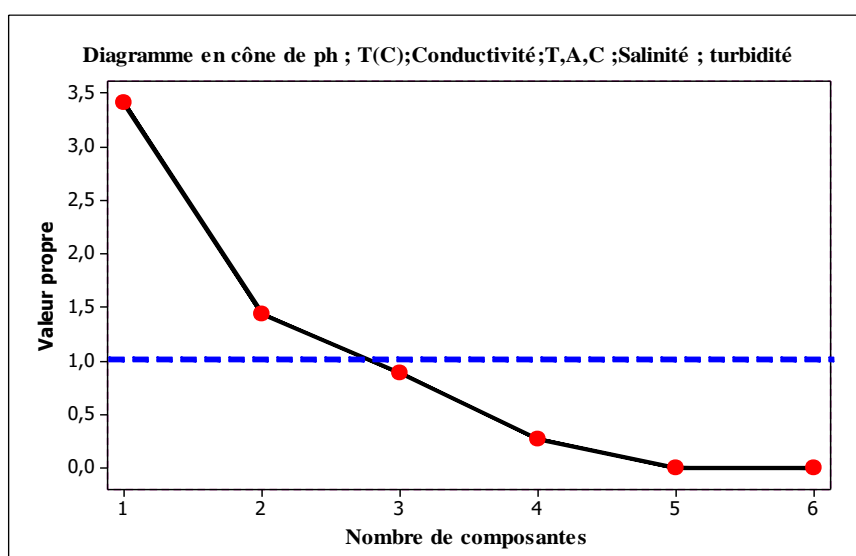
Le **tableau 11** donne les valeurs propres, les pourcentages de variation expliqués par chacun des 2 axes, ainsi que les pourcentages cumulés obtenus par l'ACP à partir de la matrice de corrélations des six variables centrées réduites mesurées sur les cinq stations.

**Tableau 11 :** L'ACP des 2 axes principaux, obtenus pour l'ensemble des 5 stations sur les six paramètres de l'eau.

Paramètres statistiques	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
Valeur propre	3,4058	1,4362	0,8871	0,2709	0,000	0,000
Pourcentage expliqué (%)	56,8	23,9	0,148	0,045	0,000	0,000
Pourcentage cumulé (%)	56,8	80,7	0,955	1,000	1,000	1,000

On voit bien que seuls les 2 premiers axes ont chacun une valeur propre supérieure à l'unité, soit à la contribution moyenne des différentes variables. Ces deux axes sont par conséquent retenus et pris en considération dans la présente étude. Le premier axe (CP1) explique à lui seul 56,8 % de la variation totale des variables initiales, alors que le deuxième axe (CP2) explique 23,9 %. Les deux premiers axes expliquent ensemble 80,7% de l'inertie totale. La contribution apportée par chacun de ces deux axes est significative.

Le Minitab 16 fournit également sur la **fig. 39** un graphique des valeurs propres par rapport aux rangs de tous les principaux composants. Dans ce graphique, on voit clairement la baisse dans les grands axes.



**Figure 39 :** Graphique des valeurs propres en fonction des rangs des axes principaux pour l'ensemble des six paramètres de l'eau.

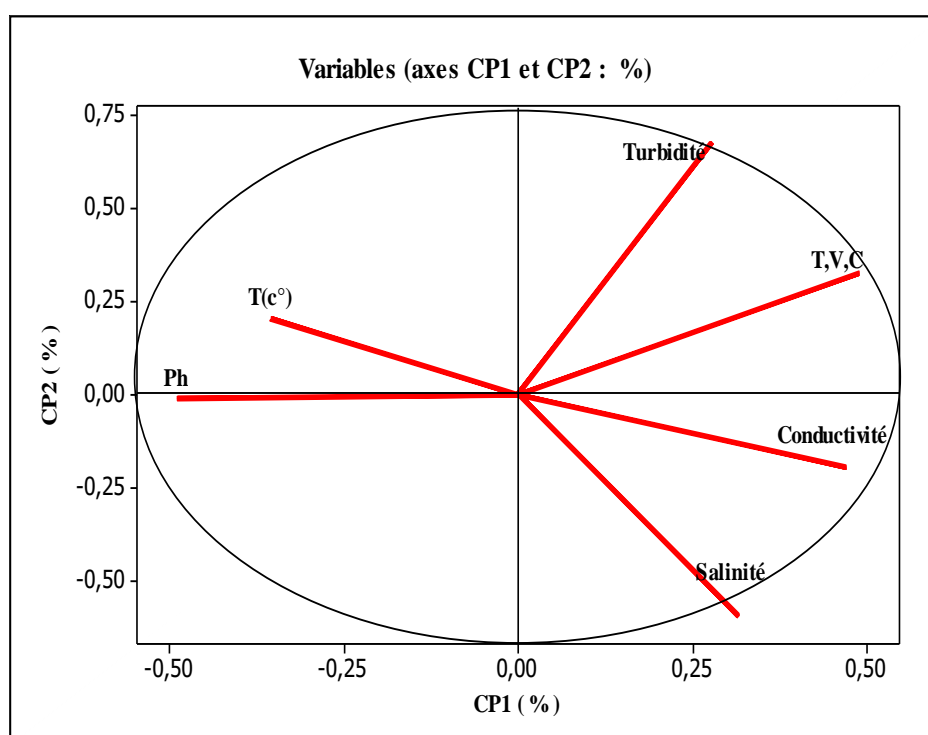
Le logiciel calcule également les corrélations et les corrélations carrées correspondantes entre les variables initiales (paramètres de l'eau) et les axes principaux. Le **tableau 12** reprend ces paramètres statistiques pour les 2 premiers axes retenus et pour le premier plan factoriel formé par les 2 axes en question.

**Tableau 12:** Corrélations et corrélations au carré des variables initiales avec les 2 premières composantes principales et information prise en compte par le 1er plan factoriel représenté par les axes 1 et 2.

Variables	CP1		CP2		Plan factoriel 1-2
	Corr	Corr <sup>2</sup> (%)	Corr	Corr <sup>2</sup> (%)	
<b>pH</b>	-0,489	0,239	-0,012	0,0001	0,239
<b>T (C°)</b>	-0,355	0,126	-0,204	0,041	0,167
<b>Conductivité</b>	0,470	0,220	-0,195	0,038	0,258
<b>T,A,C</b>	0,488	0,238	0,326	0,106	0,344
<b>Salinité</b>	0,315	0,099	-0,596	0,355	0,454
<b>Turbidité</b>	0,276	0,076	0,677	0,458	0,534

### 3.5.4. Analyse du nuage des points variables : Cercle de corrélations

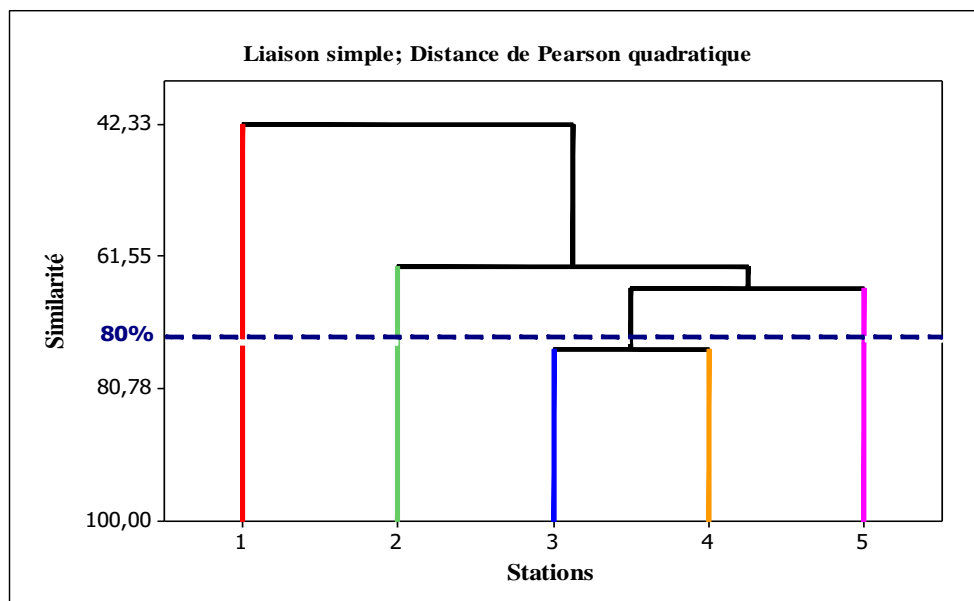
Les cercles de corrélation sont des graphiques visant à représenter géométriquement les variables initiales dans le nouveau système de coordonnées. Ainsi donc, la représentation des six variables initiales (caractéristiques physico-chimiques) dans le plan formé par les axes 1 et 2 et appelé premier plan factoriel et est utile, compte tenu de l'importance de ces deux axes dans la reconstitution des variables initiales (soit 80,7 % de la variation totale) (**Fig. 40**).



**Figure 40** : Représentation graphique des six variables à l'intérieur du cercle de corrélation du plan factoriel 1-2 obtenu à partir des données des cinq stations du site lac d'oiseaux.

### 3.5.5. Recherche de classes de stations homogènes : Résultats de l'analyse hiérarchique

La recherche de groupes de stations homogènes pour de notre site, en utilisant le lien simple, la distance carrée de Pearson et un niveau de similarité de 80%, a permis d'observer 2 groupes (**Fig. 41**). Ces groupes ont été déterminés à partir des moyennes des données des 6 caractéristiques observées. Les deux stations formant un seul groupe sont les stations 3 et 4.



**Figure 41:** Dendrogramme du regroupement des cinq stations, à l'aide de la méthode du lien simple et la distance de Pearson quadratique.

### 3.6. Identification des espèces inventoriées

Notre étude systématique a été basée sur les caractères morphologiques suivant les clés dichotomiques appropriées. En revanche, pour confirmer l'identification systématique des espèces, nous avons procédé à des comparaisons morphologiques, disponibles en ligne. Les spécimens échantillonnés ont été identifiés par individus et les critères morphologiques impliqués dans l'identification systématique ont été photographiés.

#### 3.6.1. Les Culicidae

##### *Caractéristiques de Culex pipiens Linnée 1758*

Les larves de moustiques sont toujours aquatiques colonisent les eaux temporaires ou permanentes. Elles peuvent vivre également dans les eaux stagnantes ou courantes et même, au niveau des petites accumulations (Seaux; pots de fleurs; boîtes de conserve; trous d'arbres; pneus...). Leur évolution s'accomplit en quatre stades, séparés par une mue hormis la taille (de 1 mm-1,5 cm), les 3 premiers stades présentent généralement des caractères chétotaxiques variable, ne permettant pas une identification sûre des espèces.

Par contre la morphologie larvaire le plus couramment décrite est celle du quatrième stade. Elle se différencie des autres insectes aquatiques par l'absence de pattes, formant le Sous Ordre des Nématocères. Le corps est constitué de trois parties ( **Dohl, 2000**).

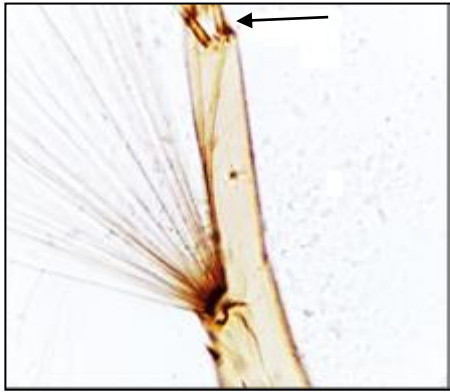
Au niveau de la tête (**Fig. 42**) pourvue d'une paire d'antennes assez longue et la position de la soie 3-A est proximité de la soie antennaire 4-A (**Fig. 43 & 44**) d'une paire de mandibules armées de dents sur leur bord distal et qui forment avec le mentum (**Fig. 45**) l'appareil masticateur, l'ensemble flanqué d'une paire de brosses buccales qui entraînent les aliments vers cet appareil. On note la présence de deux paires d'yeux pigmentés : une plus importante non fonctionnelle qui constitue les yeux futurs de l'adulte, et une paire plus petite postérieure qui sont les véritables yeux de la larve. Le nombre, la forme, la taille et la disposition des diverses soies céphaliques et antennaires fournissent des renseignements pour l'identification de l'espèce (**Fig. 46**). La forme de l'épine préclypéale 1- C est mince et effilée à l'apex ; épaisse jusqu'à l'apex. Le nombre de branches de la soie 4 C formes d'une seule branche (**Fig. 47**). Le nombre de branches de la soie 5-C est de 5 branches, le nombre de branches de la soie 6-C est 4 branches , la soie prothoracique 4P (2 branches) et la soie abdominale 6-2 porte 2 branches.



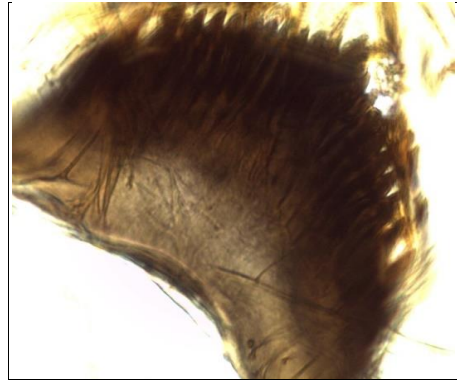
**Figure 42:** Partie antérieure du corps de *Cx. pipiens* (G.400X).



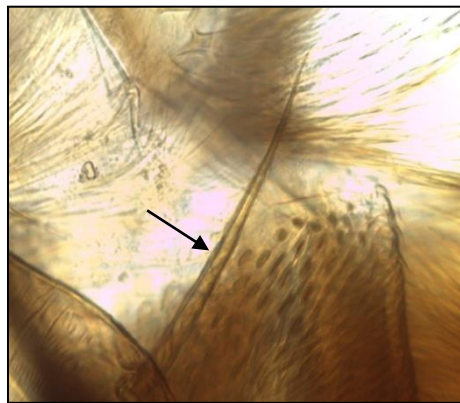
**Figure 43:** Structure morphologique de l'antenne *Cx. pipiens* (G1000X).



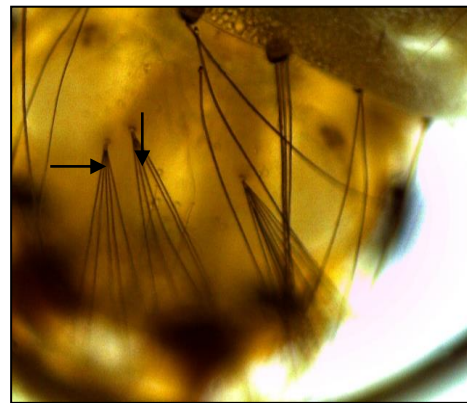
**Figure 44:** Région apicale de l'antenne *Cx. pipiens* (G.4000X).



**Figure 45:** Mentum de *Cx. pipiens* (GX100).

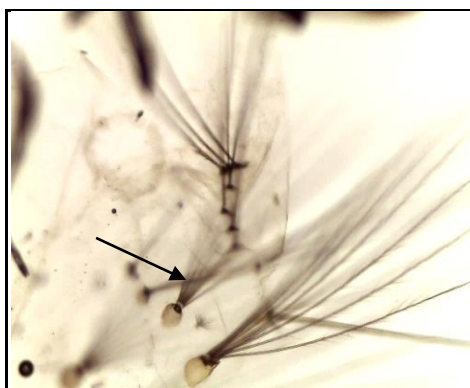


**Figure 46:** Soie céphalique 1-C de *Cx. pipiens* (G.1000X).

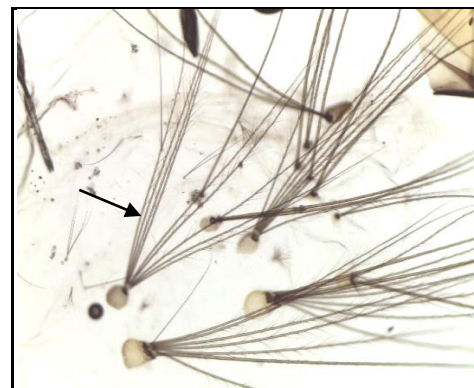


**Figure 47:** Soies céphaliques 4-C, 5-C de *Cx. pipiens* (G.1000X).

Le thorax est plus large que la tête comportant trois segments : le prothorax, le mésothorax et le métathorax, tous les trois pourvus de soies. Le nombre de branche de la soie pro thoracique 3-P porte 1 branche. La soie thoracique 4-P porte deux à trois branches (**Fig. 48**) et le nombre de branche de la soie thoracique 8-P : deux à trois branches (**Fig. 49**).



**Figure. 48:** Soie thorac P-4 de *Cx. pipiens* (Gr x10).



**Figure 49:** Soie thorac P-8 de *Cx. pipiens* (Gr x10).

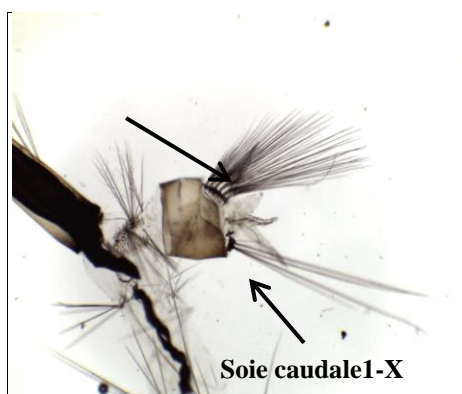
Les écailles du huitième segment abdominal sont dépourvues d'épine (**Fig. 50**). L'ornementation de la dent distale du peigne du siphon est formée de 3 à 5 denticules basaux (**Fig. 51**). La soie caudale 1-X porte 2 à 3 branches (**Fig. 52**). La longueur de la soie S comparée au diamètre du siphon au point d'insertion, cette longueur est plus grande que le diamètre siphonal (**Fig. 53**).



**Figure 50.** Peigne du huitième segment de *Cx. pipiens* (G.4000X).



**Figure 51.** Dent distale du siphon de *Cx. pipiens* (G.4000X).



**Figure 52:** La selle et soie caudale 1-X de *Cx. pipiens* (G.4X)

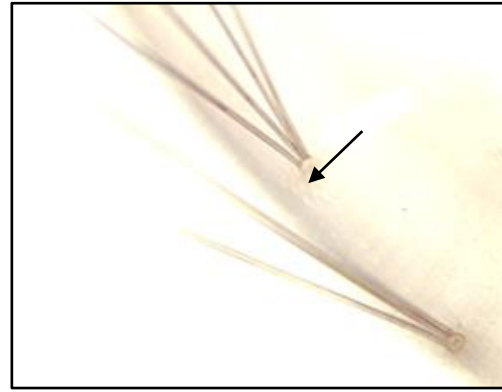


**Figure 53:** Structure générale du siphon de *Cx. pipiens* (G.1000X).

Le siphon (**Fig. 54**) : L'épine subapicale 2-S est courte (**Fig. 55**). La position de la soie S par rapport à la dent distale du peigne du siphon est au-delà. Les soies siphonales se disposent sur les côtés ventraux et latéraux. La soie latérale 1-S porte une soie. Le nombre de branche de la soie S est de deux à cinq branches.



**Figure 54** : Soie 2-S courte du *Cx. pipiens* (G.4000X).

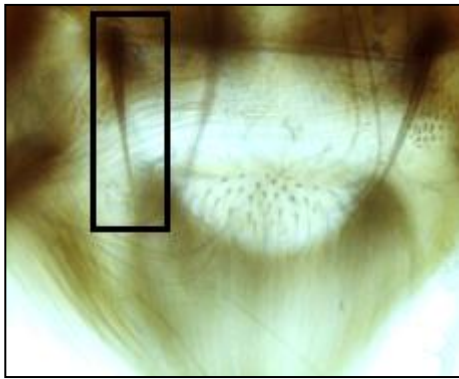


**Figure 55** : Touffe siphonale de *Cx. pipiens* (G.4000X).

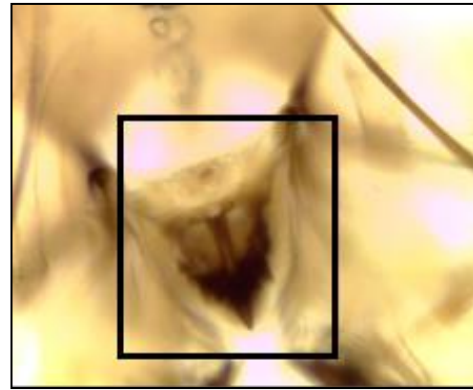
### **Caractéristiques de *Culex modestus* Ficalbi 1889**

Les larves apparaissent à la fin du printemps jusqu'au début de l'automne. Les femelles hivernent dans la végétation (amas de roseaux). Cette espèce à répartition paléarctique est largement répandue en Europe et au niveau du bassin méditerranéen. Les œufs sont pondus en nacelle à la surface de l'eau, et l'éclosion intervient rapidement. Les larves se développent dans les rizières, les canaux d'irrigation, les marais semi-permanents. Ces gîtes sont généralement très ensoleillés et colonisés par la végétation. L'eau peut y être douce ou légèrement saumâtre (moins de 2 g/l de chlorures).

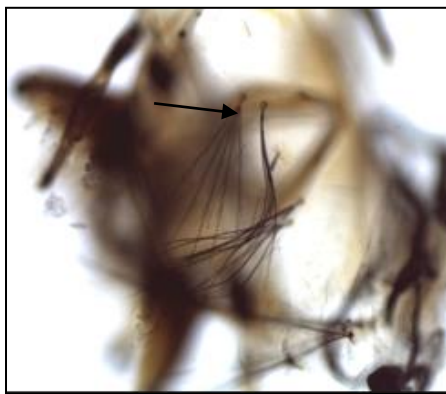
Au niveau de la tête l'insertion de la soie antennaire 3-A est à proximité de 4-A, l'épine préclypeale 1-C est mince et effilée jusqu'à l'apex (**Fig. 56**). Le nombre de dents du mentum est formé de 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane (**Fig. 57**) et les soies 5-C et 6-C porte 4 branches ou plus (**Fig. 58**). Au niveau de l'abdomen le VIII<sup>ème</sup> segment est formé d'écaille toute sans épines médiane et disposées en désordre (**Fig. 59**). Cette espèce possède un siphon respiratoire à bord droit, ce dernier porte uniquement des soies ventrales au nombre de 7 paires de touffe ou plus, dont la soie 1-S du siphon est positionnée au-delà de la dent distale du peigne du siphon, cette dernière est composée de 3 à 5 denticules basaux. L'épine subapicale 2-S du siphon est courte (**Fig. 60**).



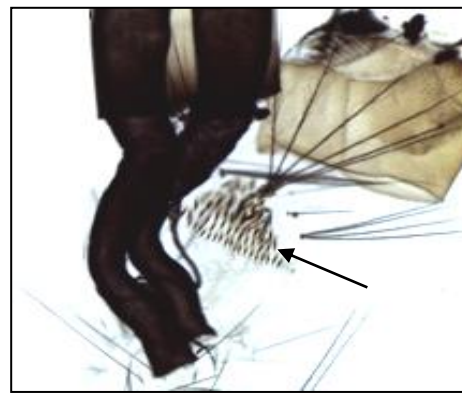
**Figure 56:** Forme de l'épine préclypéale 1-C de *Cx. modestus* (G.X40).



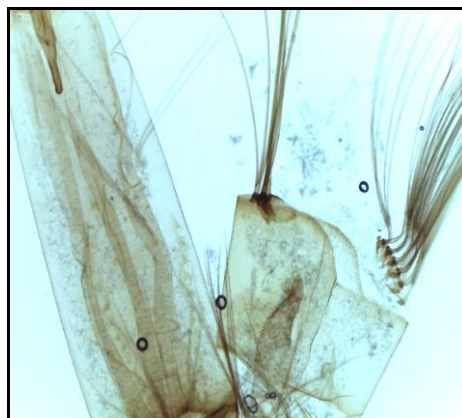
**Figure 57:** Nombre de dents du mentum de *Cx. modestus* (G.X10).



**Figure 58 :** Soies céphalique de *Cx. modestus* (G.X10).



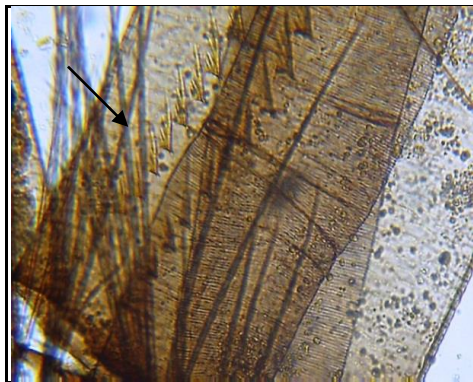
**Figure 59:** Peigne de 8ème ségment de *modestus* (G.X10).



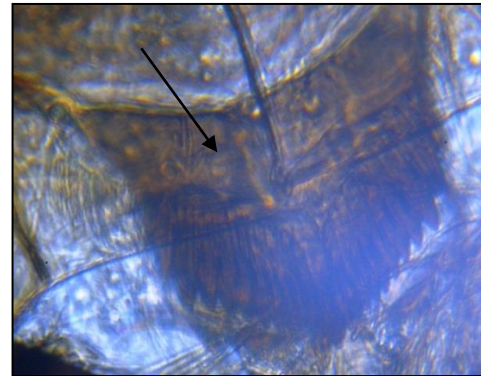
**Figure 60 :** Forme générale du segment de du siphon de *Cx. modustus* (G.X10).

**Caractéristiques de *Culex theileri* Theobald1903**

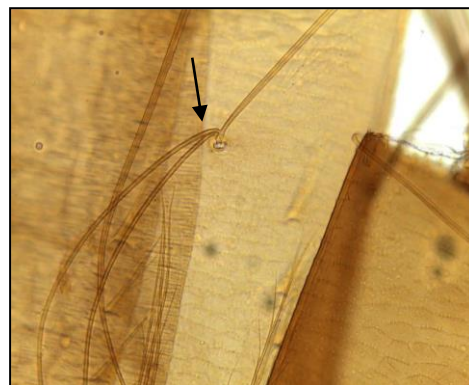
Présente 2 ou 3 générations annuelles. La densité de ses populations est très variable d'une zone à l'autre; elle est très présente pendant les mois d'été et d'automne. Les larves de cette espèce peuvent se rencontrer dans un grand nombre de gîtes dont l'eau est généralement douce mais peut être aussi légèrement salée; cette eau peut être propre ou polluée. Les gîtes présentent ou non une abondante végétation dressée, mares, marais, rivières, citernes, flaques résiduelles, sources, canaux d'irrigation, rizières. Elles piquent essentiellement en extérieur, mais peuvent entrer dans les maisons pour piquer l'homme. Le mentum de la larve est constitué de moins de 8 dents (**Fig. 61**) et la dent distale du peigne siphonal de la larve qui est formée de 3 à 5 denticules basaux (**Fig. 62**). Les principaux troncs trachéaux s'étendant sur un peu plus du 1/3 apical du siphon (**Fig. 63**).



**Figure 61:** Dent distale de *Cx. theileri* (Gr. X1000).



**Figure 62:** Mentum de *Cx. theileri* (Gr. X4000).



**Figure 63:** Soies siphonal de *Cx. theileri* (Gr. X4000).

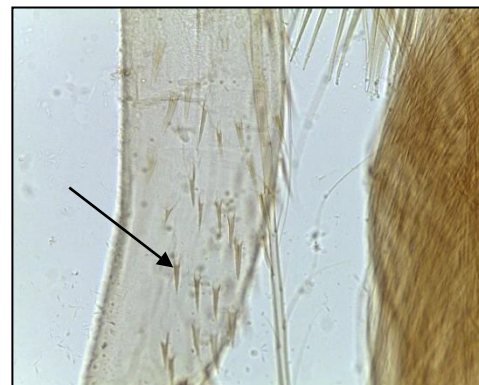
### Caractéristiques de *Culiseta morsitans* Theobald 1901

Cette espèce est univoltin et passe l'hiver à l'état larvaire. Les adultes émergent à la fin du printemps et disparaissent en été. Cette espèce a son aire de répartition centrée sur les régions basses, mais pas obligatoirement littorales de l'Europe occidentale et de la Méditerranée. Elle est signalée d'Algérie et du Maroc. Cette espèce n'a pas été impliquée dans la transmission de parasitoses humaines. Les œufs sont déposés isolément dans les dépressions inondables, dont le fond est tapissé de débris végétaux ou sur les berges des mares en cours d'assèchement. Les œufs éclosent en automne ou en hiver, lors de la mise en eau de ces gîtes. Les larves se développent dans les mares temporaires mais aussi dans les drains encombrés de végétation dont l'eau peut être légèrement courante. Ces gîtes peuvent être ombragés ou ensoleillés. Les femelles semblent se nourrir essentiellement sur oiseaux, elles sont peu agressives tout au moins vis-à-vis des mammifères.

La larve a des Antennes grandes et claires nettement spiculées avec des soies bien visible (**Fig. 64, 65**). Le siphon est long ( $L/l > 3$ ), La selle est complète, plus longue que large et non spiculée sur son bord distal (**Fig. 66, 67**). Le mentum est formé de 8 dents ou plus (**Fig. 68**). Le peigne ne dépassant pas la moitié, les dents basales sont très denticulées, alors que les dents distales sont lisses (**Fig. 69**), absence d'une paire de soies en plumet à l'apex; la longueur de la touffe siphonale est importante.



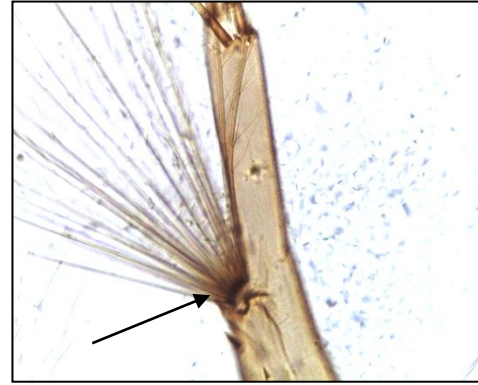
**Figure 64:** Antenne de *Cs. morsitans* (G. X10).



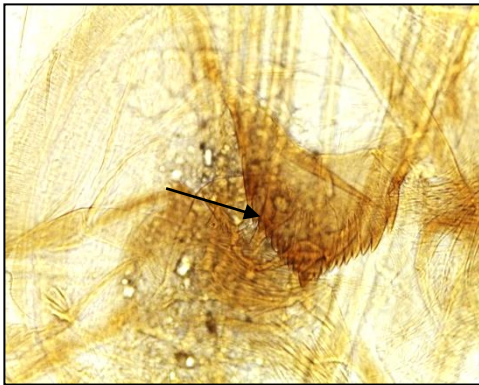
**Figure 65:** Spécule de l'antenne de *Cs. morsitans* (G.X40).



**Figure 66:** Vue d'ensemble d'un siphon de *Cs. morsitans* (G. X4).



**Figure 67:** La touffe antennaire de *Cs. morsitans* (G.X10).



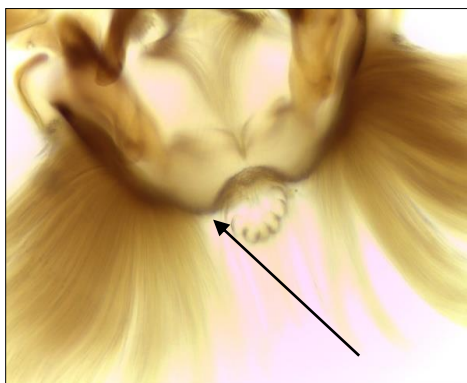
**Figure 68:** Mentum d'un *Cs. morsitans* (G. X40)



**Figure 69:** Dent basale du peigne siphonale de *Cs. morsitans* (G. X40)

**Caractéristiques d'*Anopheles sacharovi* Favre 1903**

Cette espèce est multivoltin (jusqu'à 6 générations) et caractéristique des zones à climat chaud. Elle présente deux pics de populations adultes en Mai- Juin et en Octobre - Novembre. Les femelles hivernent en diapause incomplète dans les abris, leur activité peut être relancée si la température est élevée ; la maturation des œufs reprend à 18°C. L'espèce est eurygame. La ponte est formée de 200 œufs en moyenne. Les œufs sont pourvus de flotteurs latéraux développés, l'exo chorion est dépourvu de taches sombres. Les larves se développent dans des eaux stagnantes colonisés par des plantes aquatiques, comme elle peut être saumâtre (1,5 à 2g/l de chlorures). Le développement pré imaginal dure 22 jours sous 23°C. Les imagos forment des essaims en vue de l'accouplement, à 1,5-2 m au-dessus de l'eau ou d'un objet, et peuvent se disperser sur 3à5km, exceptionnellement jusqu'à 14 km. Les femelles attaquent volontiers l'humain et se rencontrent communément dans les étables, écuries et porcheries ou' elles persistent en hiver. L'espèce a joué un rôle important dans la transmission du paludisme, surtout au proche - Orient (**Schaffner et al., 2001**). Cette espèce est caractérisée par critères suivent au niveau de la tête (**Fig. 70**) ornementation de l'antenne, les verticilles rares et peu développés (**Fig. 71**). Ornementation inter oculaire avec une touffe de longues écailles blanches (**Fig. 72**). Port des écailles du palpe maxillaire (**Fig. 73**). Écailles ébouriffées à la base (Segment 2). Au niveau de thorax il y a une ornementation du scutum un icolore. Au niveau de l'abdomen porte des écailles étoilées et des plaques chitineuses (**Fig. 74 ; 75;76**).



**Figure 70:** Tête d'*An. sacharovi* (Gr .X 1000).



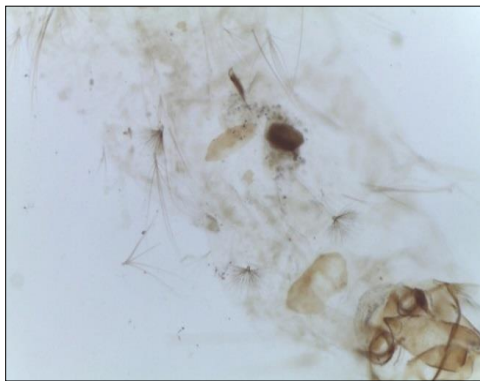
**Figure 71:** Structure de la brosse buccale d' *An. sacharovi* (G.X 1000).



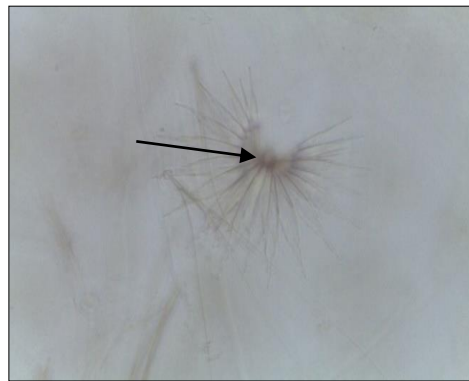
**Figure 72:** Antenne larvaire d' *An. sacharovi* (G. X1000).



**Figure 73:** Soies céphaliques C1 d' *An. sacharovi* (G. X 1000).



**Figure 74:** Structure de l'abdomen d' *An. sacharovi* (G X 4000).



**Figure 75:** Soie étoilée d' *An. sacharovi* (G X1000).



**Figure 76 :** Structure de l'orifice stigmatique d' *An. Sacharovi* (G. X1000).

### 3.6.2. Les Coléoptères aquatiques

#### 3.6.2. 1. La Famille des Hydrophilidae

##### *Caractéristiques de Berosus affinis* Brullé 1835

Les espèces du genre *Berosus* sont principalement coléoptères de taille moyenne, brunâtres ont des taches ou des macules sombres sur leur pronotum ou élytres. Ils sont allongés et fortement convexe, ce qui les rend relativement distinctif de la famille des Hydrophilidae. Ce sont de forts nageurs équipés de longues soies sur les jambes. Le corps à une longueur de 4,5 mm (**Fig 77, 78**). La tête est sombre, avec des reflets vert métallisé. Brunâtres avec des tâches ou des macules sombres sur leur pronotum ou élytres. Ils sont allongés et fortement convexe, ce qui les rend relativement distinctifs. Ce sont de forts nageurs équipés de longues soies sur les pattes. Le pronotum est jaune à brun, avec deux grandes taches en forme de larges rayures métalliques avec un reflet vert. Les élytres avec des taches, légèrement sombre.

La quille méso sternale est très basse, généralement très fine dentée, mais facilement distinguable par son très bas mesosternal la quille et les aedeagus plus longs (**Aouad, 1998**).



**Figure 77:** Vue dorsale d'un *B. affinis*.



**Figure 78:** Vue ventrale d'un *B. affinis*.

**Caractéristiques de *Berosus luridus* Linnaeus 1768**

Le corps est d'un jaune roux en dessus et d'un brun noirâtre en dessous. Ses palpes, ses antennes et ses pattes sont d'un jaune plus ou moins roussâtre. Sa tête est d'un vert brillant, ornée de taches cuivreuses sur le front. Le milieu de son corselet présente une tâche verte de forme ovale, qui laisse voir la ligne du milieu, et ses élytres sont marqués de quelques tâches noirâtres. Son corps est couvert en dessus de points enfoncés très nombreux sur la tête, un peu moins sur le corselet, et plus rares sur les élytres, où ils sont disposés en séries presque régulières, séparées par des stries profondes où se voient des points très rapprochés (Bégimbart, 1895) (Fig.79, 80).



Figure 79: Vue dorsale d'un *B. luridus*.



Figure 80 : Vue ventrale d'un *B. luridus*.

**Caractéristiques de *Berosus frontifoveatus* Kuwert 1888**

La longueur du corps est de 4.5 à 7 mm de forme ovale allongée et convexe avec un contour légèrement discontinu entre pronotum et élytres, les yeux proéminents, la tête en grande partie claire y compris le la brum, le pronotum brun jaune avec une partie au moins de la ponctuation du disque assombrie par rapport aux intervalles, les élytres striés et ponctués, le bord apical avec une forte épine, les angles suturaux anguleux (Fig. 81, 82).



Figure 81 : Vue dorsale d'un *Berosus frontifoveatus*.



Figure 82 : Vue ventrale d'un *Berosus frontifoveatus*.

### *Caractéristiques de Berosus signaticollis* Charpentier 1825

La taille de l'adulte varie entre 4, 5 – 6,5 mm, ovale, un peu luisant. Tête bronzée, très ponctuée, brun jaunâtre ou rougeâtre (**Fig. 83, 84**). Se rencontre dans les fossés, les mares des dunes, il peut se trouver sous les détrit. Il affectionne particulièrement les eaux saumâtres (**Brullé, 1835**).



**Figure 83** : Vue dorsale d'un *Berosus signaticollis*



**Figure 84** : Vue ventrale d'un *Berosus signaticollis*

### *Caractéristiques de Hydroporus pubescens* Gyllenhaal 1808

La longueur du corps varie de 3,1 - 4 mm ovale, subdéprimé, brillant, normalement pubescent, de couleur noir avec les élytres testacés ferrugineux. La tête à bord postérieur ferrugineux, à ponctuation fine et espacée. Les antennes noirâtres, à premiers articles ferrugineux, à articles médians courts, subovoïdes. Le Pronotum à côtés rectilignes, fortement convergents, rebord parfois teinté de rougeâtre, à ponctuation médiocre, égale ou régulière, à peine un peu plus forte et un peu plus dense le long du bord antérieur et sur les côtés de la base, à fond lisse, à l'exception des côtés et du bord antérieur, dont la microréticulation ne dépasse pas au milieu vers l'arrière la série transversale de points. Élytres concolores (uniformes) ou assombris sur le disque, à ponctuation moyenne et un peu dense, à rangées normales assez visibles sur fond lisse, excepté à l'apex; bord latéral subrectiligne aux épaules; angle pronoto-élytral nul. Dessous brillant, légèrement pubescent, noir en majeure partie, à ponctuation assez fine et peu serrée, forte et espacée sur les côtés et le sternite anal; lignes métacoxales courtes, assez largement creusées, divergentes (**Brullé, 1835**) (**Fig. 85, 86**).



**Figure 85 :** Vue dorsale d'un *Hydroporus pubescens*.



**Figure 86:** Vue ventrale d'un *Hydroporus pubescens*.

### ***Caractéristiques de Hydophylus piceus* Linnaeus 1775**

Corps atteignant 50 mm de long. Le dessus du corps est brillant avec des reflets verdâtres sur l'individu vivant. Ses antennes sont nettement plus courtes que ses palpes labiaux effilés. Ses pattes postérieures assez développées (moins que celles des dytiques), lui permettent une nage assez rapide. Il est considéré, parmi les plus rapides des diverses espèces d'hydrophiles. Une longue pointe médiane orientée vers l'arrière et totalement inoffensive, orne sa face ventrale (aurait un rôle de stabilisateur pendant la nage). Les tarses des mâles sont munis d'une protubérance, lamellaire et de poils raides servant à maintenir la femelle lors de l'accouplement, à comparer aux ventouses des dytiques et aux brosses des *Cybister* (Brullé, 1835) (Fig. 87, 88).



**Figure 87 :** Vue dorsale d'un *Hydophylus piceus*.



**Figure 88 :** Vue ventrale d'un *Hydophylus piceus*.

### Caractéristiques d'*Enochrus halophilus* Bedel 1878

La longueur de l'adulte varie entre 3 est6, 5 mm, le dernier article des palpes maxillaires plus court que le précédent. Le premier article est convexe (courbé vers l'extérieur). Les élytres portent deux sillons suturaux à ponctuation irrégulière (Brullé, 1835) (Fig. 89, 90).



Figure 89 : Vue dorsale d'un *Enochrus halophilus*.



Figure 90: Vue ventrale d'un *Enochrus halophilus*.

