

الديمقراطية الجزائرية الجمهورية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث 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  
LABORATOIRE DE BIOLOGIE ANIMALE APPLIQUÉE

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

**Domaine : Science de la Nature et de la Vie**  
**Filière : Sciences Biologiques**  
**Spécialité : Biologie & Ecologie Animale**

**Intitulé**

**Etude bioécologique, systématique et écotoxicologique des  
Culicidae et de la faune associée au niveau du lac Echatt (Nord-  
est de l'Algérie).**

**Présentée par: M<sup>me</sup> HOUMANI Mounira**

**Directrice de thèse Fatiha BENDALI- SAOUDI (Pr, Université Badji Mokhtar - Annaba)**

Devant un jury composé de:

<b>Pr. Hamid BOUDJELIDA</b>	Président	Université Badji Mokhtar -Annaba
<b>Pr. Wided DAAS-MAAMCHA</b>	Examinatrice	Université Badji Mokhtar -Annaba
<b>Pr. Ali BOUAZIZ</b>	Examineur	Université Chérif Messaadia -Souk Ahras
<b>Pr. Kaouther HAMAIDIA</b>	Examinatrice	Université Chérif Messaadia -Souk Ahras
<b>Pr. Linda AÏSSAOUI</b>	Examinatrice	Université Ferhat Abbas-Sétif

**Année universitaire : 2023/2024**

## *Remerciements*

*Je remercie en premier ALLAH le tout puissant de m' avoir accordé, la force et le courage de mener à terme ce travail.*

*Ma sincère gratitude va à **Mr. Abdelhamid BOUDJELIDA**, Professeur à l'Université Badji Mokhtar – Annaba, pour m' avoir fait l'honneur de présider le jury.*

*Je remercie ma directrice de thèse **Mme. Fatiha BENDALI-SAOUDI**, Professeur à l'Université de Badji Mokhtar – Annaba, je ne trouverai certainement pas de formule pour exprimer ma reconnaissance et mon entière gratitude pour son aide, son soutien et ses constants encouragements.*

*Je remercie également, **Mme. Wided DAAS-MAAMCHA**, Professeur à l'université Badji Mokhtar – Annaba,*

***Mr. Ali BOUAZIZ**, Docteur à l'Université de Souk-Ahras*

*Et **Mme. Kaouther HAMAIDIA**, Professeur à l'université de Souk-Ahras*

*d' avoir accepté de juger mon travail et d'être membres de ce jury.*

*Je remercie chaleureusement **Mr. Noureddine SOLTANI**, Professeur à l'Université d'Annaba, pour ses orientations, ses conseils précieux et sa générosité.*

*Mes remerciements vont aussi à mes collègues de travail*

*Enfin, J' exprime mes remerciements à tous ceux et celles qui ont contribué de loin ou de près à l' aboutissement de ce travail.*

## Table des matières

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>8</b>
2.1. Présentation de la zone d'étude .....	8
2.1.1. Wilaya d'El Taref .....	8
2.1.2. Commune Echatt.....	8
2.2. Présentation des stations d'études.....	9
2.3. Données climatiques de la région d'étude.....	10
2.3.1. Température.....	10
2.3.2. Précipitations.....	11
2.3.3. Vent.....	11
2.3.4. Humidité.....	12
2.4. Présentation des modèles biologiques.....	12
2.4.1. Les Culicidae.....	12
2.4.1.1. Position systématique.....	13
2.4.1.2. Cycle biologique des Culicidae.....	13
2.4.1.3. Œufs.....	14
2.4.1.4. Larve.....	15
2.4.1.5. Nymphe.....	16
2.4.1.6. Adulte.....	17
2.4.2. Les Crustacés benthiques.....	20
2.4.2.1. Cladocères.....	20
2.4.2.2. Copépodes.....	24
2.4.3. Coléoptères.....	27

2. 4.4. Héteroptères.....	<b>31</b>
2.4.5. Hydrachnidia (Hydracariens) .....	<b>34</b>
2.5. Présentation du <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i> H14 ( <i>Bti</i> ).....	<b>36</b>
2.5.1. Mode d'action.....	<b>39</b>
2.6. Présentation du Novaluron.....	<b>40</b>
2.6.1. Propriétés physico-chimiques.....	<b>41</b>
2.7. Méthodes.....	<b>41</b>
2.7.1. Méthode d'échantillonnage.....	<b>41</b>
2.7.2. Trie et Montage des spécimens.....	<b>42</b>
2.7.3. Identification systématique.....	<b>42</b>
2.7.4. Estimation de l'effectif des Crustacés.....	<b>43</b>
2.7.5. Etude biométrique .....	<b>43</b>
2.7.6. Bioessais de toxicité.....	<b>43</b>
2.7.6.1. Protocoles d'essais du <i>Bti</i> .....	<b>44</b>
2.7.6.2. Protocoles d'essais du Novaluron.....	<b>45</b>
2.7.7. Analyse biochimique.....	<b>45</b>
2.7.7.1. Extraction des métabolites.....	<b>45</b>
2.7.7.2. Dosage des métabolites.....	<b>47</b>
2.7.8. Analyse physico- chimique de l'eau.....	<b>48</b>
2.7.8.1. Potentiel hydrogène (pH) .....	<b>49</b>
2.7.8.2. Conductivité électrique .....	<b>49</b>
2.7.8.3. Température.....	<b>49</b>
2.7.8.4. La dureté totale (Titre Hydrométrique T.H) .....	<b>49</b>
2.7.8.5. Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet (TA et TAC) .....	<b>50</b>
2.7.8.6. Turbidité apparente .....	<b>50</b>