### 3.6.2.2. La Famille des Dytiscidae

#### Caractéristiques d'*Agabus brunneus* Fabricius 1798

La longueur du corps est de 7 à 9 mm de forme ovale court, large, très convexe, très brillant, brun. La tête ferrugineuse avec une tâche noire sur le vertex, réticulation à mailles inégales, irrégulières, parsemées de points minuscules, les uns sur leurs intersections, les autres dans leur intérieur ; antennes et palpes ferrugineux. Pronotum large, ferrugineux, à côtés nettement arqués, convergents depuis la base, pourvus d'un rebord médiocre en arrière, progressivement rétréci vers l'avant, à angles postérieurs légèrement obtus, avec le sommet brièvement arrondi, à série antérieure de points fins, très largement interrompue au milieu, réduite parfois à deux simples fragments rétro-oculaires. Élytres bruns, faiblement éclaircis à la base, sur les côtés, et le long de la suture, à apex présentant une ébauche de bourrelet près du bord latéral, à réticulation en mailles irrégulières en avant, devenant plus régulières et plus petites vers l'arrière, où elles sont arrondies, doublée. Les ailes méta sternales terminées en triangle étroit sommet de la courbe du bord antérieur des métas coxas situé peu en dehors du milieu des côtés ; lignes méta coxales obsolètes vers leur extrémité postérieure. Pattes variées de brun ferrugineux et de couleur noirâtre, la face externe des métas tibias à peu près imponctuée, avec la rangée spiculifère inférieure entière, leur long éperon très long, atteignant presque le sommet du deuxième article, ongles antérieurs subégaux (Brullé, 1835) (Fig. 91, 92).



**Figure 91:** Vue dorsale d'un *Agabus brunneus*.



**Figure 92:** Vue ventrale d'un *Agabus brunneus*.

#### *Caractéristiques d'Agabus bifarius* Leach 1817

La longueur du corps est de 6,2 à 6,7 mm et la largeur est de 3,3 à 3,7 mm, la forme du corps est ovoïde. Corps principalement roux à noir. La tête avec des tâches foncées et bord antérieur roux. Les antennes et les palpes sont jaunes à la base, infuser apicale. Le pronotum et l'elytron avec la marge latérale légèrement roux foncé à picoté. La surface de la face ventrale principalement picoteuse à noire. Les pattes de couleur rousses rouillées (**Bégimbart, 1895**) (**Fig. 93, 94**).



**Figure 93:** Vue dorsale d'un *Agabus bifarius*.



**Figure 94:** Vue ventrale d'un *Agabus bifarius*.

**Caractéristiques de *Laccophilus poecilus* Klug 1834**

La longueur du corps est de 4 mm, largement ovale, à peine atténuée en arrière, fauve roussâtre, le pronotum pourvu au bord antérieur d'une tache transversale brun noir et d'une autre tâche double ou bilobée à la base. Les élytres couverts d'irrorations ou marbrures brunes qui laissent indemnes le bord latéral, une bande sus-basale fort irrégulière et une large lunule post-médiane (Bégimbart, 1895) (Fig. 95, 96).



**Figure 95:** Vue dorsale d'un *Laccophilus poecilus*.



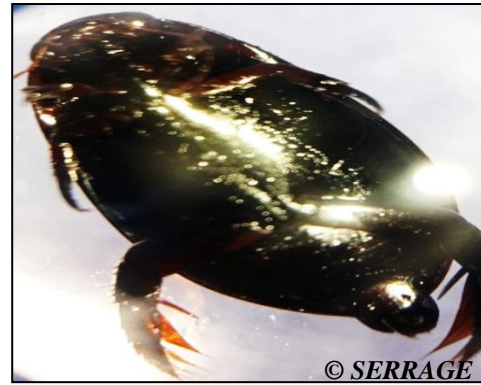
**Figure 96:** Vue ventrale d'un *Laccophilus poecilus*

**Caractéristiques de *Dytiscus semisulcatus* Linnaeus 1775**

La longueur du corps se situe entre 24-30 mm, de forme ovale-oblong, relativement étroit, convexe, de couleur noir brunâtre. La tête à épistome jaune-testacé, ainsi qu'une tâche interoculaire en forme de V, à ponctuation très fine et espacée sur fond alutacé. Les antennes et la bordure latérale du pronotum sont testacées. Le pronotum, présente un côté sub-arqué en avant, peu convergents, redressés ou non en arrière, à angles postérieurs aigus ou obtus suivant le sexe. Les élytres sont arrondis en arrière, formant avec le pronotum un angle très ouvert. Des apophyses pro-sternale un peu allongée, à extrémité émoussée ; ailes métasternales en triangle assez étroit, à bord antéro-externe rectiligne. Les lignes méta-coxales fortement abrégées et faiblement divergentes en avant. Les apophyses métacoxales ovalaires, complètement arrondies au sommet. Les pattes d'un brun foncé, à pro-tibias et pro-tarses un peu éclaircis. La face inférieure des méta-fémurs à ponctuation double (Bégimbart, 1895) (Fig. 97, 98).



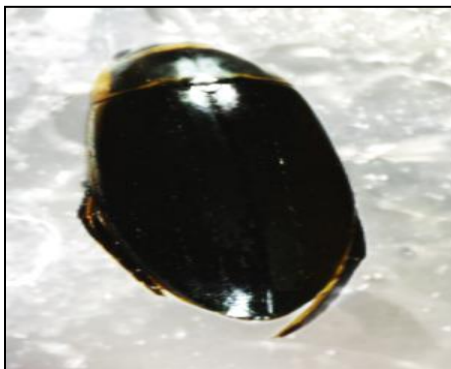
**Figure 97:** Vue dorsale d'un *Dytiscus semisulcatus*.



**Figure 98:** Vue ventrale d'un *Dytiscus semisulcatus*.

**Caractéristiques de *Dytiscus circumflexue* Ahrens 1811**

La largeur du corps se situe entre 27-33 mm. Il est de forme ovale allongé, étroit, très brillant, de couleur vert foncé assez largement ferrugineux, au bord interne de l'orbite concolore. Le dessous testacé à sutures noires. Les apophyses métacoxales étirées en une très longue pointe acérée. L'angle apical postérieur de la face inférieure des méta-fémurs non saillant, subarrondi. Les caractères sexuels de la femelle comme chez *circumcinctus* la ponctuation élytrale est presque nulle. Ainsi que le mâle les élytres sont lisses, mais à ponctuation plus forte et plus dense (Brullé, 1835) (Fig. 99, 100).



**Figure 99:** Vue dorsale d'un *Dytiscus circumflexue*



**Figure 100:** Vue ventrale d'un *Dytiscus circumflexue*.

**Caractéristiques de *Dytiscus marginalis* Linnaeus 1758**

La longueur du corps est de 50-55 mm. La couleur est d'un brun verdâtre foncé. Les bordures antérieures et postérieures jaunes du pronotum sont aussi nettes et presque aussi larges que celles des bords latéraux. La larve du premier stade est de coloration variable, souvent brunâtre et sombre, avec une bande sagittale claire bien nette (**Bégimbart, 1895**) (**Fig. 101, 102**).



**Figure 101 :** Vue dorsale d'un *Dytiscus marginalis*.



**Figure 102 :** Vue ventrale d'un *Dytiscus marginalis*.

**Caractéristiques de *Dytiscus dimidiatus* Bergsträsser 1778**

La longueur du corps est de 27-35mm. Le pronotum bordé de testacé sur les quatre côtés, mais la bordure antérieure et la postérieure réduites à un simple liséré. Les dessous testacés à sutures noires. Les lignes méta coxales peu abrégées et fortement divergentes. Les pattes de couleur brun ferrugineux. La face inférieure des métas fémurs à ponctuation simple, écartée, avec l'angle apical postérieur droit, vif et même un peu saillant (**Bégimbart, 1895**) (**Fig.103, 104**).



**Figure 103 :** Vue dorsale d'un *Dytiscus dimidiatus*.



**Figure 104 :** Vue ventrale d'un *Dytiscus dimidiatus*.

### *Caractéristiques de Laccophilus minutus* Linnaeus 1758

La longueur du corps est de 4,2-4,8 mm. Ovale, à peine atténué en arrière, arrondi à l'extrémité. La tête est large, d'un testacé verdâtre, les yeux d'un noir glauque. Les antennes et palpes sont jaunâtres. Les angles antérieurs peu saillants et peu aigus, les postérieurs presque droits. Les élytres assez régulièrement ovalaires, très légèrement atténuées en arrière, arrondies à l'extrémité et déprimées, elles sont d'un brun verdâtre, avec quelques petites taches irrégulières placées le long du bord externe et à la base, toutes ces taches un peu plus pâles que le fond, sont à peine visibles et très-souvent disparaissent complètement ; elles offrent aussi en arrière, le long du bord externe, quelques poils blonds sortant de petits points enfoncés; la portion réfléchie est verdâtre. Le dessous du corps est d'un testacé plus ou moins rougeâtre. Les pattes vertes plus ou moins claires (Aubé, 1838) (Fig. 105, 106).



**Figure 105 :** Vue dorsale d'un *Laccophilus minutus*.



**Figure 106 :** Vue ventrale d'un *Laccophilus minutus*.

### 3.6.2.3. Noteridae

#### *Caractéristiques de Hydrocanthus iricolor* Say1823

La longueur du corps est de 4 -5 mm, ovalaire, allongé, atténué en pointe à l'extrémité et assez convexe. La couleur de la tête est rouge ferrugineux, lisse, avec deux gros points enfoncés le long du bord antérieur de l'épistome. Les yeux noirs, à peine saillants. Les antennes et palpes testacés. Menton trilobé, le lobe du milieu très-court. Les trois premiers articles des palpes maxillaires courts, égaux entre eux, le dernier est le plus long de tous. Les deux premiers articles des palpes très-courts, le dernier très-large. Les élytres sont ovalaires. Les pattes de devant armées à l'extrémité d'un très-fort éperon recourbé.

Les trois premiers articles des tarse antérieurs et intermédiaires des mâles sont peu dilatés de petites cupules, le premier beaucoup plus grand et plus fort que les deux autres. Les pattes postérieures larges, comprimées, leurs tarse ciliés et terminés par deux crochets égaux et mobiles. Le prolongement des coxa postérieures large, assez long, coupé obliquement en dedans et terminé en pointe (**Brullé, 1835**) (**Fig. 107, 108**).



**Figure 107 :** Vue dorsale d'un *Hydrocanthus iricolor*



**Figure 108 :** Vu ventrale d'un *Hydrocanthus iricolor*

### 3.6.3. Héteroptères

#### 3.6.3.1. Notonectidae

##### *Caractéristiques d'Anisops sardae* Herrich-Schaeffer 1850

L'identification de l'espèce *Anisops sardae*, a été réalisée selon la clé de **Poisson, (1957)**. Elle est de couleur jaunâtre ou blanc crémeux. La base des fémurs postérieurs, de teinte orange lorsqu'ils sont vivants. Les sternites abdominaux et l'apex de l'abdomen, sont brun noir. Les yeux sont bruns, les hémélytres sont incolores et vitrés. Le mâle est d'une forme allongée à côtés subparallèles long de 7,5 à 8,5 mm. La tête proéminente en avant, sous forme d'une corne céphalique à côtés convergents. Cette corne provient du développement de la région dorsale du tubercule facial. Le 3<sup>ème</sup> article rostral porte de longs éperons divergents. Le tibia de la patte antérieure, 1,6 fois aussi long que le tarse, lequel est 2,35 aussi long que la plus longue griffe, le tibia porte six courtes soies épaisses sur sa marge antérieure, certaines étant spatulées à l'extrémité; l'autre soie, courte, est implantée près du peigne stridulant, ce peigne est porté par une arête surélevée, il est composé de 16 à 18 dents plates, plus larges à l'extrémité proximale, et les tibias intermédiaires: 1,3 fois plus longs que les tarses. Les tibias postérieurs sont environ. 1,4 à 1,5 fois aussi longs que les tarses. (Fig. 109, 110).



**Figure 109:** Vue dorsale d'*Anisops sardea*.



**Figure 110 :** Vue ventrale d'*Anisops sardea*.

##### *Caractéristiques de Notonecta glauca* Linné 1850

L'identification de l'espèce *Notonecta* a été réalisée selon la clé de **Poisson, (1957)**. Les différents critères déterminant l'espèce portant sur Hémélytres jaunâtres, ornés de quelques petites taches brunes le long de la marge et une à l'angle interne. Métanotum et dos de

l'abdomen noirs. Les nervures des ailes postérieures brunes à la base. La face ventrale de l'abdomen est plus ou moins noire. La tête est légèrement convexe; le vertex est plus court qu'il n'est large en avant. La marge du vertex moins convexe que celle des yeux. La tête moins de la moitié aussi longue que le pronotum.

La marge latérale du pronotum peu divergentes et légèrement concaves, l'angle latéral antérieur émoussé, enclave peu l'œil correspondant. Le scutellum est plus long que le pronotum. Le lobe antérieur de la membrane, est plus long que le postérieur. Le trochanter antérieur avec une légère protubérance. Le méso trochanter est arrondi. Le dernier sternite abdominal des femelles est rétréci près de sa pointe qui est émoussée. La première paire de gonapophyses des femelles moyennement développés. (Fig.111, 112).



**Figure 111:** Vue dorsale de *Notonecta glauca*.



**Figure 112:** Vue ventrale de *Notonecta glauca*.

### 3.6.3.2. Corixidae

#### *Présentation systématique et caractéristiques de Corixa punctata Illger1807*

L'identification systématique de l'espèce *Corixa punctata* été réalisée selon la clé de **Poisson, (1957)**, elle repose sur les caractéristiques suivantes: Pronotum 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. Partiellement confluentes en lignes transverses à l'extrême de la base du clavus.

Les tâches de la périphérie de la membrane, sont distribuées radiairement. Pubescence des hémélytres est faible. La tête et les pattes sont de couleurs jaunes. Le milieu du thorax porte

quelques taches de couleur noir sur les coxae, 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 tarse. Les fémurs postérieurs présentant sur leur face externe, apicale, une rangée de courtes épines groupées par deux, trois ou quatre. Le corps est d'une couleur sombre, ils ont de longues pattes postérieures qui leur sert à nager à la surface de l'eau; ces pattes puissantes sont recouvertes de micro-poils qui les aident à se propulser très rapidement (**Fig. 113, 114**).



**Figure 113 :** Vue dorsale de *Corixa punctata*.



**Figure 114 :** Vue ventrale de *Corixa punctata*.

### 3.6.3.3. Pleidae

#### *Caractéristiques de Plea minutissima* Leach 1817

Cette espèce est une petite Hydrocorise à corps fortement convexe dont la tête et le prothorax sont partiellement fusionnés son été réalisé selon la clé de **Poisson, (1957)**.

Le rostre de 4 articles, et les antennes de 3 articles. Les pattes sont de type ambulatoire avec des prétarses armés de deux griffes. Les tibias et tarse postérieurs ont toutefois' frangés de deux rangées de soies. Les hémélytres sont très sclérifiés, subtriangulaires avec clavus et corium. Seuls, bien définis; la membrane est représentée par une range, celle de l'hémélytre droit formant avec le gauche un dispositif d'occlusion. Il existe des glandes odorifiques. Corps oblong et scaphoïde en dessus, obtus en avant. Pigmentation blanchâtre ou grisâtre. Pronotum et Hémélytres densément et profondément ponctués, les intervalles simulant çà et là, un réseau polygonal. Un trait médian ferrugineux sur le vertex; scutellum peu ponctué et plus Have. Parfois une vague tache oblique rembrunie vers l'extrémité de l'hémélytre, très

inconstante. Dessous du corps noirâtre, pattes Haves. Tête transverse à yeux distants. Tous les tarses, de trois articles. (Fig 115, 116).



**Figure 126 :** Vue dorsale de *Plea minutissima*.



**Figure 127:** Vue ventrale de *Plea minutissima*.

#### 3.6.3.4. Nepidae

##### *Caractéristiques de Nepa cinerea* Linnaeus 1758

C'est une espèce d'insectes hétéroptères, une grande punaise aquatique de la famille des Nepidae, l'identification de l'espèce a été réalisée selon la clé de **Poisson, (1957)**. Les antennes courtes sont abritées dans des fossettes entre la tête et le thorax. Les pattes antérieures sont ravisseuses alors que les deux autres paires ne présentent pas d'adaptation particulière à la nage. Cette punaise est prédatrice et peut même se saisir d'alevins. Ses déplacements sont cependant plutôt lents. Sa couleur lui permet de passer inaperçue dans les zones vaseuses encombrées de débris végétaux qu'elle affectionne. Elle respire par l'intermédiaire d'un siphon caudal en remontant périodiquement à la surface. La nèpe a une respiration trachéenne. Pour respirer, elle reste en contact avec la surface par l'intermédiaire d'un long tube respiratoire qui conduit l'air directement aux trachées (**Fig. 117, 118**).



Figure 117 : Vue dorsale de *Nepa cinerea*



Figure 118 : Vue ventrale de *Nepa cinerea*

### 3.6.4. Cladocères

#### 3.6.4.1. Daphnidae

##### *Caractéristiques de Daphnia magna* Müller 1785

Sa taille varie entre 3 et 5 mm à l'âge adulte. Le corps est subdivisé en 2 parties : la tête et le corps. La tête comporte les yeux, la bouche et 2 antennes qui servent à la locomotion et le rostre (**Fig. 119**). Le corps est protégé par une carapace transparente qui est changée lors des mues (**Fig. 120**). Cette carapace est terminée par une épine caudale (**Fig. 121, 122**). Le tube digestif traverse tout le corps de la daphnie et se termine au niveau de la griffe post-abdominale. La partie ventrale n'est rectiligne, équipée d'appendices qui filtrent le phytoplancton. La partie dorsale est constituée d'une cavité qui joue le rôle d'une chambre de maturation pour les œufs (**Fig. 123**). Le cœur est situé au-dessus de la chambre de maturation. Quant aux ovaires, ils sont placés de part et d'autre de l'intestin. La carapace présente une carène dorsale prolongée en avant. La capsule céphalique présente des expansions latérales. La patte abdominale présente un bord dorsal échancré (**Amoros, 1984**) (**Fig. 124**).



Figure 119 : Partie antérieure, présence de rostre (G. X 1000).

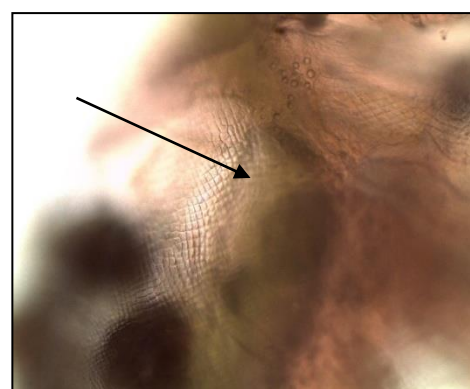
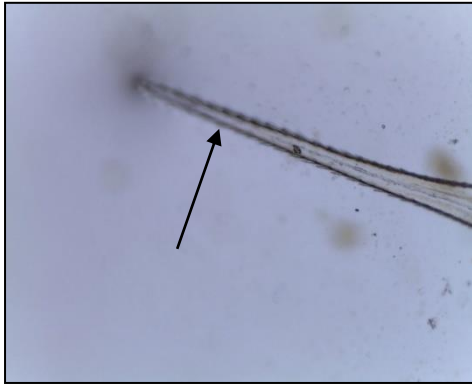


Figure 120: Présence de cuticule (G. X 4000).



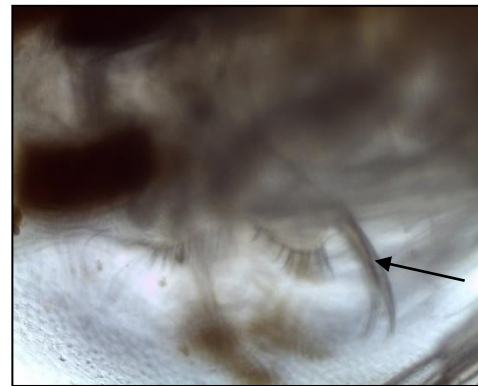
**Figure 121 :** Présence d'épine caudale (G.X1000).



**Figure 122:** Partie postérieure (G. X 400).



**Figure 123:** Cavité incubatrice (G. X1000)



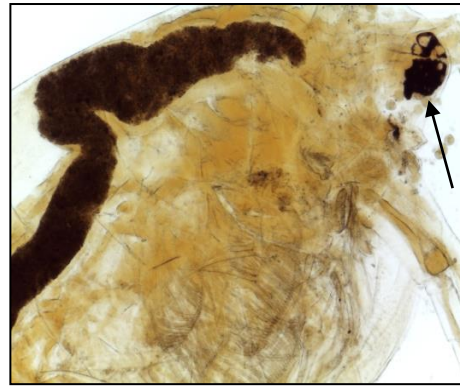
**Figure 124 :** Bord échancré de la patte abdominale (G. X4000).

***Caractéristiques de Simocephalus vetulus Müller 1776***

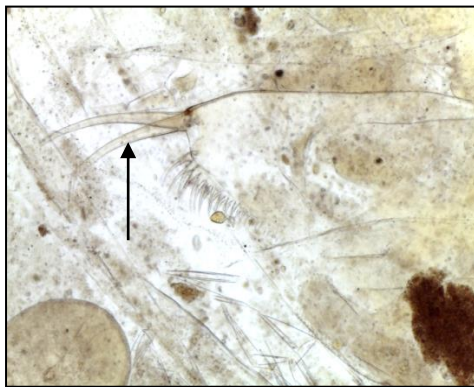
A une tête relativement petite, nettement délimitée de la carapace par une dépression sur sa face dorsale (**Fig. 125**). La hauteur maximale de la carapace est située en arrière du milieu. Le front est arrondi; l'ocelle très allongé comme étiré (**Fig. 126**), griffe distale du post-abdomen munie d'une rangée de fines soies réparties sur toute la longueur de la griffe (**Fig. 127, Fig. 128**) (Amoros, 1984).



**Figure 125:** Vue général de *Simocephalus vetulus* (Gr. X10).



**Figure 126:** Ocelle étiré de *Simocephalus vetulus* (Gr. X40)



**Figure 127 :** La griffe distale du post-abdomen (Gr. X40).



**Figure 128 :** Griffe distale du post-abdomen (Gr. X100).

### ***Présentation systématique et caractéristiques de Simocephalus expinosus Koch 1841***

Le corps de cette espèce est comprimé latéralement surtout dans la région ventrale des valves (**Fig. 129**). La carapace bivalve dépourvue d'épine caudale, à angle dorso-postérieur arrondi (*Simocephalus vetulus* ; *Simocephalus expinosus*) ou proéminent (*Simocephalus serrulatus*) (**Fig. 130**). La forme de la tête est très caractéristique avec un front proéminent, une « face » plus ou moins concave et un très petit rostre. Le bord dorsal du post abdomen présente une concavité bien marquée dans laquelle s'ouvre l'anous. Front arrondi, sans épine; ocelle rhomboïdal. La griffe distale du post abdomen est munie d'une rangée de fines soies réparties sur tout la longueur de la griffe et d'une série de soies plus fortes, forment comme un peigne à la base de la griffe (**Fig. 131**). L'angle dorso-postérieur de la carapace est arrondi. La femelle est de 1,5 à 3,5 mm de long; le biotope est de petites dimensions, riche en macrophytes (étangs, mares, fossés, bars-morts, marais ; très rare dans les eaux courantes ; oligotrophes ou très acide), c'est une espèce commune (**Amoros, 1984**).

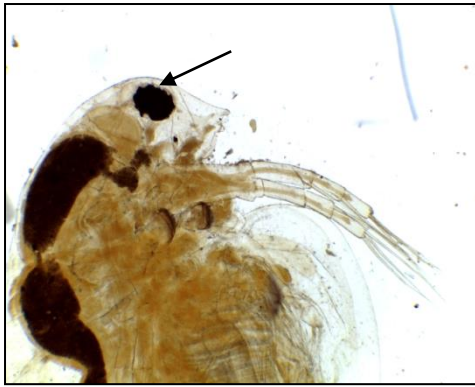


Figure 129 : Ocelle rhomboïdal (Gr. X40).



Figure 130: Carapace bivalve dépourvue d'épine (Gr. X40).

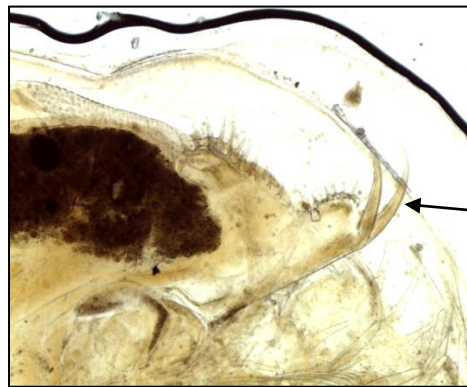


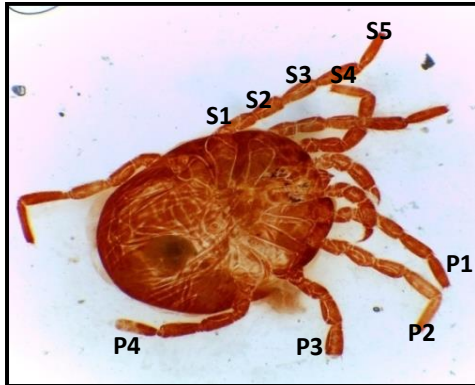
Figure 131: Griffes distales du post abdomen (Gr. X100).

### 3.6.5. Hydrachnidia

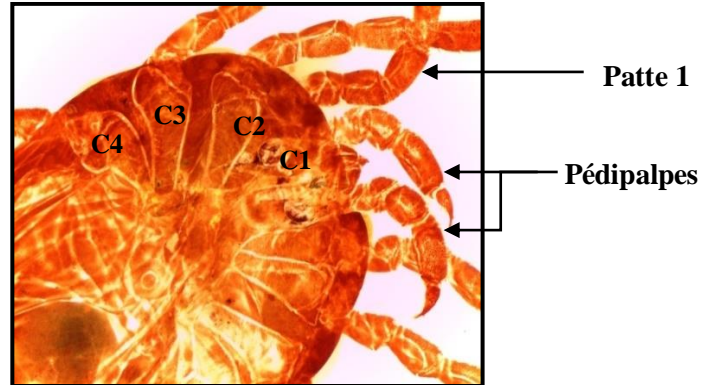
#### *Caractéristiques d' Eylais hamata* Koenike 1897

C'est l'une des plus grandes espèces d'hydracariens, la femelle peut atteindre jusqu'à 4-7 mm de longueur. Ils sont caractérisés par leur couleur rouge brune, qui est dû à la présence des caroténoïdes (Czeczuga & Czerpabk, 1968). Le corps est d'une forme ronde et aplatie, les yeux sont situés à l'extrémité du corps et séparés par un pont long et étroit (Fig. 132). Le dimorphisme sexuel peut paraître à l'œil nu par la différence de taille, la femelle est généralement plus grande que le mâle, ainsi, la forme de la plaque oculaire peut différencier les deux sexes, chez la femelle le pont oculaire est plus épais que chez le mâle (Fig. 133). L'espèce *Eylais hamata* se caractérise par la forme spécifique des Coxae, dont les deux premières paires sont disposées d'une manière encollée, les deux dernières se séparent avec un allongement de la quatrième paire formant un triangle. Aussi, une particularité de cette espèce est que sa dernière paire de patte est plus longue par rapport aux trois autres paires, ce

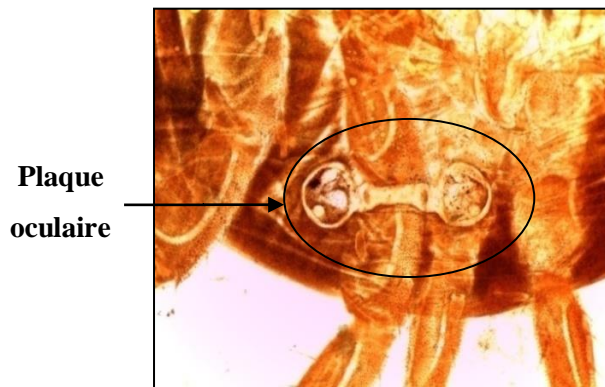
qui lui offre une locomotion spécifique. L'orifice génital mâle est formé par de deux longues et étroites plaques chitineuses, étendu à la troisième partie postérieure, avec de nombreux poils longs. On peut apercevoir les larves dans les œufs au moment de l'éclosion (Fig. 134), d'une couleur rouge, ayant trois paires de pattes (Fig. 135).



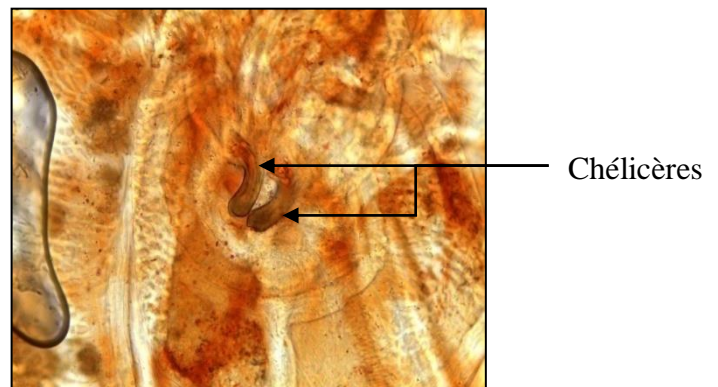
**Figure 132:** Vue d'ensemble ventrale d'*Eylais hamata* (Agr. 19,55).



**Figure 133:** Vue ventrale d'*Eylais hamata* C : Coxae (Agr. 36,19).



**Figure 134:** Plaque oculaire d'*Eylais hamata* (Agr. 43,71).

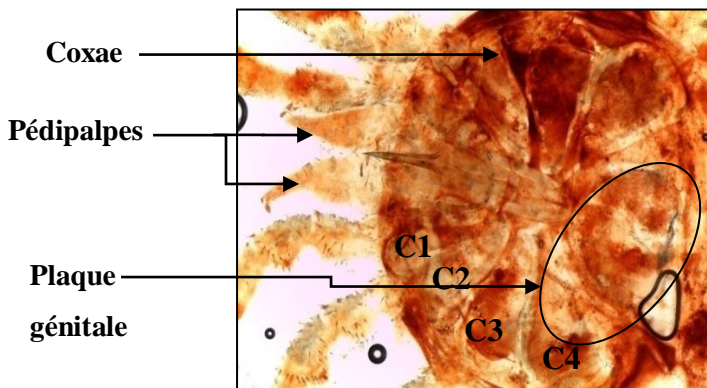


**Figure 135:** Chélicères d'*Eylais hamata* (Agr. 60,82).

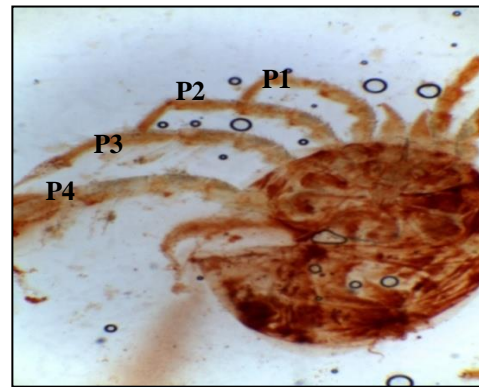
### Caractéristiques de *Eupatra rotunada* Piersig1906

Les individus sont de couleur rouge sombre, parfois brun ou même noir, son corps est ovale et allongé, et densément couverte de papilles. Chez les mâles, la longueur du corps est de 1,35 mm alors que la largeur est de 1 mm. Les yeux sont fixés sur chaque côté du corps et séparés l'une de l'autre par une plaque dorsale. Les pédipalpes sont assez courts et très robustes dans leurs trois articles basaux, tandis que le quatrième est assez élancé. L'adulte de cette espèce est caractérisé par des coxae disposés en quatre groupes recouvrant à peu près deux

cinquièmes de la ventrale, les pointes des premières coxae atteignent presque le bord frontal, alors que la quatrième plaque est relativement plus longue, et l'organe génital ne la dépasse pas en arrière (**Fig. 136**). La première et la deuxième paire de patte portent de grandes épines, alors que les deux paires de pattes arrière sont garnies de soies natatoires multiples (**Fig. 137**). Cette espèce vit dans les cours d'eau, les lacs, les étangs peu profonds, les marécages et même trouvée dans l'eau saumâtre.



**Figure 136:** Vue ventrale d'adulte d'*Eupatra rotunada*, C: Coxae (Agr. 38,66).



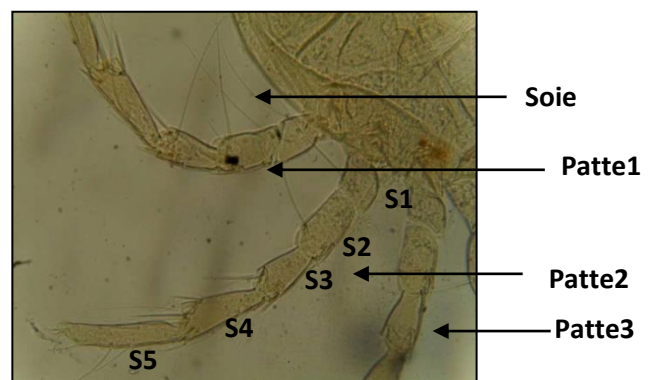
**Figure 137:** Pattes d'*Eupatra rotunada* P: Patte (Agr. 13,96).

### Caractéristiques de *Piona uncata* Koenike 1888

Est d'un corps sphérique, d'une couleur verte à jaune avec des taches noires, la taille des individus varie environ de 1 à 3 mm, les yeux sont séparés et se trouvent dans la partie dorsale antérieure du corps. *Piona uncata* possède des coxae qui caractérisent le genre de *Piona*, dont leur disposition est serrée vers la partie antérieure de la face ventrale. La quatrième paire de coxae est d'une forme triangulaire spécifique et pointue vers le bas (**Fig. 138**). Les pattes sont d'une couleur marronne, munis de nombreuses soies. (**Fig. 139**).



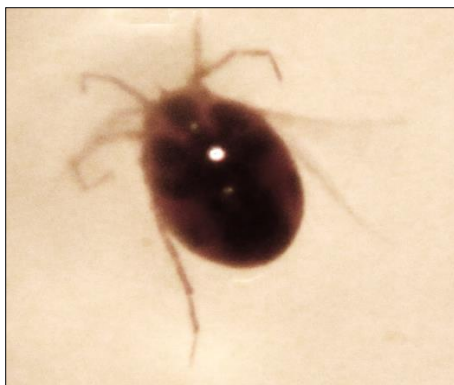
**Figure 138:** Vue ventral de *Piona uncata* (Agr.15,  $8 \times 10^3$ ).



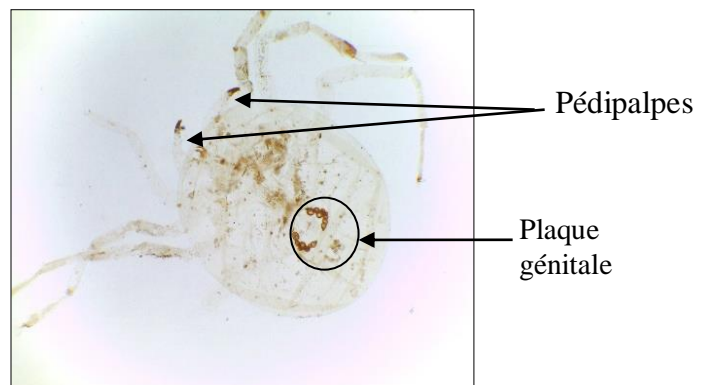
**Figure 139:** Les trois pattes de *Piona uncata* (Agr.37,  $4 \times 10^4$ ).

**Caractéristiques de *Piona nodata* Müller 1781**

Ces espèces sont d'une taille petite parmi les hydracariens, elles sont lisses, d'une couleur brune, leur corps est d'une forme ovale, les yeux sont séparés de part et d'autre dans la partie antérieure du corps sans plaque médiane (**Fig. 140**). Les Coxae occupent les deux tiers de la face ventrale pour le mâle, et plus que la moitié pour les femelles, celles-ci sont plus grandes. Leurs pattes sont assez développées et longues, d'où, elles nagent d'une grande vitesse dans des directions différentes (**Fig. 141**). Leur plaque génitale est séparée en deux et reliées par un pont médian, de chaque côté un nombre d'acétabula qui varie de 8 à 12 et qui caractérise cette espèce. Les pédipalpes aussi présentent une spécificité pour cette espèce, ils sont considérablement courts avec une terminaison dense et dure (**Fig. 142**). Leurs chélicères sont relativement courtes. Ces espèces sont parmi les hydracariens les plus abondants (**Stryjecki, 2010**).



**Figure 140** :Vue dorsale de *Piona nodata* (Agr. 2x10).



**Figure 141**: Vue ventrale de *Piona nodata*. (Agr.3x10).



**Figure 142**: Plaque génitale d'adulte femelle de *Piona nodata* (Agr. 12x10).

### 3.6.6. Odonate

#### *Caractéristiques de Boyeria irene Fonscolombe 1838*

L'æschne paisible (*Boyeria irene*) est une espèce de libellules (Odonata). L'æschne paisible atteint 95 mm d'envergure pour une longueur de 63 à 71 mm. C'est une espèce cryptique, les mâles étant d'une couleur vert pâle et les femelles brunâtres. Ces dernières présentent deux morphes, *f. brachycerca* et *f. typica* que l'on distingue par la longueur des cercoïdes, le dernier morphe étant le moins fréquent. Les yeux des individus des deux sexes sont verts et l'apex des ailes présente des zones enfumées (Fig. 143, 144).



Figure 143 : Vue dorsale de *Boyeria irene*.



Figure 144 : Vue ventrale de *Boyeria irene*.

**3.7. Effet toxique de deux molécules : chimique (Dimilin) et biologique (*Bacillus thuringiensis israelensis*) à l'égard de quelques espèces d'insectes aquatiques non visées.**

**3.7.1. Effet toxique du Dimilin**

**3.7.1.1. Effet toxique de la CL<sub>10</sub>**

La sensibilité à l'insecticide était hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre les espèces en fonction du temps d'exposition. Le Dimilin a montré un effet toxique à l'égard de toutes les espèces traitées à la dose la plus faible, par rapport au groupe témoin, qui n'a enregistré aucune mortalité. Les espèces ont été classées par ordre décroissant, selon leurs sensibilité qui s'exprime par le taux de mortalité (**Tableau 13, Fig. 145**). Le traitement à la CL<sub>10</sub> après 24h, indique que *B. signaticollis* était la plus sensible avec  $2,66 \pm 0,57$  % de mortalité suivi de *C. punctata* ( $2,33 \pm 0,6$ ), *N. glauca* ( $2,33 \pm 0,6$ ), *D. magna* ( $2,0 \pm 0,57$  %), *P. minutissima* ( $1,33 \pm 0,1$  %) et *A. sardae* ( $0,66 \pm 0,1$  %).

Cependant après 48h d'exposition, la mortalité a été estimée à  $7,33 \pm 0,5$  % pour *C. punctata*, suivi de *N. glauca* ( $4,33 \pm 0,6$  %), *B. Signaticollis* ( $4,00 \pm 0,15$  %), *A. sardae* ( $3,66 \pm 1,73$  %), *D. magna* ( $2,33 \pm 0,5$  %) puis *P. minutissima* ( $2,33 \pm 0,2$  %). Le dernier jour de traitement (72h), l'espèce *C. punctata* était la plus sensible au Dimilin avec  $11,33 \pm 1,8$  % de mortalité, suivi de *N. glauca* ( $7,66 \pm 1,2$  %), *B. signaticollis* ( $6,33 \pm 0,57$  %), *A. sardae* ( $4,66 \pm 0,2$  %), *P. minutissima* ( $4,33 \pm 0,57$  %) et enfin *D. magna* ( $4,0 \pm 1$  %).

**Tableux 13 :** Effet toxique de Dimilin (CL<sub>10</sub>:3,9 ng/L) à l'égard des espèces non visées après 24h, 48h et 72h.