2.7.9. Indices écologiques.....	<b>51</b>
2.7.9.1. Richesse totale (S) .....	<b>51</b>
2.7.9.2. Richesse moyenne (s).....	<b>52</b>
2.7.9.3. Fréquence centésimale ou abondance relative.....	<b>52</b>
2.7.9.4. Indice de diversité (H').....	<b>52</b>
2.7.9.5. Equitabilité (équirépartition).....	<b>53</b>
2.7.9.6. Constance ou indice d'occurrence.....	<b>53</b>
2.7.10. Analyse statistique.....	<b>53</b>
<b>3. RESULTATS.....</b>	<b>56</b>
3.1. Inventaire et étude systématique des Culicidae.....	<b>56</b>
3.1.1. Indices écologiques.....	<b>58</b>
3.1.1.1. Indices de composition.....	<b>58</b>
3.1.1.2. Indice de structure.....	<b>61</b>
3.1.2. Analyse factorielle des correspondances (AFC) .....	<b>62</b>
3.1.2.1. Répartition saisonnière.....	<b>62</b>
3.1.2.2. Répartition spatiale.....	<b>63</b>
3.1.3. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).....	<b>64</b>
3.1.3.1. Classification saisonnière.....	<b>64</b>
3.1.3.2. Classification spatiale.....	<b>65</b>
3.1.4. Présentation des espèces de Culicidae inventoriées.....	<b>66</b>
3.1.4.1. <i>Culex pipiens</i> Linnaeus 1758.....	<b>66</b>
3.1.4.2. <i>Culex hortensis</i> Ficalbi 1889.....	<b>70</b>
3.1.4.3. <i>Culex univittatus</i> Theobld 1903.....	<b>72</b>
3.1.4.4. <i>Culex brumpti</i> Galliard 1931.....	<b>74</b>

3.1.4.5. <i>Culex modestus</i> Ficalbi 1890.....	75
3.1.4.6. <i>Culiseta subochrea</i> Edwards 1921.....	78
3.1.4.7. <i>Culiseta annulata</i> Schrank 1776.....	80
3.1.4.8. <i>Culiseta morsitans</i> Theobald 1901 .....	82
3.1.4.9. <i>Aedes pullatus</i> Coquillett 1904.....	84
3.1.4.10. <i>Aedes vexans</i> Meigen 1830 .....	85
3.1.4.11. <i>Anopheles coustani</i> Laveran 1900.....	87
3.2. Inventaire et étude systématique de la faune associée.....	88
3.2.1. Indices écologiques .....	90
3.2.1.1. Indices de composition.....	90
3.2.1.2. Indice de structure.....	92
3.2.2. Analyse factorielle des correspondances (AFC) .....	93
3.2.2.1. Répartition saisonnière.....	93
3.2.2.2. Répartition spatiale .....	95
3.2.3. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).....	96
3.2.3.1. Classification saisonnière.....	96
3.2.3.2. Classification spatiale.....	97
3.2.4. Présentation des espèces de la faune associée inventoriées.....	98
3.2.4.1. <i>Eylais hamata</i> Koenike 1897.....	98
3.2.4.2. <i>Piona uncata</i> Koenike 1888 .....	101
3.2.4.3. <i>Piona nodata</i> Müller 1781.....	104
3.2.4.4. <i>Daphnia magna</i> Müller 1785.....	106
3.2.4.5. <i>Daphnia similis</i> Claus 1876 .....	110
3.2.4.6. <i>Simocephalus vetulus</i> Müller 1776.....	112

3.2.4.7. <i>Simocephalus expinosus</i> Koch 1841.....	113
3.2.4.8. <i>Cyclops fuscus</i> Müller 1785.....	115
3.2.4.9. <i>Calanus gracilis</i> Dana 1852.....	118
3.2.4.10. <i>Corixa punctata</i> Illger 1807.....	119
3.2.4.11. <i>Plea minutissima</i> Leach 1817.....	121
3.2.4.12. <i>Naucoris maculatus</i> Fabricius 1798.....	123
3.2.4.13. <i>Notonecta glauca</i> Linnaeus 1758.....	125
3.2.4.14. <i>Berosus affinis</i> Brullé 1835.....	127
3.2.4.15. <i>Berosus luridus</i> Linnaeus 1761.....	129
3.2.4.16. <i>Hydroporus palustris</i> Linnaeus 1760.....	131
3.3. Paramètres physico chimiques de l'eau .....	133
3.3.1. Comparaison, entre quatre stations, des valeurs moyennes de chacune des caractéristiques physicochimiques de l'eau : résultats du test d'analyse de la variance (ANOVA).....	135
3.3.2. Recherche de groupes de stations homogènes par caractéristique : résultats du test de TUKEY. ....	136
3.3.3 comparaison, entre stations, des vecteurs des valeurs moyennes de l'ensemble des caractéristiques : Résultats des tests de la MANOVA.....	137
3.3.4. Recherche de stations similaire: résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) .....	137
3.3.4.1. Analyse en composantes principales (ACP) de la faune culicidienne.....	139
3.3.4.2. Analyse en composantes principales (ACP) de la faune macrobenthique.....	141
3.4. Etude Toxicologique.....	143
3.4.1. Effet du <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i> ( <i>Bti</i> ) sur la faune associée.....	143
3.4.2. Effet du Novaluron sur la faune associée.....	147
3.5. Dosage des métabolites.....	150
3.5.1. Détermination des métabolites chez <i>Daphna magna</i> traités a la CL50 du <i>Bti</i> .....	151