Espèces \ Temps	24h		48h		72h	
	Témoin	Traités	Témoin	Traités	Témoin	Traités
<i>A. Sardea</i>	0	$0,66 \pm 0,1$	0	$3,66 \pm 1,73$	0	$4,66 \pm 0,2$
<i>B. signaticollis</i>	0	$2,66 \pm 0,57$	0	$4,00 \pm 0,15$	0	$6,33 \pm 0,57$
<i>C. punctata</i>	0	$2,33 \pm 0,6$	0	$7,33 \pm 0,5$	0	$11,33 \pm 1,8$
<i>D. magna</i>	0	$2,0 \pm 0,57$	0	$2,33 \pm 0,5$	0	$4,0 \pm 1$
<i>N. glauca</i>	0	$2,33 \pm 0,6$	0	$4,33 \pm 0,6$	0	$7,66 \pm 1,2$
<i>P. minutissima</i>	0	$1,33 \pm 0,1$	0	$2,33 \pm 0,2$	0	$4,33 \pm 0,57$

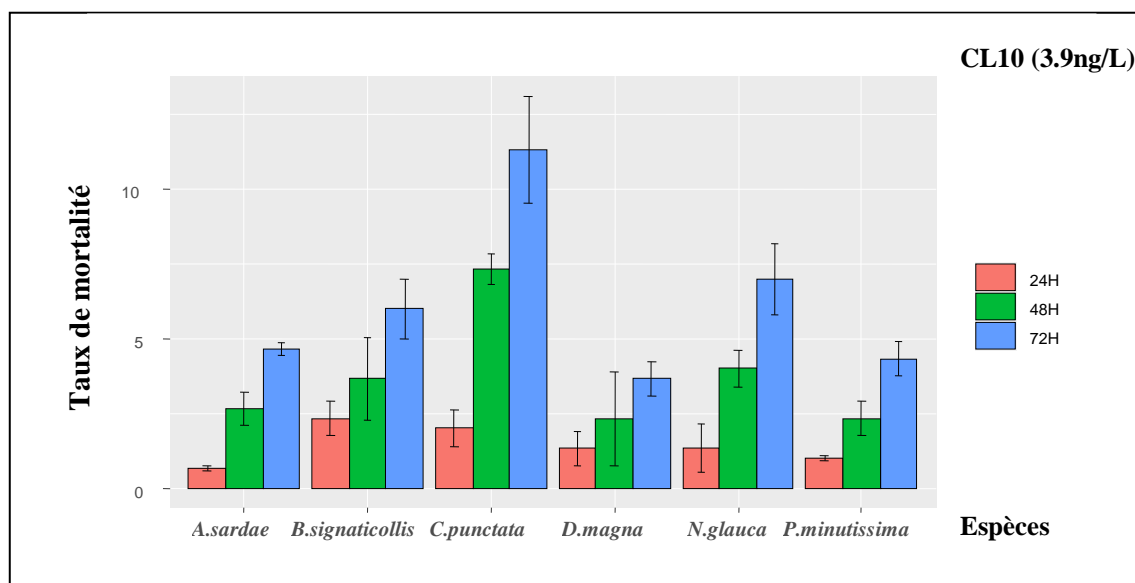


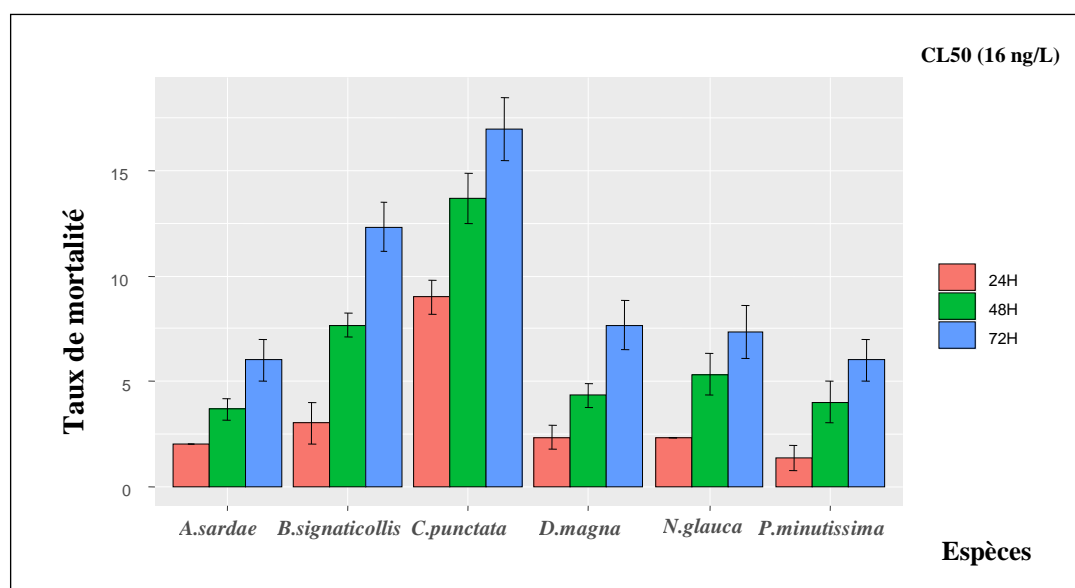
Figure 145 : Mortalité des six espèces traitées à la CL<sub>10</sub> de Dimilin.

### 3.7.1.2. Effet toxique de la CL<sub>50</sub>

Le traitement à la deuxième dose (CL<sub>50</sub>), les résultats montrent une sensibilité variable selon les espèces et le temps (Tableau 14, Fig. 146). La sensibilité à l'insecticide était hautement significative ( $p < 0,001$ ) pour chaque espèce en fonction du temps d'exposition. Après 24h d'exposition au Dimilin, *C. punctata* était la plus sensible avec une mortalité de  $9,0 \pm 0,8$  % suivie de *B. signaticollis* ( $4,0 \pm 0,2$  %), *D. magna* ( $3,0 \pm 1$  %), *N. glauca* ( $3,0 \pm 0,1$  %), *A. sardea* ( $2,66 \pm 0,4$  %) puis en fin *P. minutissima* ( $1,0 \pm 0,6$  %). Le deuxième jour de traitement à la CL<sub>50</sub> (48h), la mortalité a augmenté significativement ( $13,66 \pm 1,2$  %) pour *C. punctata*, puis *B. signaticollis* ( $7,66 \pm 0,57$  %), *N. glauca* ( $5,33 \pm 1$  %) et *D. magna* ( $4,33 \pm 0,57$  %), *P. minutissima* ( $4,0 \pm 1$  %) et *A. sardea* ( $3,66 \pm 0,5$  %). Le dernier jour du test (72h), *C. punctata* était la plus sensible avec  $17 \pm 1,5$  % de mortalité, suivie de *B. signaticollis* ( $12,33 \pm 1,0$  %), *D. magna* ( $7,66 \pm 1,15$  %), *N. glauca* ( $7,33 \pm 1,25$  %), *P. minutissima* ( $6,0 \pm 1,0$  %) et enfin *A. sardea* ( $6,0 \pm 1,0$  %).

**Tableaux 14 :** Effet toxique de Dimilin (CL<sub>50</sub>:16 ng/L) à l'égard des espèces non visées après 24h, 48h et 72h.

Espèces	24h		48h		72h	
	Témoin	Traités	Témoin	Traités	Témoin	Traités
<i>A.sardea</i>	0	2,66 ± 0,4	0	3,66 ± 0,5	0	6,0 ± 1,0
<i>B. signaticollis</i>	0	4,0 ± 0,2	0	7,66 ± 0,57	0	12,33 ± 1,0
<i>C.punctata</i>	0	9,0 ± 0,8	0	13,66 ± 1,2	0	17 ± 1,5
<i>D. magna</i>	0	3,0 ± 0,1	0	4,33 ± 0,57	0	7,66 ± 1,15
<i>N. glauca</i>	0	3,0 ± 0,1	0	5,33 ± 1	0	7,33 ± 1,25
<i>P.minutissima</i>	0	1,0 ± 0,6	0	4,0 ± 1	0	6,0 ± 1,0



**Figure. 146 :** Mortalité des six espèces traitées à la CL<sub>50</sub> de Dimilin.

Les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification ANOVA sont récapitulés dans le **tableau 15**. Les résultats obtenus ont montré que les deux doses avaient un effet létal sur l'espèce étudiée dans le temps.

Les données toxicologiques de Dimilin concernant les six espèces ont été soumises à une ANOVA à trois facteurs (Espèces, Doses et Temps), la différence était hautement

significative sur les espèces ( $p = 0,000$ ), les doses utilisées ( $p = 0,000$ ) et le temps d'exposition ( $p = 0,000$ ).

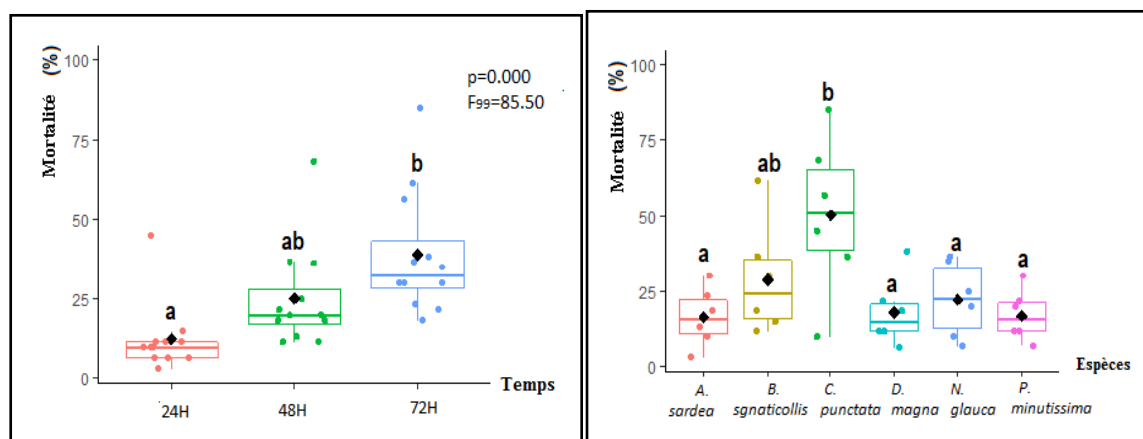
**Tableau 15 :** Comparaison inter-temps, inter-dose espèces et inter-doses à l'égard de six espèces non visées.

SV	DdL	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P
Temps	2	544,67	272,33	85,50	0,000
Espèces	5	648,33	129,67	40,71	0,000
Doses	1	176,33	176,33	55,36	0,000

Le test de TUKEY a présenté trois groupes, ce qui indique une différence significative selon le temps et entre les espèces étudiées à  $P < 0,05$ . Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $P > 0,05$ . Les limites de la boîte centrale indiquent l'intervalle interquartile (IQR) avec le premier quartile (Limite inférieure) et le troisième quartile (Limite supérieure).

La comparaison par paires du test de TUKEY indique que les box plots de la variation dans le temps, ont révélé l'existence de différences hautement significatives, un seul groupe pour 24h et 72h, et 2 groupes homogènes pour 48h (**Fig. 147 A**).

L'analyse des boîtes à moustaches par rapport au facteur espèce, a révélé des différences significatives entre les espèces étudiées, selon une nette hétérogénéité : deux groupes homogènes pour *B. signaticollis* et un seul groupe pour *A. sardea*, *C. punctata*, *N. glauca*, *P. minutissima* et *D. Magna* (**Fig. 147 B**). Cependant la comparaison par paire de Tukey indique que l'espèce la plus sensible est *C. punctata* suivie de *B. signaticollis* et la moins sensible *N. glauca* suivie de *D. magna*; *A. sardea* et enfin *P. minutissima*.



A

B

**Figure 147 :** Variations temps et espèces concernant le pourcentage de la mortalité sous l’effet de Dimilin. **a,b** et **ab** indiquent que la variation spatio-temporelles est significative à  $p < 0,05$ , en utilisant le test de Tukey. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $p > 0,05$ . Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (Borne inférieure) et le troisième quartile (Borne supérieure).

### 3.7.2. Effet toxique du *Bacillus thuringiensis israelensis* (*B.t.i*)

#### 3.7.2.1. Effet toxique de la $CL_{50}$

Les espèces non visées traitées à la  $CL_{50}$  (0,004 $\mu$ g/ml), on a observé une différence hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre les espèces en fonction du temps d'exposition. Le *B.t.i* a montré un effet toxique à l’égard de toutes les espèces traitées à la dose la plus faible, par rapport au groupe témoin, qui n'a enregistré aucun taux de mortalité significatif. Selon le taux de mortalité, les espèces sont classées par ordre décroissant (**Tableau 16, Fig. 148**). Le premier jour (24h) de traitement, *C. punctata* était la plus sensible avec  $3,66 \pm 1,52$  % de mortalité suivi de *D. magna* ( $1,66 \pm 0,1$  %), *N. glauca* ( $1,33 \pm 0,2$ ), *P. minutissima* ( $1,33 \pm 0,1$  %), *A. sardae* ( $1 \pm 0$  %) et *B. signaticollis* ( $0,33 \pm 0$  %). De même cela a été observé le deuxième jour de traitement (48h). Le pourcentage de mortalité cumulé a été estimée à  $5,33 \pm 0,57$  % pour *C. punctata*, suivi de *D. magna* ( $2,66 \pm 0,54$ %), *P. minutissima* ( $2,66 \pm 0,1$ %), puis *N. glauca* ( $2 \pm 1$  %), *A. sardae* ( $1,66 \pm 0,1$  %), *B. signaticollis* ( $1,33 \pm 0,2$  %). Pendant le troisième jour de traitement (72h), *C. punctata* était sensible au *B.t.i* avec  $6,66 \pm 0,57$  % de mortalité, suivi de *D. magna* ( $4,0 \pm 1$  %), *N. glauca* ( $3,66 \pm 0,2$  %), *P. minutissima* ( $3,33 \pm 0,1$  %), *A. sardae* ( $2,66 \pm 0,57$  %) et enfin *B. signaticollis* ( $1,66 \pm 0,1$  %).

**Tableau 16 :** Effet toxique de *B.t.i* ( $CL_{50}$ : 0,004 $\mu$ g/ml), à l’égard des espèces non visées après 24h, 48h et 72h.

Temps Espèces	24h		48h		72h	
	Témoin	Traités	Témoin	Traités	Témoin	Traités
<i>A.sardea</i>	0 $\pm$ 0	1 $\pm$ 0	0	1.66 $\pm$ 0.1	1 $\pm$ 0	2.66 $\pm$ 0.57
<i>B. signaticollis</i>	0 $\pm$ 0	0.33 $\pm$ 0	0	1.33 $\pm$ 0.2	0	1.66 $\pm$ 0.1
<i>C.punctata</i>	0.33 $\pm$ 0	3.66 $\pm$ 1.52	0.66 $\pm$ 0.1	5.33 $\pm$ 0.57	1 $\pm$ 0	6.66 $\pm$ 0.57
<i>D. magna</i>	0 $\pm$ 0	1.33 $\pm$ 0.1	0.33 $\pm$ 0	2.66 $\pm$ 0.54	0.33 $\pm$ 0	4 $\pm$ 1

<i>N. glauca</i>	0±0	1.33 ± 0.2	0±0	2 ± 1	0±0	3.66 ±0.2
<i>P.minutissima</i>	1±0	1.66 ±0.47	1±0	2.66 ±0.1	1±0	3.33 ±0.1

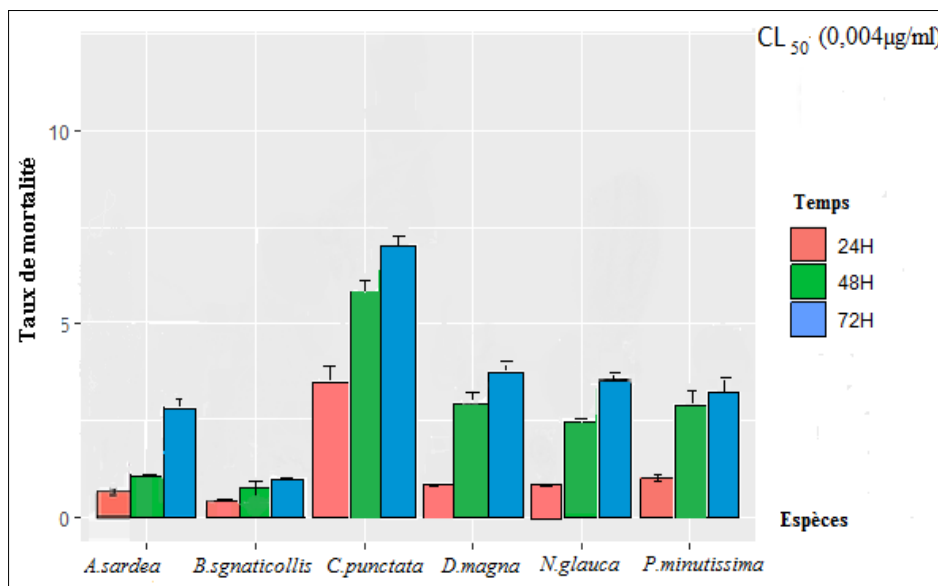


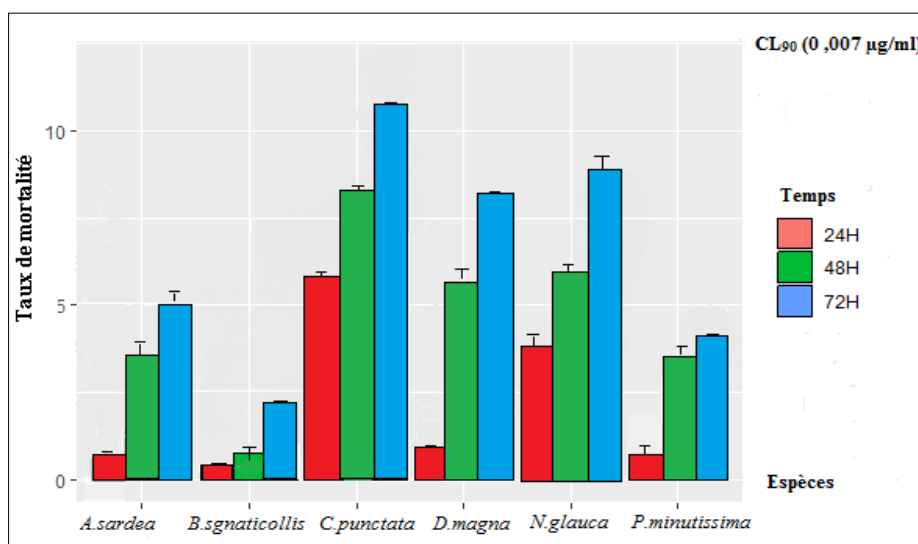
Figure 148: Mortalité des six espèces traitées à la CL<sub>50</sub> de *B.t.i*.

### 3.7.2.2. Effet toxique de la CL<sub>90</sub> de *B.t.i*

Après traitement de CL<sub>90</sub> (0.007 µg/ml) dans des espèces non ciblées, une différence hautement significative ( $p < 0,001$ ) a été observée entre les espèces en fonction du temps de traitement (24h, 48h et 72 h). Le *B.t.i* a montré un effet toxique sur toutes les espèces traitées avec la dose la plus faible par rapport au groupe témoin qui n'a montré aucune mortalité significative. Les espèces sont répertoriées par ordre décroissant de mortalité (**Tableau 17, Fig. 149**). Après 24h d'exposition au *B.t.i*, *C. punctata* était la plus sensible, avec un taux de mortalité de  $5.66 \pm 0.57$ , suivie de *N. glauca* ( $3 \pm 1\%$ ), *D.magna* ( $2.66 \pm 0.57$ ), *P. minutissima* ( $1,66 \pm 0,5 \%$ ), *A.sardea* ( $1,66 \pm 0,3\%$ ) et *B. signaticollis* ( $1,33 \pm 0,57\%$ ). De même, cela a été observé à 48 h, la mortalité cumulée a été estimée à  $8 \pm 1\%$  pour *C. punctata*, *D. magna* ( $6 \pm 1 \%$ ), puis *N glauca* ( $5,66 \pm 0,57 \%$ ). *P. minutissima* ( $3,33 \pm 0,57 \%$ ), *A.Sardae* ( $3 \pm 1 \%$ ), et *B. signaticollis* ( $1,66 \pm 0,2 \%$ ). Le dernier jour du test (72h), *C. punctata* était sensible au *B.t.i*, la mortalité était de ( $11 \pm 1\%$ ), *N. glauca* ( $9 \pm 1 \%$ ), *D. magna* ( $4,0 \pm 1 \%$ ), puis *A. sardea* ( $5 \pm 1\%$ ), *P. minutissima* ( $4 \pm 0 \%$ ), et enfin *B. signaticollis* ( $2 \pm 0\%$ ).

**Tableau 17 :** Effet toxique de *B.t.i* (CL<sub>90</sub> :0,007 µg/ml) à l'égard des espèces non visées après 24h, 48h et 72h.

Espèces	24h		48h		72h	
	Témoin	Traités	Témoin	Traités	Témoin	Traités
<i>A.sardea</i>	0	1.66 ±0.3	0	3 ±1	0	5 ±1
<i>B. signaticollis</i>	0	1.33±0.57	0	1.66 ±0.2	0	2 ±0
<i>C.punctata</i>	0	5.66±0.57	0	8±1	0	11±1
<i>D. magna</i>	0	2.66±0.57	0	6 ±1	0	8 ± 0.3
<i>N. glauca</i>	0	3 ±1	0	5.66 ±0.57	0	9 ±1
<i>P.minutissima</i>	0	1.66 ±0.5	0	3.33 ±0.57	0	4 ± 0



**Figure 149 :** Mortalité des six espèces traitées à la CL<sub>90</sub> de *B.t.i*.

Les résultats de la comparaison, entre les trois temps (24h; 48h et 72) de la toxicité du *B.t.i* pour chacune des 2 doses (CL<sub>50</sub> et CL<sub>90</sub>) à l'égard de six espèces de la faune associé par le test de l'ANOVA sont synthétisés dans le **tableau 18**.

Les données toxicologiques de *B.t.i* concernant les six espèces ont été soumises à une ANOVA à trois facteurs (Espèces, Doses et Temps), il y avait un effet hautement significatif sur les espèces (p = 0,000), les doses (p = 0,000) et un effet non significatif (p> 0,05) pour le temps d'exposition (p = 0,420).

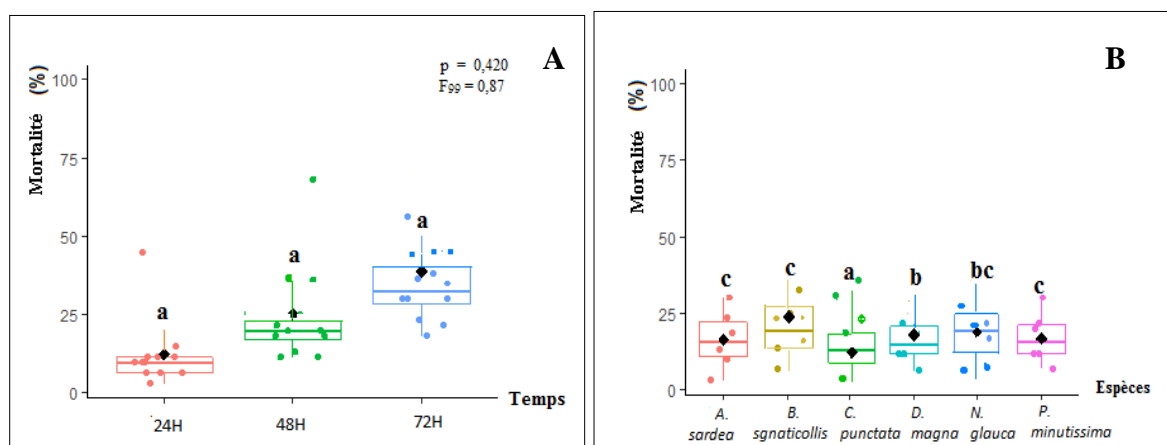
**Tableau 18 :** Comparaison inter-temps, inter- espèces et inter-doses à l’égard de six espèces non visées.

SV	DdL	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P
Temps	2	5,241	2,620	0,87	0,420
Espèces	5	306,63	61,32	20,48	0,000
Doses	1	112,03	112,03	37,41	0,000

Le test de TUKEY a présenté trois groupes, ce qui indique une variance significative dans le entre les espèces étudiées à  $p < 0,05$ , et un seul groupe entre le temps qui indique une variance non significatif ( $p > 0,05$ ). Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $P > 0,05$ . Les limites de la boîte centrale indiquent l'intervalle interquartile (IQR) avec le premier quartile (limite inférieure) et le troisième quartile (limite supérieure).

La comparaison par paires du test de TUKEY indique que les box plots de la variation dans le temps, indiquent que le *B.t.i* n’a pas d’effet toxique sur les individus pour la dose CL<sub>50</sub> et CL<sub>90</sub> avec un effet non significatif ( $p > 0,05$ ) pour les espèces étudiée, un seul groupe homogène pour 24h ; 48h et 72 h (**Fig. 150 A**).

En analysant le facteur espèce, les boîtes à moustaches ont révélé des différences significatives entre les espèces étudiées, avec une nette hétérogénéité, deux groupes homogènes pour *N. glauca* et un seul groupe formé par cinq espèces (*A. sardea*; *C. punctata*; *P. minutissima*; *D. magna* et *B. signaticollis*) (**Fig. 150 B**).



**Figure 150 :** Variations temps et espèces concernant le pourcentage de la mortalité sous l’effet de *B.t.i*. **a**, **b**, **c** et **bc** indiquent que la variation spatio-temporelles est significative à  $p < 0,05$ , en utilisant le test de Tukey. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $p > 0,05$ . Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (Borne inférieure) et le troisième quartile (Borne supérieure).

### 3.8. Evaluation du potentiel prédateur de quelques espèces d'invertébrés à l'égard de *Culex modestus*

Pour intégrer les Hétéroptères dans la lutte biologique anticulicidienne, nous avons procédé à déterminer la capacité prédatrice des adultes de trois espèces, les plus abondantes des hétéroptères (*Anisops sardae* ; *Corixa punctata* & *Notonecta glauca*) et un modèle de poisson culiciphage idéale (*Gambusia affinis*) à l'égard des différents stades larvaires. Nous avons testé le potentiel prédateur d'un seul individu d'hétéroptères et un seul individu de *Gambusia affinis* à l'égard de tous les stades larvaires (L1; L2; L3; L4) de *Culex modestus*. Les données de l'évaluation de l'activité prédatrice quotidienne de 3jours, dans un milieu filtré (24 h; 48 h et 72 h), sont résumés dans le **tableau 19**.

**Tableau 19:** Analyse descriptive de prédation selon le temps et le stade larvaire de *Cx. modestus* (Moyenne ± Ecartype).

Temps	Stades	<i>A. sardae</i>	<i>C. punctata</i>	<i>N. glauca</i>	<i>G. affinis</i>
		M±E	M±E	M±E	M±E
24h	Témoin	0	1±0	0	0
	L1	5,66 ± 3,05	3,66±2,08	9,33±4.04	6,66 ±1,52
	L2	4 ± 1	2,00±1,5	10,33±2,51	10,33±1,52
	L3	17,66 ± 1,52	13 ,00 ±1	9,33±4,04	5,66±1
	L4	8,66 ± 4,93	7 ,00± 5	9,00 ± 2,64	6,33±1,52
48h	Témoin	1±0	0,66±0,01	0	0
	L1	9± 3,46	4,66 ±2,08	13,00 ±3,60	12±2
	L2	11 ± 4	7,66 ± 2,42	12,00 ±2,00	11±2
	L3	19±0	15,66±3,51	13,66±1,52	13±2,64
	L4	10,33 ± 5,03	10,66± 4,72	12,00 ±2,00	11,66±1,52
72h	Témoin	0	20,00±00	1,99±0,1	2,89±0,11
	L1	16 ± 5,16	11,66±6,02	19,33±1,15	19,66±0,57
	L2	17,33 ± 4,61	15 ,66±3 ,51	18,33±1,52	20±0
	L3	20±0	14,66±4 ,72	19,00 ±1,00	20±0
	L4	15,33 ± 4,04	3,66±2,08	16,00 ±1,05	19±1

**Tableau 20 :** Pourcentage de consommation totale dans les trois jours (%).

Espèces \ Stades	<i>A.sardae</i>	<i>C.punctata</i>	<i>N. glauca</i>	<i>G. affinis</i>
L1	80	100	90	98,33
L2	88,33	81,66	80	100
L3	100	80	85	100
L4	76,66	70	70	95

### 3.8.1. *Anisops sardae*

En ce qui concerne cette espèce, la prédation des larves de *Cx. modestus* au bout des première 24 heures comme c'est le cas pour d '*A. sardae*, a visé surtout le stade L<sub>3</sub> (88%) dans les premières 24h, puis (40%) des larves L<sub>2</sub>. Au bout de 48 heures une consommation de 95% des larves L<sub>3</sub>, puis (60%) pour les L<sub>2</sub>. Enfin au bout des 72 heures, le taux global de consommation des différents stades larvaire est comme suit : était (100%) L<sub>3</sub>, (88,33%) L<sub>2</sub>, (80%) L<sub>1</sub> et (76,66%) L<sub>4</sub> (Tableau 20; Fig. 151, 155).

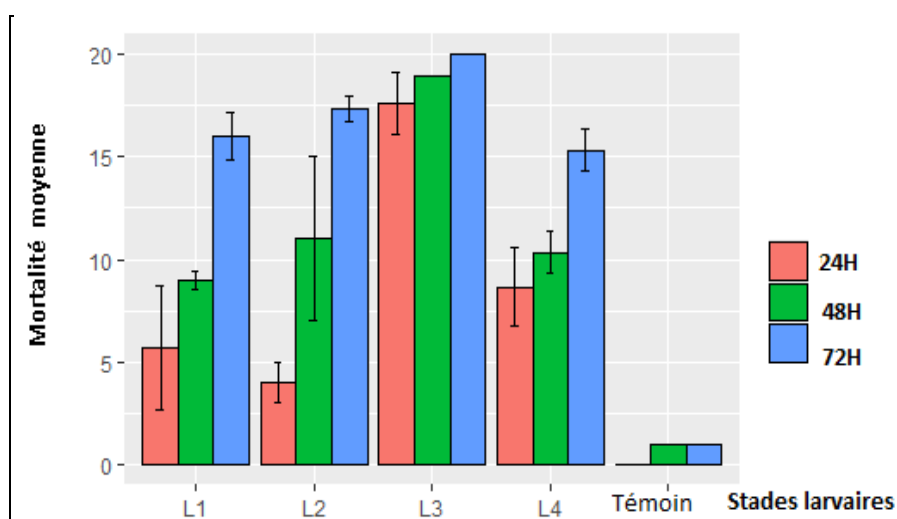
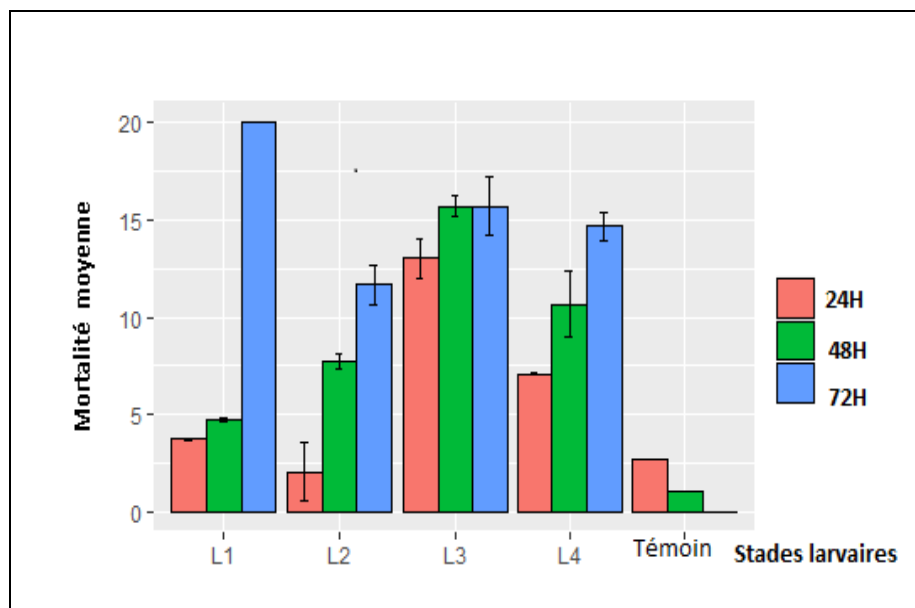


Figure 151 : Potentiel prédateur de *A. sardae* à l'égard des quatre stades larvaires de *Cx. modestus* pour 24h, 48h et 72h.

### 3.8.2. *Corixa punctata*

Le potentiel prédateur de *Corixa punctata* est élevé à l'égard des quatre stades larvaires de *Culex modestus* (L1 ; L2 ; L3 ; L4), cette espèce quant à elle, a consommé plutôt les grandes larves de L3 (55%) et L4 (35%) respectivement au bout des première 24 heures, suivies par les larves L1 (20%) et L2 (10%) respectivement. Au bout de 48 heures, la consommation a été plutôt focalisée sur les larves L3 (80 %) et L4 (55%). le taux global de consommation des différents stades larvaire était L1 (100%); L2 (81,33%); L3 (80%) et L4 (70%). respectivement après 72h (**Tableau 20 ; Fig. 152, 155**).



**Figure 152:** Potentiel prédateur de *C. punctata* à l'égard des quatre stades larvaires de *Cx. modestus* pour 24h, 48h et 72h.

### 3.8.3. *Notonecta glauca*

Les tendances de prédation de *Notonecta glauca* sur *Cx. modestus* étaient complètement différentes des autres prédateurs. Cette dernière a consommé entre 45% et 50%, dans tous les stades larvaires après 24 heures, Au bout de 48 heures, Le pourcentage a légèrement augmenté entre 48% 50 % et 60 % tous les stades larvaires. Enfin au bout des 72 heures, le taux global de consommation des différents stades larvaire était (90%) L<sub>1</sub> ; (80%) L<sub>2</sub> ; (85%) L<sub>3</sub> et (70%) L<sub>4</sub> (Tableau 20 ; Fig.153, 155).

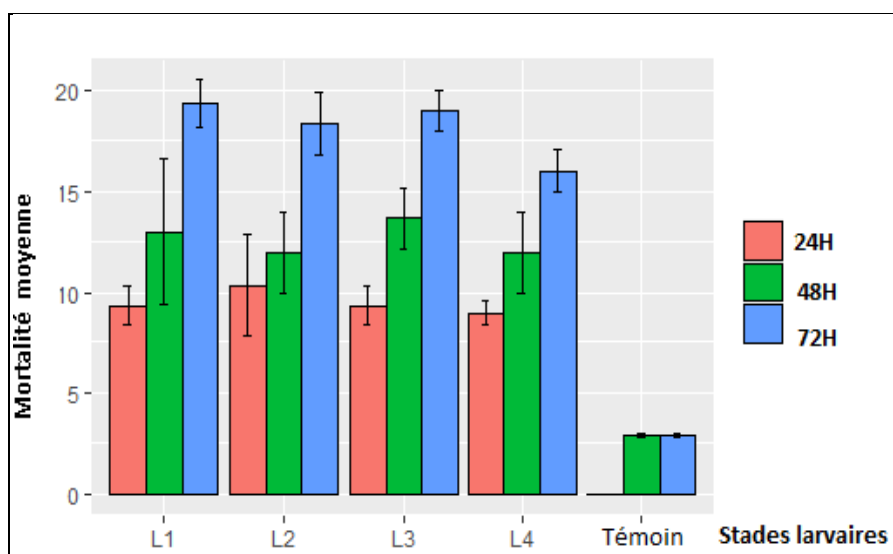


Figure 153 : Potentiel prédateur de *N. glauca* à l'égard des quatre stades larvaires de *Cx. modestus* pour 24h, 48h et 72h.

#### 3.8.4. *Gambusia affinis*

Les tendances de prédation de *G. affinis* sur *Cx. modestus* étaient complètement différentes des autres prédateurs, car elle augmentait toutes les 24 heures. On a enregistré un taux de mortalité de 100 %, 98 % et 90% pour tous les stades larvaires respectivement après 72h (Tableau 20 ; Fig.154 ,155).

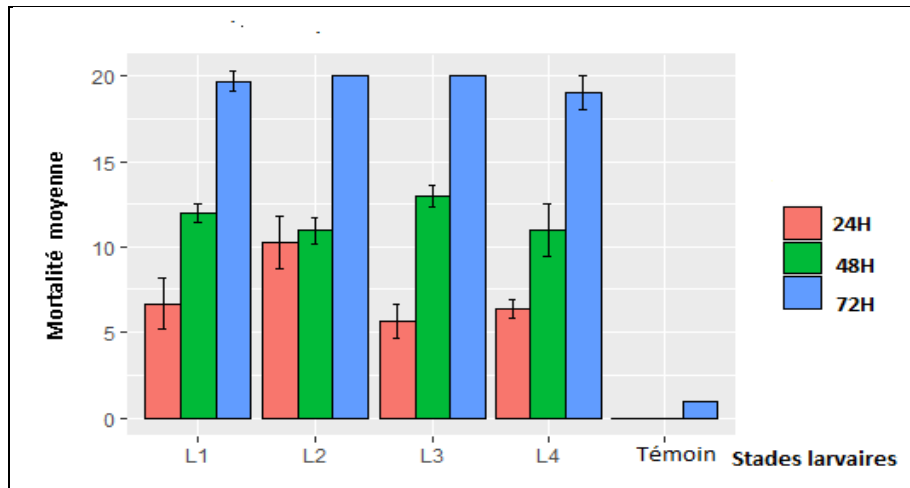


Figure 154 : Potentiel prédateur de *Gambusia affinis* à l'égard des quatre stades larvaires de *Cx. modestus* pour 24h, 48h et 72h.

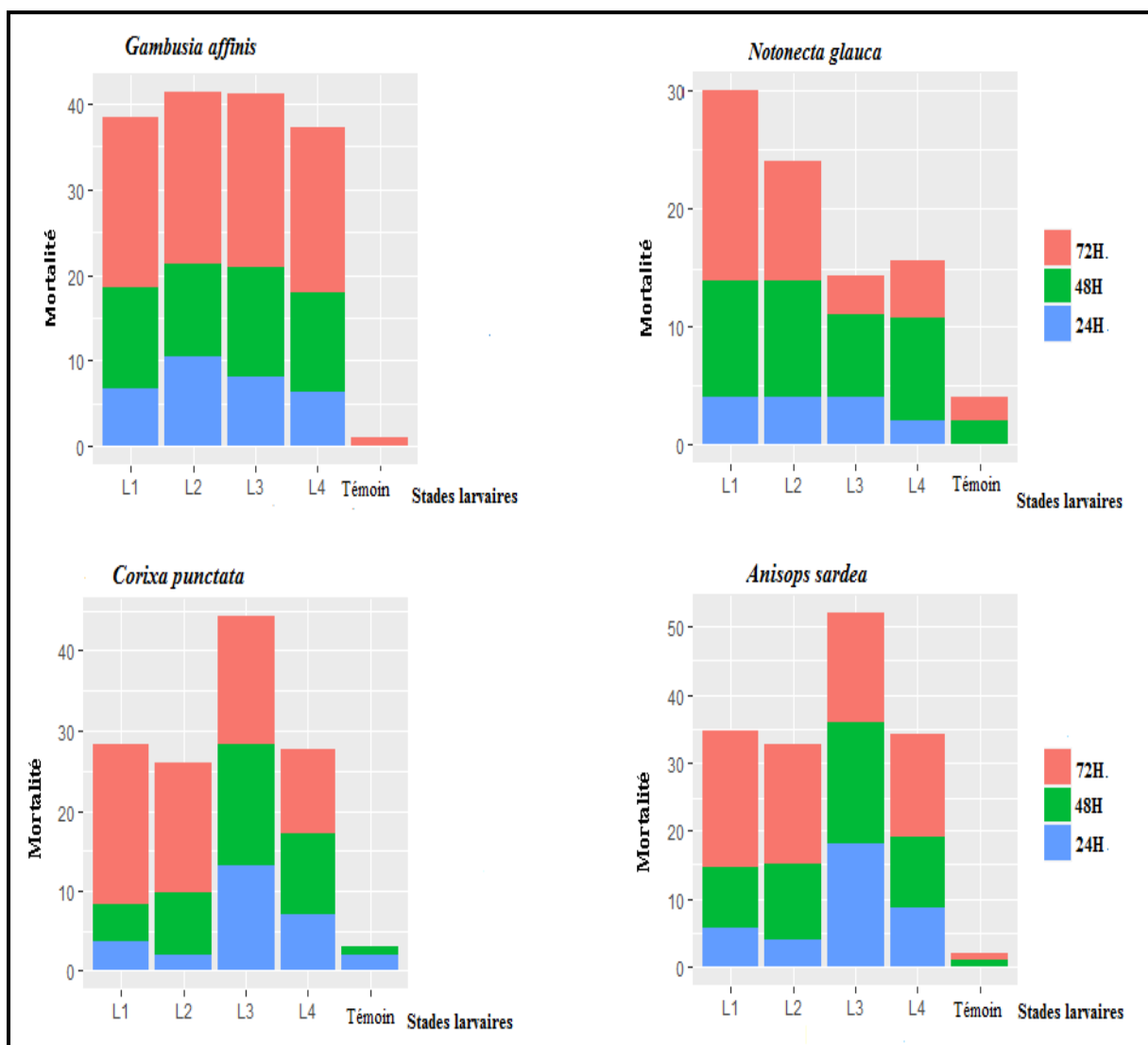


Figure 155: Variation temporelle du taux de prédation cumulé de chaque espèce étudiée sur les différents stades larvaires de *Cx. modestus*.

### 3.8.3. Analyse statistique comparative des données du potentiel prédateur (ANOVA et Test de TUKEY)

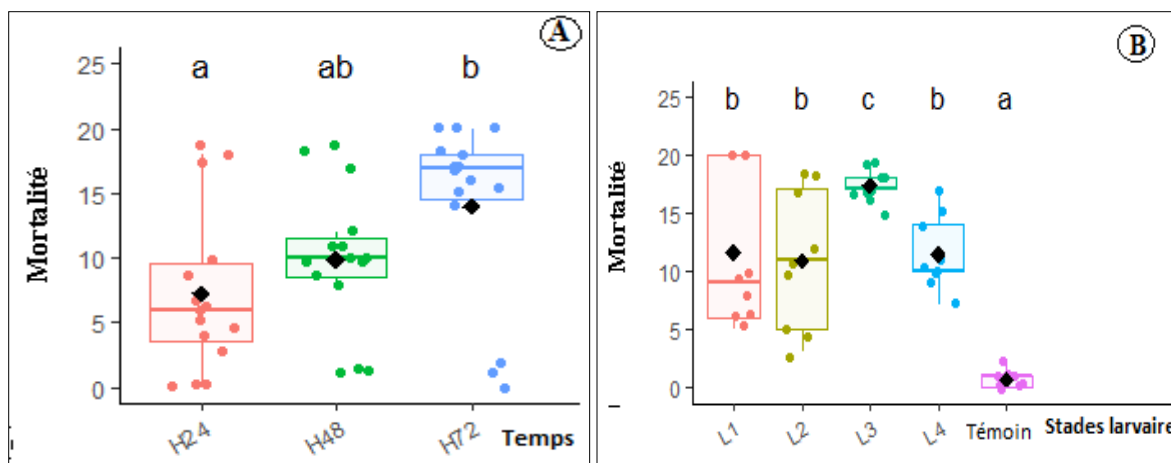
#### 3.8.3.1. Comparaison de la prédation d'*Anisops sardea*

Les résultats de l'analyse statistique de la variance à un critère de classification entre les temps du test (24h; 48h et 72h) et cela pour chaque stade larvaire (L<sub>1</sub>; L<sub>2</sub>; L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub>) de *Cx. modestus* sont résumé dans le **tableau 21**, on observe des différences très hautement significatives pour les stades L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub>, des différences hautement significatives pour les stades L<sub>4</sub> et aucune différence significative pour le stade L<sub>3</sub>.

**Tableau 21** : Comparaison du potentiel de prédation d'*A. sardae* entre les temps (24h; 48h et 72 h) pour chaque stades larvaires de *Cx. modestus*.

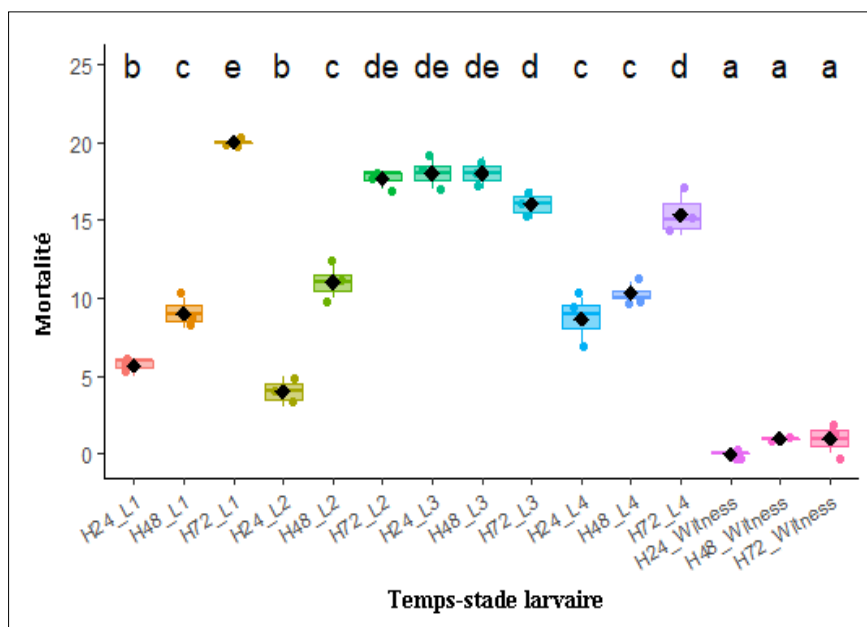
Stades larvaires	S. V	Ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P
L <sub>1</sub>	Temps	2	337,56	168,78	379,75	0,000***
L <sub>2</sub>	Temps	2	280,22	140,11	180,14	0,000***
L <sub>3</sub>	Temps	2	8,00	4,00	4,00	0,079N.S
L <sub>4</sub>	Temps	2	72,22	36,11	21,67	0,002**

Les résultats montrent qu'il existe des différences significatives entre les groupes pour chaque facteur, mais ils ne déterminent pas les paires de groupes. Par conséquent, nous avons utilisé le test de TUKEY pour trouver l'emplacement exact de ces différences. Des comparaisons par paires du test de TUKEY montrent que les boîtes à moustaches présentent des changements, au fil du temps et ils ont révélé la présence de différences hautement significatives: groupe homogène unique à 24h, 72h et 2 groupes à 48h (**Fig. 156 A**). En analysant les box plots du facteur stade larvaire (**Fig. 156 B**), nous avons observé des différences significatives entre les stades (L<sub>1</sub>; L<sub>2</sub>; L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub>), ainsi que la présence d'une nette hétérogénéité.



**Figure 156 :** Variations inter-temps (A) et inter - stades (B) concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur d'*A. sardae*. Les lettres **a**, **b** et **c** indiquent que la variation spatio-temporelles est significative à  $P < 0,05$ , en utilisant le test de TUKEY. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $P > 0,05$ . Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (Borne inférieure) et le troisième quartile (Borne supérieure).

Des comparaisons par paires du test de TUKEY (**Fig. 157**), ont montré que les boîtes à moustaches présentent des variations entre le temps et les stades larvaires, avec une hétérogénéité distincte pour deux groupes homogènes :  $L_2$ -72h,  $L_2$ -24h et  $L_2$ -48h.



**Figure 157:** Variations entre temps-stade larvaire concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur d'*A. sardae*. Les lettres **a**, **b** et **c** indiquent que la variation spatio-temporelles est significative à  $P < 0,05$ , en utilisant le test de TUKEY. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $P > 0,05$ . Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (borne inférieure) et le troisième quartile (borne supérieure).

### 3.8.3.2. Comparaison du potentiel de prédation de *Corixa punctata*

Le **tableau 22** récapitule les résultats statistiques de l'analyse de la variance à un critère de classification, qui a été appliqué pour comparer le potentiel de prédation de *C. punctata* entre les temps (24h; 48h et 72h) pour chaque stade larvaire (L<sub>1</sub>; L<sub>2</sub>; L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub>) de *Cx. modestus*. On remarque des différences très hautement significatives pour les stades L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub>, des différences hautement significatives pour les stades L<sub>4</sub> et enfin, pas des différences significatives pour les stades L<sub>3</sub>.

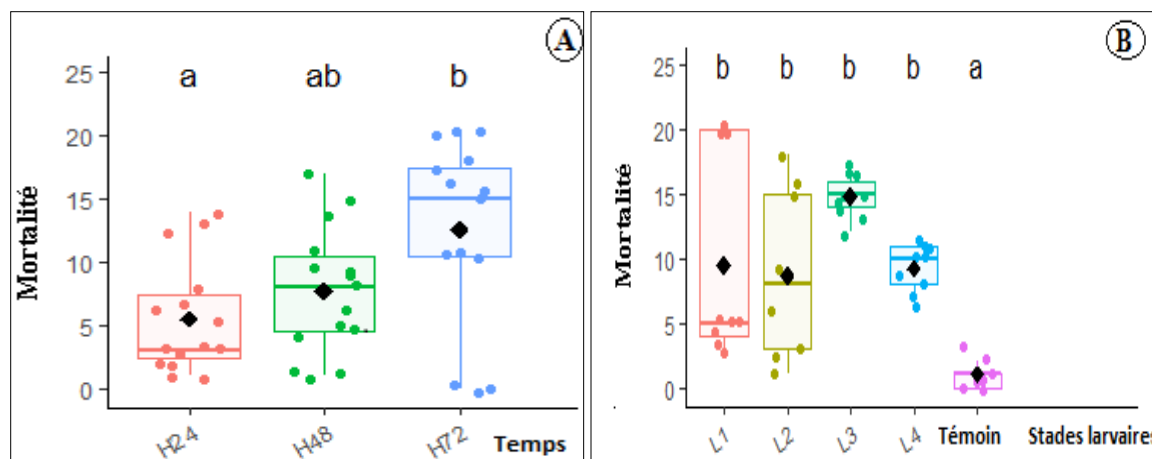
**Tableau 22** : Comparaison du potentiel de prédation de *C. punctata* entre les temps (24h; 48h et 72 h) pour les différents stades larvaires de *Cx. modestus*.

Stades larvaire:	S.V	Ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	p
L <sub>1</sub>	Temps	2	502,89	251,44	452,60	0,000***
L <sub>2</sub>	Temps	2	312,67	156,33	82,76	0,000***
L <sub>3</sub>	Temps	2	14,88	7,44	5,15	0,05 N.S
L <sub>4</sub>	Temps	2	22,88	11,44	14,71	0,005**

D'après les résultats, nous savons qu'il existe des différences significatives entre les groupes de chaque facteur, mais ne nous savons pas quelles paires de groupe sont différentes, c'est pour ça nous avons utilisé le test TUKEY pour savoir les positions exacte de ces différences.

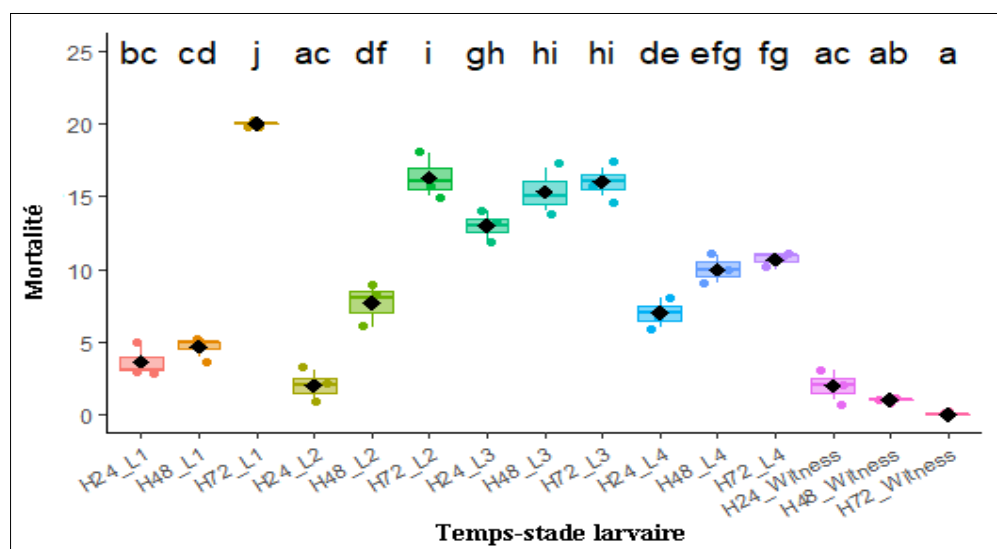
La comparaison par paires du test de TUKEY indique que les box plots de la variation dans le temps, ont révélé l'existence de différences hautement significatives, un seul groupe homogène pour chaque temps 24h, 72h et 2 groupes pour 48h (**Fig. 158A**).

En analysant les boîtes à moustaches du facteur stades larvaires (**Fig. 158 B**), nous avons observé des différences significatives entre les stades, l'existence d'une nette hétérogénéité les stades larvaires L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> & L<sub>4</sub>.



**Figure 158 :** Variations inter-temps (A) et inter-stades (B) concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur de *C. punctata*. a et b indiquent que la variation spatio-temporelles est significative à  $P < 0,05$ , en utilisant le test de TUKEY. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $P > 0,05$ . Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (borne inférieure) et le troisième quartile (borne supérieure).

La comparaison par paires du test de TUKEY (Fig. 159) indique que les box plots de la variation entre le temps et stades larvaires ont révélé une claire hétérogénéité pour les stades L1 et L2 après 72h; 2 groupes homogènes pour 24h (L1; L2; L3 & L4) ; 48h (L1 ; L2 et L3); 72h (L3 et L4) et trois groupes pour L4-48h.



**Figure 159 :** Variations entre temps-stades larvaires concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur de *C.punctata*. a, j et i indiquent que la variation spatio-temporelles est significative à  $P < 0,05$ , en utilisant le test de TUKEY. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $P > 0,05$ . Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (borne inférieure) et le troisième quartile (borne supérieure).

### 3.8.3.3. Comparaison du potentiel de prédation de *Notonecta glauca*

Le **tableau 23** présente les résultats statistiques de la comparaison du potentiel de prédation de *N. glauca*, entre les temps (24h; 48h et 72h) pour chaque stade larvaire (L<sub>1</sub>; L<sub>2</sub>; L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub>) de *Cx. modestus*, par le test ANOVA à un critère de classification. L'examen montre des différences très hautement significatives obtenue pour le stade larvaire L<sub>1</sub>, des différences hautement significatives pour les stades L<sub>2</sub> et L<sub>4</sub> et des différences significatives pour le stade L<sub>3</sub>.

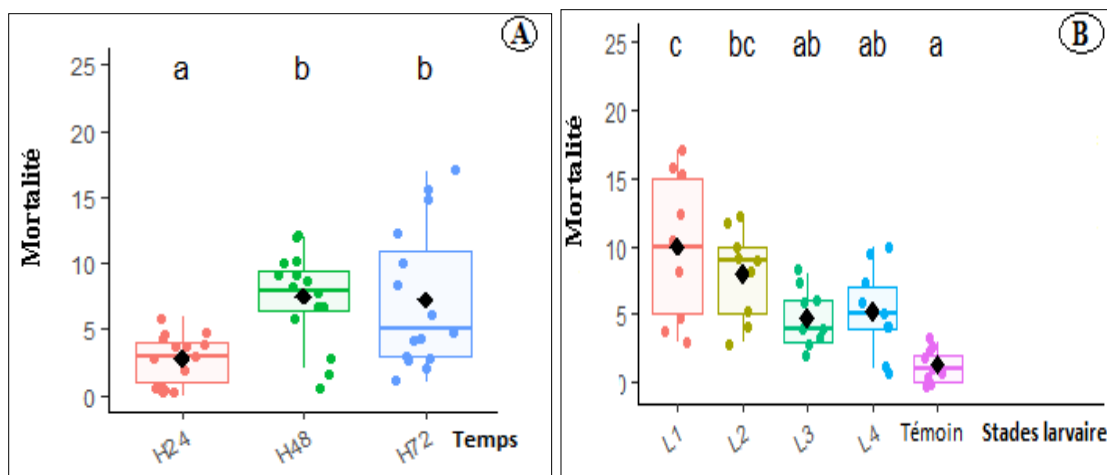
**Tableau 23** : Comparaison du potentiel de prédation de *N. glauca* entre les temps (24h; 48h et 72 h) pour les différents stades larvaires de *Cx. modestus*.

Stades larvaires	S.V	Ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P
L <sub>1</sub>	temps	2	216,00	108,00	54,00	0,000***
L <sub>2</sub>	temps	2	72,00	36,00	13.50	0,006**
L <sub>3</sub>	temps	2	22,88	11,44	6,44	0,032*
L <sub>4</sub>	temps	2	66,88	33,44	15,84	0,004**

D'après les résultats du test ANOVA à un facteur, nous savons qu'il existe des différences significatives entre les groupes de chaque facteur, mais ne nous savons pas quelles paires de groupe sont différentes, c'est pour ça nous avons utilisé le test TUKEY pour savoir les positions exacte de ces différences.

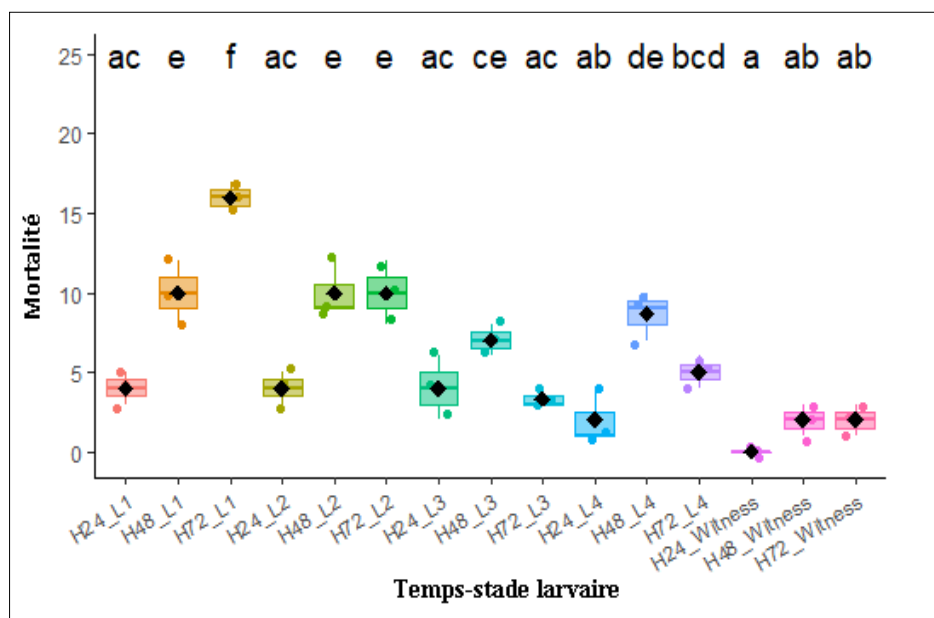
La comparaison par paires du test de TUKEY (**Fig. 160A**), indique que les box plots de la variation dans le temps, ont révélé l'existence de différences hautement significatives, un seul groupe homogène pour chaque temps 24h, 48h, et 72h

En analysant les boîtes à moustaches du facteur stades larvaires (**Fig. 160B**), nous avons observé des différences significatives, avec une nette hétérogénéité, deux groupes homogènes pour L<sub>2</sub> et L<sub>3</sub> L<sub>4</sub> et un seul groupe L<sub>1</sub>.



**Figure 160:** Variations inter-temps (A) et inter-stades (B) concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur de *N. glauca*. a, b et c indiquent que la variation spatio-temporelles est significative à  $P < 0,05$ , en utilisant le test de TUKEY. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $P > 0,05$ . Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (borne inférieure) et le troisième quartile (borne supérieure).

La comparaison par paires du test de TUKEY (Fig. 161) indique que les box plots de la variation entre le temps et stades larvaires ont révélé d'une claire hétérogénéité pour L<sub>1</sub>-48h, L<sub>1</sub>-72h, pour L<sub>2</sub>-48, L<sub>2</sub>-72h. 2 groupes homogènes pour L<sub>1</sub>-24h, L<sub>2</sub>-24h, L<sub>3</sub>-24h, L<sub>4</sub>-24h, L<sub>4</sub>-48h et trois groupes pour L<sub>4</sub>-72h.



**Figure 161 :** Variations temps-stades larvaire concernant le pourcentage de la mortalité sous potentiel de prédation de *N. glauca*. a, e et f indiquent que la variation spatio-temporelles est significative à  $P < 0,05$ , en utilisant le test de TUKEY. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $P > 0,05$ . Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (borne inférieure) et le troisième quartile (borne supérieure).

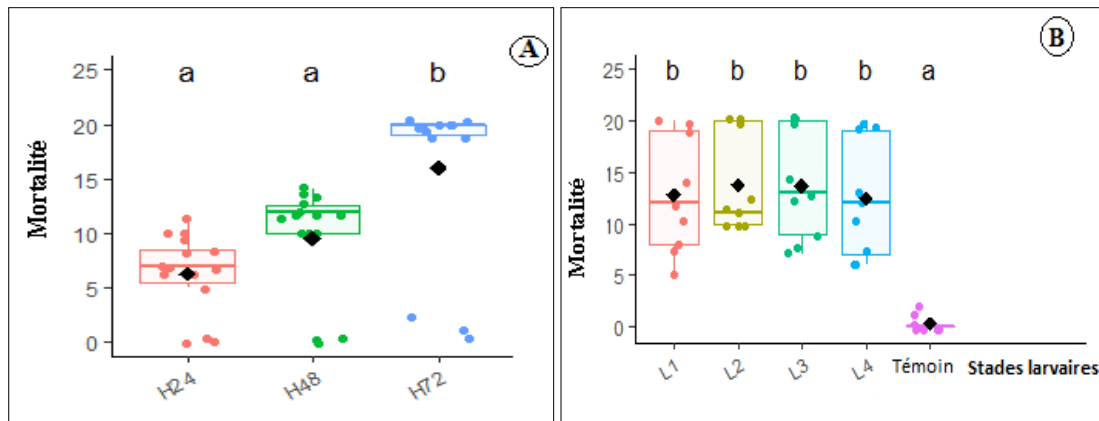
### 3.8.3.4. Comparaison du potentiel de prédation de *Gambusia affinis*

Le **tableau 24** récapitule les résultats d'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA) de la comparaison de potentiel de prédation de *G. affinis* entre les temps (24h, 48h et 72h) pour chaque stade larvaire (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub>) de *Cx. modestus*. On constate qu'il existe des différences très hautement significatives entre les trois temps pour chacune des quatre stades larvaires.

**Tableau 24:** Comparaison du potentiel de prédation de *G.affinis* entre les temps (24h; 48h et 72 h) pour les différents stades larvaires de *Cx. modestus*.

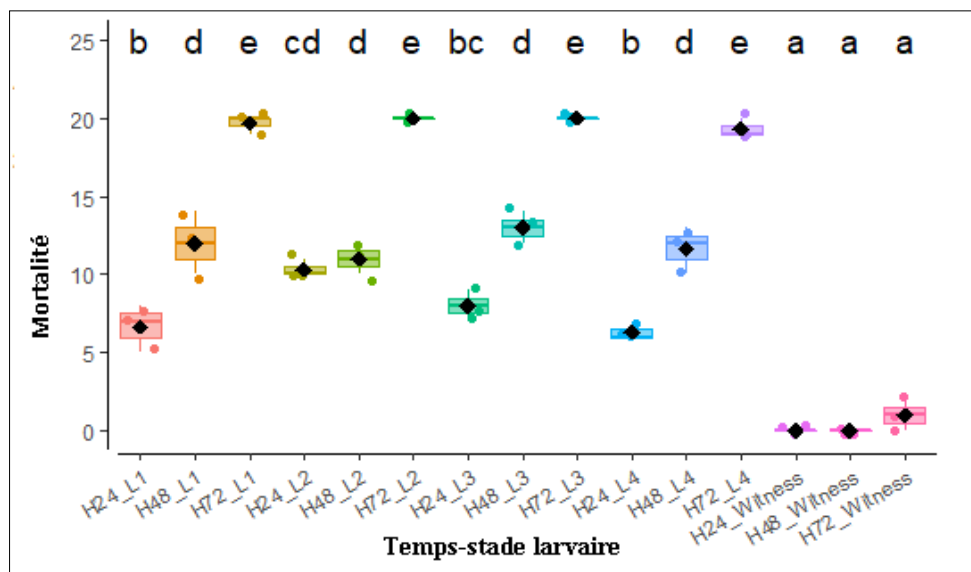
Stades larvaire:	S.V	Ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	p
L <sub>1</sub>	Temps	2	256,22	128,11	57,65	0,000***
L <sub>2</sub>	Temps	2	174,88	87,44	196,75	0,000***
L <sub>3</sub>	Temps	2	218,00	109,00	163,50	0,000***
L <sub>4</sub>	Temps	2	256,22	128,11	128,11	0,000***

Les résultats montrent qu'il existe des différences significatives entre les groupes pour chaque facteur, mais nous ne savons pas quelles paires de groupes diffèrent. J'ai donc utilisé le test de TUKEY pour trouver l'emplacement exact de ces différences. Les comparaisons par paires du test de TUKEY (**Fig. 162A**), les boîtes à moustaches de l'évolution dans le temps révèlent la présence de différences hautement significatives, avec un seul groupe à 24 h, 48 h et 72 h. En analysant les box plots du facteur stade larvaire (**Fig. 162B**), nous avons observé des différences significatives entre les stades et une hétérogénéité nette entre les stades (L<sub>1</sub>; L<sub>2</sub>; L<sub>3</sub> et L<sub>4</sub>).



**Figure 162:** Variations inter-temps (A) et inter-stades (B) concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur de *G.affinis*. **a** et **b** indiquent que la variation spatio-temporelles est significative à  $P < 0,05$ , en utilisant le test de TUKEY. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $P > 0,05$ . Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (borne inférieure) et le troisième quartile (borne supérieure).

D'autre part les boîtes à moustaches ont élucidé la présence de variations entre le temps et les stades larvaires avec une hétérogénéité marquée dans les deux groupes homogènes (L2-24h & L3-24h) cela par comparaison par paires du test de TUKEY (**Fig. 163**).



**Figure 163:** Variations entre temps-stade larvaire concernant le pourcentage de la mortalité de potentiel prédateur de *G.affinis*. Les lettres **a**, **b**, **d** et **e** indiquent que la variation spatio-temporelles est significative à  $P < 0,05$ , en utilisant le test de Tukey. Les boîtes à moustaches étiquetées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $P > 0,05$ . Les limites de la boîte centrale montrent la plage interquartile (IQR) avec le premier quartile (Borne inférieure) et le troisième quartile (Borne supérieure).

### 3.8.6. Analyse statistique comparative des données du potentiel prédateur par l'analyse de la variance à deux critères de classification (AV2)

Les données du potentiel de prédation de quatre espèces à l'égard des stades larvaires de *Cx. modestus*, ont été soumises à une analyse de la variance à deux facteurs (Espèces prédatrices et Stades larvaires) après 24h ; 48h et 72h.

Les résultats du test effectué pour les deux facteurs considérés, sont résumés dans le **tableau 25**, ils ont révélé une différence hautement significative pour les espèces prédatrices et une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) par rapport aux stades larvaires après 24h.

Aussi, on constate des différences significatives, à l'égard des espèces prédatrices, et des différences très hautement significatives à l'égard des stades larvaires après 48h.

D'autre part, on remarque une différence très hautement significative entre espèces prédatrices et aussi entre les stades larvaires après 72h.

**Tableau 25 :** Comparaison entre les espèces prédatrices et les stades larvaires de *Cx.modestus* après 24h, 48h et 72h.

Temps	S.V	Ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P
24h	Espèce	3	164,93	54,98	6,63	0,001**
	Stade larvaire	4	638,77	159,69	19,26	0,000***
48h	Espèce	3	65,20	21,73	3,24	0,021*
	Stade larvaire	4	1013,17	253,29	41,29	0,000***
72h	Espèce	3	628,40	209,47	25,50	0,000***
	Stade larvaire	4	2249,43	562,36	68,47	0,000***

# *DISCUSSION*

## 4. DISCUSSION

### 4.1. Etude taxonomique

Le nombre d'espèce dans le monde a été estimé entre 8 à 12 millions d'espèces (d'après OFB-CNRS-MNHN, 2018) (Anonyme, 5). A l'heure actuelle deux millions d'espèces sont connues. La biodiversité varie selon les endroits du globe. Certaines zones vastes, abritent un nombre restreint d'espèces, comme les territoires proches des pôles, alors que d'autres milieux qualifiés de "points chauds de la biodiversité" en accueillent un nombre très important, par exemple à proximité de l'Équateur et des tropiques. La biodiversité se répartit de manière hétérogène entre les groupes d'organismes, Les insectes constituent par exemple la moitié des 2 millions d'espèces connues dans le monde, alors que les mammifères sont seulement de l'ordre de 5 500, incluant l'espèce humaine, soit moins de 0.3% (d'après Australian Biodiversity Information Services, 2009) (Anonyme, 5). Les écosystèmes humides et aquatiques continentaux recouvrent un ensemble très varié de milieux, naturels ou artificiels, tous caractérisés par la présence d'eau permanente ou temporaire: cours d'eau, lacs, prairie humide, étangs, marais, retenues d'eau. L'eau peut y être stagnante ou courante, douce, salée ou saumâtre. Les écosystèmes d'eau douce sont riches en biodiversité par rapport à leur taille car ils abritent environ 10 % des espèces connues dans le monde, tout en ne couvrant qu'environ 0,8 % de la surface de la Terre (Min & Kong, 2020).

Au cours des dernières décennies, la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes ont fait l'objet d'études intensives (Lam-Gordillo *et al.*, 2020). La biodiversité fournit les ressources en matières premières nécessaires à la survie des êtres vivants et au maintien de la qualité de l'atmosphère, de la régulation du climat, de la qualité de l'eau et de la fertilité des sols. De plus, les organismes macroinvertébrés représentent une partie importante de l'écosystème aquatique et sont d'une importance économique et écologique (Arimoro & Keke 2016). Les macroinvertébrés benthiques sont un maillon important de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques, car ils constituent une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons et d'oiseaux (Karus *et al.*, 2014). De plus, ils participent activement à la transformation de la matière organique et constituent de bons bioindicateurs (; Zinsou *et al.*, 2017; Aneur *et al.*, 2022). Par conséquent, les études faunistiques et écologiques sont primordiales pour comprendre le fonctionnement et la gestion de ce système naturel (Tshijik *et al.*, 2015).

Les macroinvertébrés benthiques sont reconnus comme un outil biologique de choix pour mettre en évidence les perturbations qui affectent les écosystèmes aquatiques (**Bazairi et al., 2005**). Ces organismes constituent de bons indicateurs locaux des conditions écologiques des écosystèmes aquatiques soumis aux pressions agricoles où s'accumulent fréquemment les effets d'un enrichissement organique ou d'une perturbation plus importante du milieu (**Minaya et al., 2013**). Les études faunistiques et écologiques revêtent donc d'une importance primordiale dans le fonctionnement, la gestion des systèmes naturels et l'évaluation de l'état de santé écologique des hydrosystèmes (**Aazami et al., 2015**). Ces organismes diversement répandus au niveau des différentes strates de l'eau se caractérisent par leur polluo-sensibilité différentielle, traduisent l'altération des systèmes aquatiques (**Mehari et al., 2014; Sanogo et al., 2014**).

La faune macro-benthique d'Algérie est relativement diversifiée et faiblement identifiée. Notre travail est une collaboration, à la classification systématique des espèces récoltées lors de notre échantillonnage. L'identification d'espèces nécessite le plus souvent d'appréhender la diversité des arthropodes, dans sa globalité et de raisonner au niveau des communautés. Cela implique la réalisation d'inventaires à des échelles plus ou moins grandes.

D'après les résultats obtenus, sur les 5 stations d'étude, la première station est la plus abondante avec 1182 individus. La deuxième et la troisième station, ont présentées des abondances relativement proches, respectivement 856 et 721 individus. L'abondance de la quatrième et la cinquième station, sont les plus faibles et ont été estimées respectivement à 279 et 422 individus. Les cycles de vie de ces organismes dépendent de divers facteurs, notamment la température, la turbidité et le pH...etc. L'Hiver est la période la plus fructueuse avec un total de 3 685 individus. Cela revient aux caractéristiques climatiques méditerranéennes de la région d'étude, des Hivers doux et pluvieux et des Etés chauds. Les mois de Mars, Février et Avril sont les plus riches en abondance, les mois d'Aout et Juillet étant les plus faibles.

Ainsi des inventaires sont réalisés sur divers groupes d'arthropodes (Moustiques,...) dans différents contextes écologiques. Du point de vue de la composition taxinomique, les organismes récoltés appartiennent à 6 ordres et 13 familles: celles les Ordres, les Diptères (Culicidae), des Coléoptères présentes trois familles (Noteridae, Hydrophilidae, Dytixidae), suivi des Héteroptères (Notonectidae, Corexidae, Pleidae, Nepidae), des Hydracariens (Eylaidae, Pionidae, Hydriphantidae), des Cladocères (Daphnidae) et enfin Odonate (Aeshnidae).

Cependant la Famille des Culicidae, fait partie de la biodiversité de notre échantillonnage. Elle appartient à l'Ordre de Diptera et au Sous-ordre des Nematocerae. A ce jour, on dénombre environ 3 600 espèces dans le monde entier divisées en trois sous-familles: les Culicinae, les Anophelinae et les Toxorhynchitinae et en 43 genres dont la plupart se retrouvent dans les régions tropicales et subtropicales (**Rahola, 2010**).

En Algérie cette étude a fait l'objet d'un grand nombre de travaux qui s'intéressent plus particulièrement à la systématique, la biochimie, la morphométrie, la lutte chimique et biologique. Dans la région d'Annaba des travaux de plusieurs auteurs ont été signalés (**Bendali Saoudi et al., 2013 ; Amira et al., 2013 ; Allouani, 2013 ; Djeghader et al., 2013 ; 2014 ; Houari-abderrahim & Rehim, 2014; Arroussi, 2021**). Dans la région d'El Tarf (**Aouati, 2005; Bendali-Saoudi, 2006 ; Berrezig, 2007; Tahraoui, 2012; Mansouri, 2015; Houmani et al., 2017**). Dans la région de Skikda (**Boulkenafet, 2006 ; Merab & Nouri, 2010; Boudemagh et al., 2013**). Dans la région de Constantine les travaux de (**Berchi, 2000a; Messai et al., 2011; Berchi et al., 2012**). Dans la région de Souk-Ahras (**Benmalek, 2018 & Hamaidia, 2014**). Dans la région de Tébessa, Guelma et Oum El Bouagui (**Hamaidia, 2004; 2014; Salmi, 2007; Bouaouina, 2008; Tine Djebbar, 2009; Bouabida et al., 2012; Bouaziz, 2012; Aissaoui, 2014; Oudainia et al., 2015**). Dans la région de Biskra (**Merabeti & Ouakid, 2011; Benhissen et al., 2014**). Dans la région Ouest du pays, des études bioécologiques ont été menées sur les moustiques de Tlemcen (**Gourmala, 1991; Metge & Hassaine, 1998; Hassaine, 2002**) et plus au Nord dans la région d'Alger et Tizi-Ouzou les travaux de (**Lounaci, 2003; Lounaci & Doumandji, 2012**). Ils sont présentés dans nos échantillons par cinq espèces: *Culex pipiens* (26%), *Culex modestus* (36%), *Culex thieleri* (7,5%), *Culiseta morsitans* (21%) et *Anopheles sacharovi* (9,5%). dans la région de Souk-Ahras (**Benmalek et al., 2018 & Hamaidia, 2014**) et dans la région de Skikda (**Boulkenafet, 2006**) et **Oudainia et al., (2015)** dans Oum El Bouagui. *Culiseta morsitans* cité par **Houmani et al., (2018)**, ont cités trois espèces de Diptères : *Culex pipiens*, *Culex thieleri*, *Anopheles sacharovi* a été identifié par **Mahmoudi, (2022)** dans la région El Tarf. *Culex pipiens*, *Culex thieleri* cité par **Alayat et al., (2023)** dans la région Laghouat.

À titre collectif, les coléoptères, avec leurs nombreux rôles écologiques, comptent parmi les animaux les plus utiles sur la planète. De nombreux groupes de coléoptères sont herbivores se nourrissent de plantes communément considérées comme des mauvaises herbes. Certains de ces coléoptères sont délibérément introduits dans des milieux particuliers pour contrôler les plantes envahissantes. De nombreux groupes de prédateurs, se nourrissent d'insectes nuisibles dont ils régulent la population. Leur efficacité démontrée dans le contrôle des insectes

nuisibles est telle que plus de 179 espèces de coccinelles ont été introduites volontairement en Amérique du Nord à un moment ou à un autre; environ 17 d'entre elles sont maintenant établies de façon permanente. Les coléoptères englobent également un grand nombre d'insectes ravageurs parmi les plus nuisibles connus. De nombreuses espèces s'attaquent aux grains et à céréales entreposées (**Beverly et al., 2006**).

D'autre part, les Coléoptères des eaux douces sont parmi les insectes les plus abondamment représentés, soit à l'état parfait d'imago, soit à l'état larvaire. Ils sont très diversifiés et ils sont présents dans tous les habitats, à l'exception des régions polaires et marines. La biologie des espèces est très diverse, avec des exigences écologiques parfois très strictes qui en font d'excellents bio-indicateurs aquatiques (**Roth, 1980**). Nos échantillons présentent 16 espèces couvrant 3 familles : Noteridae (*Hydrocanthus iricolor* 5%); Dytiscidae (*Dytiscus semisulcatus* 2%, *Dytiscus circumflexue* 4%, *Dytiscus marginalis* 5%, *Dytiscus dimidiatus* 6%, *Agabus brunneus* 4%, *Agabus bifarius* 1%, *Laccophilus poecilus* 2%, *Laccophilus minutus* 9%); Hydrophilidae (*Berosus frontifoveatus* 4%, *Berosus luridus* 5%, *Berosus affinis* 5%, *Hydroporus pubescens* 4%, *Hydophylus piceus* 5%, *Berosus signaticollis* 30%, *Enochrus halophilus* 11%).

Le travail effectué par **Carron, (2007)** de la zone alluviale du Rhône à Belley au France , en général a trouvé les espèces suivantes: *Dytiscus semisulcatus*, *Dytiscus marginalis*, *Dytiscus dimidiatus*, *Agabus brunneus*, *Laccophilus poecilus*, *Laccophilus minutus*, *Berosus affinis*, *Hydroporus pubescens*, *Hydophylus piceus*, *Berosus signaticollis*, *Enochrus halophilus*, Les deux espèces de Coléoptères présentes dans notre échantillonnage *Laccophilus minutus* et *Berosus affinis* ont été identifiées par **Lamri (2016)** au Maroc en étudiant, la structure de la diversité taxonomique du peuplement benthique et l'espèce *Laccophilus minutus* cité par **Boukali Hacene (2012)** dans la région de Tlemcen. Dans une étude menée par **Touaylia et al., (2011)**, sur les 64 sites répartis dans le nord de la Tunisie, ils ont identifié 123 espèces; trois espèces sont communes avec celle de notre étude : *Laccophilus minutus*, *Berosus affinis*, et *Berosus signaticollis*. Deux espèces identifiées, *B. affinis* et *L. minutus*, ont également été citées par **Yapo et al., (2012)**, étudiant la structure de la diversité taxonomique des populations de viviers benthiques dans le sud de la Côte d'Ivoire. L'espèce de *Hydrocanthus iricolor* a été récoltée par **Sanogo, (2014)** dans l'étude des macro-invertébrés dans deux lacs a permis de mettre en évidence la distribution spatio-temporelle des macro-invertébrés bio-indicateurs de la qualité des eaux au Burkina Faso. Parmi les 16 espèces identifiées, sept ont été citées par **Mahmoudi et al., (2022)** dans leur étude concernant l'extrême Nord-est de

l'Algérie: *Agabus brunneus*, *Agabus bifarius*, *Laccophilus minutus*, *Berosus affinis*, *Hydophylus piceus*, *Berosus signaticollis* et *Enochrus halophilus*. En outre, le travail effectué par **Houmani et al., (2023)** deux espèces *Berosus affinis* et *Berosus luridus* dans la région d'El Tarf, ont été citées.

Les Héteroptères forment un groupe très diversifié en particulier au niveau de sa morphologie (formes et couleurs) et de ses modes de vie (espèces prédatrices, phytophages, terrestres ou aquatiques, géophiles, saproxyliques...). Par manque de connaissance, il n'existe pas encore de listes de protection ou de listes rouges qui prennent ce groupe en compte. Cependant, cela tend à évoluer puisque les Héteroptères commencent à être davantage étudiés dans le cadre d'inventaires faunistiques réalisés dans les espaces 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. En effet, un grand nombre d'espèces de ce groupe d'insectes peut servir de bio-indicateur pour le suivi de l'état de santé des écosystèmes. En raison d'une spécialisation plus ou moins importante pour une ressource alimentaire (proie ou plante) ou simplement de par son mode de vie (espèces aquatiques exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'eau ou encore espèces terrestres liées à une certaine structure de la végétation), beaucoup d'Hétéroptères pourraient constituer des indicateurs utiles rendant compte des changements, perturbations ou dégradations intervenant dans les écosystèmes terrestres et aquatiques (**Julian-Pichenot, 2016**).

Les Héteroptères sont les seuls Hémiptères à avoir des représentants inféodés plus ou moins strictement aux milieux aquatiques (**Tachet, 2010**). Ce sont des insectes hémimétaboles qui passent du stade d'œuf au stade d'adulte par cinq stades larvaires. Certains se nourrissent d'autres insectes (zoophages) alors que d'autres sont phytophages (**Slater & Baranowski, 1978**). La liste des espèces d'Hétéroptères aquatiques africains bien que déjà longue, est sans doute encore incomplète. Des récoltes et des études ultérieures permettront non seulement de décrire de nouvelles espèces mais aussi de préciser la répartition géographique des espèces connues. Pour certains groupes (*Microvelia*, *Micronectinae* ...), des révisions approfondies seraient souhaitables. Les Hémiptères dans nos échantillons sont représentés par quatre Familles et cinq espèces: les Notonectidae (*Notonecta glauca* 11,63%; *Anisops sardea* 21,89%); pleidae (*Plea minutissima* 30,38 %); Corexidae (*Corixa punctata* 35,20%) et Nepidae (*Nepa cinerea* 0,92%). Ces espèces ont été citées par certains auteurs en Afrique du Nord et en Algérie. Cependant, en ce qui concerne les Hémiptères, les cinq espèces que nous avons identifiées: *Notonecta glauca*; *Anisops sardea*; *Plea minutissima*; *Corixa punctata* et

*Nepa cinerea* ont été cités par **Annani, (2012)** dans son étude, Hémiptères aquatiques du Nord-est de l'Algérie: Distribution, phénologie et conservation sur les zones humides algériennes du Nord-Est. Dans une étude menée par **Laurince, (2012)**, dans sur la systématique des espèces d'insectes des étangs de cinq fermes piscicoles au Sud de la Côte d'Ivoire, en vue d'apporter une contribution à la connaissance de l'entomofaune de cet écosystème. D'autre part les mêmes espèces ont été identifiées au Maroc par **Lmohdia et al., (2008)** dans son étude systématique sur 504 hétéroptères aquatiques capturés dans 16 localités du bassin versant, ce qui lui a permis l'identification de 22 espèces. D'autre part, parmi les 9 espèces identifiées, cinq ont été citées par **Mahmoudi (2022)** dans leur étude sur la faune d'invertébrés au niveau du lac Tonga (Nord-est, Algérie): *Nepa cinerea*; *Corixa punctata*; *Notonecta glauca*; *Anisops sardea* et *Plea minutissima*. En outre, le travail effectué par **Houmani et al., (2023)** a trouvé les espèces suivantes *Corixa punctata*; *Notonecta glauca* et *Plea minutissima*.

Les Cladocères, représentent une ressource d'importance économique, ils jouent un rôle non négligeable dans l'épuration de certaines eaux usées, ainsi que dans la recherche de moyens de lutte contre la prolifération des micro-algues capables d'infester les réserves d'eau potable (**Anonym, 6**). Les Cladocères sont présents sous toutes les latitudes et dans toutes les collections d'eaux, stagnantes ou à faible courant, pérennes ou temporaires. Ils dominent dans les eaux douces mais ils sont également représentés en milieu marin, principalement par trois genres: Podon, Evadne (Polyphemidae), Penilia (Sididae). On les trouve dans la zone pélagique des lacs profonds, toutefois ils sont plus abondants et plus diversifiés dans la zone littorale, particulièrement au niveau des herbiers (**Anonyme, 7**).