<b>4. DISCUSSION.....</b>	<b>158</b>
4 .1. Etude taxonomique.....	158
4 .1.1. Les Culicidae.....	158
4 .1.2. La faune associée.....	162
4.2. Analyse physicochimique de l'eau.....	169
4 .3 .Etude toxicologique.....	173
4.3. 1. Effet du <i>Bti</i> sur la faune associée.....	173
4.3. 2. Effet du Novaluron sur la faune associée.....	174
4.4. Dosage des métabolites.....	175
<b>5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>177</b>
<b>6. RESUME.....</b>	<b>180</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>182</b>
<b>ملخص.....</b>	<b>184</b>
<b>7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>187</b>
<b>8. ANNEXES.....</b>	<b>221</b>
<b>PRODUCTION SCIENTIFIQUE.....</b>	<b>221</b>
<b>ARTICLE SCIENTIFIQUE.....</b>	<b>223</b>

---

## Liste des figures

N°	Titres	P
1	Localisation géographique du site d'étude ( <b>Echatt</b> ).	9
2	Présentation des différentes stations de la zone d'étude. A: Station1 ; B: Station 2 ; C: Station 3 ; D: Station 4 ( <b>Photos personnelles</b> ).	10
3	Les genres représentés en Algérie ( <b>Berchi, 2000</b> ).	13
4	Les œufs des trois genres de Culicidae ( <b>Anonyme 3</b> ).	14
5	Vue générale d'un exuvie larvaire (Culicinae) ( <b>Brunhes et al., 2000</b> ).	16
6	Aspect général de la nymphe des Culicidae ( <b>Anonyme 5, 2000</b> ).	17
7	Cycle de vie des Culicidae ( <b>Anonyme 3</b> ).	20
8	Organisation générale d'un Cladocère, vue latérale ( <b>Amoros, 1984</b> ).	22
9	Mâle et femelle portant, dans l'éphippie, deux œufs fécondés ( <b>Amoros, 1984</b> ).	23
10	Cycle biologique des Daphnidae ( <b>D'après Zeman, 2008; repris de Ebert, 2005</b> ).	24
11	Forme générale d'un Copépode. Al: antennule; A2: antenne; Abd4: segment abdominal 4; Enp: Endopodite; Exp: Exopodite; Fu: Furca; Gsg: segment génital; La: labre; Md: mandibule; Mx: maxillipède; P1 à P5: première à cinquième patte thoracique; R: rostre; R.S: réceptacle séminal; Sd : soie dorsale; Sme: soie marginal externe de la furca; Te : sois terminale externe de la furca; Th: thorax; Th1àTh5: premier à cinquième segment thoracique; T1: soie terminale interne de la furca; Tme: soie terminale médiane externe de la furca ; Tmi: soie terminale médiane interne de la furca ( <b>Dussart, 1980</b> ).	26
12	Cycle biologique du copépode. Le copépode se développe de l'œuf par 6 stades nauplius (NI-NVII) et 5 stades copépodes (CI-CVI) et le stade adulte (CVI mâles ou femelles) ( <b>Anonyme 4</b> ).	27
13	Morphologie externe d'un Coléoptère aquatique ( <b>Richoux, 2006</b> ). A : Vue dorsale. B : vue ventrale.	29

<b>14</b>	<b>Cycle biologique des Coléoptères (Anonyme 5).</b>	<b>31</b>
<b>15</b>	<b>Vue latérale d'un Hétéroptère adulte (Poisson, 1957).</b>	<b>33</b>
<b>16</b>	<b>Cycle biologique des hétéroptères (Poisson, 1957).</b>	<b>33</b>
<b>17</b>	<b>Face ventrale d'une femelle adulte Limnesia (Proctor, 2006).</b>	<b>34</b>
<b>18</b>	<b>Cycle biologique des hydracariens (Smith, 1976).</b>	<b>36</b>
<b>19</b>	<b>Croissance et sporulation du <i>Bti</i> en fonction du temps et du milieu d'inséminé (Tetreau, 2012).</b>	<b>38</b>
	A: Lors de la phase exponentielle.	
	B: Les bactéries vont consommer le milieu (ou l'hémolymphe de l'insecte une fois que les ressources du milieu sont quasiment épuisées, les bactéries commencent à produire les cristaux protéiques et les formes de résistance (spores).	
	C: Une fois le milieu complètement épuisé, la libération des spores et des cristaux se réalise par éclatement de la bactérie, marqué par une chute de la densité optique du milieu de culture.	
	D: Les observations ont été réalisées à l'aide d'un microscope optique avec une coloration de Gram (A, B, C) ou sans coloration(D) (G = 1.000X).	
<b>20</b>	<b><i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i> en phase de sporulation (gauche) et cristal de <i>Bti</i> (droite). Sp, spore ; IC, inclusion cristalline. Adapté de Federici <i>et al.</i>, (2003).</b>	<b>39</b>
<b>21</b>	<b>Représentation du mode d'action du <i>Bti</i> sur une larve de moustique (Anonyme 6).</b>	<b>40</b>
<b>22</b>	<b>Structure chimique du Novaluron (Anonyme 7).</b>	<b>41</b>
<b>23</b>	<b>Bioessais de toxicité (Photo personnelle).</b>	<b>44</b>
<b>24</b>	<b>Effet du <i>Bti</i> sur les Crustacés (Photo Personnelle).</b>	<b>44</b>
<b>25</b>	<b>Effet du <i>Novaluron</i> sur les Crustacés (Photo Personnelle).</b>	<b>45</b>
<b>26</b>	<b>Principales étapes d'extraction des : protéines, glucides et lipides selon Shibko <i>et al.</i>, (1966).</b>	<b>46</b>
<b>27</b>	<b>Analyse physico-chimique de l'eau des stations d'études (photo personnelle).</b>	<b>51</b>