L'espèce zooplanctonique d'eau douce la plus connue est la Daphnie, elles contribuent aux équilibres écologiques de plusieurs manières, utilisées comme nourriture vivante pour nombreuses espèces, en filtrant l'eau pour se nourrir et en assurant ainsi un contrôle des populations. La fluctuation des populations est influencée par divers facteurs, tels que la température, le phytoplancton, la densité des prédateurs, en particulier les poissons et les insectes aquatiques carnassiers (**Fernando, 1980**). Toutes les espèces de Cladocères benthiques (Daphnie) identifiées dans nos prélèvements: *Daphnia magna* (46,87%); *Simocephalus vetulus* (24,97%) et *Simocephalus expinosus* (28,15%) ont été cotées par les différents auteurs travaillant dans la région d'étude. D'autre part dans le groupe des Cladocères inventoriés, *Daphnia magna* été citée par **Samraoui, (1998)**. Alors que l'espèce *Simocephalus expinosus* été identifiée par **Chakri, (2014)**, *Daphnia magna*, *Simocephalus vetulus* et *Simocephalus expinosus* cité par **Mahmoudi, (2022)** et **Houmani et al., (2023)**.

Parmi les espèces qui constituent une importance biologique et environnementale, les hydracariens (Acari : Hydrachnidia), qui constituent un groupe important en terme de surveillance écologique. Ces excellents indicateurs de la qualité de l'habitat ont rayonné depuis le triasique par 6000 espèces décrites, occupant presque tous les milieux d'eau douce, représentant une grande biodiversité aquatique (**Bendali-Saoudi et al., 2014**). Ils sont présentés dans nos échantillons par les espèces des familles suivantes: Eylaidae (*Eylais hamata* 31 %); Pionidae (*Piona nodata* 26 %); *Piona uncata* 31%); Hydryphantidae (*Eupatra rotunda* 12%). D'après **Messikh, (2016)** qui a travaillé sur la biodiversité des hydracariens et les caractéristiques physico chimiques des habitats dans quatre endroits du complexe de zones humides dans le Nord-Est de l'Algérie, a identifié neuf espèces appartenant à cinq familles. Les espèces dominantes sont: *Eylais hamata* (24 %), *Piona alpicola* (22 %), *Arrenurus novus* (13 %), *Eylais.sp.*(12 %), *Piona nodata* (10 %), *Arrenurus batillifer* (10 %), *Hydrochoreutes intermedius* (4,5 %), *Diplodontus.sp* (3, 5 %) et *Hydrachna globosa*(3, 4 %).A Collo (Nord-est de l'Algérie), cinq espèces ont été détectées. Ces espèces appartiennent à trois familles : Eylaidae (*Eylais hamata*, *Eylais galeata*) ; Hydrachnidiae (*Hydrachna murati* et *Hydrachna globosa*) et Hydryphantidae (*Eupatra rotunda*) (**Boudemagh et al., 2018**). L'espèce *Piona uncata* présente la plus forte densité, elle est la plus répandue et a déjà fait l'objet d'une étude morphométrique des femelles (**Bendali-Saoudi et al., 2013**). *Eylais hamata* est l'espèce la plus abondante dans Wilaya d'El Tarf (**Mansouri et al., 2013 ; Houmani et al ., 2023**) et elle a également été trouvée dans le lac Tonga (**Bendali Saoudi et al., 2014; Mahmoudi, 2022**).

Les larves d'Odonates ont un mode de vie aquatique constituent un groupe de premier choix pour l'évaluation, la surveillance et la gestion des zones humides. Les études Odonatologiques les plus récentes réalisées dans le territoire Algérien se sont focalisées sur la Numidie, située au Nord-est du pays (**Samraoui et al., 1998; Samraoui & Corbet, 2000a; Samraoui, 2009**). Les larves d'Odonates ont un mode de vie aquatique constituent un groupe de premier choix pour l'évaluation, la surveillance et la gestion des zones humides. D'après **Dommanget, (1989)**, ces insectes prédateurs liés aux zones humides peuvent en effet être considérés comme de bons bio-indicateurs de la dégradation des écosystèmes (**Indermuhele et al., 2008**). Un bon bio-indicateur doit avoir des exigences écologiques très spécifiques afin qu'on puisse faire un lien direct entre sa présence/absence et une particularité environnementale (**Leclercq, 2001**). Cette région abrite une biodiversité exceptionnelle (**Samraoui & Bélair, 1997; 1998**), et un total de 45 espèces d'odonates (~ ¾ des espèces algériennes) y a été enregistré (**Samraoui & Corbet, 2000a**). Selon **De Belair, (1995)**, quatre Oueds jouent un

rôle prépondérant dans la région : à l'Ouest de la Numidie, l'Oued El-Kébir Ouest, au centre, les Oueds : Seybouse et Bounamoussa et à l'Est, l'Oued El-Kébir à Est. L'oued El Kébir et l'oued Bouarroug font partie des cours d'eaux du parc national d'El-Kala. Enfin une seule espèce à l'état larvaire *Boyeria irene*, représente les Odonates identifiés. Nous avons échantillonné, 47 individus de l'espèce *Boyeria irene* de la famille Aeshnidae représentant 1% de la faune totale. L'analyse écologique de cette biodiversité aquatique a mis en évidence la faible diversification des peuplements dans les écosystèmes continentaux d'Afrique du Nord. En effet, la plupart des familles et des genres sont pauvres en espèces: Noteridae, Dytiscidae, Hydrachnidae, Notonectidae, Daphnidae par contre ces familles ont une grande variété spécifique dans les réseaux aquatiques européens. La baisse importante de cette diversité est due aux températures élevées et au faible taux de pluviométrie.

#### **4.2. Les caractéristiques physicochimiques de l'eau et la répartition des espèces inventoriées**

Les grilles de qualité physico-chimique doivent être élaborées en cohérence avec les grilles des éléments de qualité biologique en considérant comme base d'analyse, le compartiment biologique le plus sensible pour chaque indicateur physico-chimique considéré (Courrat *et al.*, 2010). Les variables physico-chimiques des milieux aquatiques sont les principaux facteurs influençant la distribution des organismes aquatiques (Enkhnasan & Boldgiv, 2020). Dans la présente étude, nous avons cherché à évaluer la diversité et l'abondance des macro-invertébrés aquatiques, établissant ainsi un lien avec les paramètres physico-chimiques de l'eau. Dans ce contexte, évaluer l'état écologique en étudiant les effets des paramètres physico-chimiques de l'eau sur l'abondance et la richesse en espèces. En ce qui concerne les paramètres physico-chimiques de l'eau : température, pH, conductivité, le titre alcalimétrique complet T.A.C turbidité, salinité. Ils ont été corrélés avec les attributs de la diversité. Les éléments physico-chimiques généraux interviennent essentiellement comme facteurs explicatifs des conditions biologiques. La température est influencée par l'origine dont elle provient, superficielles ou profondes (Rodier, 1984). La température mesurée au niveau du lac varie de 23 °C à 20 °C, une bonne température selon Taverny *et al.*, (2009), elle est peut être liée à la température de la région, ainsi que les activités des organismes vivants dans l'eau. La majorité des eaux de surface ont un pH qui varie entre 6,5 et 9 (Jora, 2011), ce qui est dû au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (Rodier *et al.*, 2009). Les résultats indiquent que le pH du lac des Oiseaux est en moyenne entre 7,76 et 8,29, dans la gamme de (6,5-8,5) établie par l'OMS, (2017), reflétant un environnement

neutre à légèrement alcalin. **Mahmoudi et al., (2022)** ont signalé que l'abondance des coléoptères aquatiques variait d'un site à l'autre sur une base saisonnière, et que les paramètres physicochimiques de l'eau affectaient l'abondance et la richesse en espèces de la communauté de coléoptères. L'estimation de la qualité physico-chimique d'une eau ne peut se faire en mesurant un seul, mais un ensemble de paramètres de natures diverses. Par exemple, les valeurs de pH varient de 7,27 à 7,77, montrant une eau alcaline. Cela permet au développement d'une aquaculture optimale et favorise la vie des poissons (**Rodier et al., 2009; Mutlu & Uncumusaoglu, 2016**). De plus, avec un pH légèrement alcalin, la toxicité des métaux lourds est immobilisée puisque l'acidité du milieu favorise et augmente respectivement leur solubilité et leur mobilité dans l'eau (**Ouma et al., 2016**). Cela permet aux métaux de s'adsorber sur les algues et autres végétaux de la chaîne trophique aquatique (**Kobielska et al., 2018**).

La conductivité, qui est fonction de la température et proportionnelle à la minéralisation (**Brémaud et al., 2006**), a enregistré des valeur entre de 759 et 1545  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ce qui est inférieur à 1 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (**OMS, 2017**). Selon **Irshad et al., (2011); Ben Hida et al., (2012); Loucif et al., (2020)**, cette teneur pourrait être attribuée à la lixiviation des sels des sols agricoles proches de la zone d'étude, à la dissolution de certaines substances minérales provenant soit des roches entourant l'aquifère (une roche réservoir originellement poreuse, contenant une nappe d'eau souterraine) soit à la minéralisation de substances organiques d'origines diverses (décharge publique, industries et eaux usées) rejoignant l'aquifère par infiltration.

La salinité entre (54,48-89,43mg/l), elle représente une valeur très élevé pour une eau douce. Il est bien connu que la salinité est l'un des facteurs qui influe la croissance des jacinthes d'eau. Or, la croissance de la jacinthe d'eau atteint souvent des proportions d'infestation alarmante imputable à l'eutrophisation surtout dans les lacs peu profonds dont les bassins versants sont soumis à de multiples activités humaines (**Feuchtmayr et al., 2009**). Par ailleurs au niveau du lac l'évaporation intense, accroît la salinité des eaux, ceci a été confirmée par l'étude isotopique réalisée par **Habes et al., 2011** et par **Djabri et al., 1996**. Les résultats de **Hamaidia, (2014)** montrent que la conductivité présente une corrélation positive avec les densités larvaires. D'autre étude ont montré une corrélation négative entre la conductivité de l'eau et la densité larvaire (**Gopalakrishnan et al., 2013**),

En ce qui concerne le titre alcalimétrique complet (T.A.C), qui s'étendent de 33,5 mg/l à 99,7, ce paramètre varie en fonction de la conductivité (**Lagnika et al., 2014**), le titre alcalimétrique complet correspond à la teneur en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates dans l'eau

(Soro *et al.*, 2019). Les résultats de Dahchar, (2017) montrent que la (T.A.C) varie entre 25,5 à 16,2 mg/l dans la région Ouest de la ville d'Annaba. L'étude menée par Houmani *et al.*, (2023) a révélé que le T.A.C varie de 43,00 à 221,28 dans le lac Echaat (El Tarf).

Ainsi, la turbidité varie de 13,8NTU à 34NTU, le site présente les valeurs les plus élevées. En général, la turbidité de l'eau est associée à l'argile, au limon, aux matières organiques et inorganiques finement divisées, aux algues, aux composés organiques colorés solubles, au plancton et à d'autres organismes microscopiques (Roohul *et al.*, 2012). Il est probable qu'elle soit associée à une charge élevée en coliformes (US-EPA, 2012). Elle a atteint une valeur moyenne de 25,62 NTU (Fourchette : 5-30 NTU) qualifiant l'eau de légèrement trouble (Hakmi, 2002). Globalement, dans les eaux de surface, ce paramètre varie entre 10 et 50 NTU (Rodier *et al.*, 2009). En outre, le travail effectué par Houmani *et al.*, (2023) que la turbidité varie entre 7,79 NTU et 13,20NTU, les valeurs la plus élevée. L'augmentation de la turbidité affecte la transparence de l'eau, ce qui réduit la productivité biologique des organismes aquatiques (Ezzat *et al.*, 2012). Selon Bourrier & Selmi, (2011), les eaux de surface présentent des niveaux de turbidité parfois élevés, ce qui dépend des caractéristiques du terrain et des régimes saisonniers des pluies et des rejets. L'oxygène dissous est d'une importance capitale dans les eaux de surface car il influe sur l'autoépuration de l'eau et la préservation de la vie aquatique (Haritash *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2018).

L'état du Lac des Oiseaux montre une perturbation, qui est issue des activités anthropiques au sein de la réserve naturelle. Globalement, les paramètres physicochimiques du Lac des Oiseaux ne présentent pas de variation entre les trois dernières stations, vu leur rapprochement relatif, vu la taille réduite du lac (120 hectares, période pluvieuse, 70 hectares période sèche). Ainsi, cette réserve naturelle est une eau douce endoréique, n'ayant aucun échange avec d'autres cours d'eau. D'après Paliwal *et al.*, (2007), il est nécessaire que les canalisations ne doivent pas être autorisés à rejeter les eaux usées dans les cours d'eau sans traitement, et ainsi, des systèmes d'épuration courants comme les lagunages ou la filtration sur sable et gravier, qui sont indispensables. On devrait prétraiter individuellement les effluents avant tout rejet dans les égouts communaux et/ou exceptionnellement dans le milieu naturel.

#### 4.3. 4.3. Effet toxique de deux molécules chimique (DIMILIN) et biologique (*Bacillus thuringiensis israelensis*) à l'égard de quelques espèces d'insectes aquatiques non visées.

##### 4.3.1. Toxicité de DIMILIN

Les insecticides restent le principal moyen de lutte antiparasitaire, malgré ses conséquences

négatives pour l'environnement. Parce qu'ils provoquent, entre autres, une toxicité dans la chaîne alimentaire, et une pollution des eaux de surface et souterraines (**Hénaut, 2011**). Certains pesticides sont appliqués directement aux systèmes aquatiques pour réduire le nombre de larves de moustiques (larvicides) et ainsi réduire la transmission des maladies vectorielles (**Lawler et al., 2017**). Environnements impératifs ont poussé la recherche vers l'utilisation de pesticides naturels ou de biopesticides (**Maizaet al., 2013; Tomé et al., 2013; Cepedaet al., 2014**), et a incité l'industrie phytosanitaire à développer des molécules plus sélectives avec un métabolisme élevé et stabilité environnementale (**Dhadialla et al., 1998**) agissant sur processus spécifiques aux organismes cibles (**El-Sayed et al., 1997**).

Cependant, l'utilisation d'insecticides chimiques est nécessaire pour certaines situations environnementales, et dans ce contexte les régulateurs de croissance gagnent en importance (**Martins & Da Silva, 2004**). Ces insecticides provoquent des changements physiologiques et morphologiques au cours du développement des insectes, en plus d'être peu toxiques pour les vertébrés et approuvés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour l'eau potable (**Lyra et al., 1998, OMS, 2006; 2007**).

Les modifications morphologiques des insectes sont dues au mode d'action de ces insecticides, qui ciblent la biosynthèse de la chitine. Chez les arthropodes, la chitine est essentielle à la formation de l'exosquelette, à la croissance et au développement de l'individu (**Merzendorfer & Zimoch, 2003**).

Ces nouveaux produits sont les perturbateurs de croissance des insectes et l'attaque contre des espèces non ciblées a été signalée après l'utilisation imprudente et irrationnelle de produits chimiques. Les arthropodes dans les écosystèmes aquatiques comprennent une variété d'insectes dans différents niveaux : les larves de moustiques, les larves d'Ephémères, Plécoptères et Trichoptères, les prédateurs tels que les demoiselles et les libellules (Odonates), les Hétéroptères comme les Notonectidae, les Nepidae et les Gerridae, les coléoptères Dytiscidae et les Hydrophilidae. Alors que les effets directs des pesticides sur les taxons **Tekluet et al., 2018**, il y a beaucoup moins d'informations sur les effets indirects de ces produits chimiques sur la diversité d'insectes aquatiques. Une précédente revue sur les effets indirects portait principalement sur d'autres organismes (**Fleeger et al., 2003**). La plupart de ce que nous savons se réfère à d'autres taxons d'arthropodes aquatiques tels que amphipodes et isopodes détritivores (Crustacés) et petit zooplancton brouteur et espèces benthiques (Crustacea: Cladocera, Copepoda et Ostracoda). Comme effets indirects sont la conséquence d'altérations trophiques quels que soient les groupes taxonomiques, et portant en sachant que la sensibilité des arthropodes aux pesticides est très similaire, il convient de considérer les

impacts indirects des pesticides sur tous les arthropodes ensemble.

Parmi ces produits, il y a Le Dimilin, est un inhibiteur de la synthèse de la chitine (l'un des principaux composés des cuticules des arthropodes (**Oberlander et al., 1998, Soltani et al., 1999**). Diflubenzuron, le Dimilin qui a été largement utilisé pour la lutte sélective contre les insectes nuisibles (**Subrero et al., 2019**). Une étude de (**Harðardóttir et al., 2019**) a expliqué le mécanisme d'action du diflubenzuron sur les arthropodes nuisibles et a confirmé que le diflubenzuron inhibe la production de chitine utilisée par un insecte pour construire son exosquelette. Les effets néfastes de l'inhibition de la synthèse de chitine se font sentir lors de diverses phases critiques du développement des insectes.

Par ailleurs, des effets négatifs de traitements aériens au Dimilin dirigés contre des insectes forestiers ont été mis en évidence chez diverses espèces d'insectes aquatiques (Plécoptères, Epheméroptères, Diptères: Tipulidae) vivant dans les cours d'eau (**Hurd et al., 1996**). Ces résultats confirment ceux obtenus expérimentalement en rivière par (**Satake & Yasuno, 1987**), qui ont procédé à une contamination par du Diflubenzuron (Concentration: 1,25 mg/L). Ils ont observé une réduction drastique de l'abondance des trichoptères et des épheméroptères tandis que les diptères, au temps de génération plus court, recolonisaient rapidement le milieu après avoir été eux-aussi fortement affectés.

Dans des expérimentations de **Boyle (1996)** ont mis en évidence des effets négatifs directs du diflubenzuron (Concentration nominale: 10 µg.s.a./L) sur le zooplancton et les insectes (diminution de l'abondance et de la richesse spécifique; augmentation de la dominance).

Le travail de **Lechekhab (2018)**, le Dimilin était ajouté à l'eau d'élevage des crevettes à deux concentrations: 16 ng de matière active/L et 1 g/L à partir du stade A (crevettes nouvellement muées) au stade C (inter mue). Les résultats montrent une diminution significative ( $p < 0,05$ ) dans les quantités de chitine dans les lots traités par rapport aux témoins pour les deux tests. Et indiquent que ce produit peut avoir des effets secondaires sur organisme arthropode non ciblé comme les crevettes. Le Dimilin s'est avéré toxique pour les Crustacés du zooplancton (Cladocères et Copépodes), avec une restauration des populations affectées en 3 à 4 semaines (**Lahr et al., 2000**).

Dans l'étude de **Subrero et al., 2019** a examiné les effets de l'exposition Diflubenzuron (Dimilin) (0,15, 0,015, 0,0015 mg/L) à l'éclosion des œufs taux, croissance larvaire et survie larvaire chez une demoiselle, *Ischnura elegans* (libellules), et sur la survie d'un crustacé, *Daphnia magna*. L'exposition à l'insecticide a eu des effets négatifs significatifs sur le taux d'éclosion des œufs de demoiselles. Chez *Daphnia*, le test de toxicité aiguë détermination de l'inhibition de la mobilité de *Daphnia magna* (Cladocera, Crustacea) a montré une inhibition

accrue de la mobilité en présence d'insecticides. Concernant le Diflubenzuron, d'autres auteurs ont trouvé un effet de ce produit chimique sur *Daphnia magna* (Kashian & Dodson, 2002), indiquant l'application de l'insecticide. Cela se traduira par des risques environnementaux accrus pour les espèces (Abe *et al.*, 2014). Le travail effectué par Francisco *et al.*, 2020 en laboratoire a testé l'utilisation du Dimilin sur les Anophèles à deux concentrations dans un aquarium, où des Notonectidae l'espèce *Buenoa. sp* et les *Chironomus* (vers de vase) ont été placés avec les moustiques.

Les données suggèrent que le Dimilin peut avoir un effet négatif sur la faune d'insectes associée, mais dans l'expérimentation sur le terrain l'environnement les conditions des sites de reproduction des anophèles peuvent avoir affecté son efficacité. Dans le cadre du programme de recherche Pnetox III (Lagadic, 2008), les études au niveau individuel ont montré que le Dimilin entraîne un effet sur les performances individuelles (survie et reproduction) aux trois concentrations testées (1,2, 2,5 et 5 µg.a./L) chez *Daphnia magna* et *Daphnia pulex*. Un effet est observé également sur les biomarqueurs AChE2 jours après l'exposition. Chez *Culex pipiens* et *Culex molestus*, le Dimilin pénalise la survie des individus et donc la population, mais n'affecte pas la fécondité et la durée avant l'émergence. Toutefois, l'étude menée en zone atlantique a clairement montré que ce larvicide avait un impact négatif sur diverses espèces d'invertébrés non cibles et notamment des larves de divers groupes des Diptères.

Les données obtenues à partir de cette expérience indiquent que Dimilin a un effet négatif sur la faune d'insectes associée. Dans notre travail, le traitement de six espèces d'invertébrés a entraîné une sensibilité variable au Dimilin (LC<sub>10</sub>: 3,9 ng/L et CL<sub>50</sub> : 16 ng/L). Les résultats montrent une toxicité importante enregistrée chez *C. punctata*; *B. signaticollis* et toxicité moyenne pour *N. glauca*; *D. magna*; *P. minutissima* et *A. sardea*.

#### 4.3.2. Toxicité du *Bacillus thuringiensis israelensis*

Les grandes utilisations répétées de ces produits synthétiques coûteux entraînent certains inconvénients tels que le développement de la résistance des insectes, la perturbation des systèmes naturels de contrôle biologique qui a conduit à la résurgence de ces ravageurs, des effets indésirables sur l'environnement, les organismes non ciblés et la santé humaine (Richards *et al.*, 2020; Smith & Perfetti, 2020; Jalapathi *et al.*, 2020). Cependant, les procédures strictes d'enregistrement des pesticides qui sont nécessaires pour minimiser leurs impacts écologiques et sanitaires négatifs ont réduit le nombre de produits chimiques

disponibles pour la lutte antivectorielle (OMS, 2006) et ont encouragé la recherche de solutions de remplacement des substances spécifiques et non polluantes comme les Bio insecticides, comme le *Bacillus thuringiensis israelensis*. De plus, les efforts conjugués de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2006), des laboratoires de recherche et de plusieurs programmes internationaux ont été orientés pour l'étude des effets de *Bacillus thuringiensis israelensis* (*B.t.i*) et *Bacillus sphaericus* (*Bs*) (Barloy et al., 1996). Étant donné que différentes variétés de *B.t.i* ont été proposées comme spécifiques à certains ordres d'insectes, notamment les lépidoptères, les diptères et les coléoptères (Ghazwan et al., 2017; Sanda et al., 2018).

Les agents entomopathogènes sont des options viables et efficaces en raison de leur action sélective contre les insectes mais de leurs effets bénins sur l'homme et l'environnement. Les entomopathogènes les plus prometteurs comprennent les sous-espèces de *Bacillus thuringiensis israelensis* (*B.t.i*), qui sont largement utilisées pour la lutte biologique contre les insectes, y compris les moustiques vecteurs d'agents pathogènes humains. L'efficacité de la toxicité de *Bacillus thuringiensis israelensis* a conduit à la recherche de nouveaux isolats potentiellement toxiques dans différentes régions du monde. De nombreux travaux de recherche menés pour évaluer l'impact de *Bacillus thuringiensis israelensis* contre différents ravageurs naturels ont été réalisés (Aissaoui & Boudjelida, 2014; Gonzales et al., 2019; Dunstand – Guzman et al., 2020).

*Bacillus thuringiensis israelensis* (*B.t.i*) se sont révélés très actifs contre les larves de moustiques et sont largement utilisés pour la lutte antivectorielle. La présente revue résume les récepteurs caractérisés pour les toxines Cry chez les larves de moustiques (Zhang et al., 2017). Le *Bacillus thuringiensis israelensis* a été utilisé en grande échelle grâce à sa spécificité pour les Culicidae. Son potentiel larvicide a été démontré sur diverses espèces nuisibles, comme les larves de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* (Aissaoui & Boudjelida, 2014).

Dans ce contexte, les larves d'une population récemment établie en laboratoire ont été soumises à une pression sélective croissante pendant neuf générations successives en utilisant à la fois le Diflubenzuron (DFB) et le *Bacillus thuringiensis israelensis* (*B.t.i*). Les niveaux de résistance et le succès d'hivernage des populations sélectionnées par rapport au témoin (colonies n'ayant reçu aucune sélection) ont été déterminés. Les résultats ont révélé une augmentation de 8,5 et 1,6 fois des niveaux de résistance après sélection avec DFB et *B.t.i*, respectivement. Le processus de sélection des deux larvicides n'a eu aucun impact apparent sur la capacité d'hivernage par rapport au contrôle, ce qui suggère la persistance réussie des

individus sélectionnés dans la nature sur une base annuelle (**Ioannou et al., 2021**).

Dans d'autres études, **Östman et al., (2008)** ont observé une réduction de l'abondance des larves de moustiques suite au traitement au *B.t.i*. Des essais biologiques ont été effectués pour déterminer l'activité entomopathogène des bacilles contre *Ae. aegypti* et les concentrations létales (CL<sub>50</sub> et CL<sub>90</sub>) ont été estimées après les tests.

Les résultats de **Bouaziz et al., 2023**, ont montré un effet toxique de *B.t.i*. ont été réalisées avec les concentrations létales estimées des deux espèces (*Cx. pipiens* : CL<sub>50</sub>=0,81 g/l et CL<sub>90</sub>=3,57 g/l ; *Cs. longiareolata*: CL<sub>50</sub>=1,80 g/l et CL<sub>90</sub>=5,43 g/l). Le *B.t.i*, a entraîné une diminution significative du poids corporel total des larves une augmentation des niveaux de glucides et une diminution des protéines et des lipides.

D'où sa spécificité qui réduit les possibilités pour que la bactérie survive en dehors de l'environnement aquatique. Les études sur la croissance de *B.t.i* en dehors du milieu favorable de l'insecte indiquent une très faible multiplication en dehors de l'hôte (**Meadows, 1993**). Le *B.t.i* a montré un faible effet pour les hydracariens, *Eylais hamata* et *Piona uncata*, et cela est en accord avec les résultats des investigations des études de laboratoire qui ont confirmé la sûreté de l'utilisation du *B.t.i* en présence des espèces non ciblées (**Garcia et al., 1980; Wipfli & Merritt 1994**). Ainsi, des résultats de recherches sur la densité des invertébrés aquatiques : Mollusca, Oligochaeta, Crustacea, Hirudinea, Heteroptera, Ephemeroptera, Odonata, Trichoptera, Coleoptera dans différents sites à Druskininkai en Lituanie, n'ont montré aucune différence significative (**Bernotienė, 2001; Merritt & Wipfli, 1994, Caquet et al. (2011)**). N'ont pas observé des effets néfastes sur l'abondance de *Nereis diversicolor*, ainsi que sur des larves de moucheron après traitement au *B.t.i*. Selon **Becker et Margalit (1993)**, les individus de Cnidaria d'eau douce du genre *Hydra* n'ont pas été affectés par le *B.t.i* dans des essais en laboratoire à une concentration de 100 mg/l de *B.t.i*. Pareillement, **Becker et Margalit (1993)** ont prouvé que les Oligochètes du genre *Tubifex* n'ont pas été affectés par le *B.t.i* dans des essais en laboratoire à une concentration de 180 mg/l. Pendant six ans d'observation d'aperçu sur les effets du *B.t.i* sur des invertébrés non-ciblés dans des marécages du Minnesota, **Hershey et al. (1998)** n'ont trouvé aucune différence significative dans l'abondance d'annélides (Oligochaetes) par le control au VectoBac® G dans les endroits traités. De même, **Barnes & Chapman, (1998)** n'ont trouvé aucun effet de Vecto Bac® 12AS sur l'abondance de Crustacés, de Mollusques et des larves d'insectes, rassemblés en sédiment des marécages salées tempérées de la Nouvelle-Galles du Sud.

D'autres études in situ sur les Chironomidés, n'ont trouvé aucune toxicité significative de *B.t.i* (**Lundström et al., 2010a**). Par contre, **Östman et al., (2008)** ont montré une augmentation

de la richesse et de l'abondance taxonomiques de protozoaires, après application de *B.t.i*. Contrairement aux résultats trouvés, ils existent des indications qui montrent que les organismes non ciblés se trouvant dans les milieux humides, peuvent être affectés par les larvicides contenant du *B.t.i* (**Boisvert & Boisvert, 2000**), ce qui est en accord avec nos résultats concernant les gastéropodes *Physa marmorata* qui ont montré des taux de mortalités significatives suite traitement au *B.t.i*, et ça peut être du au fait que le *B.t.i* a un effet néfaste sur le système digestif, qui peut être attribué à l'activité des toxines produites par la bactérie (**Abdel-Rahman & Hassanian, 1999**). Aussi, **El- Emam et al., (1996 b)** ont montrés que *B.t.i* a un fort effet suppressif sur la croissance de la population des escargots de *Biomphalaria alexandrina*. D'autre part **Abdel-Rahman & Hassanain, (1999)** ont révélé que le *B. thuringiensis kurstaki* (Dipel-2x) à un effet potentiel sur la survie des gastéropodes *Lymnaea natalensis*. Le *B.t.k* s'est avéré aussi toxique pour les escargots *Biomphalaria alexandrina* (**Gamalatet al., 2011**). En outre, **Abdel-Megeed & Abdel-Aziz, (1999)** ont révélé que le *B.t.k* (Dipel-2 x) a induit une mortalité de 50 % (CL<sub>50</sub>) chez *Physa acutaa* près 24 h d'exposition à une dose de 270 mg/l. De ce fait, le *B.t.i* peut affecter des organismes dans différents écosystèmes comme l'eau douce stagnante (**Hershey et al., 1998**).

Dans notre travail, le traitement de six espèces d'invertébrés a entraîné une sensibilité variable au *B.t.i*. (LC<sub>50</sub>: 0.004 µg/ml et CL<sub>90</sub>: 0.007 µg/ml). Les résultats montrent que les espèces; *Anisops sardea*; *Notonecta glauca*; *Berosus signaticollis*; *Plea minutissima* sont les moins sensibles à la CL<sub>90</sub> et la CL<sub>50</sub>. Cependant les espèces les plus sensibles sont *Daphnia magna* et *Corixa punctata*

#### **4.4. Evaluation du potentiel culiciphage de *Gambusia affinis* et de trois espèces d'Hétéroptères aquatiques**

Les pesticides de synthèse utilisés de nos jours sont certes très efficaces contre les moustiques, mais peu respectueux vers l'environnement. Ils entraînent des problèmes écologiques dont les gens sont de plus en plus conscients, et en raison desquels nous cherchons à trouver des solutions alternatives. La lutte biologique, est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante, elle a donné une image positive depuis presque trente ans, elle est considérée comme stratégies de gestion des populations culicidiennes (**Kay & Nam, 2005; Suty, 2010**). De nos jours plusieurs méthodes se sont développées dans cette alternative, mais nous optons pour la prédation. Les moustiques sont un repas de choix à tous les stades de leur vie (Larve, nymphe & adulte),

pour certaines espèces animales aquatiques ou terrestres. Pour cela le contrôle biologique des moustiques à l'aide d'ennemis naturels présente un axe de recherche important, pour un nombre de chercheurs dans le monde (Nam *et al.*, 2012).

Cependant, il a été démontré que les impacts des prédateurs sur les proies dépendent des facteurs abiotiques influençant potentiellement l'impact des consommateurs au sein des écosystèmes (Wasserman *et al.*, 2016; Mondol, 2017). Certains arthropodes sont des prédateurs de larves de moustiques, comme les copépodes qui sont de petits crustacés aquatiques. Ainsi, il a été observé au Vietnam que l'utilisation de copépodes dans les grands réservoirs d'eau permettait d'éliminer les larves d'*Aedes* et d'*Anopheles* (Kay & Vu, 2005). La présence de Notonectes, qui sont de petites punaises aquatiques prédatrices, peuvent aussi dissuader les femelles moustiques, de pondre dans le même bassin. Certaines larves de moustiques non hématophages, comme *Toxorhynchites.sp*, sont larvivores de certaines espèces de moustiques, notamment *Ae. Aegypti* (Bonizzoni *et al.*, 2013). Cependant Benelli *et al.*, (2016) dans leur article ont déterminé le potentiel prédateurs de quelques espèces d'insectes, crustacés et poissons, comme des agents de lutte biologique potentiellement efficaces. D'autre part, les impacts des ennemis naturels restent souvent non quantifiés et sont intrinsèquement dépendants du contexte, avec les variabilités écologiques de la communauté, altérant potentiellement l'efficacités ennemies naturels au niveau de la population (Cuthbert *et al.*, 2018a; b). En particulier, en raison de la croissance larvaire rapide (Gomes *et al.*, 1995), les différences liées à la taille dans l'ontogénie larvaire peuvent faciliter le refuge, effet associé à l'évolution de la taille des proies, difficiles à capturer (Cuthbert *et al.*, 2018c; Dalal *et al.*, 2019a; b).

De nombreux poissons se nourrissent de larves d'insectes aquatiques, en particulier de Culicidae, *Gambusia affinis* est le plus connu des poissons culiciphages (Rodhain & Perez, 1985). L'étude de Merikinoi *et al.*, (2021) évalue la préférence de *Gambusia affinis* par rapport aux larves de moustiques de *Cx. quinquefasciatus* et *Aedes aegypti*, ont montré que *A. aegypti* a été le plus préféré (Roux & Robert, 2019; Fischer *et al.*, 2013). Cette étude a montré des résultats similaires de choix de prédateurs contre des espèces de moustiques *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* (Zaidi & Soltani, 2011).

Cependant *Gambusia affinis* s'est avérée vorace, à l'égard de *Culex modestus*, présentant un taux élevé de prédation en fonction du temps et des stades, avec un taux de mortalité de 100%.

Au cours de cette étude, on a testé la voracité de trois espèces d'Hétéroptères, qui s'est montrée efficace contre les deux premiers stades de *Culex motestus*. Le taux de prédation

d'*Anisops sardea*, augmente avec le temps et cela concerne les quatre stades larvaires mais *Anisops sardea* a une préférence particulière pour le troisième stade larvaire. Cette espèce a montré un taux de prédation très élevé par rapport à ce stade pendant le premier et le deuxième jour du test. Le potentiel prédateur de la deuxième espèce testée *Corixa punctata* augmente proportionnellement avec le temps. Mais en particulier, la prédation de cette espèce est modeste par rapport aux autres et cela vis-à-vis tous les stades. Mais *Corixa punctata* comme *Anisops sardea*, ont montré une préférence pour le troisième stade. La troisième espèce *Notonecta glauca*, son potentiel prédateur, est également proportionnel au temps, présentant un taux élevé après le troisième jour, cela pour les trois premiers stades.

Le potentiel prédateur s'affaiblit au cours du développement larvaire, cela est dû à l'évolution du poids et de la taille de la proie, au cours de son cycle larvaire. Le prédateur atteint la satiété, en fonction de l'évolution et la croissance larvaire. L'analyse statistique nous a permis de comparer le potentiel prédateur contre les larves du premier stade, les prédateurs ont montré une différence très importante à leur égard, et cela au fil du temps. La prédation chez les hétéroptères c'est avérée très élevée, elle est particulièrement plus élevée chez *Anisops sardea* par rapport à *Notonecta glauca* et *Corixa punctata*. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par **Quiroz-Martínez & Rodríguez-Castro, (2007)** et **Mogi, (2007)**, montrent que la famille des Notonectidae est considérée comme la plus prometteuse en lutte biologique contre les moustiques. Les travaux réalisés au laboratoire et en milieu naturel ont montré que la présence de certaines espèces de cette famille a permis la réduction de la densité des larves et pupes de moustiques, il s'agit par exemple d'espèces prédatrices comme *Notonecta hoffmani*, *Notonecta undulata* et *Notonecta kirbyi*. D'autre part des études antérieures ont déterminé que les grands invertébrés appartiennent aux hétéroptères (Notonectidae & Corixidae), ont des larves à potentiels prédateur importants pour les moustiques (**Moirangthem et al., 2018**, **Dida et al., 2015**). Les résultats de **Mahmoudi, (2022)** obtenus que *Notonecta glauca*, *Ilyicoris cimicoides*, *Nepa cinerea* & *Plea minutissima* ont un potentiel prédateur important envers les stades les plus avancés.

De même nos résultats sont confirmés par les travaux de **Gurumoorthy et al., (2013)**; **Venkatesh et al., (2015)** et **Jacob et al., (2017)**. Les résultats de l'étude de **Kasahun et al., (2021)** ont montré que tous les prédateurs consommaient différemment les stades larvaires de moustiques du genre Anopheles, mais à des taux de prédation variables. D'autre part, des études antérieures sur les larves de taxons suivants, ont montré qu'en plus des Notonectidae, les Dytiscidae (**Aditya et al., 2006** ; **Lundkvist et al., 2003**). les Belostomatidae (**Ouyang et al., 2017**), les Aeshinidae (**Mary et al., 2013**) et les Libellulidae (**Morales et al., 2003**)

étaient tous des prédateurs voraces de larves de moustiques. La performance prédatrice de trois nymphes d'odonates sélectionnées (*Pantala faveszens*, *Trithemis aurora*, *Libellula fulva*) a été étudiée contre les larves de troisième stade de moustiques par **Khan et al., (2022)**. **Cuthbert et al., (2019)**, suggèrent que l'augmentation de la diversité des prédateurs de copépodes, dans les écosystèmes des zones humides temporaires australiennes, augmente de manière additive le risque pour les proies à travers différentes profondeurs d'eau et peut aider à réguler les populations de moustiques porteurs de maladies. De plus, **Nunes-Silva et al., (2020)** ont conclu que le copépoede *Mesocyclops longisetus* peut être transporté avec succès dans des zones cibles pour la lutte biologique contre les moustiques *Aedes aegypti* avec une mortalité insignifiante. Les résultats de **Mahmoudi et al., (2022)** montrent que *Cyclops fuscus*, a un pouvoir prédateur important envers les premiers stades larvaires où l'on note une grande consommation des larves L<sub>1</sub> (95 %), suivie par les stades L<sub>2</sub> (45%).

# *CONCLUSION ET PERSPECTIVES*

## **Conclusion & Perspectives**

La préservation des écosystèmes aquatiques et le contrôle permanent de leur état général de santé (Qualité des eaux, diversité des organismes qui y vivent) sont primordiaux. La composition de la communauté biotique d'un site reflète, l'ensemble de tous les facteurs d'influence du milieu parmi lesquels les macros invertébrés aquatiques, qui sont mal connus ou ignorés. Ces dernières, constituent un groupe essentiel notamment dans la transformation de la matière organique, la nourriture des poissons et des oiseaux ainsi que leur intérêt potentiel en tant qu'élément de diagnostic de la pollution. La macrofaune benthique est une composante essentielle de la chaîne alimentaire des écosystèmes aquatiques.

Dans cette étude nous nous sommes intéressés à la classification des invertébrés aquatiques échantillonnés. Les espèces identifiées appartiennent à six Ordres et treize familles: celle des Coléoptères (Noteridae, Hydrophilidae, Dytixidae); Hétéroptères (Notonectidae, Pleidae, Corexidae, Nepidae); Diptères: (Culicidae); Hydrachnidia (Eylaidae, Pionidae, Hydryphantidae); Cladocères (Daphnidae) et Odonate (Aeshnidae). Six paramètres physico-chimiques ont été mesurés (pH; Température; Turbidité; Salinité; Conductivité; A.T.C). Ces paramètres ne présentent pas de variation entre les deux dernières stations. Cependant, les paramètres des trois premières stations indiquent leurs pollution et ont enregistré une différence hautement significative, cela est peut-être dû à leur rapprochement des stations de rejets industriels.

La lutte chimique est devenue une source d'énormes problèmes environnementaux et économiques, comme le phénomène de résistance des espèces traitées et le coût élevé de ces produits. Les résultats obtenus montrent que le Dimilin présente une toxicité importante enregistré chez *Corixa punctata*, et une toxicité moyenne des autres espèces étudiées. L'évaluation de la richesse et de la toxicologie du site d'étude nous permettra à réaliser de nouveaux travaux concernant, l'utilisation de produits naturels pour la préservation de l'environnement, ainsi que l'élaboration de nouvelles stratégies de biosurveillances et des espèces bioindicatrices adaptées aux milieux. Suite à cela, on a opté pour étudier l'impact d'une lutte biologique intégrée, par un biocide, le *Bacillus thuringiensis var israelensis*, le traitement de six espèces d'invertébrés a entraîné une sensibilité variable au *B.t.i*.

Pour intégrer la faune associée dans la lutte biologique anticulicidienne, on a déterminé le potentiel prédateur de quatre espèces les plus abondantes dans notre inventaire: *Gambusia affinis*, *Anisops sardae*, *Corixa punctata* et *Notonecta glauca* à l'égard des différents stades larvaires d'une espèce dominante de moustique dans la région d'Annaba *Culex modestus*. Les résultats de la prédation ont montré que *Gambusia affinis* et *Anisops sardea* sont les plus féroce à l'égard des larves de moustiques et cela par rapport à *Corixa punctata* et *Notonecta glauca*. On a remarqué que le taux de prédation augmente avec le temps.

Afin de compléter et de poursuivre ce travail, il serait essentiel d'aborder les points suivants :

- La faune associée et mal connue en Algérie, ainsi qu'à travers le monde, une étude sur la biodiversité et l'identification des espèces macro benthiques serait indispensable pour une meilleure connaissance.
- Poursuivre une étude approfondie d'usage de produits naturels dans la lutte biologique intégrée, ainsi que le développement des méthodes naturelles comme la prédation et l'extraction des différents composants des plantes (purin, extraits aqueux, extraits alcoolique, huiles essentielles).
- Des études physiologiques concernant la faune non visées, devront être envisagées, afin de déterminer les actions toxiques des pesticides et des biocides, pour mieux élucider l'action des toxines à l'échelle cellulaire et tissulaire de ces derniers.
- Un suivi perpétuel et à long terme de l'état des zones humides en général et du Lac des Oiseaux précisément doit être réalisé.
- Une sensibilisation biologique et éco-toxicologique doit être faite par les différents chercheurs, afin de préserver les zones humides protégées, et de conserver cette richesse naturelle inestimable. Donc on doit tirer à la sonnette d'alarme pour protéger cette zone humide reconnue pour sa richesse et classer mondialement.

# RESUME

## Résumé

Ce travail de recherche contribue à la réalisation et à la mise à jour d'un inventaire des macro-invertébrés aquatiques du lac des Oiseaux, site classé par Ramsar en 1983. L'étude a été menée dans cinq stations choisies sur la berge du lac durant une année (Mars 2018 - Février 2019). Lors de notre échantillonnage 3 685 individus ont été récoltés et ont été identifiés systématiquement, 34 espèces ont été déterminées, appartenant à 13 familles : Culicidae, Noteridae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Notonectidae, Corexidae, Nepidae, Eylaidae, Pionidae, Hydryphantidae et Aeshnidae. La plus riche diversité a été enregistrée au Printemps. Pour une meilleure estimation de la qualité du site, une analyse des paramètres physico-chimique de l'eau des cinq stations a été réalisée. Les résultats ont révélé un gradient décroissant de pollution, par rapport à la quatrième et cinquième station. Ces résultats montrent des niveaux alarmants de l'état actuel du lac.

La lutte contre les Culicidae (Moustiques) est devenue d'un intérêt mondial, vu leur rôle vectoriel dans la transmission d'agents pathogènes et la nuisance. Dans ce cadre, la lutte chimique a été largement utilisée, autant dans la lutte contre les ravageurs de cultures. Le Dimilin est l'un de ces produits. Le phénomène de lessivage, due à la pluviométrie, les résidus de ces produits contaminent les eaux continentales. De ce fait nous avons testé deux concentrations létales (CL<sub>10</sub> ; CL<sub>50</sub>) de Dimilin sur six espèces d'invertébrés aquatiques non visées. Les résultats sont présentés une mortalité significative chez *Corixapunctata*, et une mortalité moyenne pour *A. sardea* ; *N. glauca*; *B. signaticollis*; *P. minutissima* & *D. magna*. Un biocide le *Bacillus thuringiensis israelensis*, largement utilisé dans la lutte biologique à l'égard des Culicidae, pour lequel on a testé la toxicité de deux concentrations létales (CL<sub>50</sub>; CL<sub>90</sub>) sur les espèces précédemment testées. Le *Bacillus thuringiensis israelensis* a montré un effet toxique à l'égard de toutes les espèces traitées.

Dans le cadre de la lutte biologique, nous avons contribué à la détermination du potentiel de prédateurs de trois espèces d'invertébrées (*Asinops sardea*, *Corixa punctata* et *Notonecta glauca*) et un poisson d'eau douce (*Gambusia affinis*). A l'égard des quatre stades larvaires de *Culex modestus* (Nuisant et vecteur principal d'arbovirus). Les résultats obtenus ont montré la voracité des espèces testées, contre cette espèce de moustiques, en particulier les premiers stades. Le potentiel de prédation de *Gambusia affinis* et *Anisops sardea* ont présenté, une différence très hautement significative, cela au cours du temps et du développement larvaire.

**Mots-clés:** Biodiversité, Macro-invertébrés, lac des Oiseaux, inventaire, prédation.

## ABSTRACT

This research work contributes to the development and updating of an inventory of aquatic macro-invertebrates in Bird Lake, a site classified by Ramsar in 1983. The study was conducted in five selected stations on the shore of the lake during one year (March 2018 - February 2019). During our sampling 3,685 individuals were collected and systematically identified, 34 species were determined, belonging to 13 families: Culicidae, Noteridae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Notonectidae: pleidae, Corexidae, Nepidae, Eylaidae, Pionidae, Hydryphantidae and Aeshnidae. The richest diversity was recorded in Spring. For a better estimate of the quality of the site, an analysis of the physico-chemical parameters of the water of the five stations was carried out. The results revealed a decreasing gradient of pollution, compared to the fourth and fifth stations. These results show alarming levels of the current state of the lake.

The control of Culicidae (mosquitoes) has become of global interest, given their vectorial role in pathogen transmission and nuisance. In this context, chemical control has been widely used, both in the fight against crop pests. Dimilin is one such product. The phenomenon of leaching, due to rainfall, the residues of these products contaminate inland waters. We therefore tested two lethal concentrations (LC10; LC50) of Dimilin on six species of non-target aquatic invertebrates. The results are presented a significant mortality in *C. punctata*, and a mean mortality for *A. sardea*; *N. glauca*; *B. signaticollis*; *P. minutissima* & *D. magnan*. A biocide *Bacillus thuringiensis israelensis*, widely used in the biological control of Culicidae, for which two lethal concentrations were tested for toxicity (LC<sub>50</sub>; LC<sub>90</sub>) on previously tested species. *Bacillus thuringiensis israelensis* showed toxic effect on all treated species.

As part of biological control, we contributed to the determination of the predatory potential of three species of invertebrates (*Asinops sardae*, *Corixa punctata* & *Notonecta glauca*) and one freshwater fish (*Gambusia affinis*). With regard to the four larval stages of *Culex modestus* (Harmful and main vector of arboviruses). The results obtained are shown the voracity of the species tested, against this species of mosquitoes, especially the early stages. The predation potential of *Gambusia affinis* and *Anisops sardae* showed a very highly significant difference over time and larval development.

**Keywords:** Biodiversity, Macro-invertebrates, Bird Lake, inventory, predation.

## المخلص

يساهم هذا العمل البحثي في تطوير وتحديث قائمة جرد لللافقاريات المائية الكبيرة بحيرة الطيور ، وهو موقع صنفه Ramsar في عام 1983. أجريت الدراسة في خمس محطات مختارة على شاطئ البحيرة خلال عام واحد (مارس 2015 - فبراير 2016). خلال أخذ العينات، تم جمع 3685 فردا وتحديدهم بشكل منهجي، وتم تحديد 34 نوعا، ينتمون إلى 13 عائلة: Culicidae، Noteridae، Dytiscidae، Hydrophilidae، Notonectidae، pleidae، Corexidae، Eylaidae ، Pionidae ، Hydryphantidae ، Aeshnidae و Nepidae . تم تسجيل أغنى تنوع في الربيع. للحصول على تقدير أفضل لجودة الموقع ، تم إجراء تحليل للمعلمات الفيزيائية والكيميائية لمياه المحطات الخمس. وكشفت النتائج عن انخفاض تدرج التلوث مقارنة بالمحطتين الرابعة والخامسة. تظهر هذه النتائج مستويات مقلقة للحالة الحالية للبحيرة.

أصبحت مكافحة Culicidae (البعوض) ذات أهمية عالمية ، نظرا لدورها الناقل في انتقال مسببات الأمراض وإزعاجها. في هذا السياق، تم استخدام المكافحة الكيميائية على نطاق واسع، سواء في مكافحة آفات المحاصيل. ديميلين هو أحد هذه المنتجات. ظاهرة الترشيح ، بسبب هطول الأمطار ، تلوث بقايا هذه المنتجات المياه الداخلية. ونتيجة لذلك، اختبرنا تركيزين مميزين (50LC ; 10LC) على ستة أنواع من اللافقاريات المائية غير المستهدفة. وتعرض النتائج معدل وفيات كبير في *C. punctata* ، ومتوسط معدل وفيات ل *A. minutissima* ، *P. glauca* ، *B. signaticollis* ، *sardea* ، و *magna. D* . مبيد بيولوجي *Bacillus thuringiensis israelensis* ، يستخدم على نطاق واسع في مكافحة البيولوجية ل Culicidae ، حيث تم اختبار تركيزين مميزين للسمية (50LC; 90LC) على الأنواع التي تم اختبارها سابقا. أظهرت *Bacillus thuringiensis israelensis* تأثيرا ساما على جميع الأنواع المعالجة.

وكجزء من المكافحة البيولوجية، ساهمنا في تحديد الإمكانات المفترسة لثلاثة أنواع من اللافقاريات (*Asinops sardae*، و *Corixa punctata* و *Notonecta glauca*) وسمكة مياه عذبة واحدة (*Gambusia affinis*). فيما يتعلق بالمرحل اليرقية الأربع ل *Culex modestus* (الناقل الضار والرئيسي للفيروسات المنقولة بالمفصليات). تظهر النتائج التي تم الحصول عليها شراهة الأنواع التي تم اختبارها ، ضد هذا النوع من البعوض ، وخاصة المراحل المبكرة. أظهرت إمكانية افتراس *Gambusia affinis* و *Anisops sardae* فرقا كبيرا للغاية بمرور الوقت وتطور اليرقات.

**الكلمات المفتاحية :** التنوع البيولوجي، اللافقاريات الكبيرة، بحيرة الطيور، الجرد، الاقتراس.

# *REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES*

## 7. REFERENCES BIBIOGRAPHIQUES

(A)

- Aazami, J., Esmaili, A. S., Van den Brink., P. J., Abdoli,A., & Sohrabi,H.(2015).** Assessment of Ecological Quality of the Tajan River in Iran Using a Multimetric Macroinvertebrate Index and Species Traits” *Environmental Management*, vol. 56 pp. 260– 269.
- Abdel-Megeed, K. N., Abd El-Aziz, M.M.( 1999).** Lethal effect of Dipel-2X on *Physa acuta* snails. *Egypt. J. Zool.*, 33: 267-275.
- Abdel-Rahman, E. H., & Hassanian, M. A.(1999).** Bio-efficacy of Dipel-2X on *fascioliasis* transmitting snail, *Lymnaea cailliaudi*. *Beni-Suef. Vet. Med. J.*, 9: 137-148.
- Abe, F.R., Coleone, A.C, Machado, A.A., Goncalves., Machado-Neto, J.(2014).** Ecotoxicity and environmental risk assessment of larvicides used in the control of *Aedes aegypti* to *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera). *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 7: 37-45.
- Aditya, G., & Saha, G.K. (2006).** Predation of the beetle *Rhantus sikkimensis* (Coleoptera: Dytiscidae) on the larvae of *Chironomus Meigen* (Diptera: Chironomidae) of the Darjeeling Himalayas of India. *Limnologica*, 36:251–257.
- Aissaoui, L. (2014).** Etude écophysiological et systématique des Culicidae dans la région de Tébessa et lutte biologique. Thèse de doctorat en Biologie animale, Université d’Annaba.
- Aissaoui, L., Boudjelida, H .(2014).** Larvicidal activity and influence of *Bacillus thuringiensis* (Vectobac G), on longevity and fecundity of mosquito species. *European Journal of Experimental Biology*, 4 (1): 104-109.
- Alayat, M.S., Bendali-Saoudi, F., Mahmoudi, K., & Soltani, N.(2023).** Diversité et répartition spatio-temporelle des moustiques (Diptera : Culicidae) dans la région aride de Laghouat (Sahara septentrional algérien). *Insectes oriental*, 1-26.
- Albertonie, F., & Palma-Silva, C. (2010).** Characterization and importance of two invertebrates of continental waters common to the environments of Rio Grande. *Cad Ecology Aquatic*, 5 (1): 9-27.
- Alouani, A., Rehim, N., & Soltani, N. (2013).** Bioefficacy of azadirachtin in controlling *Culex pipiens pipiens* (Diptera: Culicidae). *Jordan Journal of Biological Sciences*, 6, 217 222.

- Ameur, A., Berghiche, H., Barour, C., & Soltani N. (2022).** Morphometric reproductive and environmental biomarker analysis of a crustacean species *Atyaephyra desmaresti* (Millet, 1831) from north east Algeria. *Appl Ecol Environ Res* 20 (6): 4579-4597. Doi: 10.15666/aeer/2006\_45794597.
- Amoros, C. (1984).** Crustacés, Cladocères - extrait du bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon 5, p63
- Annani, F., Alfarhan, A. H., & Samraoui, B. (2012).** Aquatic Hemiptera of northeastern Algeria: distribution, phenology and conservation. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 67(4), 423-435.
- Aouati, A. (2005).** Etude de la biodiversité des Culicidae du marais Lac des oiseaux. Mémoire d'ingénieur. Univ. Annaba.
- Arimoro, F.O., & Keke, U.N. (2016).** The intensity of human-induced impact on the distribution and diversity of Macroinvertebrates and water quality of Gbako River, North Central Nigeria. *Energy Ecol Environ* 16 (8): 25-36. DOI: 10.1007/s40974-016-0025-8.
- Arroussi, D. E. R., Bouaziz, A., & Boudjelida, H. (2021).** Mosquito survey reveals the first record of *Aedes* (Diptera: Culicidae) species in urban area, Annaba district, Northeastern Algeria. *Polish journal of entomology*, 90(1), 14-26.
- Arthington, A.H., & Marshall, C.J. (1999).** Diet of the exotic mosquitofish, *Gambusia holbrooki*, in an Australian lake and potential for competition with indigenous fish species. *Asian Fisheries Science*, 12, 1-16.

**(B)**

- Barbault, R., & Celecia, J. (1981).** The notion of guild: theoretical and methodological aspects. In *Ecology of the Chihuahuan Desert..* R. Barbault and G. Halffter (Eds). 19-34. Mexico: Instituto de Ecologia.
- Barloy, F., Delécluse, A., Nicolas, L., & Lecadet, M. M. (1996).** Cloning and expression of the first anaerobic toxin gene from *Clostridium bifermentans* subsp. *malaysia*, encoding a new mosquitocidal protein with homologies to *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxins. *Journal of bacteriology*, 178(11), 3099-3105.
- Barnes, P. B., Chapman, M. G. (1998).** Effects of the larvicide (Vectobac) on assemblages of benthic invertebrates in Bicentennial Park. Centre for Research on Ecological Impacts of Coastal Cities, Sydney.
- Bauer, L. S. (1995).** Resistance: A threat to the insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Florida Entomol.*, 78(3): 414- 442.

- Bazairi, H., Bayed, A., & Hily, C. (2005)** .Structure et bio évaluation de l'état écologique des communautés benthiques d'un écosystème lagunaire de la côte atlantique marocaine" *C. R. Biologies* vol. 328, pp. 977–990.
- Becker, N., & Margalit, J. (1993)**.Use of *Bacillus thuringiensis israelensis* against mosquitoes and blackflies. In: Entwistle P. F., Cory J. S., Bailey J. M., Higg S. (Eds.), *Bacillus thuringiensis, an Environmental Biopesticide: Theory and Practice*. John Wiley and Sons, Ltd, p149-170.
- Bémaude, C., Claisse, J.R., Leulier, F., Thibault, J., & Ulrich, E. (2006)**. Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rurale. Edition, Educagri. Dijon, France, 220-221 P.
- Bendali Saoudi, F. (1989)**. Etude de *Culex pipiens* anautogène, systématique, biologie, lutte (*Bacillus thuringiensis* sérotype H14 ; *Bacillus sphaericus* 1593 et deux espèces d'Hydracariens). Mémoire de Magister. Biologie animale, Université d'Annaba, Algérie.
- Bendali-Saoudi, F., Gacem H., & Soltani, N. (2013)**. Morphometry of *Piona uncata* (Koenike, 1888) Females (Hydrachnidia: Pionidae) collected from two protected sites in Annaba (Algeria). *Annals of Biological Research*, 4(4), 23-28.
- Bendali-Saoudi, F., Gacem H., & Soltani, N. (2014)**. Inventory of hydracariens in the Lac Tonga (Algeria). *Faunistic entomology - Faunistic Entomology*. 67,109-117.
- Bendali-Saoudi, F., Oudainia, W., Benmalek, L., Tahar, A., & Soltani, N. (2013)**. Morphometry of *Culex pipiens pipiens* (Linneus, 1758) (Dipterae; Culicidae) principal vector of West Nile Virus, harvested from 2 zones, humid, semiarid (East of Algeria). *Ann. Biol. Res*, 4 (10), 79-86.
- Benelli, G., Jeffries. C. L., Walker. T. (2016)**. Biological control of mosquito vectors: past, present, and future. *Insects*, 7(4): 52.
- Ben-Hida, A., Merzouki, M., Aboukacem, A., & Moumni, M. (2012)**. Etude de la qualité physicochimiques et bactériologique des eaux de certains puits de la ville de Meknès.Maroc. *Revue Agrobiologia*, 2, 57–66.
- Benhissen, S., Habbachi, W., Masna, F., Mecheri, H., Ouakid, M. L., & Bairi, A.M. (2014)**. Inventaire des Culicidae Des Zones Arides: Cas Des Oasis d'Ouled (Biskra ; Algérie) Inventory Culicidae dry lands: Inventory Culicidae dry lands: The case of Oasis Ouled Djellal (Biskra, Algeria). *Revue El Wahat pour les Recherches et les Etudes*. *Revue ElWahat pour les recherches et les Etude*, ISSN : 1112 -7163. Vol.7. N°2.

- Benmalek, L., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2018).** Inventory and distribution of mosquitoes (Diptera; Culicidae) of the Burgas lakes (Northeast Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1), 838-843.
- Benyacoub, S., & Chabi, Y. (2000).** Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala. Composition, statut de répartition. Synthèse n: 7 Juin 2000. Revue des sciences et technologie, Univ. Annaba
- Berchi, S. (2000a).** Bioécologie de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae) dans la région de constantine et perspective de lutte. Thèse Doc. Es. Science. Université de Constantine.
- Berchi, S., Aouati, A., & Louadi, K. (2012).** Typology of favourable biotopes to the larval development of *Culex pipiens* L. 1758 (Diptera-Culicidae), source of nuisance at Constantine (Algeria). *Ecologia mediterranea*, 38 (2).
- Berghiche, H., Benradia, H., & Soltani, N. (2018).** Evaluation of the Potential Side-Effects of Novaluron on the Shrimp *Palaemon adspersus*: Moulting Hormone Profile, Cuticle Secretion and Chitin Contents. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 6 (4): 116-124.
- Bernotienė, R. (2001).** The effect of application by *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (H 14) on bloodsucking blackflies (Diptera, Simuliidae) in Lithuania. *Norwegian Journal of Entomology*, 48: 155-120
- Berquier, C. (2015).** Etude écologique et patrimoniale du peuplement des odonates de corse appliquée à la conservation des espèces et des zones humides à enjeux (Doctoral dissertation). 14p
- Beverly Campbell, J.m. Campbell, & Spencer K. Monckton. (2006).** "Coléoptères" l'Encyclopédie Canadienne. Historica Canada. <https://www.thecanadianencyclopedia.ca>
- Blondel, J. (1975).** Analysis of bird stands. Element of an ecological diagnosis. The progressive frequency sampling method (E.F.P.). Rev. School. Earth and Life, 1975; 29 (4): 533-589.
- Boisvert, J., Lacoursiere, J. O. (2004).** Le *Bacillus thuringiensis israelensis* et le contrôle des insectes piqueurs au Québec. *Envirodoq. Ministère de l'Environnement, Quebec*.
- Boisvert, M., Boisvert, J. (2000) .** Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on target and non target organisms: a review of laboratory and field experiments. *Biocont. Sci. Technol.*, 10: 517-561.
- Bonetti, N. (2019).** Recherche et évaluation des parasitoïdes oophages indigènes de la punaise invasive *Halyomorpha halys* (Doctoral dissertation, Institut national de la recherche agronomique (Inra), 400 route de Chappes, 06903 Sophia-Antipolis)

- Bonizzoni, M., Gasperi, G., Chen, X., James, A. A. (2013).** The invasive mosquito species *Aedes albopictus*: current knowledge and future perspectives. *Trends Parasitol*, 29: 460–468.
- Bouabida, H., Tine-Djebbar, F., & Soltani, N. (2012).** Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). *Entomologie faunistique entomology*, 65, 99-103.
- Bouaouina, A. (2008).** Inventaire des Culicidés dans la région de Guelma, effet d'un agoniste de l'hormone de mue métoxyfenozone (RH-2485) sur les larves de *Ochlerotatus nigripes* L.: étude biochimique, enzymatique et sur le potentiel reproducteur. Mémoire de Magister en Physiologie Animale, Option: Reproduction et Développement. Département de Biologie, Université d'Annaba.
- Bouaziz, A. (2012).** Inventaire et lutte contre les moustiques dans une région semi-aride (Tébessa). Thèse de doctorat en Biologie Animale, université d'Annaba, 150 p.
- Bouaziz, A., Aissaoui, L., & Boudjelida H. (2023).** The activity of *Bacillus thuringiensis* Vectobac G on the biochemical compositions of *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata* (Diptera: Culicidae) mosquito larva. *Eco. Env. & Cons.* 29 (1): pp. (1-9)
- Boudemagh, N. (2015).** Etude bioécologique de quelques espèces de Culicidae et hydracariens dans la région de Collo. Essais de lutte biologique anticulicidienne par les hydracariens. Thèse de Doctorat L.M.D (3ème cycle) en Biologie animale environnementale. Option: Reproduction et développement. Département de Biologie. Faculté des Sciences. Université Badji Mokhtar Annaba.
- Boudemagh, N. E. H., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2018).** Biodiversity and distribution of the water mite fauna (Acari: Hydrachnidia) of Collo (Northeast Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2), 1955-1962
- Boudemagh, N., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2013).** Inventory of *Culicidae* (Diptera: Nematocera) in the region of Collo (North-East Algeria). *Ann. Biol. Res.*, 4 (2), 94-99.
- Boukli-Hacene, S., & Hassaine, K. (2010).** Contribution to the knowledge of the bioecology of the Beetles of salt and wetlands in western Algeria. In: Himmi O, editor. Proceedings of CIFE VI, Work of the Scientific Institute. *Zoology Series*. Vol. I. Tome: Rabat, 47, 31-36.
- Boulkenafet, F. (2006).** Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera: Psychodidae) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera: Culicidae) dans la région de Skikda. Mémoire Magéster en entomologie. Option: application agronomique et medicale. Université mentouri Constantine faculté des sciences de la nature et de la vie département des sciences de la nature et de la vie.

**Bouroche, J.M & Saporta, G. (1980).** L'analyse des données. 1ère Edition, Presses Académiques de France. Paris, 127 p

**Bourrier, R., & B. Selmi. (2011).** Technique de la Gestion et de la Distribution de l'Eau, *Edition Moniteur*, 353-402.

**BOYLE, T.P., & FAIRCHILD, J.F. (1996).** Ecological restructuring in experimental aquatic mesocosms due to the application of diflubenzuron. *Environ. Toxicol. Chem.*, 15, 1806-1814.

**Brühl, CA, Després, L., Frör, O., Patil, CD, Poulin, B., Tetreau, G., & Allgeier, S. (2020).** Effets environnementaux et socio-économiques de la démoustication en Europe à l'aide du biocide *Bacillus thuringiensis subsp. israelensis (Bti)*. *Science de l'environnement total* , 724 , 137800.

(C)

**Callot, H. J. (1990).** Catalogue and Atlas of the Beetles of Alsace. Volume 2 Hydradephaga: Dytiscidae, Haliplidae, Gyrinidae, Alsatian Society of Entomology & Zoological Museum of the University and City of Strasbourg, 69 p.

**Callot, H.J. (2001).** Catalogue and Atlas of the Beetles of Alsace. Vol. 12, Hydrophilidae, Hydraenidae, Hydrochidae, Spercheidae, Georissidae, Colonidae, Leiodidae, Scydmaenidae, Ptiliidae, Corylophidae, Clambidae, *Alsatian Entomological Society*. Strasbourg. 89 p.

**Caquet, T., Roucaute, M., Le Goff, P., & Lagadic, L. (2011).** Effects of repeated field applications of two formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on non-target saltmarsh invertebrates in Atlantic coastal wetlands. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74: 1122-1130.

**Carlson, J., Keating, J., Mbogo, C.M., Kahindi, S. & Beier, J.C. (2004).** Ecological limitations on aquatic mosquito predator colonization in the urban environment. *Journal of vector ecology*, 29(2), 331.

**Carron, G., & Paillex, A. (2007).** Castella E. Aquatic beetles from the Rhone River at Belley (France: Ain, Savoie): Inventory and preliminary observations on the effects of restoration measures. *Journal of the Swiss Entomological Society* . 80: 191-210.

- Cepeda-Palacios, R., Servín R, Ramírez-Orduña JM, Ascencio F, Dorchie P, Angulo-Valadez, C.E. (2014)** .In vitro and in vivo effects of neem tree products on larvae of the sheep nose bot fly (*Oestrus ovis* L. Díptera: Oestridae). *Veterinary Parasitology*,200: 225-228..
- Chakri, K., Berrak, H., & Samraoui, B. (2014)**. Effect of food concentration on the development, growth, reproduction and total life span of *Simocephalus expinosus* Koch (Cladocera: Daphniidae). *Scholars Research Library Annals of Biological Research*. 5 (1):55-58.
- Chambolle, P. (1973)**. Recherche sur les facteurs physiologiques de la reproduction chez les poissons ‘‘ovovivipares ‘‘. Analyse expérimental sur *Gambusia sp.* Extrait de la revue ‘‘Bulletin Biologique’’, tome CVII, n°1.
- Chambolle, P. (1970)**. Modalités du développement et analyse des facteurs physiologiques de la reproduction chez *Gambusia sp.* (Poisson Téléstéen) ; recherches descriptives et expérimentales. Thèse 3ème cycle. Univ. Bordeaux I : 192p.
- Charles, J. F., & de Barjac, H. (1983)**. Action of crystals of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on the midgut of *Aedes aegypti* . larvae, studied by electron microscopy. *Ann. Microbiol*,134 A(2):197- 218.
- Chidester, F.E. (1917)**. Dyfiscus as a destroyer of mosquito larvae. *Entomol News*, 28, 454.
- Chilcott, C. N., Kalmakoff, J., & Pillai, J. S. (1983)**. Characterization of proteolytic activity associated with *Bacillus thuringiensis israelensis* crystals. *FEMS Microbiol. Lett.*, 18: 37-41.
- Cook, D.R. (1974)**.Water mite genera and subgenera. *Memoirs of the American Entomological Institute*, 21: vii+1-860.
- Courrat, A., Foussard, V., Lepage, M.(2010)**. Les indicateurs DCE estuariens - Etat des lieux à l'échelle européenne en avril 2009 – Mise à jour en décembre 2010. Projet LITEAU - BEEST, rapport, p88.
- Cuthbert, .R.N., Dick, .J.T.A., & Callaghan, A. (2018a)**. Interspecific variation, habitat complexity and ovipositional responses modulate the efficacy of cyclopoid copepods in disease vector control. *Biol Control*, 121: 80-87.
- Cuthbert, .R.N., Dick .J.T.A., Callaghan .A ., Dickey .J.W.E.(2018b)**. Biological control agent selection under environmental change using functional responses, abundances and fecundities; the Relative Control Potential (RCP) metric. *Biol Control* ,121: 50–57 .

**Cuthbert, R.N., Callaghan, A., Dick, J.T.A. (2018c).** Dye another day: the predatory impact of cyclopoid copepods on larval mosquito *Culex pipiens* is of *Vector Ecology*, 43, 334-336.

(D)

**Dagnelie, P. (1970).** Théorie et méthodes statistiques : applications agronomiques ; vol. 2. Gembloux, Presses agronomiques, 451 p.

**Dagnelie, P. (1986).** Analyse statistique à plusieurs variables ; Gembloux, Presses agronomiques, 362p.

**Dagnelie, P. (2006).** Statistique théorique et appliquée. Tome 2 : Inférences à une à deux dimensions. Bruxelles- université. DE BOECK et LARCIER, 659 p.

**Dahchar, Z., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2016).** Larvicidal activity of some plant extracts against two mosquito species *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(4), 346-350.

**Dahchar, Z., Oudainia, W., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2017).** Inventory of Culicidae of the wetland (of the West region of Annaba. *Journal of Entomology and Zoology Studies* . 2017; 5(2): 430-436.

**Dalal, A., Cuthbert, R.N., Dick, J.T., Gupta, S. (2019a).** Prey preferences of notonectids towards larval mosquitoes across prey ontogeny and search area. *Pest Management Science*.

**Dalal, A., Cuthbert, R.N., Dick, J.T., & Gupta, S. (2019 b).** Water depth-dependent notonectid predatory impacts across larval mosquito ontogeny. *Pest Management Science*, 75: 2610- 2617.

**De Barjac, H. (1978a).** Une nouvelle variété de *Bacillus thuringiensis* très toxique pour les moustiques : *B. thuringiensis* var. *israelensis* sérotype 14. *Cr. Acad. Sci.*, (Paris), 286: 797-800.

**De Belair, J.L. (1995).** Différenciation des types forestiers drainés par la conductivité hydraulique et d'autres propriétés reliées et par le régime hydrique et simulation du régime hydrique de types forestiers drainés. Bibliothèque nationale du Canada, Bibliothèque nationale du Canada, Ottawa.

**De Belaire, G. (1990).** Structure fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El Kala, Est Algérien) thèse de doctorat, UNIV Montpellier II, 200p.

- De Gentile, L., & Carsuzaa, F. (2021).** Scabiose, pédiculoses et piqûres d'arthropodes. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*, 34(4), 204-222. <https://doi.org/10.1016/j.jpp.2021.05.002>
- De Sá, L. C., Oliveira, M., Ribeiro, F., Rocha, T. L., Futter, M. N. (2018).** Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms. What do we know and where should we focus our efforts in the future. *Sci. Total Environ.* 645, 1029–1039. doi: 10.1016/j.scitotenv.07:207
- Delvare, G., & Aberlenc, H. P. (1989).** Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale: clés pour la reconnaissance des familles. *Editions Quae*.
- Dethier, M. (1981).** Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne, les Hétéroptères. *Off. Rech. Sci. Tech. Outre Mer*, 45 :661-683.
- Djabri, L., Mania, J., Messadi, D., Hani, A., & Souag, M. (1996).** Apport des isotopes pour la connaissance de l'origine des eaux de la vallée de la Seybouse (Est.Algérien). *Revista Hidrogeología (Espagne)*, 12, pp 3-14.
- Djeghader, N.E.H., Aissaoui, L., Amira, K., & Boudjlida, H. (2014).** Impact of a chitin synthesis inhibitor, Novaluron, on the development and the reproductive performance of the Mosquito of *Culex pipiens*. *World applied science Journal*, 29 (7), 954-960.
- Djeghader, N.E.H., Boudjelida, H., Bouaziz, A., & Soltani, N. (2013).** Biological effects of a benzoylphenylurea derivative (Novaluron) on larvae of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Adv. in Appl. Scien. Res*, 4 (4), 449-456. doi:10.1080/21658005.2018.1462926.
- Dommanget, J.L. (1981).** Captures intéressantes d'Odonates en France. *Notulae odonatologicae*, 1(7), 120-121.
- Dommanget, J.L. (1989).** Utilisation des odonates dans le cadre de la gestion des zones humides. In : Utilisation des inventaires d'invertébrés pour l'identification et la surveillance d'espaces de grand intérêt faunistique. Inventaire de faune et de flore. *Secrétariat de la faune et de la flore*, 53: 93-110.
- Doucet, G. (2010).** Clé de détermination des exuvies des odonates de France. Société française d'Odonatologie
- Drardja, H., & Soltani, N. (2003).** Laboratory evaluation of Dimilin on growth and glutathione activity in mosquitofish, a non-target species. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 68 (4a): 299-305.
- Draredja-Beldi, H. (1993).** Contribution à l'étude de *Gambusia affinis* (Téléostéen, Poeciliidae), poisson prédateur des larves de moustiques, croissance des alevins,

étude du cycle sexuel et corrélations métaboliques. Thèse magister en physiologie animale. Univ. Annaba : 107p

**Dohl, C. (2000).** Feeding in nematoceran larvae: ecology, behavior, mechanisms and principles. Proc 13th Europ SOVE Meeting, Ankara , *Soci Vector Ecol*, pp 21–27.

**Dunbar, M. J., Warren, M., Extence, C., Baker, L., Cadman, D., Mould, D. J., Hall, J., & Chadd, R. (2010).** Interaction between macroinvertebrates, discharge and physical habitat in upland rivers, *Aquatic Conservation and Marine Freshwater Ecosystem*, 20 (1) 31-44.

**Dunstand-Guzman, E., Hallal-Calleros, C., Hernandez- Vel, L., azquez, V.M., Canales-Vargas, E.J., Domínguez- Roldan, R., Pedermera, M., Pena- Chora, G. and Flores-Perez, I. (2020) .** Nematicidal and ovicidal activity of *Bacillus thuringiensis* against the zoonotic nematode *Ancylostoma caninum*. *Experimental Parasitology*. 218: 1-7.

(E)

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

**Eckhoff, A. P. A. (2011).** Malaria transmission-directed model of mosquito life cycle and ecology. *Eckhoff Malaria Journal*, 10: 303

**El-Emam, M. A., El-Hak, S., Shafik, M. (1996b).** Preliminary study on *B. thuringiensis israelensis* bacteria as a biocontrol agent against *B. alexandrina* snails. *Egypt. J. appl. Sci.*, 11 (9): 184-191.

**Emeka, U.J., Sylvanus, U.H., Akuoma, U.B., & Nanee, D.S. (2020).** Benthic macroinvertebrates diversity and physical-chemical parameters as indicators of the water qualities of Ntawogba Creek Port Harcourt Nigeria. *American Journal of Chemical and Biochemical Engineering*, 4(1), 8-17. doi:10.11648/j.ajcbe.20200401.12

**Enkhnasan, D., & Boldgiv, B. (2020).** Community and habitat analysis of predaceous diving beetles (Coleoptera: dytiscidae) in central and western Mongolia. *Inland Waters*, 10 (3),409-417. doi:10.1080/20442041.2020.1730679.

**Ezzat, S.M., Mahdy, H.M., Abd El Shakour, E.H., El-Bahnasawy, M.A. (2012).** Water quality assessment of river Nile at Rosetta branch impact of drains discharge. *Middle-East J Sci Res* 12 (4): 413-423. DOI: idosi.mejsr.2012.12.4.1694.

(F)

- Fernando, C.(1980).** The aquatic fauna of the world's rice fields: A general introduction and bibliography of references to the aquatic fauna of rice fields with an introduction to the ecology of the rice field fauna. Wallacean Suppl. March 2; 105p.
- Ferreira, F.A.S., Arcos, A.N.,Maia, N.S.G., Sampaio, R.T.M.,Costa, F.M., Rodrigues, I.B., & Tadei, W.P. (2020).** Effects of difluzenuron on associated insect fauna with *Anopheles* (Diptera: Culicidae) in laboratory, partial-field, and field conditions in the Central Amazon. *An Acad Bras Cienc*, 92: e20180590. DOI 10.1590/0001-3765202020180590.
- Feuchtmayr H., Moran R., Hatton K., Connor L., Heyes T., Moss B., Harvay I., Atkinson D.(2009).** Global warming and eutrophication: effects on water chemistry and autotrophic communities in experimental hypertrophic shallow lake mesocosms. *Journal of Applied Ecology*, 46: 713-723.
- Fischer,S ., Zanotti, G., Castr, A., Quiroga, L., & Vargas, D.V.(2013).** Effect of habitat complexity on the predation of *Buenoa fuscipennis* (Heteroptera: Notonectidae) on mosquito immature stages and alternative prey. *J. Vector Ecol*,38: 215–223.
- Fleeger, J.W., Carman, K.R., & Nisbet, R.M.(2003).** Effets indirects des contaminants dans les écosystèmes aquatiques. *Science de l'environnement total* , 317 (1-3), 207-233.
- Forge, P. (1981).** Les Coléoptères. Clé de détermination. p487.
- Fraval, A.(2002).** Elles aussi, elles aiment les insectes, les Gambusies.Insectes, 125(2):14-16.

(G)

- Gacem, H. (2015).** Etude bioécologique et systématique des Hydracariens dans deux sites: Annaba et Lac Tonga. Lutte biologique anticulicidienne et du parasitisme larvaire des Hydracariens. PhD. Département de biologie, université d'Annaba. Algérie.
- Gamatat, Y. O., Ahmed, M. M., Ahmed, A. K.,& Asmaa, A. M. (2011).** Biological studies on *Biomphalaria alexandrina* snails treated with *Furcraea selloa marginata* plant (family: Agavaceae) and *Bacillus thuringiensis kurstaki* (Dipel-2x). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 01 (10): 47-55
- Garcia, R., Rochers, B. D., Tozer, W., Des Rochers, B.(1980).** Studies on the toxicity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* against organisms found in association with mosquito larvae. *Proceedings and papers of the Forty eighth Annual Conference of the California Mosquito and Vector Control Association, Inc.* (Grant, C. D., eds.), Anaheim, California, p33-36.

- Gehu, J. M., Kaabeche, M., & Gharzouli, R. (1993).** Phytosociologie et typologie des habitats des rives des lacs de la région d'El Kala. Algérie. Colloque phytosociologique 22. Syntaxonomie typologique des habitats, Bailleul, p289.
- Ghazwan, A., Ahmad, A., Reza, T.(2017)** Évaluation de *Bacillus thuringiensis* pour contrôler *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera:Gelechiidae) dans des conditions de laboratoire. Agri Scien 8: 591–599
- Gillott, Cedric. (1995).** Entomology (2<sup>nd</sup> edition). Springer-Verlag New York, LLC. hlm. 96. ISBN 0-306-44967-6.
- Gledhill, T. (1985).** Water mites predators and parasites. Ambleside, UK, Freshwater Biological Association, 45-59.
- Gomes, E. F., Rema, P., Kaushik, S. J. (1995).** Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Digestibility and growth performance. Aquaculture, 130 (2–3): 177-186.
- González, R.A., Companioni, I.A., Menéndez, D.Z., Anaya, M.J., García, G.I., Lorenzo, B.C.M., Castañet, C.E. & Gato, A.R. (2019).** Evaluation of the larvicidal efficacy of Rapidall NP3 (*Bacillus thuringiensis*) against *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae) in laboratory conditions. *Revista Cubana de Medicina Tropical.* 71(1): 1-9.
- Gopalakrishnan, R., Das, M., Baruah, I., Veer, V. & Dutta, P. (2013).** Physiocochemical characteristics of habitats in relation to the density of container-breeding mosquitos in Asom, India. *J.Vector Borne Dis.*50 (3):215-219.
- Goulden, CE. (1968).** The systematics and evolution of the Moinidae. *Trans. Amer. Phil. Soc,* 58 (6) : 101 p. Gras R. & Saint-Jean L. 1976.
- Gourmala, S. (1991).** Principe et élaboration d'une carte écologique du peuplement de Culicidae (*Aedes*, *Culex*, *Culiseta*) sur la wilaya de Tlemcen (Algérie).
- Grand, D., & Boudot J.R. (2006).** Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg. Biotope, Mèze (Collection Parthénope). 480 p.
- Grosscurt, A.C. & Anderson, S.O. (1980).** Effect of diflubenzuron on some chemical and mechanical properties of the elytra of *leptinotarsa decemlineata*. Proceeding of the Nedherland Akademy Wet, 83c: 143-150
- Gurumoorthy, K., Govindarajan, M., & Amsath, M.A. (2013).** Predatory behavior and efficiency of the water bug *Sphaerodema rusticum* on mosquito larvae *Culex quinquefasciatus*. *International Journal of Pure and Applied Zoology*,1 (1):24-29.

- Habes, S., Djabri, L., & Djabri Y. (2011).** Qualité des eaux d'un lac dans une région côtière de l'Est algérien : cas du lac Fetzara. *Revue Paralia*, édit. 2, Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime, Tanger (Maroc), pp. 331-334.
- Hakmi, A. (2002).** Traitement des Eaux: Analyse de l'Eau de Source Bousfer. Magister Dissertation. Univ. Oran, Algeria
- Hamaidia, K. (2004).** Inventaire et biodiversité des Culicidae (Diptéra-Nématocéra) dans la région de Souk- Ahras et de Tébessa (Algérie). Thèse de Magister. Université de Constantine.
- Hamaidia, K., & Soltani N. (2014).** Laboratory evaluation of a biorational insecticide, Kinoprène, against *Culex pipiens* larvae: effects on growth and development. *Annual Research and Review in biology*, 4(14), 2263-2273.
- Hammerschlag, N. (2019).** Quantifying shark predation effects on prey: Dietary data limitations and study approaches. *Endanger. Species Res*, 38: 147–151.
- Harðardóttir, H., Male, R., Nilsen, F., & Dalvin, S. (2019).** Effects of chitin synthesis inhibitor treatment on *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda, Caligidae) larvae. *PLoS One*, 14.
- Haritash, A.K., Gaur, S., & Garg, S. (2016).** Assessment of water quality and suitability analysis of River Ganga in Rishikesh. India. *Applied Water Science*, 6 (4), 383-392. <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0235-1>.
- Hassaine, K. (2002).** Biogéographie et biotypologie des Culicidae (Diptéra: Nématocera) de l'Afrique méditerranéenne. Bioécologie des espèces les plus vulnérantes (*Ae. caspius*, *Ae. Mariae* et *Cx.pipiens*) de la région occidentale Algérienne Thèse doc D'état. Univ Tlemcen. 203 p.
- Hénaut, A. (2011).** Air and water pollution. Files of science and public policies. Pierre and Marie Curie University, Paris, 64p.
- Himmi, O. (2007).** Les Culicidae (Insectes, Dipteres) du Maroc: Systématique, Ecologie et Etudes Epidémiologiques Pilotes. Thèse de doctorat d'état en Biologie spécialité ecologie. Univ. Mohamed V- Agdal, Faculté des sciences Rabat
- 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.
- Himmi, O., Trari, B., El Agbani, M.A., & Dakki M. (1998).** Contribution à la connaissance de la cinétique et des cycles biologiques des Moustiques (Diptera, Culicidae) dans la région de Rabat-Kénitra (Maroc). *Bull Inst Sci Rabat* 21:71–9

**Houari-Abderrahim, J., & Rehim N. (2014).** Biological and reproduction activities of mosquito larvae of *Culiseta morsitans* (Theobald) after treatment by ecdysone agonist methoxyfenozide. *Annual Research and Review in biology*, 4(24), 4152-4165.