<b>28</b> Répartition de la faune Culicidienne par groupe; famille; genre et espèce.	<b>58</b>
<b>29</b> Richesse spécifique des espèces de la faune Culicidienne au niveau des quatre stations.	<b>59</b>
<b>30</b> Abondance relative des espèces par station de la faune Culicidienne inventoriées pendant l'année d'échantillonnage ( <b>Janvier 2019 - Décembre 2019</b> ).	<b>60</b>
<b>31</b> Indices de structure de la faune Culicidienne inventoriés: Indice de Shannon-Weaver (H); Indice de Simpson (D); Equitabilité (J').	<b>61</b>
<b>32</b> Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces de la faune Culicidienne inventoriée pendant quatre saisons d'étude.	<b>63</b>
<b>33</b> Analyse factoriel correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces de la faune Culicidienne inventoriée au niveau des quatre stations d'étude.	<b>64</b>
<b>34</b> Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces de Culicidae récoltées selon les quatre saisons.	<b>65</b>
<b>35</b> Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées selon les quatre stations d'études.	<b>66</b>
<b>36</b> Morphologie générale de la tête chez <i>Culex pipiens</i> Linnaeus 1758.	<b>68</b>
<b>37</b> Structure morphologique de l'antenne.	<b>68</b>
<b>38</b> Mentum de <i>Culex pipiens</i> .	<b>68</b>
<b>39</b> Soie céphalique de <i>Culex pipiens</i> .	<b>69</b>
<b>40</b> Siphon de <i>Culex pipiens</i> .	<b>69</b>
<b>41</b> Peigne de huitième segment de <i>Culex pipiens</i> .	<b>69</b>
<b>42</b> Epine sub-apical du siphon en crochet	<b>71</b>
<b>43</b> Touffes basales du siphon.	<b>71</b>
<b>44</b> Mentum de <i>Culex hortensis</i> Ficalbi 1889.	<b>71</b>
<b>45</b> Peigne de VIII éme segment de <i>Culex hortensis</i> .	<b>71</b>
<b>46</b> Tête de <i>Culex univittatus</i> Théobald 1903.	<b>73</b>
<b>47</b> Soies antennaire de <i>Culex univittatus</i> .	<b>73</b>
<b>48</b> Siphon de <i>Culex univittatus</i> .	<b>73</b>

<b>49</b> Présentes de touffes latérales.	<b>73</b>
<b>50</b> Touffe latérale de siphon de <i>Culex brumpti</i> Galliard 1931.	<b>75</b>
<b>51</b> Tête de <i>Culex modestus</i> Ficalbi 1890.	<b>76</b>
<b>52</b> Soies céphalique de <i>Culex modestus</i> .	<b>76</b>
<b>53</b> Soies thoracique de <i>Culex modestus</i> .	<b>77</b>
<b>54</b> Siphon de <i>Culex modestus</i> .	<b>77</b>
<b>55</b> Peigne de 8éme ségment de <i>Culex modestus</i> .	<b>77</b>
<b>56</b> Siphon de <i>Culiseta subochrea</i> Edwards 1921.	<b>79</b>
<b>57</b> Implantation des dents du peigne.	<b>79</b>
<b>58</b> Soies du groupe pleurale pro thoracique de <i>Culiseta subochrea</i> .	<b>79</b>
<b>59</b> Larve de <i>Culiseta annulata</i> Schranck 1776 .	<b>81</b>
<b>60</b> Siphon de <i>Culiseta annulata</i> .	<b>81</b>
<b>61</b> Adultes de <i>Culiseta annulata</i> ( <b>Anonyme 10</b> ) . A: Femelle.      B: Mâle.	<b>81</b>
<b>62</b> Antenne de <i>Culiseta morsitans</i> Theobald 1901 .	<b>83</b>
<b>63</b> Aspect général du siphon de <i>Culiseta morsitans</i> .	<b>83</b>
<b>64</b> La touffe antennaire <i>Culiseta morsitans</i> .	<b>83</b>
<b>65</b> Dent basale du peigne siphonale de <i>Culiseta morsitans</i> ( <b>Anonyme 11</b> ).	<b>83</b>
<b>66</b> Peigne de VIII éme segment d' <i>Aedes pullatus</i> Coquillett 1904.	<b>85</b>
<b>67</b> Touffe siphonale d' <i>Aedes pullatus</i> .	<b>85</b>
<b>68</b> Mentum d' <i>Ades vexans</i> Meigen 1930 .	<b>86</b>
<b>69</b> Le segment anal d' <i>d'Ades vexans</i> .	<b>86</b>
<b>70</b> Tête d' <i>Anopheles coustani</i> Laveran 1900.	<b>88</b>
<b>71</b> Touffe antennaire d' <i>Anopheles coustani</i> .	<b>88</b>