**Houmani, M., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2017).** Inventory of Culicidae in the region of El Taref (North-east Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(6), 263-267

**Houmani, M., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2023).** Impact of physicochemical parameters of water on the biodiversity of the invertebrate fauna from Echatt Lake, North-east Algeria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(1).

**Howell, W.M. & Denton, T.E. (1989).** Gonopodial morphogenesis in females mosquitofish, *Gambusia Affinis* masculinized by exposure to degradation products from plant sterols. *Environmental biology of fish*, 24: 43-51.

**Hoy, T., Horseberg, T.E., & Wichstrom R. (1991).** Inhibition of acetylcholinesterase in rainbow trout following dichlorvos treatment at different water oxygen levels. *Aquaculture*, 95: 33–40. doi: 10.1016/0044- 8486(91)90070-N

**Huberty, C.J. (1994).** Applied discriminate analysis. New York, Wiley, 466 p.

**Hurd, R.W., Wilder, B.J., Helveston, W.R., Uthman, B.M. (1996).** Treatment of four siblings with progressive myoclonus epilepsy of the Unverricht-Lundborg type with N acetylcysteine. *Neurology*.47:1264-1268.

(I)

**Ihaka, R., & Gentleman, R.(1996).** R: a language for data analysis and graphics. *J. Comput. Graph. Statist.*, 5, 299–314.

**Indermuehle, N., Angelibert, S., & Oertli, B. (2008).** IBEM: Indice de Biodiversité des Etangs et Mares. Un outil pour l'évaluation biologique des étangs et mares. Manuel d'utilisation, école d'ingénieurs de Lullier (eil), Genève, 33 p.

**Irshad, M., Malik, N., Khan, T., & Faridullah, M. (2011).** Effect of Solid Waste on Heavy Metal Composition of Soil and Water at Nathiagali-abbottabad. Department of Environmental Sciences, COMSATS Institute of Information Technology, Abbottabad, Pakistan.

**Ishaaya, I., & Horowitz, A.R. (1998).** Insecticides with novel modes of action: An overview. In: *Insecticides with novel modes of action: Mechanism and application*, ed. Ishaaya I. and Degheele D. Springer, Berlin. 1-24

(J)

**Jacob, S., Thomas, A., & Manju, E. (2017).** Bio-control efficiency of Odonata nymphs on *Aedes aegypti* larvae. *IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol*,11:1–4.

**Jalapathi, S.K., Jayaraj, J., Shanthi, I. M., Theradimani, M., Venkatasamy, B., Irulandi, S. and Prabhu, S. (2020).** Potential of Cry1Ac from *Bacillus thuringiensis* against the tomato pinworm, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Gelechiidae: Lepidoptera). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 30: 81-98.

**Jolivet, P. (1980).** Les Insectes et l'homme. Insecte d'importance médicale. *Masson. edspestic. Sci*, 55, 909-918.

**JORA (Journal Officiel de la République Algérienne). (2011).** Qualité de l'Eau de Consommation Humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers: Bir-mourad Raïs. Algiers, Algaria, pp. 7-25.

**Julian Pichenot. (2016).** Inventaire des Hétéroptères terrestres et aquatiques de la Réserve Naturelle du marais de Vesles-et Caumont Prospections de terrain.Association la rosilière, p4.

(K)

**Kasahun, E.b.a., Luc, Duchateau., Beekam, Kebede Olkeba., Pieter, Boets., Dechasa, Bedada.,Peter,L. M. Goethals ., Seid, Tiku Mereta ., Delenasaw Yewhalaw. (2021).** Bio-Control of *Anopheles* Mosquito Larvae Using Invertebrate Predators to Support Human Health Programs in Ethiopia. *Int J Environ Res Public Health*, 8(4):1810.

**Kashian, D. R., & Dodson, S. I. (2002).** Effects of common-use pesticides on developmental and reproductive processes in *Daphnia*. *Toxicology and industrial health*, 18(5), 225-235.

**Kaur, S., Saxena, A., Johal, M.S. (2020).** Water quality and aquatic Coleoptera and Hemiptera in two ponds of Mansa District, Punjab. *Indian J Entomol* 82 (1): 156-159. DOI: 10.5958/0974-8172.2020.00035.8.

**Kay, B.H ., & Nam, V.S.(2005).** New strategy against *Aedes aegypti* in Vietnam. *Lancet* 365: 613–617.

**Kemassi, A., Boual, Z., Ould El Hadj, K.A., Dadi-Bouhoun, M., & Ould El Hadj, M.D. (2010).** Activité biologique de l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) (Euphorbiaceae) chez le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae). *Annales de Sciences et Technologie, Université Kasdi Merbah- Ouargla*, 2 (1), 61-70.

**Kemassi, A., Bouziane, N., Boual, Z., & Ould El Hadj, M.D. (2014).**Activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et de *Cleome*

*arabica* L. (Capparidaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). 12(6), 348-353.

**Khan, S.U., Sardar, A.M., Hazrat, A., Waqas, W., Bakht, R. (2022).** The role of selected odonate nymphs in biological control of *Culex quinquefasciatus* larvae, and effect of glyphosate herbicide on their predatory performance. *International Journal of Tropical Insect Science*. <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00713-2>.

**Khebbeb, M.E.H., Delachambre, J., & Soltani, N. (1997).** Lipid metabolism during the sexual maturation of the mealworm (*Tenebrio molitor*): effect of ingested diflubenzuron. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 58(3): 209-217.

**Kobielska, P. A., Howarth, A. J., Farha, O. K., & Nayak, S. (2018).** Metal-organic frameworks for heavy metal removal from water. *Coordination Chemistry Reviews*, 358, 92-107.

**Kocher, L. (1964).** Commented catalogue of the Beetles of Morocco. X. Addendum and corrigendum. Tables. *Work of the Cherifian Scientific Institute and the Faculty of Sciences, Zoology Series*, 30, 1-200.

**Kocher, L. (1969).** Commented catalogue of the Beetles of Morocco. Booklet X. bis. New addenda and corrigenda. *Work of the Cherifian Scientific Institute and the Faculty of Sciences, Zoology Series*, 34, 1-132+1 errata.

**Kriska, G. (2013).** Dragonflies and Damselflies-Odonata. In: Kriska, G. (Ed.). *Freshwater Invertebrates in Central Europe*. Springer Vienna. 194-209.

**Kumar, R., Sharma, V., & Sharma, R.C. (2018).** Physico-chemical and microbiological water quality of Asan Wetland of Garhwal Himalaya, India. *Int. J. Ecol. Sci. Environ. Eng*, 5(3), 64-70.

(L)

**Lacroix, J. S., Buvelot, J. M., Polla, B. S., & Lundberg, J. M. (1991).** Improvement of symptoms of non-allergic chronic rhinitis by local treatment with capsaicin. *Clinical & Experimental Allergy*, 21(5), 595-600.

**Lagadic, L. (2008).** Évaluation du risque environnemental des traitements de démoustication : harmonisation des méthodes applicables aux invertébrés non cibles dans les zones humides littorales méditerranéennes et atlantiques. Rapport final, Programme national d'Écotoxicologie (Pnetox), ministère de l'Écologie et du Développement durable, 42.

**Lagnika, M., Ibikounle, M., Montcho, J.C., Wotto, V.D., & Sakiti, N.G. (2014).** Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Bénin, Afrique de l'Ouest). *J. Appl. Biosci*, 79, 6887-6897.

- Lahr, J., Diallo, A., Gadji, B., Diouf, P., Bedaux, J., Badji, A., van Straalen, M. (2000).** Ecological effects of experimental insecticide applications on invertebrates in Sahelian temporary ponds. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 19(5): 1278-1289.
- Lajeunesse, D., & Reboul, P. (2007).** The Role of Bone in the Development of Osteoarthritis. In F. Bronner, & M. Farach-Carson (Eds.), *Bone and Osteoarthritis*. Vol. 4, pp. 19-39. London: Springer-Verlag.
- L'Ambert G., Ferre J. B., Schaffner F., Fontenille D. (2012).** Comparison of different trapping methods for surveillance of mosquito vectors of West Nile virus in Rhone Delta, France. *Journal of Vector Ecology*, 37: 269-275.
- Lambret, P., Besnard, A., Matushkina, N. (2015a).** Initial preference for plant species and state during oviposition site selection by an Odonate. *Entomological Science*. 1-6.
- Lam-Gordillo, O., Baring, R., Dittmann, S. (2020).** Ecosystem functioning and functional approaches on marine macrobenthic fauna: A research synthesis towards a global consensus. *Ecol Indicators* 115: 106379. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.106379.
- Lamri, D, Hassouni, T, Loukili, A, Belghyti, D, & Chahlaoui, A. (2016).** Contribution à la connaissance des Coléoptères (Coleoptera) du réseau hydrographique de la Moulouya (Maroc). *Faunistic Entomology*, 69, 97-109.
- Laurince, Y. M. (2012).** Inventory of aquatic insects in fishponds in southern Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*. 58:4208-422
- Lawler, S. (2017).** Environmental safety review of methoprene and bacterially-derived pesticides commonly used for sustained mosquito control. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 139: 335-343.
- Lechekhab, H., & Soltani N. (2018).** Environmental risks of an insecticide (Dimilin® 25 wp) on the shrimp *Palaemon adspersus*: biochemical composition of cuticle and oxidative stress. *Fresenius environmental bulletin*, 27 (3): 1862-1867.
- Leclercq, L. (2001).** Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau, station scientifique des Hautes-Fagnes, Belgique.
- Little, S. H., Vance, D., McManus, J., Severmann, S., & Lyons, T. W. (2017).** Copper isotope signatures in modern marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 212, 253–273. doi:10.1016/j.gca.06:019.
- Lmohdi, O., El haissoufi, m., & Bennis. (2008).** Contribution to the knowledge of aquatic Heteroptera in the Laou watershed. Multidisciplinary analysis for sustainable management Work of the Scientific Institute, Rabat.; vol 5: 67-74.

- Loucif, K., Neffar, S., Menasria, T., Maazi, M.C., Houhamdi, M., & Chenchouni, H. (2020).** Physico- chemical and bacteriological quality assessment of surface water at Lake Tonga in Algeria. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 13:100284. doi:10.1016/j. enmm.2020.100284
- Lounaci, Z. (2003).** Biosystématique et bioécologique des Culicidae (Diptera – Nématocera) en milieu rural et agricole. Thèse de Magister. INA., El Harrach
- Lounaci, Z., & Doumandji, S. (2012).** Biodiversité des Culicidae (Diptera, Nematocera) d'intérêt médical et vétérinaire du marais de Réghaia et Tizi Ouzou (Algerie).
- Lundkvist, E., Landin, J., Jackson, M., & Svensson, C. (2003).** Diving beetles (Dytiscidae) as predators of mosquito larvae (Culicidae) in field experiments and in laboratory tests of prey preference. *Bull. Entomol. Res.*, 93: 219.
- Lundström, J. O., Brodin, Y., Schäfer, M. L., Persson Vinnersten, T. Z., Östman. (2010a).** High species richness of Chironomidae (Diptera) in temporary flooded wetlands associated with high species turn-over rates. *Bull. Entomol. Res.*, 100: 433-444.
- Lyra, J.R.M., Ferraz, J.M.G., & Silva, A.P.P. (1998).** Acción de inhibidores de la síntesis de la quitina en la reproducción de *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). *An Soc Entomol Brasil*, 27: 569-576.
- (M)**
- Maazi, M. C. (1991).** Contribution à l'estimation quantitative et qualitatives des Anatidés et Foulques hivernants et nicheurs au niveau du lac des oiseaux (Wilaya d'El Taref). Thèse de magister. INA. Alger, p55.
- 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.95322.
- Mahmoudi, K. (2022).** Etude bioécologique des Culicidae et de la faune associée au niveau du lac Tonga. Lutte biologique (plantes et prédation) de quelques espèces inventoriées. Thèse de Doctorat L.M.D (3<sup>ème</sup> cycle) en Biologie animale. Option Ecophysiologie Animale. Université Badji Mokhtar Annaba.
- Mahmoudi, K., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2022).** Prédation potentielle de *Cyclops fuscus* Jurine, 1820 (Crustacea Copepoda) contre deux espèces de moustiques *Culex pipiens* Lin-naeus, 1758 et *Culiseta longiareolata* Macquart, 1838 (Diptera Culicidae). *Biodiversity Journal*, 2022, 13 (4): 805–812

- Mahmoudi, K., Bendali-Saoudi, F., Soltani, N. (2022).** Do water physicochemical parameters explain richness and phenology of aquatic beetles (Coleoptera) in Tonga Lake (Northeast Algeria). *Orient Insects* 57 (1): 1-24. DOI: 10.1080/00305316.2022.2033335
- Maiza, A., Aribi, N., Smagghe, G., Kilani-Morakchi, S., Bendjedid, M. & Soltani, N. (2013)** .Sublethal effects on reproduction and biomarkers by spinosad and indoxacarb in cockroaches *Blattella germanica*. *Bulletin. Insectol.* 66(1), 11-20.
- Mansouri, M. (2015).** Inventaire des Hydrachnidia au Nord-Est Algérien et dosage de la GST au niveau du Lac des Oiseaux. Toxicité de biocides : Le *Bacillus thuringiensis israelensis* et des extraits aqueux végétaux sur les espèces non ciblées : les Hydrachnidia et les Mollusques d'eau douce. Thèse de doctorat L.M.D (3e cycle) en biologie animale environnementale option: physio-toxicologie. Département de biologie. Faculté des sciences Université Badji Mokhtar Annaba.
- Markert, B., Wappelhorst, O., Weckert, V., Herpin, U., Siewers, U., Friese, K., & Breulmann, G. (1999).** The use of bioindicators for monitoring the heavy-metal status of the environment. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 240(2), 425-429.
- Martins, F., & Da Silva, I.G. (2004).** Evaluation of the inhibiting activity of the diflubenzuron on the ecdysis of larvae of *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera, Culicidae). *Rev Soc Bras Med Trop* ,37(2): 43-56.
- Mary, R. (2013).** Ecology and Predatory Efficiency of Aquatic (Odonate) Insect over the Developmental Stages of Mosquitoes (Diptera: Culicidae). *J. Acad. Ind. Res*, 2: 429.
- Meadows, M. P. (1993).** *Bacillus thuringiensis* in the environment: Ecology and risk assessment. In *Bacillus thuringiensis, an Environmental Biopesticide: Theory and Practice* (ed. P. F. Entwistle, J. S. Cory, M. J. Bailey and S. Higgs). John Wiley & Sons, p193-220.
- Mehari, A. K., Vijverberg, V., Wondie, A., Mingist, M., & Vijverberg, J. (2014).** Spatial and seasonal variation in the macroinvertebrates and physico-chemical parameters of the Enfranz River, Lake Tana sub-basin (Ethiopia)", *Ecohydrology & Hydrobiology*, Vol.14, pp. 304-312.
- Merabeti, B., & Ouakid M.L. (2011).** Contribution a l'étude des moustiques (diptera : Culicidae) dans les oasis de la région de Biskra (Nord-Est D'algerie). *Actes du Séminaire International sur la Biodiversité Faunistique en Zones Arides et Semi-arides*, 185-189.
- Merikinoi, K., Cecilia, C., Winnie, S., Kishimbo, O., & Eliningaya, J. K. (2021).** Predator preferences: a key to effective biological control design *J. Health Biol Sci.*, 9(1):1-4.

- Merritt, R.W., & Wipfli, M.S. (1994).** Effects of *Bacillus Thuringiensis* Var. *Israelensis* on Non target Benthic Insects through Direct and Indirect Exposure. *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 13, no. 2, 1994, pp. 190–205. *JSTOR*, <https://doi.org/10.2307/1467238>. Accessed 22 May 2023.
- Merzendorfer, H., & Zimoch,L. (2003).** Métabolisme de la chitine chez les insectes : structure, fonction et régulation des chitine synthases et des chitinases. *Tourillon de biologie expérimentale* , 206 (24), 4393-4412.
- Messai N., Berchi S., Boulknafed F., & Louadi K. (2011).** Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunistique, Faunistic Entomology*, 63 (3), 203-206.
- Messikh, S. (2016).** Etude Bio écologique des Hydracariens de la région d’El Kala. Thèse de Doctorat en Biologie Animale. Université d'Annaba. Algérie.
- Metge, G., & Hassaine, K. (1998).** Study of the environmental factors associated with oviposition by *Aedes caspius* and *Aedes detritus* along a transect in Algeria. *Journal of the American Mosquito Control Association-Mosquito News*, 14(3), 283-288.
- 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.
- Minaya,V., McClain, M., Moog,O., Omengo,F., & Singer, G. A. (2013).**Scale-dependent effects of rural activities on benthic macroinvertebrates and physico-chemical characteristics in headwater streams of the Mara River, Kenya”, *Ecological Indicators*, vol. 32, pp. 116– 122.
- Mogi, M. (2007).** Insects and other invertebrate predators. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, 23(2): 93-109.
- Moirangthem, B.D., Singh, S.N., & Singh, D.C. (2018).** Comparative studies of three potent bioagent against mosquito larvae. *Int. J Mosq. Res*, 5, 10–14 molecular basis in urban insect pests. *Parasitology Research* ,115: 1363-1373
- Mondol, R.P., Chandra, G., Bandyopadhyay, S., & Ghosh, A. (2017).**Effect of temperature and search area on the functional response of *Anisops sardea* (Hemiptera: Notonectidae) against *Anopheles stephensi* in laboratory bioassay. *Acta Trop* ,166: 262-267.
- Morales, M.E ., Wesson, D.M., Sutherland, I.W., Impoinvil, D.E., Mbogo, C.M., Githure, J.I., Beier, J.C. (2003).** Determination of *Anopheles gambiae* larval DNA

in the gut of insectivorous dragonfly (Libellulidae) nymphs by polymerase chain reaction. *J. Am. Mosq. Control Assoc*, 19: 163–165.

**Morsli, M. S. (1994).** Effet d'un dérivé de la benzoyl phenyl urée, le Dimilin sur la physiopathologie de *penaeus Kerathurus* (Crustacea, Decapoda). Thèse de doctorat. Annaba.

**Morsli, M.S. & Soltani, N. (2003).** Effets d'un insecticide inhibiteur de la synthèse de la chitine, le diflubenzuron sur la cuticule de la crevette *Penaeus kerathurus*. *Journal de Recherche Océanographique*, 28(1-2) : 85-88.

**Mutlu, E., & Uncumusaoğlu, A.A. (2016).** Physicochemical analysis of water quality of Brook Kuruçay. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(11), 991-998.

(N)

**Naktl, M .A., & Atallah, F M. (2019) .** Role of the predator *Anisops sardea* (Hemiptera: Notonectidae) in control mosquito *Culex molestus* (Diptera: Culicidae) population. *Int J Mos Res*; 6(2):46-50.

**Nam,V.S., Yen, N.O.T., Duc, H.M., Tu, T.C., Thang, V.O.T., Le , N.H., Loan, L., Huong V.T.Q., Khanh, L.H.K., & Trang. (2012).** Community-based control of *Aedes aegypti* by using *Mesocyclops* in Southern Vietnam. *Am J Trop Med Hyg* ,86: 850–859 .

**Neveu-Lemaire. (1923).** L'évolution de la classification des Culicidae. *Annales de Parasitologie*, T.1(1).18 p.

**Nielsen-Leroux, C. N., Pasteur, J., Prêtre, J.F., Charles, H.B., Sheikh., & C. Chevillon. (2002).** High Resistance to *Bacillus sphaericus* Binary Toxin in *Culex pipiens* (Diptera:Culicidae): The Complex Situation of West Mediterranean Countries. *Journal of Medical Entomology*. 39:729- 735.

**Nunes-Silva, A., Lima-Keppe., I.D., Souza, R.V.D., & Perbiche-Neves, G. (2020).** Survival of the copepod *Mesocyclops longisetus* during simulations of transport from hatchery to target areas for biological control of mosquito larvae. *Zoologia (Curitiba)*, 37. <https://doi.org/10.3897/zoologia.37.e37658>.

(O)

**Oberlander, H., Silhacek, D. L., & Leach, C. E. (1998).** Interactions of ecdysteroid and juvenoid agonists in *Plodia interpunctella* (Hübner). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America*, 38(2), 91-99.

- Oberlander, H. & Silhacek, D.L. (1998).** New perspectives on the mode of action of benzoylphenyl urea insecticides with novel mode of action. Springer, 92-105.
- Oertli, B., Auderset-Joye, D.A., Castella, E., Juge, R., Lehmann, A., Lachavanne, J.B. (2005).** Ploch: a Standardized Method for Sampling and Assessing the Biodiversity in Ponds, in Conservation and monitoring of pond biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, Special issue*, 15, (6), 665-680.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (1973).** Lutte antivectorielle en santé internationale.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2006).** Pesticides and their application. For the control of vectors and pests of public health importance. 6th ed., Geneva.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2007).** Guidelines for drinking-water quality [electronic resource]: incorporating first addendum. 3rd ed., vol. 1, Recommendations.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2017).** Guidelines for Drinking-water Quality: 4th Ed. *Incorporating First Addendum. World Health Organization*, Geneva. Wu, Y.
- Östman, Ö., Lundström, J. O., & Vinnersten, T. Z. P. (2008).** Effects of mosquito larvae removal with *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) on natural protozoan communities. *Hydrobiologia*, 607: 231- 235.
- Oudainia, W. (2015).** Etude bioécologique et systématique des Culicidae de la région d'Oum El Baouaghi. Effet de la température sur l'agressivité et la biologie de *Culex pipiens*. Thèse de doctorat Thèse de doctorat en biologie, spécialité écologie animale, option biologie des populations. Université Badji Mokhtar, Annaba. Algérie.
- Ouma, S.O., Ngeranwa, J.N., Juma, K.K., & Mburu, D.N. (2016).** Seasonal variation of the physicochemical and bacteriological quality of water from five rural catchment areas of Lake Victoria basin in Kenya. *J. Environ. Anal. Chem*, 3,170. doi:10.41722380-2391.1000170.
- Ouyang, X., Gao, J., Chen, B., Wang, Z., Ji, H., & Plath, M. (2017).** Characterizing a novel predator–prey relationship between native *Diplonychus esakii* (Heteroptera: Belostomatidae) and invasive *Gambusia affinis* (Teleostei: Poeciliidae) in central China. *Int. Aquat. Res*, 9:141–151

(P)

- Palm, R. (1998).** L'analyse en composantes principales: principes et applications. Notes stat. inform. Gembloux 98/2, 33 p.

- Palm, R. (2000).** L'analyse de la variance multivariée et l'analyse canonique discriminante: principes et applications. Notes stat. inform. Gembloux 2000/1, 40 p.
- Peden, A.E. (1972).** The function of gonopodial parts and behavioral pattern during copulation by *Gambusia* (Poeciliidae). *Can. J. Zool.* 50 : 955-968.
- Perrier, R. (1979).** La faune de la France illustrée II Arachnidés et Crustacés. Imprimé en Belgique, JOS ADAM, Bruxelles, N°d'éditeur, 5122
- Peyrusse, V., & Bertrand, M. (2001).** Les acariens aquatiques de France. *Insectes*, 123,4,3-6.
- Pierre, F.B. (1995).** Clé Illustrée des Familles des Coléoptères de France. Paris *l'Entomologiste*. Tome 50. 56, 0013- 8886.
- Pierre, F.B. (1995).** Clé Illustrée des Familles des Coléoptères de France. Paris *l'Entomologiste*. Tome 50. 56, 0013- 8886.
- Pires, S., Peignier, A., Seto, J., Smyth, D. S., & Parker, D. (2020).** Biological sex influences susceptibility to *Acinetobacter baumannii* pneumonia in mice. *JCI insight*, 5(7).
- Poisson, R. (1957).** Héteroptères aquatiques. Faune de France, 61 :1-263.
- 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.
- Powell, J.A. (2009).** Coleoptera. In Vincent H. Resh & Ring T. Cardé. Encyclopedia of Insects (2nd ed.). *Academic Press*, 1132 p.
- Priawandiputra, W. (2018).** Aquatic Insect Community as Indicator of Water Quality Assessment in Situ Gede System, Bogor, Indonesia. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, p. 12016.
- Proctor, H.C. (2006).** Key to Aquatic Mites Known from Alberta. Agriculture Canada, Ottawa
- Proctor, H.C., & Walter, D.E. (1999).** Mites: ecology, evolution and behavior. University of New South Wales Press, Sydney, New South Wales, 3, 488 p.

(R)

- R Core Team. (2020).** R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna. [www.r-project.org](http://www.r-project.org)
- Rahola, N. (2010).** Notions de morphologie et critères basiques de détermination de certains Culicidae au stade larvaire et imaginal. Caractérisation et contrôle des vecteurs. UR016-CCPV.
- Recensement de la Population Algérienne, Wilaya d'Annaba, 2008.**
- Rey, J., & Saint-Jean, L. (1980).** Les Brachiopodes (Cladocères). In Flore et Faune aquatique de l'Afrique Sahélo-soudanienne
- Rhodain, F., & Perez, C. (1985).** Precise medical and veterinary entomology. Paris: Maloin S. A., 458p.
- Rhodain, F., & Perez, C. (1985).** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Maloine. S A Editeur 27, Rue de l'école médecine 75006, Paris.
- Rhodain, F., & Perez, C. (1985).** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Paris: Maloin S. A, 458p
- Richards, S.L., Byrd, B.D., Reiskind, M.H., & White, A. V. (2020).** Assessing Insecticide Resistance in Adult Mosquitoes: *Perspectives on Current Methods. Environmental Health Insights.* 14: 1-7.
- Richoux, P. (1982).** Practical introduction to the systematics of organisms of French continental waters. 2. Aquatic Coleoptera (genera: adults and larvae). *Bulletin Mensuel de la Societe Linneenne de Lyon*, 51(8), 257-272.
- Rioux, J.A. (1958).** Les Culicides du Midi Méditerranéen. *P. Lechevalier, édit*, 303 p.
- Ripert, C. (2007).** Epidemiologie des maladies parasitaires, tome 4, affections provoquées ou transmises par les arthropodes. Cachan : EM inter, 581 pp.
- Rodhain, F., & Perez, C. (1985).** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. *Ed. Maloine S. A*, Paris, 458 p
- Rodier, J. (1984).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. *Edition Dunod Paris.*
- Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. (2009).** L'analyse de l'eau, 9e édition. *Dunod (éditeur)*, Paris, France. 1579 p.

**Roohul-Amin., Ali, S.S., Anwar, Z., & Khattak, J.Z.K. (2012).** Microbial analysis of drinking water and distribution system in new urban Peshawar. *Curr. Res. J. Biol. Sci.* 4(6): 731-737.

**Rosen, D.E. & Gorden, M. (1953).** A newfish of the genus *Gambusia* from southern Venacruz, Mexico, with discussion of the tribe *Gambusiini* hubbs. *Zoologica (N.Y.)*, 36 (21): 267-272.

**Roth, F.(1980).** Micro organisms as a source of protein for animal nutrition. *Animal. Res. Dev.* 12: 7-19

**Roux,O., & Robert, V. (2019).** Larval predation in malaria vectors and its potential implication in malaria transmission: an overlooked ecosystem service. *Parasites & Vectors*, 12(1):217.

(S)

**Saha, N., Kundu, M., Saha, G.K., & Aditya, G. (2020).** Alternative prey influence the predation of mosquito larvae by three water bug species (Heteroptera: Nepidae). *Limnological Review*, 20(4), 173-184. doi : 10.2478/limre-2020-0017.

**Salmi, H. (2007).** Bioécologie des espèces de moustiques dans la région de Tébessa: Inventaire, répartition, indices écologiques et caractérisations morphométriques et biochimiques. Thèse de Magister en physiologie Animale et Humaine, Centre Universitaire de Tébessa.

**Samraoui B. (2009).** Seasonal ecology of Algerian Lestidae (Odonata). *International Journal of Odonatology*, , vol. 12, no 2, p. 383-394.

**Samraoui, B., & Belair (de).G. (1997).** Connaissance du fonctionnement écologique des zones humides du parc national d'El Kala et établissement des règles de gestion spécifiques. Étude d'expertise, Projet GEF/Banque mondiale. ANN. 1997, 55 p.

**Samraoui, B., & Belair (de).G. (1998).** Les zones humides de la Numidie orientale : Bilan des connaissances et perspectives de gestion, Synthèse (numéro spécial), 4, 1-90.

**Samraoui, B., & Corbet, P.S. (2000a).** The Odonata of Numidia. Part I: status and distribution. *International Journal of Odonatology*, 3, 11-25.

**Samraoui, B., De Belair , G. & Benyacoub, S. (1992).** A Much-threatened Lake: Lac des Oiseaux in Noortheastern Algeria .*Environmental conservation.*, 19 (3) : 264 -267.

**Samraoui, B., Segers, H., Maas, S., Baribwegure, D. & Dumont, H.J. (1998)** Rotifera, Cladocera, Copepoda, and Ostracoda from coastal wetlands in Northeast Algeria. *Hydrobiologia*, 386, 183–193. <https://doi.org/10.1023/A:1003538730152>

- Sanda, N.B., Sunusi, M., Hamisu, H.S., Wudil, B.S., Sule, H. and Abdullahi, A.M. (2018).** Biological invasion of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) in Nigeria: problems and management strategies optimization: a review. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*. 1(4): 1-14.
- Sanogo, S., Kabré, J. A. N., & Cecci, P. (2014).** Inventaire et distribution spatio-temporelle des macroinvertébrés bioindicateurs de trois plans d'eau du bassin de la Volta au Burkina Faso, *International of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 8, no. 3, pp.1005-1029.
- Sanogo, S., Kabre, J., & Cecchi, P. (2014).** Inventory and spatio-temporal distribution of macroinvertebrates bioindicators of three water bodies of the Volta Basin in Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 8 (3): 1005-1029.
- Sanogo, S., Kabre, J.A.T., Cecchi, P. (2014).** Inventaire et distribution spatio-temporelle des macroinvertébrés bioindicateurs de trois plans d'eau du bassin de la Volta au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(3), 1005-1029.
- Satake, K.N., Yasuno, M. (1987).** The effects of diflubenzuron on invertebrates and fishes in a river. *Japanese Journal of Sanitary Zoology* 39, 303–316.
- Schaffner, F., Angel, G., Geoffroy, B., Hevry, J.P., Rhaiem, A., & Brunhes J. (2001).** Moustique d'Europe. Institut de recherche pour le développement IRD. Logiciel d'identification.
- Schott, C. (1999).** Catalogue and Atlas of the Beetles of Alsace. Volume10 Curculionidae (1), Cimberidae, Rhynchitidae, Attelabidae, Apionidae (2). *Alsatian Society of Entomology & Zoological Museum of the University and City of Strasbourg*. 184 p.
- Schott, C.(2000).** Catalogue and Atlas of the Beetles of Alsace Volume 11 Curculionidae (2). *Alsatian Society of Entomology & Zoological Museum of the University and City of Strasbourg*, 151 p.
- Seguy, E. (1951).** Order of Diptera (Diptera Linné, 1758.Treatise on Zoology, Anatomy, Nervous System, Biology. Upper Insects and Hemipteroid of. Volume X, fasc: 975 p
- Seguy, E. (1951a).** Nouvelle Atlas d'entomologie des Diptères de France, Belgique et Suisse .Tomes 1 et 2. Ed. N. Boubé, pp19-83, 67 et 84-109.
- Seltezer, P. (1946).** Le climat de l'Algérie. *La typo*. Lith. 220 p.
- Semadi, A. (1989).** Effet de la pollution atmosphérique (fluorée et polombique) sur la végétation dans la zone d'Annaba. Thèse de doctorat d'état, Université Pierre et Marie Curie. Paris.

- Shatrov, A. B., & Kudryashova, N.I. (2006).** Taxonomy, life cycles and the origin of parasitism in trombiculid mites. *In: Micromammals and Macroparasites (from Evolutionary Ecology to Management)*, Springer, 119-140.
- Shatrov, A.B. (2000).** Krasnotelkovye kleshchi i ikh parazitizm (Trombiculid mites and their parasitism on vertebrate hosts). St. Petersburg, p280. (in Russian, Engl. Summary).
- Sinègre, G. (1974).** Contribution à l'étude physiologique d'*Aedes (O) caspius* (Pallas, 1771) (Nematocera- Culicidae). Eclosion, dormance, développement, fertilité. Thèse es Sciences, univ. Sci. Tech. Languedoc, 285p.
- Smit, H. (2020).** Water mites of the world, with keys to the families, subfamilies genera and subgenera (Acari: Hydrachnidia). *Monografieën van de Nederlandse Entomologische Vereniging* 12: 1-774.
- Smith I.M., & Cook, D.R. (1991).** Water mites. in: Thorp, J., Covich, A. (eds): Ecology and classification of North freshwater Invertebrates. *Academic press, San Diego*, 523-592.
- Smith, B.P. (1976).** A study of the systematic of the water mite family Pionidae (Prostigmata: Parasitengona). *Mem. Ent. Soc. Can*, 98, VI+1-249.
- Smith, B.P. (1988).** Host-parasite interaction and impact of larval water mites on insects. *Annual Review of Entomology*, 33, 487-507.
- Smith, M., Cook, D. R., & Smith B. P. (2001).** Water mites (Hydrachnida) and other arachnids. In Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, Chapter 16, p551-659. 2nd edition, *J H Thorp and A P Covich. Academic Press*, 1056.
- Soltani, N. (1990).** Action of duflubenzuron and 20-hydroxyecdysone on carbohydrates and hemolymphatic proteins in nymphs of *Tenebrio molitor*. *Annales de la Société Entomologique de France*, 26 (4) :575–584.
- Soltani, N., & Rehim, N. (2001).** Laboratory evaluation of Andalin, a new insecticide interfering with cuticle deposition, against *Culex pipiens*. *Algerian Journal of Medicine*, 1 (XI): 28–33.
- Soltani, N., Quenedey, A., Delbecq, J. P. & Delachambre, J. (1987).** Diflubenzuron induced alterations during in vitro development of *Tenebrio molitor* pupal integument. *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, 5: 201-209
- Soro, G., Soro, T. D., Adjiri, O.A., Soro, N. (2019).** Application des méthodes statistiques multivariées à l'étude hydrochimique des eaux souterraines de la région des lacs (centre de la Côte d'Ivoire). *Intl J Biol Chem Sci* 13 (3): 1870-1889. DOI: 10.4314/ijbcs.v13i3.54.

**Subrero, E., Sforzini, S., Viarengo, A., & Cucco, M. (2019).** Exposure to anti-mosquito insecticides utilized in rice fields affects survival of two non-target species, *Ischnura elegans* and *Daphnia magna*. *Paddy and Water Environment*, 17, 1-11.

**Sun, R., Liu, C., Zhang, H., & Wang, Q. (2015).** Benzoylurea Chitin Synthesis Inhibitors. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(31): 6847-6865.

**Suter, F., Steubing, B., & Hellweg, S. (2017).** Impacts du cycle de vie et avantages du bois tout au long de la chaîne de valeur : le cas de la Suisse. *Tourillon d'écologie industrielle*, 21 (4), 874-886.

**Suty, L. (2010).** Biological control towards new ecological balances. Pages : 328. Collection : Sciences en partage. Publisher: Éducagri éditions.

(T)

**Tachet, E.T.H., Bournaud, M. E.T Richoux, P.H. (1980).** Introduction a l'étude des macronvertébrées des eaux douces (système élémentaire et aperçus écologique).

**Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. & Polatera, P.H . (2000).** Invertébrés d'eau douce, systématique biologie, écologie .CNRS, édition ISBN ; 2-271 05745-0.587.pp

**Tahraoui, C.h. (2012).** Abondance saisonnière des Culicidae dans l'écosystème humide du parc national d'El-Kala. Identification et lutte. Mémoire de Magistère en Biologie Animale Environnementale. Option: Biologie et Ecologie Animale.

**Tantely, M. L., Rakotoniaina, J. C., Tata, E., Andrianaivolambo, L., Razafindrasata, F., Fontenille D., & Elissa, N. ( 2013).** Biology of mosquitoes that are potential vectors of Rift Valley fever virus in different biotopes of the central highlands of Madagascar. *Journal of Medical Entomology*, 50: 603-610.

**Taverny, C., Élie, P., Boët, P. (2009).** La vie piscicole dans les masses d'eau de transition : proposition d'une grille de qualité pour la température, l'oxygène dissous, la salinité et la transparence. 131:44p + annexes pp.

**Teklu, T.W., Li X., Zhou, Z., Alharthy, N., Wang, L., & Abass, H. (2018).** Eau à faible salinité et tensioactifs pour la fracturation hydraulique et EOR des schistes. *Journal of Petroleum Science and Engineering* , 162 , 367-377.

**Tine-Djebbar, F. (2009).** Bioecology of mosquitoes in the Tebessa region and evaluation of two growth regulators (Halofenozide et Methoxyfenozide) in against of two mosquito species *Culex pipiens* and *Culiseta longiarolata*: toxicology, morphometry, biochemistry and reproduction. Doc. es. Science, University of Annaba, 170.

**Touaylia, S., Garrido, J., & Boumaiza, M. (2011).** Chorological and phenological analysis of the Water Beetle Fauna (Coleoptera: adephaga and Polyphaga) of Northern Tunisia. *The Coleopterists Bulletin*, 65(3), 315-324. doi:10.1649/072.065.0315.

**Toubal, B.O. (1986).** Phytoécologie, biogéographie et dynamique et principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord Orientale). Cartographie au 1/25000.US.T.M Univ. Grenoble. Thèse. Doct. 3<sup>ème</sup> cycle.111p.

**Tshijik, J.K., Ifuta, SN., Mbaya, A.N., & Pwema, V.K. (2015).** Influence of substrate on the distribution of benthic macroinvertebrates in a lotic system: case of Gombe, Kinkusa and Mangengenge rivers. *Intl J Biol Chem Sci* 9 (2): 970-985. Doi: 10.4314/ijbcs.v9i2.33.

**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.Doi.org/10.3390/insects11050307.

(U)

**Urquhart, G. M., Armour, J., Duncan, J. L., Dunn, A. M., Jennings, F. W. (1996).** Veterinary parasitology. 2<sup>nd</sup> edition. Oxford: *Blackwell science*. 307 pp.

**US-EPA (US-Environmental Protection Agency).( 2012).** Conductivity in Water: Monitoring and assessment. *United States Environmental Protection Agency 'US-EPA'*.

(V)

**Venkatesh, A., Tyagi, B.K. (2015).** *Bradinopyga geminate* (Anisoptera: Libellulidae) as predator of *Aedes aegypti* immatures (Diptera: Culicidae). *International Journal of Mosquito Research*, 2(2):98-105.

(W)

**Waage, J.K., & Greathead, D.J. (1988).** Biological control: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 318(1189), 111-128. <https://doi.org/10.1098/rstb.1988.0001>

**Walter, D. E., & Proctor, H. C. (1999).** Mites: ecology, evolution and behaviour. Life at a Microscale. *Springer*. 2nd Edition

**Wandscheer, A.C.D., Marchesan, E., Santos, S., Zanella, R., Silva, M.F., Londero, G.P., & 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.

**Wasserman, R.J., Alexander, M.E., Weyl, O.L.F., Barrios-O'Neill, D., Froneman, P.W., & Dalu, T. (2016).** Emergent effects of structural complexity and temperature on predator- prey interactions. *Ecosphere*, 7: 1239

**Wasserman, R.J., & Margaux, N. (2013).** Avery TS and Froneman PW, Trophic level stability inducing effects of predaceous early juvenile fish in an estuarine mesocosm study, 8: 61019

**Wigglesworth, V.B. (1972).** The principal of Insect physiology. *Chapman and Hill*. London, NY.

**Wipfli, M. S., Merritt, R. W. (1994).** Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on nontarget benthic insects through direct and indirect exposure. *Journal of the North American Benthological Society*, 13: 190-205.

(Y)

**Yapo, M.L., Atse, B.C., & Kouassi, P. (2012).** Inventaire des insectes aquatiques des étangs de piscicoles au sud de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 58, 4208-4222.

(Z)

**Zaidi, N., & Soltani, N. (2011).** Biological activation of two selective insecticides (diflubenzuron & flucycloxyuron) on *Gambusia affinis*: residue analysis, toxicology, growth and oxidative stress. PhD thesis in Animal Biology. Option Ecotoxicology. University of Annaba, Department of Biology 149 p.

**Zaidi, N., & Soltani, N. (2013).** Laboratory evaluation of environmental risk assessment of pesticides for mosquito control: toxicity of Dimilin on a larvivorous fish, *Gambusia affinis*. *Advances in environmental biology*, 7(4), 595-604.