<b>72</b> Répartition de la faune identifiée par groupe; famille; genre et espèce.	<b>90</b>
<b>73</b> Richesse spécifique des espèces de la faune macrobenthique au niveau des quatre stations.	<b>91</b>
<b>74</b> Abondance relative des espèces inventoriées dans les trois stations et pendant les quatre stations.	<b>92</b>
<b>75</b> Indices de structure de la faune macrobenthique inventoriés au niveau des quatre stations du lac Echatt ( <b>Janvier 2019 - Décembre 2019</b> ).	<b>93</b>
<b>76</b> Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces de la faune macrobenthique inventoriée pendant quatre saisons d'étude.	<b>94</b>
<b>77</b> Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces de la faune macrobenthique inventoriée pendant quatre stations d'étude.	<b>96</b>
<b>78</b> Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées selon les quatre saisons.	<b>97</b>
<b>79</b> Dendrogramme issu de la classification hiérarchique axendale des espèces récoltées selon les quatre stations d'études.	<b>98</b>
<b>80</b> Adulte d' <i>Eylais hamata</i> Koenike 1897.	<b>100</b>
<b>81</b> Les œufs d' <i>Eylais hamata</i> .	<b>100</b>
<b>82</b> Phase ventrale d' <i>Eylais hamata</i> .	<b>100</b>
<b>83</b> Plaque oculaire d' <i>Eylais hamata</i> .	<b>100</b>
<b>84</b> Pattes d' <i>Eylais hamata</i> .	<b>101</b>
<b>85</b> Pattes d' <i>Eylais hamata</i> .	<b>101</b>
<b>86</b> Vue ventrale de <i>Piona uncata</i> Koenike 1888.	<b>102</b>
<b>87</b> Coxa 1 et 2 de <i>Piona uncata</i> .	<b>102</b>
<b>88</b> Coxa 3 et 4 de <i>Piona uncata</i> .	<b>102</b>
<b>89</b> Pointe coxa de <i>Piona uncata</i> .	<b>102</b>
<b>90</b> Soies natatoires de la patte 4 de <i>Piona uncata</i> .	<b>103</b>
<b>91</b> Griffes patte 2 de <i>Piona uncata</i> .	<b>103</b>
<b>92</b> Chélicères de <i>Piona uncata</i> .	<b>103</b>

<b>93</b> Plaque génital de <i>Piona uncata</i> .	<b>103</b>
<b>94</b> Plaque génital de <i>Piona uncata</i> .	<b>104</b>
<b>95</b> Vue dorsale de <i>Piona nodata</i> Müller 1781.	<b>105</b>
<b>96</b> Vue ventrale de <i>Piona nodata</i> .	<b>105</b>
<b>97</b> Plaque génitale d'adulte femelle de <i>Piona nodata</i> .	<b>105</b>
<b>98</b> Région antérieur de <i>Daphnia magna</i> Müller 1785.	<b>108</b>
<b>99</b> Partie antérieure, présence de rostre.	<b>108</b>
<b>100</b> Structure de la cuticule chez <i>Daphnia magna</i> .	<b>109</b>
<b>101</b> Partie postérieur de <i>Daphnia magna</i> .	<b>109</b>
<b>102</b> Présence d'épine caudale.	<b>109</b>
<b>103</b> Cavité incubatrice de <i>Daphnia magna</i> .	<b>109</b>
<b>104</b> Bord échancré de la patte abdominale de <i>Daphnia magna</i> .	<b>110</b>
<b>105</b> Vue général de <i>Daphnia similis</i> Claus 1876.	<b>111</b>
<b>106</b> Bord dorsal du poste abdomen.	<b>111</b>
<b>107</b> Epine caudale de <i>Daphnia similis</i> .	<b>111</b>
<b>108</b> Vue général de <i>Simocephalus vetulus</i> Müller 1776.	<b>112</b>
<b>109</b> Ocelle étiré de <i>Simocephalu vetulus</i> .	<b>112</b>
<b>110</b> La griffe distale post-abdominale.	<b>113</b>
<b>111</b> Griffes distales du post-abdomen.	<b>113</b>
<b>112</b> Carapace bivalve dépourvue d'épine caudale.	<b>114</b>
<b>113</b> Ocelle rhomboïdal.	<b>114</b>
<b>114</b> Griffes distales du post abdomen de <i>Simocephalus expinosus</i> Koch 1841.	<b>114</b>
<b>115</b> Vue général dorsal de <i>Cyclops fuscus</i> Jurine 1820.	<b>116</b>
<b>116</b> Segments de <i>Cyclops fuscus</i> .	<b>116</b>

<b>117</b> Sac ovigère de <i>cyclops fuscus</i> .	<b>117</b>
<b>118</b> Les œufs de <i>Cyclops fuscus</i> .	<b>117</b>
<b>119</b> Antenne de <i>cyclops fuscus</i> .	<b>117</b>
<b>120</b> Cérques et Furca de <i>cyclops fuscus</i> .	<b>117</b>
<b>121</b> Vue dorsal de <i>Calanus gracilis</i> Gurney 1927.	<b>118</b>
<b>122</b> Antenne <i>calanus gracilis</i> .	<b>118</b>
<b>123</b> Segment de <i>Calanus gracilis</i> .	<b>119</b>
<b>124</b> Les œufs de <i>Calanus gracilis</i> .	<b>119</b>
<b>125</b> Vue dorsale d'un <i>Corixa punctata</i> Illiger 1807.	<b>120</b>
<b>126</b> Vue ventrale d'un <i>corixa punctata</i> .	<b>120</b>
<b>127</b> La tête de <i>Corixa punctata</i> .	<b>121</b>
<b>128</b> L'aile de <i>Corixa punctata</i> .	<b>121</b>
<b>129</b> Vue dorsale d'un <i>Plea minitissima</i> Leach 1817.	<b>122</b>
<b>130</b> Vue ventrale d'un <i>Plea minitissima</i> .	<b>122</b>
<b>131</b> L'aile de <i>Plea minitissima</i> .	<b>123</b>
<b>132</b> Vue dorsale d'un <i>Naucoris maculatus</i> Fabricius 1798.	<b>124</b>
<b>133</b> Vue ventrale d'un <i>Naucoris maculatus</i> .	<b>124</b>
<b>134</b> Rostre de <i>Naucoris maculatus</i> .	<b>125</b>
<b>135</b> Tête de <i>Naucoris maculatus</i> .	<b>125</b>
<b>136</b> Vue dorsale d'un <i>Notonecta glauca</i> Latreille 1802.	<b>126</b>
<b>137</b> Vue ventrale d'un <i>Notonecta glauca</i> .	<b>126</b>
<b>138</b> Tête et le rostre de <i>Notonecta glauca</i> .	<b>126</b>
<b>139</b> Pattes et les ailes de <i>Notonecta glauca</i> .	<b>126</b>
<b>140</b> Vue dorsale d'un <i>Berosus affinis</i> Brullé 1835.	<b>128</b>
<b>141</b> Vue ventrale d'un <i>Berosus affinis</i> .	<b>128</b>

<b>142</b> Les pattes de <i>Berosus affinis</i> .	<b>128</b>
<b>143</b> La tête de <i>Berosus affinis</i> .	<b>128</b>
<b>144</b> Aile de <i>Berosus affinis</i> .	<b>129</b>
<b>145</b> Vue dorsale d'un <i>Berosus luridus</i> Linnaeus 1761.	<b>130</b>
<b>146</b> Vue dorsale d'un <i>Berosus luridus</i> .	<b>130</b>
<b>147</b> Tête de <i>Berosus luridus</i> .	<b>130</b>
<b>148</b> Aile de <i>Berosus luridus</i> .	<b>130</b>
<b>149</b> Vue dorsale d'un <i>Hydroporus palustris</i> Linnaeus 1761.	<b>132</b>
<b>150</b> Vue dorsale d'un <i>Hydroporus palustris</i> .	<b>132</b>
<b>151</b> L'aile d' <i>Hydroporus palustris</i> .	<b>132</b>
<b>152</b> Paramètres physico-chimiques de l'eau des quatre stations d'étude.	<b>134</b>
<b>153</b> Histogramme des valeurs propres en fonction des rangs des axes principaux pour l'ensemble des 4 stations.	<b>138</b>
<b>154</b> Analyse en composant principale (ACP) montrant la relation entre les paramètres physico-chimique de l'eau et de la faune culicidienne au niveau des quatre stations d'étude.	<b>140</b>
<b>155</b> Représentation graphique des 7 variables à l'intérieur du cercle de corrélation du plan factoriel 1-2 obtenu à partir des données des 4 stations du site d'étude.	<b>141</b>
<b>156</b> Analyse en composant principale (ACP) montrant la relation entre les paramètres physico-chimique de l'eau et de la faune macrobenthique inventoriée au niveau quatre stations d'étude.	<b>142</b>
<b>157</b> Représentation graphique des 7 variables à l'intérieur du cercle de corrélation du plan factoriel 1-2 obtenu à partir des données des 4 stations du site d'étude.	<b>143</b>
<b>158</b> A : Effet toxique de la CL50 du <i>B.t.is</i> . B : Effet toxique de la CL90 du <i>B.t.is</i> . à l'égard des 5 espèces non visées ( <i>D. similis</i> ; <i>D. magna</i> , <i>S. expinosus</i> , <i>Cy. fuscus</i> , <i>A. aquatcus</i> ).	<b>147</b>
<b>159</b> Effet de la CL50 du Novaluron sur la faune non visée.	<b>148</b>
<b>160</b> Dosage des protéines : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine ( $\mu\text{g}$ ) ; ( $R^2$ coefficient de détermination).	<b>151</b>

<b>161</b> Dosage des glucides : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de glucose ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2$ coefficient de détermination).	<b>153</b>
<b>162</b> Dosage des lipides : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de lipide ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2$ coefficient de détermination).	<b>154</b>