**Zamora Perea, E., Balta Leon, R., Palomino Salcedo, M., Brogdon, W., & Devine, G. (2009).** Adaptation and evaluation of the bottle assay for monitoring insecticide resistance in disease vector mosquitoes in the Peruvian Amazon. *Malar. J.*, 8: 208.

**Zebsa, R. (2016).** Ecologie et statut des Gamphidae (Odonata) à Oued Seybous. Thèse de Doctorat, Université de Guelma, Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie, 139 p.

**Zeman, F. (2008).** Toxicité d'un mélange binaire sur la daphnie *Daphnia magna* : Etude des effets biologiques de l'uranium et du sélénium seuls et en mélange. Thèse de Doctorat. Université Montpellier II, 28 p.

**Zhang, X., Jin, D.C., Guo, J.J. (2011).** Two new water mites species of the genus *Sperchon* Kramer 1877 (Acari, Hydrachnidia, Sperchontidae). *Acta Zootaxonomica Sinica*, 36 (2): 221–226.

**Zhavoronkova, O. D. (2005).** A comparative study of mouthparts in the water mite, *Hydryphantes ruber*, and the terrestrial red body mite *Trombidium* sp. (Trombidiformes, Parasitengona). *Zoologichesky Zhurnal*, 84(12): 1437-1449.

**Zinsou, L.H., Agadjihouédé, H., Gnohossou, P., & Lalèyè, P. (2017).** Analysis and Illustration of the indicator value of macrobenthic species in the Delta De l'Ouémé in Benin. *Eur Sci J* 13 (5): 333-351. DOI: 10.19044/esj.2017.v13n5p333

**Anonyme 1:** <https://surveillancemoustiques.be/levenscyclus>

**Anonyme 2:** <https://www.alamyimages.fr/photo-image-oeufs-de-moustique49663276.html>

**Anonyme3:** [https://fr.depositphotos.com/stock-photos/col%C3%A9opt%C3%A8r\\_adulte.html](https://fr.depositphotos.com/stock-photos/col%C3%A9opt%C3%A8r_adulte.html)

**Anonyme 4:** <https://fr.depositphotos.com/67958575/stockphotogambusia-isolatedon>,

**Anonyme 5:** <https://www.eaufrance.fr/la-biodiversite-des-milieus-aquatiques>

**Anonyme 6 :** <https://www.universalis.fr/6-les-cl...>

**Anonyme 7:** <https://horizon.documentation.ird.fr>

Annexe

---

## ANNEXE : Production scientifique

### Publication:

**SERRADJ Nassima**, Fatiha Bendali-Saoudi, Nouredine Soltani (2022): The effect of diflubenzuron (Dimilin® 25 WP) on some non target aquatic insect and crustacean species. Polish Journal of Entomology 91(4):167–176. DOI: 10.5604/01.3001.0016.1930

### Communications :

**SERRADJ Nassima ; HOUMANI M; BENDALI-SAOUDI F; SOLTANI N** : Abondance et biodiversité de la faune ciblée et non ciblée du lac des oiseaux (wilaya d'el teref algérie). 27<sup>ème</sup> Congrès International des sciences biologiques et de biotechnologie de L'ATSB Tunisie de 28 au 31 mars 2016.

**SERRADJ Nassima ; BENDALI-SAOUDI F ; SOLTANI N** : Inventaire de l'entomofaune du lac des oiseaux (wila d'el Taref Algerie). 1<sup>er</sup> Séminaire International sur la Biodiversité et Gestion des Ressources Naturelles du 19 au 21 avril 2017. University of Mohamed Cherif Messaadia - Souk-Ahras – Algeria.

**SERRADJ Nassima; BENDALI-SAOUDI F, SOLTANI N** : Effet toxique de Dimilin à l'égard des insectes aquatiques non visés. International Symposium Environment, Risks and Health, November 05-06, 2019, University of Mohamed Cherif Messaadia - Souk-Ahras – Algeria.

**SERRADJ Nassima ; BENDALI-SAOUDI F; SOLTANI N** : Étude en laboratoire des capacités prédatrices de *Notonecta glauca* (Hétéroptères aquatiques) à l'égard de *Culex modestus* (Diptera, Culicidae). The first international symposium on biological and integrated control in Algeria, 4 - 6 February 2019, University Mostafa Ben Boulaid (Batna 2).

**SERRADJ Nassima; HOUMANI M; BENDALI-SAOUDI; SOLTANI**: Inventaire de la faune Culicidienne dans le nord- est Algerien The first international symposium on biological and integrated control in Algeria, 4 - 6 February 2019, University Mostafa Ben Boulaid (Batna 2).

**SERRADJ Nassima; BENDALI-SAOUDI F; SOLTANI N** : Biodiversité des Coléoptères aquatiques du lac des Oiseaux , Nord-Est de l'Algérie . Séminaire National de Biologie, Environnement et Santé (SNBES 2018), Université du 20 aout 1955 –Skikda, 08-09 Octobre 2018.

**SERRADJ NASSIMA**: 1<sup>er</sup> Séminaire National sur la Vitalité de la Biodiversité et l'Ecosystème des Milieux Naturels (SNVBEMN-1), Comité d'organisation. Du 06 et 07 Décembre 2023 .École Normale Supérieure d'Enseignement Technologique de Skikda.

GACEM Habiba ,**SERRADJ Nassima** , khalfallah Imen Nbti Djahida: Toxicité de l'insecticide Rustil Utilisé en agriculture sur un Organisme non visé ciblé :2<sup>nd</sup> National seminar of AgriFood and Microbiologie of the Environement on Decenber 5th. Université Djilali Bounaama khmisse Mliana 2022.

HOUMANI MOUNIRA, **SERRADJ NASSIMA**.GACEM HABIBA : Effet du novaluran sur les populations non ciblées d'invertébrées dans le nord est de l'Algérie École Normale Supérieure d'Enseignement Technologique de Skikda.

GACEM Habiba , **SERRADJ Nassima**, Delhoum Hadia, Amira khedidja, Djeghader Nour el Houda, Houhamdi Moussa :Comparing the use of biological and chemical control against the larvae of the house mosquito *Culex Pipiens* . 2nd National Conference on Applied Science and Advanced Materials, NCASAM-2023, October 23-25, 2023 – ENSET–Skikda

ARTICLE SCIENTIFIQUE

## The effect of diflubenzuron (Dimilin® 25 WP) on some non-target aquatic insect and crustacean species

Nassima Serradj<sup>1</sup> , Fatiha Bendali-Saoudi<sup>1\*</sup> , Nouredine Soltani<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Laboratory of Applied Animal Biology, University Badji Mokhtar of Annaba, 23000 Annaba, Algeria.

\* Corresponding author: bendalisaoudif@gmail.com

**Abstract:** The study is aimed at evaluating, under laboratory conditions, the side effects of a commercial formulation of diflubenzuron (Dimilin® 25 WP), which is an insecticide considered a chitin synthesis inhibitor, on some non-targeted aquatic species. The effect of two lethal doses of Dimilin LC<sub>10</sub> (3.9 ng/L) and LC<sub>50</sub> (16 ng/L) previously determined on fourth instar larvae of *Culex pipiens* L. 1758 were tested on some non-target aquatic species, abundant in the Lake of Birds (Northeast Algeria), a site classified under Ramsar Convention. The tested species belonged to two classes of invertebrates (Insects and Crustaceans). The insects included four species of Heteroptera: *Corixa punctata* Illiger, 1807, *Notonecta glauca* Latreille, 1802, *Anisops sardea* Latreille, 1802 and *Plea minutissima* Leach, 1817, and one species of Coleoptera *Berosus signaticollis* Charpentier, 1825. For benthic crustaceans *Daphnia magna* Straus, 1820 (Cladocera) was retained. The results showed significant mortality recorded in *C. punctata* and medium mortality for *B. signaticollis*, *A. sardea*, *N. glauca*, *P. minutissima* and *D. magna*. Three-way ANOVA indicated highly significant effects of species, dose, and time. According to the sensitivity to Dimilin, the pairwise comparison of Tukey's test indicates that the most sensitive species was *C. punctata* followed by *B. signaticollis* and the least sensitive was *N. glauca*, followed by *D. magna*; then *A. sardea* and finally *P. minutissima*.

**Keywords:** Cladocera, Coleoptera, *Daphnia magna*, Heteroptera, toxicity

### Introduction

Insects are an integral part of the aquatic macroinvertebrate community. They play an important role in the cycling of nutrients within an ecosystem by transforming plant materials into animal tissue; moreover, they act as energy sources for other trophic levels (Albertoni & Palma-Silva 2010). Some groups among insects, such as mayflies, plecopterans and whipworms, serve as bioindicators of environmental impacts (Al-Shami *et al.* 2013, 2014, Wandscheer *et al.* 2017). Crustacean species have been known as good indicators of water quality in the global context of the eutrophication of aquatic habitats due to rapid urbanization and industrialization on the one hand, and the use of agrochemicals in agro-industrial activities on the other (Soro *et*

*al.* 2020), because they have abundant populations and are distributed in various microhabitats. The group of aquatic invertebrates includes useful individuals, as well as individuals harmful to humans and animals (disease vectors); others are phytophagous (Callisto & Gonçalves 2005).

The control methods employed against these vectors are mostly chemical. The insecticides used belong to synthetic organophosphates, pyrethroids and carbamates (Becker *et al.* 2010, Hamaidia & Soltani 2014). Insecticides remain the main means of pest control despite their negative consequences for the environment. They cause, among other things, toxicity in the food chain and pollution of the surface and groundwater (Hénaut 2011). Some pesticides are applied directly in aquatic systems to

reduce the numbers of mosquito larvae (larvicides), and thereby reduce the transmission of pathogens by mosquitoes to humans and animals (Lawler *et al.* 2017). The intensive use of insecticides becomes environmentally hostile and ecologically unsafe, since the main side effect of the application is expressed by the extinction of natural enemies of mosquitoes such as Odonates, beetles and fishes in water pools.

Environmental imperatives have pushed research toward the use of natural pesticides (Tomé *et al.* 2013, Cepeda *et al.* 2014). These new products are insect growth disruptors. They include Chitin Synthesis Inhibitors (CSI), which interfere with cuticle formation (Soltani 1991, Soltani *et al.* 1993, Chebira *et al.* 2006, Berghiche *et al.* 2007, Sun *et al.* 2015).

In Algeria, diflubenzuron is widely used against pest insects in forestry. Moreover, diflubenzuron was previously found in *Penaeus kerathurus* shrimp to disturb the fine structure of the different cuticle layers (Morsli & Soltani 2003). Bioassays conducted under laboratory conditions have shown that CSI like diflubenzuron and triflumuron were found potent for mosquito control (Soltani *et al.* 1999, Soltani & Rehim 2001). Many biochemical effects of diflubenzuron have also been reported on the metabolism of carbohydrates (Soltani 1990) and lipids (Khebbeb *et al.* 1997). Dimilin was reported to affect growth and glutathion activity in mosquitofish *Gambusia affinis* (Drardja-Beldi & Soltani 2003). More recently Novaluron, a CSI, was reported to affect moulting hormone, cuticle secretion and chitin contents in the shrimp *Palaemon adspersus* (Berghiche *et al.* 2018), while in the shrimp *Palaemon adspersus* the same product altered the biochemical composition of cuticle and induced oxidative stress (Lechekhab & Soltani 2018).

In this study, we analyzed the effect of diflubenzuron against a few non-target aquatic species, all considered good bioindicators. Two lethal doses of Dimilin LC<sub>10</sub>

(3.9 ng/L) and LC<sub>50</sub> (16 ng/L) on *C. punctata*; *N. glauca*; *A. sardea*; *P. minutissima*; *B. signicollis* and *D. magna*, were tested.

## Material and methods

### Sampling area

Lake of Birds (36° 47'N 08° 7'E) has a more or less oval surface with a characteristic pond tail stretching to the northwest with shallow sloping shores. It covers a total area of 70 ha with a deposit of 20 cm of organic matter (Houhamdi & Samraoui 2002) (Fig. 1). The study site was chosen due to its ecological significance as a continental freshwater aquatic site, favorable for the development of Culicidae and a wide range of invertebrate animals, and also because it is geographically located in an ecosystem protected by Ramsar Convention and notable for its rich animal and floral biodiversity.

### Biological models

The insect species tested are all considered good bioindicators. The aquatic Heteroptera is a heterogeneous taxonomic group of Hemiptera. They are a suborder of hemipterans characterized by the piercing – sucking rostrum type and partially sclerified front wings. The aquatic lifestyle provides them with a number of adaptations such as water repellent pads, natatory setae, respiratory siphons and aerial plastrons (Poisson 1957, Loncle 2020). The aquatic Coleoptera are the only holometabolous insects present in both imaginal and larval forms, characterized by the presence of a mouthpiece of the crusher type, and leathery forewings unfit for flight (Forge 1981). However, Cladocerans species are small aquatic crustaceans, with a much reduced number of segments, and thorax and abdomen fused. They move thanks to swimming movements, jerks of the well-developed antennae.

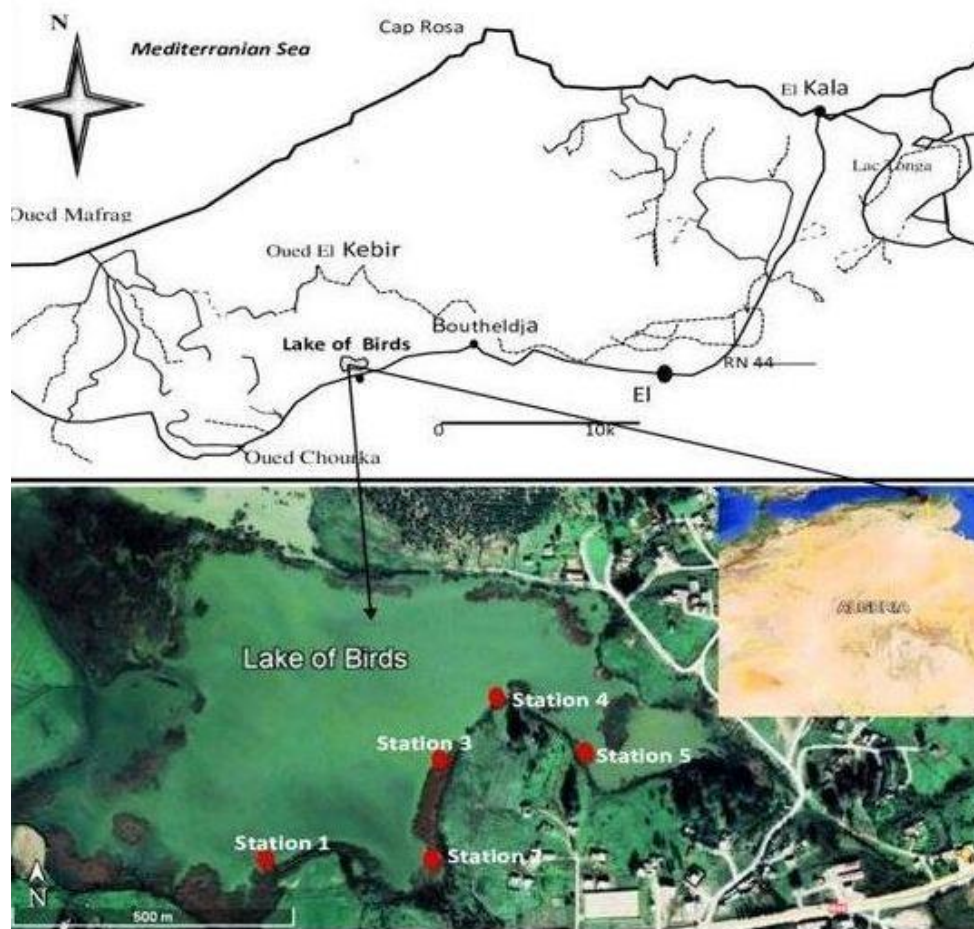


Fig. 1. Geographical location Lake of Birds and five sampling stations.

### **Insecticide and treatment**

Dimilin® (Wettable Powder, 25% active ingredient, a.i.), a commercial formulation of diflubenzuron, is an insecticide belonging to benzoylphenyl urea derivatives. The two concentrations of Dimilin, previously determined on fourth stage larvae of *Culex pipiens* L. 1758 (Rehimi 2004), were added to bioassay vessels. The first concentration test corresponds to the LC<sub>10</sub> (3.9 ng/L) and the second to the LC<sub>50</sub> (16 ng/L). The two concentrations were tested on the six species present in abundance at the study site (*C. punctata*; *A. sardea*; *N. glauca*; *P. minutissima*; *B. signaticollis* and *D. magna*). The test was carried out in plastic boxes containing 250 ml of lake water and food (mosquito larvae) under laboratory conditions

at a temperature of 24°C and 76% humidity. Each test consisted of three controls and three repetitions for each dose, tested on the six species; 20 individuals were exposed to these concentrations in each repetition of each species. Mortality was recorded 24 h, 48 h, and 72 h after treatment.

### **Data analysis**

All statistical analyses were performed using R, version 4.0.1 (R Core Team 2020). The results are given as the means ± SD (standard deviation), variations regarding the percentage of mortality are plotted through the histogram. Two-way ANOVA was used to analyze the variation in mortality between the species for each exposure time. Three-way ANOVA was used to test the variance in individual deaths, according to species, dose

and time. In box plots graphs and comparison of Tukey's HSD test between times and between studied species using the package 'ggplot2' (Wickham 2016) different lowercase letters indicate a significant difference between the levels of the studied factors. All the statistical analyses were conducted at  $\alpha=0.05$  as a significance level.

## Results

The sensitivity to the insecticide was highly significant between species ( $p < 0.001$ ), depending on the time of exposure.

Dimilin at lower dose (3.9 ng/L) showed a toxic effect on the six species. According to the mortality rate, the species are classified in descending order (Fig. 2). At  $LC_{10}$ -after 24 h of

exposure, *B. signaticollis* was the most sensitive with  $2.66 \pm 0.57\%$  mortality, followed by *C. punctata* ( $2.33 \pm 0.6\%$ ), *N. glauca* ( $2.33 \pm 0.6\%$ ), *D. magna* ( $2.0 \pm 0.57\%$ ), *P. minutissima* ( $1.33 \pm 0.1 \%$ ) and *A. sardae* ( $0.66 \pm 0.1\%$ ). After 48h of exposure, mortality was estimated at  $7.33 \pm 0.5\%$  to *C. punctata*, followed by *N. glauca* ( $4.33 \pm 0.6\%$ ), *B. signaticollis* ( $4.00 \pm 0.15\%$ ), *A. sardae* ( $3.66 \pm 1.73\%$ ), *D. magna* ( $2.33 \pm 0.5\%$ ) then *P. minutissima* ( $2.33 \pm 0.2\%$ ).

After 72h of exposure, *C. punctata* was still the most sensitive to Dimilin with  $11.33 \pm 1.8\%$  mortality, followed by *N. glauca* ( $7.66 \pm 1.2\%$ ), *B. signaticollis* ( $6.33 \pm 0.57\%$ ), *A. sardae* ( $4.66 \pm 0.2\%$ ), *P. minutissima* ( $4.33 \pm 0.57\%$ ) and *D. magna* ( $4.0 \pm 1\%$ ).

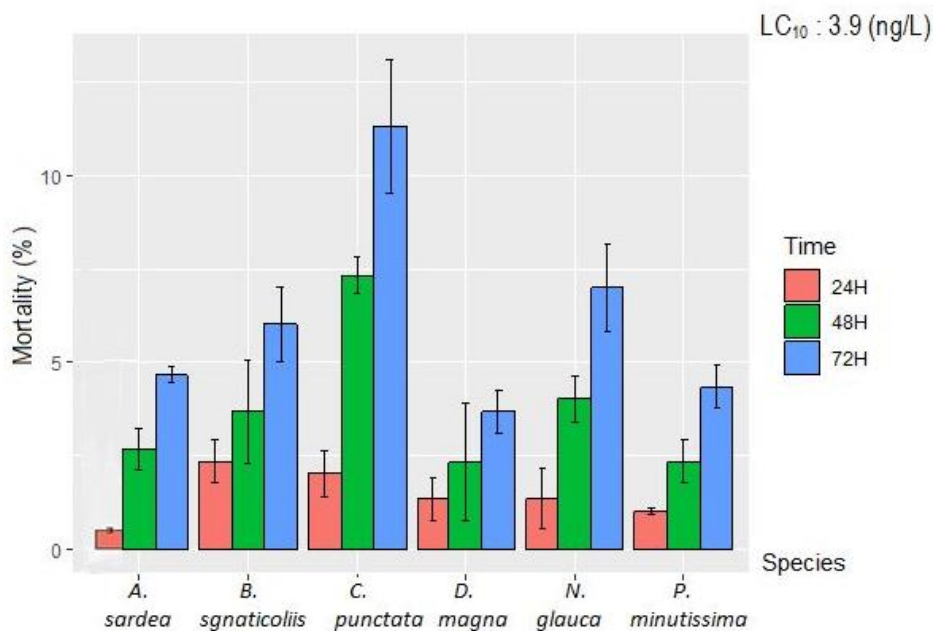


Fig. 2. Mortality rate (%) of the six species treated with Dimilin at  $LC_{10}$  during the three exposure times.

For the higher dose of Dimilin (16 ng/L) the results show a highly significant ( $p < 0.001$ ) sensitivity depending on the species and time of exposure (Fig. 3). At  $LC_{50}$ , after 24h of exposure, *C. punctata* was the most sensitive species with  $9.0 \pm 0.8\%$  mortality followed by *B. signaticollis* ( $4.0 \pm 0.2\%$ ), *D. magna* ( $3.0 \pm 1\%$ ), *N. glauca* ( $3.0 \pm 0.1\%$ ), *A. sardea* ( $2.66 \pm$

$0.4 \%$ ) then *P. minutissima* ( $1.0 \pm 0.6\%$ ). After 48h of exposure, mortality increased significantly for *C. punctata* ( $13.66 \pm 1.2\%$ ), then *B. signaticollis* ( $7.66 \pm 0.57 \%$ ), *N. glauca* ( $5.33 \pm 1\%$ ) and *D. magna* ( $4.33 \pm 0.57 \%$ ), *P. minutissima* ( $4.0 \pm 1\%$ ) and *A. sardea* ( $3.66 \pm 0.5 \%$ ). After 72h of exposure, *C. punctata* was the most sensitive with  $17 \pm 1.5\%$  mortality,

followed by *B. signaticollis* ( $12.33 \pm 1.0\%$ ), *D. magna* ( $7.66 \pm 1.15\%$ ), *N. glauca* ( $7.33 \pm 1.25\%$ ), *P. minutissima* ( $6.0 \pm 1.0\%$ ) and *A. sardea* ( $6.0 \pm 1.0\%$ ).

The three-way analysis of variance showed that the toxicological effect of Dimilin was significantly dependent on species ( $F_{99} = 40.71$ ;  $p = 0.000$ ), dose ( $F_{99} = 55.36$ ;  $p = 0.000$ ) and exposure time ( $F_{99} = 85.50$ ;  $p = 0.000$ ).

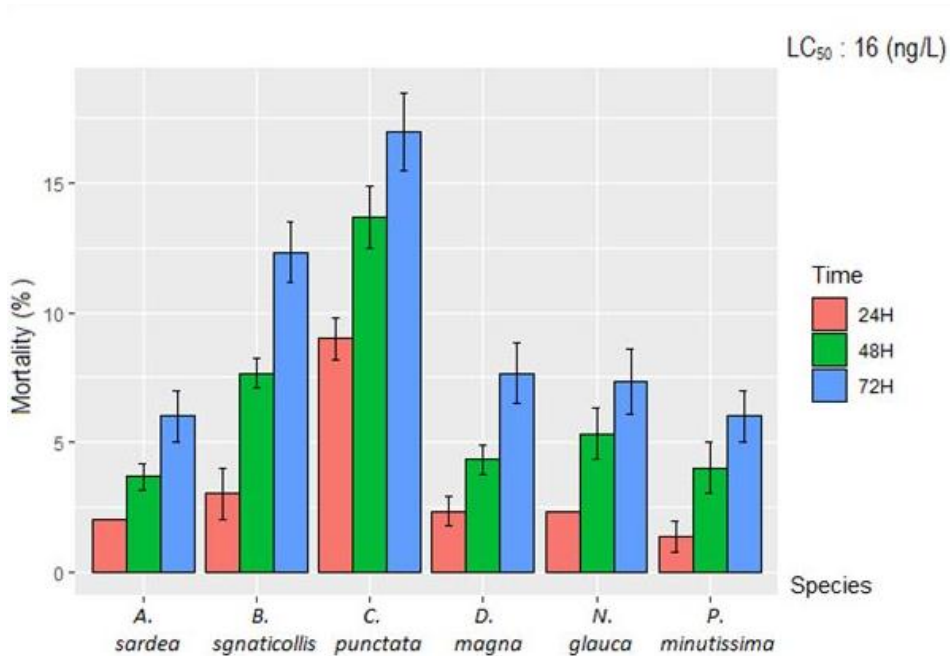


Fig. 3. Mortality rate (%) of the six species treated with Dimilin at LC<sub>50</sub> during the three exposure times.

The pairwise comparison of Tukey's test indicates that the box plots of the variation between time revealed the existence of highly

significant differences, a single group for 24 h and 72 h, and 2 homogeneous groups for 48 h (Fig. 4).

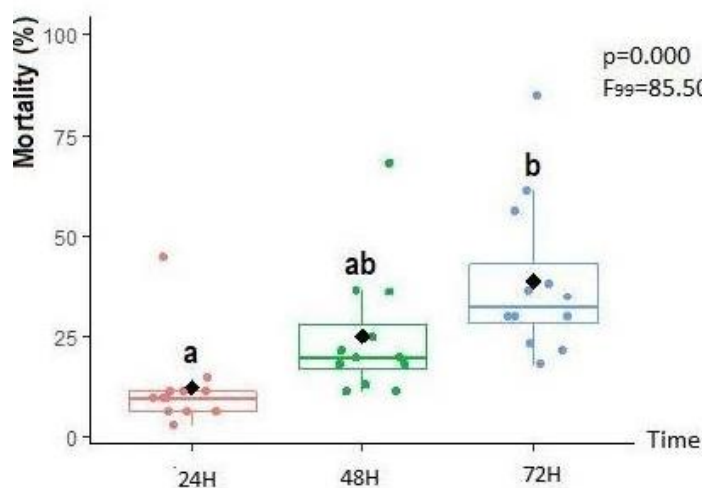


Fig. 4. Time variations regarding the percentage of mortality under the effect of Dimilin. The whisker boxes labeled with the same letter are not significantly different at  $p > 0.05$  (Tukey's test). The center box boundaries show the interquartile range (IQR) with the first quartile (lower bound) and third quartile (upper bound).

While analyzing the box plots of the species factor, we observed significant differences in the studied species, with clear heterogeneity, two groups homogeneous for

*B. signaticollis* and only one group for *A. sardea*, *C. punctata*, *N. glauca*, *P. minutissima* and *D. magna* (Fig. 5).

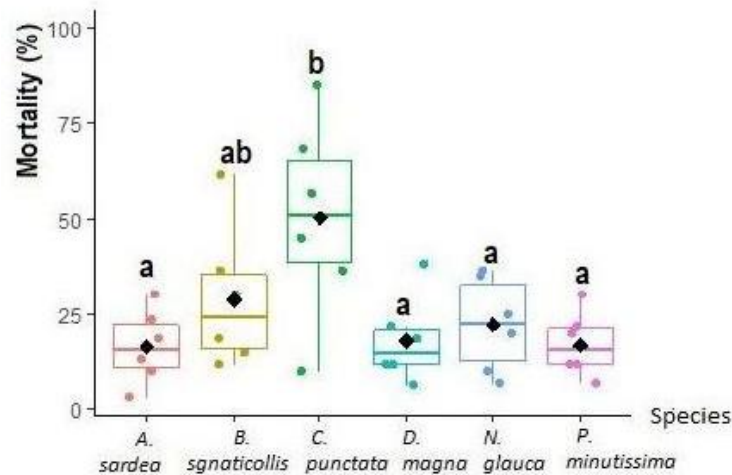


Fig. 5. Species variations regarding the percentage of mortality under the effect of Dimilin. The whisker boxes labeled with the same letter are not significantly different at  $p > 0.05$  (Tukey's test). The center box boundaries show the interquartile range (IQR) with the first quartile (lower bound) and third quartile (upper bound).

## Discussion

The data obtained from this experiment indicates that Dimilin has a negative effect on associated insect fauna. In our work, the treatment of six species of invertebrates resulted in variable sensitivity to Dimilin ( $LC_{10}$ : 3.9ng/L and  $LC_{50}$ : 16ng/L). The results show significant toxicity recorded in *C. punctata*; *B. signaticollis* and average toxicity for *N. glauca*; *D. magna*; *P. minutissima* and *A. sardea*.

The insecticides play a great role in the management of insect pests, however the concentration and indiscriminate use of treatment methods are criticized in view of their negative effect on some non-target aquatic insects., and adverse effects on soil characteristics (Khudhur & Sarmamy 2019). Benzoylphenyl urea derivatives interfere with the molting process by disrupting cuticular secretion via chitin synthesis (Morsli & Soltani 2003, Soltani *et al.* 2009, Berghiche *et al.* 2018). The detrimental effects of CSI are felt

during various critical phases of insect development. It was also reported that Novaluron, another inhibitor of chitin synthesis, caused a decrease in the level of cuticular chitin of *P. adspersus* (Berghiche *et al.* 2016).

Diflubenzuron is an insecticide that has been widely used for the selective control of insect pests (Subrero *et al.* 2018). It was first discovered as a post-ingestion larvicide, but further studies determined that this insecticide could also prevent egg hatching after direct egg contact or after the female treatment method (Singh 2015). The sensitivity of *D. magna* to diflubenzuron could be related to inhibition of chitin synthesis and chitinase activity (Kota *et al.* 2022). Subrero *et al.* (2018) determined acute toxicity following exposure to the diflubenzuron (0.15; 0.015; 0.0015 mg/L) on egg hatching rate and motility inhibition of *D. magna*. Similarly, diflubenzuron showed high toxicity to *D. magna*, indicating that the use of this

substance could lead to a high environmental risk for this species (Abe *et al.* 2014).

Dimilin in dose of 16 ng/L and 1 ng/L applied to the crustacean of type *P. adspersus* shrimp induced a significant decrease in the amounts of chitin at the treated doses after 96 h (Lechekhab & Soltani 2018). This product may have side effects on non-target arthropods such as shrimps, since a similar effect has been reported on another shrimp *Penaeus kerathurus* (Soltani *et al.* 2009). According to Macken *et al.* (2015), diflubenzuron interferes with enzymes that contribute to the synthesis of chitin in crustacean species such as benthic copepods *Tisbe battagliai*. Dimilin was also found to be toxic to Cladocera and Copepoda crustacean zooplankton (Lahr *et al.* 2000). A study by Harðardóttir *et al.* (2019) explained the mechanism of diflubenzuron (93.2 ng/L) action on *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda, Caligidae) and confirmed inhibition of chitin production. On the other hand, in their work Ferreira *et al.* (2020) tested the use of diflubenzuron in following doses 250 mg/L, 750 mg/L and 1 g/L for *Buenoa* sp. (Heteroptera: Notonectidae). A strong relationship between the mortality and exposure time in all concentrations was observed. The obtained lethal concentrations of LC<sub>50</sub> (2.77 x 10<sup>-3</sup> g/L) and LC<sub>90</sub> (0.86 g/L) for *Buenoa* sp. were below the recommended dose for mosquito control.

Our results show that Dimilin was found to exhibit significant toxicity against *C. punctata*, and average toxicity on the other studied species. In this context, there is a need for tools to monitor the toxicity risk of these pesticide to the environment, a negative effect on non-target insects and natural predators. The evaluation of the richness and the toxicology of the study site will allow us to carry out further studies concerning the use of mainly natural control products for the preservation of the environment and biological balance.

## Conclusions

Chemical control has become a source of enormous environmental problems, and alternative methods are searched. The obtained results showed that the two tested doses had a lethal effect on the studied species over time. Our results show that Dimilin was found to exhibit significant toxicity against *C. punctata*, and average toxicity to the other studied species. The evaluation of the richness and the toxicology of the study site will allow us to carry out further studies concerning the use of mainly natural control products for the preservation of the environment, the development of new biomonitoring strategies.

## Acknowledgements

The National Fund supported this work for Scientific Research to PR. Noureddine Soltani (Laboratory of Applied Animal Biology) and the Ministry of High Education and Scientific Research of Algeria to PR. Fatiha Bendali-Saoudi (PRFU project).

## References

- Abe FR, Coleone AC, Machado AA, Goncalves Machado-Neto J. 2014. Ecotoxicity and environmental risk assessment of larvicides used in the control of *Aedes aegypti* to *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera). *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 7: 37-45.
- Albertonie F, Palma-Silva C. 2010. Characterization and importance of two invertebrates of continental waters common to the environments of Rio Grande. *Cad Ecology Aquatic*, 5 (1): 9-27.
- Al-Shami AS, Heino J, Salmah MRC, Madrus MR. 2013. Drivers of beta diversity of macroinvertebrate communities in tropical forest streams. *Freshwater Biology*, 58: 1126-1137.

- Al-Shami SA, Rawi CSM, Ahmad AH, Madrus MR, Mutairi K. 2014. Importance of regional diversity and environmental conditions on local species richness of aquatic macroinvertebrates in tropical forested streams. *Journal of Tropical Ecology*, 30 (4): 335-346.
- Becker N, Petric D, Zgomba M, Dahl C, Boase C, Lane J, Kaiser A. 2010. Genetic control of mosquitoes. In: Becker N, Petric D, Zgomba M, Dahl C, Boase C, Lane J, Kaiser A. (Eds). *Mosquitoes and Their Control*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 483-490.
- Berghiche H, Smagghe G, Van DVS, Soltani N. 2007. In vitro cultures of pupal integumental explants to bioassay insect growth regulators with ecdysteroid activity for ecdysteroid amounts and cuticle secretion. *African Journal of Agricultural Research*, 2 (5): 208-213.
- Berghiche H, Benradia H, Soltani N. 2016. Impact of insect growth disruptor, Novaluron, on biochemical composition of cuticle from the shrimp *Palaemon adspersus*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4 (2): 147-151.
- Berghiche H, Benradia H, Soltani N. 2018. Evaluation of the potential side-effects of Novaluron on the shrimp *Palaemon adspersus*: moulting hormone profile, cuticle secretion and chitin contents. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 6 (4): 116-124.
- Callisto M, Gonçalves JF. 2005. Aquatic invertebrates as bioindicators. Navigating the rio das velhas from minas to gerais. *Accelerating the world's research*, 1: 1-12.
- Cepeda-Palacios R, Servín R, Ramírez-Orduña JM, Ascencio F, Dorchie P, Angulo-Valadez, C.E. 2014. In vitro and in vivo effects of neem tree products on larvae of the sheep nose bot fly (*Oestrus ovis* L. Diptera: Oestridae). *Veterinary Parasitology*, 200: 225-228.
- Chebira S, Soltani N, Muylle S, Smagghe G. 2006. Uptake and distribution of three insect growth regulators-diflubenzuron, flucycloxuron and halofenozide- in pupae and adults of *Tenebrio molitor*. *Phytoparasitica*, 34 (2): 187-196.
- Drardja-Beldi H, Soltani N. 2003. Laboratory evaluation of Dimilin on growth and glutathion activity in mosquitofish, a non-target species. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 68 (4a): 299-305.
- Ferreira FA, Arcos AN, Maia NS, Sampaio R, Costa FM, Rodrigues IB, Tadei WP. 2020. Effects of diflubenzuron on associated insect fauna with Anopheles (Diptera: Culicidae) in laboratory, partial-field and field conditions in the Central Amazon. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 17;92(1):e20180590. doi: 10.1590/0001-3765202020180590.
- Forge P. 1981. Beetles. Flora and aquatic fauna of Sahelo-Sudanian Africa, Determination key, ORSTOM, V II, 487 pp.
- Hamaidia K, Soltani N. 2014. Laboratory evaluation of a biorational insecticide, kinoprene, against *Culex pipiens* larvae: Effects on growth and development. *Annual Research & Review in Biology*, 4 (14): 2263-2273.
- Harðardóttir H, Male R, Nilsen F, Dalvin S. 2019. Effects of chitin synthesis inhibitor treatment on *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda, Caligidae) larvae. *PLoS One*, 14.
- Hénaut A. 2011. *Air and water pollution. Files of science and public policies*. Pierre and Marie Curie University, Paris, 64 pp.
- Houhamdi M, Samraoui B. 2002. Spatio-temporal occupation by the aquatic avifauna of Lac the Birds (Algeria). *Alauda*, 70 (2): 301-310.
- Khebbeb MEH, Delachambre J, Soltani N. 1997. Lipid metabolism during the sexual maturation of the mealworm (*Tenebrio molitor*): effect of ingested diflubenzuron. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 58 (3): 209-217.
- Khudhur NS, Sarmamy A. 2019. The Determination of diazinon residues in

- artificially polluted soils. *Zanco Journal Of Pure And Applied Sciences*, 31: 1-8.
- Kota K, Kazuyuki O, Kyoshiro H, Hiroyuki K, Keiko N, Takahiro Y, Nobuyoshi N, Haruna W, Hiroshi Y. 2022. Potential differences in chitin synthesis ability cause different sensitivities to diflubenzuron among three strains of *Daphnia magna*. *Aquatic Toxicology*, 243.
- Lahr J, Diallo A, Gadji B, Diouf P, Bedaux J, Badji A, van Straalen M. 2000. Ecological effects of experimental insecticide applications on invertebrates in Sahelian temporary ponds. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 19(5): 1278-1289.
- Lawler S .2017. Environmental safety review of methoprene and bacterially-derived pesticides commonly used for sustained mosquito control. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 139: 335-343.
- Lechekhab H, Soltani N. 2018. Environmental risks of an insecticide (Dimilin® 25 wp) on the shrimp *Palaemon adspersus*: biochemical composition of cuticle and oxidative stress. *Fresenius environmental bulletin*, 27 (3): 1862-1867.
- Loncle P. 2020. Aquatic Heteroptera. Observatory of Continental Invertebrates of Brittany, "Taxonomic" sheets SHEET N°3, 13 pp.
- Macken A, Lillicrap A, Langford K. 2015. Benzoylurea pesticides used as veterinary medicines in aquaculture: Risks and developmental effects on non-target crustaceans. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 34 (7): 1533-1542.
- Morsli M.S, Soltani N.2003. Effects of an insecticide chitin synthesis inhibitor, diflubenzuron on the shrimp cuticle *Penaeus kerathurus*. *Journal de Recherche Océanographique*, 28(12): 85-88.
- Poisson R. 1957. Aquatic Heteroptera. Fauna of France, 61: 1-263.
- R Core Team (2020) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org>.
- Rehimi N. 2004. Study of reproduction in *Culex pipiens*. Aspects: morphological, ethological and physiological. Effects of some developmental inhibitors on some biological parameters. State doctoral thesis in Natural Sciences, mention Animal Biology. Badji Mokhtar University of Annaba, Algeria. PhD Thesis, 195pp.
- Singh S. 2015. Impact of New Chemistry on Biocontrol Agents of Major Crop Pests. *International Journal Of Agricultural Science And Veterinary Medicine*, 3: 14-33.
- Soltani N. 1990. Action of duflubenzuron and 20-hydroxyecdysone on carbohydrates and hemolymphatic proteins in nymphs of *Tenebrio molitor*. *Annales de la Société Entomologique de France*, 26 (4):575–584.
- Soltani N. 1991. A new point of attack: inhibition of chitin synthesis in insects. *Public Health* (Bayer AG Leverkusen, Germany), 8: 6-11.
- Soltani N, Chebira S, Delbecque JP, Delachambre J. 1993. Biological activity of flucycloxuron, a novel benzoylphenylurea derivative, on *Tenebrio molitor*: comparison with diflubenzuron and triflumuron. *Experientia*, 49 (12): 1088-1091.
- Soltani N, Lechekhab H, Smagghe G. 2009. Impact of the insect growth regulator diflubenzuron on biochemical composition of cuticle of the shrimp *Penaeus kerathurus*. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 74 (1): 137-141.
- Soltani N, Rehimi N. 2001. Laboratory evaluation of Andalin, a new insecticide interfering with cuticle deposition, against *Culex pipiens*. *Algerian Journal of Medicine*, 1 (XI): 28–33.
- Soltani N, Rehimi N, Drardja H, Bendali F. 1999. Activity of triflumuron against *Culex pipiens* and impacts on two non-target larvivorous species. *Annals of the Entomological Society of France*, 35: 59-64.

- Soro TA, Etile R N, Goore G Bi, Aboua B. 2020. Preliminary study of the zooplankton population in the Upper Bandama basin (Ivory Coast). *Agronomie Africaine*, 31(3): 305-319.
- Subrero E, Sforzini S, Viarengo A, Cucco M. 2018. Exposure to anti-mosquito insecticides utilized in rice fields affects survival of two non-target species, *IschnuraeI egans* and *Daphnia magna*. *Paddy and Water Environment*, 17: 1-11.
- Sun R, Liu C, Zhang H, Wang Q. 2015. Benzoylurea Chitin Synthesis Inhibitors. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63 (31): 6847-6865.
- Tomé HVV, Martins J C, Corrêa A S, Galdino TVS, Picanço MC and Guedes RNC. 2013. Azadirachtin avoidance by larvae and adult females of the tomato leafminer *Tuta absoluta*. *Crop Protection*, 46: 63-69.
- Wandscheer ACD, 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.
- Wickham H. 2016. *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer Nature, Switzerland, 260 pp.

Received: 28.06.2022

Accepted: 16.12.2022

Published online: 29.12.2022