---

## Liste des tableaux

N° Titres	P
1 Moyennes des températures de la période 2019/2020 (Station Météorologique de la région d'Echatt).	11
2 Précipitations de la période 2019/2020 (Station Météorologique de la région d'Echatt).	11
3 Variation de la vitesse du vent de la période 2019/2020 (Station Météorologique de la région d'Echatt).	12
4 Humidité de la période 2019/2020 (Station Météorologique de la région d'Echatt).	12
5 Dosage des protéines totales : réalisation de la gamme d'étalonnage.	47
6 Dosage des lipides totaux : réalisation de la gamme d'étalonnage.	47
7 Dosage des glucides totaux : réalisation de la gamme d'étalonnage.	48
8 Richesse totale des espèces de Culicidae récoltées au niveau de la région d'Echatt (Janvier 2019 - Décembre 2019).	57
9 Indices écologiques de la faune culicidienne enregistrés dans chaque station (S = espèces, H = indice de Shanon, D = indice de Simpson, J = équitabilité).	58
10 Abondance relative ou fréquence centésimale (%) des espèces inventoriées.	60
11 Richesse totale des espèces de la faune associée récoltées au niveau de la région d'Echatt (Janvier 2019- Décembre 2019).	89
12 Indice de diversité de Schanon - Weaver (H'). Indice de diversité maximale (H' max). Indice d'équirépartition (E) de la faune associée dans les 4 stations d'étude.	91
13 Mensuration de quelques structure de <i>Daphnia magna</i> N: 140 individus; (mm).	107
14 Classe des mensurations corporelles par tranche d'âge de <i>Daphnia magna</i> : N 140 individus. 108	
15 Dimensions morphométrique des sacs ovigères et des œufs de <i>Cyclops fuscus</i> femelles. N:10 individus. Unité:µm.	116
16 Moyennes et écar-types de quelques structures chez <i>Cyclops fuscus</i> mâles (N= 20 individus) et femelles (N =10 individus). L : longueur ; l : largeur.	116

---

<b>17</b> Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau des quatre stations d'étude.	<b>133</b>
<b>18</b> Analyse par l'ANOVA à un critère modèle fixe des résultats, pour chacune des caractéristiques physicochimiques de l'eau des 4 stations.	<b>135</b>
<b>19</b> Résultats de la comparaison des 4 stations entre elles, pour chaque caractéristique physicochimique de l'eau, à l'aide du test de TUKEY.	<b>136</b>
<b>20</b> Résultats des tests de la MANOVA appliquée aux 4 stations.	<b>137</b>
<b>21</b> Résultats de l'ACP des 7 axes principaux, obtenus pour l'ensemble des 4 stations sur les sept caractéristiques physicochimique de l'eau.	<b>138</b>
<b>22</b> Valeurs des corrélations et des corrélations au carré des variables initiales avec les 3 premières composantes principales, et information prise en compte par le 1 <sup>er</sup> plan factoriel représenté par les axes 1 et 2.	<b>139</b>
<b>23</b> Le taux de mortalité en pourcentage de la faune associée exposée pendant trois jours à la CL50 et la CL90 du <i>Bti</i> .	<b>144</b>
<b>24</b> Résultats de la comparaison, entre les 3 temps de la toxicité du <i>Bti</i> pour chacune des 2 doses (CL50,CL90) à l'égard de 5 espèces de la faune associée, à l'aide de l'analyse de la variance a un critère de classification modèle fixe.	<b>145</b>
<b>25</b> Recherche de groupe de temps homogène, pour chacune des doses du <i>Bti</i> et pour chaque espèce de la faune associée, à l'aide du test de TUKEY.	<b>146</b>
<b>26</b> Le taux de mortalité de la faune associée exposée pendant trois jours à la CL50 de Novaluron.	<b>148</b>
<b>27</b> Comparaison entre les 3 temps de la toxicité du Novaluron pour chaque dose (CL50) al'égard de 5 espèces de la faune associée à l'aide de l'analyse de la variance a un critère de classification modèle fixe.	<b>149</b>
<b>28</b> Recherche de groupe de temps homogène, pour la dose du Novaluron et pour chaque espèce de la faune associée, a l'aide du test de TUKEY.	<b>150</b>
<b>29</b> Dosages des protéines exprimant l'absorbance en fonction de quantité d'albumine (µg).	<b>151</b>
<b>30</b> Poids et quantité de protéine chez <i>Daphnia magna</i> adulte.	<b>151</b>

---

<b>31</b>	Poids et quantité de protéine chez <i>Daphnia magna</i> jeune.	<b>152</b>
<b>32</b>	Dosage des glucides exprimant l'absorbance en fonction de quantité de glucide (µg).	<b>152</b>
<b>33</b>	Poids et quantité du glucide chez <i>Daphnia magna</i> adulte.	<b>153</b>
<b>34</b>	Poids et quantité de glucide chez <i>Daphnia magna</i> jeune.	<b>153</b>
<b>35</b>	Dosage des lipides exprimant l'absorbance en fonction de quantité des lipides (µg).	<b>154</b>
<b>36</b>	Poids et quantité de lipide chez <i>Daphnia magna</i> adulte.	<b>155</b>
<b>37</b>	Poids et quantité de lipide chez <i>Daphnia magna</i> jeune.	<b>155</b>
<b>38</b>	Récapitulatif des valeurs de l'analyse statistique AV1, entre la quantité de protéine, glucide, lipide chez <i>Daphnia magna</i> traité à la CL50 pendant 3jours.	<b>156</b>

## Liste des abréviations

**ANOVA:** Analysis Of Variance.

**Bti:** *Bacillus thuringiensis israelensis*

**Cx:** Culex

**Cs:** Culiseta

**Ae:** Aedes

**An:** Anopheles

**Or:** Orthopodomya

**Ur:** Uranotaenia

**Nau:** Naucoridae

**Hyd:** Hydrophilidae

**Not:** Notonectidae

**Ple:** Pleidae

**Co:** Corexidae

**Eyl:** Eylaidae

**Pio:** Pionidae

**Dap:** Daphnidae

**Cop:** Copepodea

**D:** Daphnia

**S:** Simocephalus

**Cy:** Cyclops

**Ca:** Canalis

**B:** Berosus

**Pi:** Piona

**E:** Elyais

**Co:** Corixa

**N:** Naucoris

**No:** Notonecta

**E:** Elyais

**H:** Hydroporus

**Pl:** Plea

**T °:** Température

**pH:** Potentiel Hydrogène

**CE:** Conductivité électrique

**TA:** Titre alcalimétrique

**TH:** Titre hydrométrique

**TUR:** Turbidité apparente

**TAC:** Titre alcalimétrique complet

**OMS :** Organisation Mondiale de la Santé

# *Introduction*

## INTRODUCTION

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 macro-invertébrés représentent une partie importante de l'écosystème aquatique et ont une importance économique et écologique (**Arimoro & Keke, 2016**). En effet, 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 (**Parmar *et al.*, 2016; Ismail & Adnan, 2016; Zinsou *et al.*, 2017; Ameer *et al.*, 2022**). Les études faunistiques et écologiques sont donc primordiales pour comprendre le fonctionnement et la gestion de ce système naturel (**Martinez- Haroetal, 2015; Tshijik *et al.*, 2015**). L'implantation des espèces dans un biotope est régie par un ensemble de facteurs, physico-chimiques, environnemental, biologique et écologique (**Chaib *et al.*, 2013**). Les écosystèmes aquatiques continentaux, bien qu'ils ne représentent que 0.8 % en surface et 0.01 % en quantité d'eau sur la planète, ils accueillent environ 6 % des espèces connues, avec un fort taux d'endémisme (**Geist, 2011; Larid, 2015; Khelil *et al.*, 2019; Min & Kong, 2020**). Les écosystèmes d'eau douce sont les plus impactés, par rapport aux écosystèmes terrestres et marins (**Ghodhani *et al.*, 2013; 2015; Collen *et al.*, 2014; Young *et al.*, 2016**). Sachant qu'à l'instar des autres écosystèmes mondiaux, les écosystèmes méditerranéens sont les plus vulnérables et compte parmi les plus chauds de la planète (**Toubal *et al.*, 2014**). L'Algérie possède une très grande superficie (2 400 000 Km<sup>2</sup>), une grande diversité de climats (Subtropical, Méditerranéen, Semi-aride et Aride) et une côte de 1 350 Km, qui lui permettant de jouir d'une large gamme de biotope favorisant une faune et une flore remarquables (**Djouama *et al.*, 2016; Hamel *et al.*, 2017; Sekkoum & Maachou, 2018**). En Algérie les résultats obtenus à partir d'une synthèse des données faunistiques et taxonomiques; et des observations font état de 985 espèces recensées à l'échelle de l'Algérie. Cette biodiversité faunistique varie quantitativement et qualitativement d'une région à une autre (**Lounaci, 2000**).

Les Arthropodes sont l'un des embranchements les plus importants sur notre planète. On les trouve dans tous les milieux (marin, eau douce, terrestre) et comportent des formes diverses et

variées. Cet embranchement est celui qui possède le plus d'espèces et le plus d'individus 85%, des espèces animales connues dont les trois quarts sont des insectes (**Silvie et al., 2014**). Cette classe représente le groupe le plus diversifié et le plus important du règne animal; plus de 50% de la diversité de la planète et près de 60% de l'ensemble des espèces animales décrites (**Chapman, 2009**). La grande majorité de ces Insectes jouent un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes, et nombre d'entre eux rendent aux humains des services écosystémiques très importants: pollinisation, contrôle des populations par prédation ou parasitisme, élimination des cadavres et des déjections, source d'alimentation, et importance médicinale etc. (**Mkindi, 2017**). Les insectes jouent un rôle considérable dans l'équilibre biologique de la nature et l'homme les qualifie d'espèces utiles (abeilles ou ver à soie) ou nuisibles aux cultures (Crickets), forêts (chenilles) ou encore à la santé tels les Culicidae. Les insectes sont parfois de simples véhicules pour les pathogènes, mais ils peuvent aussi être des hôtes intermédiaires voire obligatoires pour les pathogènes qui, dans ce dernier cas, réalisent une partie essentielle de leur cycle vital (**Beaudouin et al., 2021; Grames et al., 2022**).

Parmi les nombreux groupes d'insectes hématophages, les Culicidae appelés communément moustiques sont, sans dotés d'un rôle vectoriel dans la transmission de maladies d'importance médicale ou vétérinaire (**Saidi, 2021**). Trois genres sont particulièrement importants en pathologie humaine (Anopheles, Aedes & Culex) (**Duvallet & Chabasse, 2020**). Les Culicidae sont des vecteurs de plusieurs agents pathogènes (Protozoaires ; Microfilaires & Arbovirus), qu'ils transmettent à l'homme et aux animaux domestiques (**Lavaud & Dutau, 2020**). Ils sont responsables de la nuisance, générée par la prolifération de certaines espèces particulièrement dans les régions touristiques (**Becker et al., 2010**). A ce jour, on dénombre environ 3600 espèces dans le monde entier, divisée en trois Sous-familles (Culicinae, les Anophelinae et les Toxorhynchetinae) et en 43 genres, dont la plupart se retrouvent dans les régions tropicales et subtropicales (**Rahola, 2010**). Le caractère hématophages leurs confèrent l'état d'ectoparasites, temporaires, transmettant à l'homme et aux animaux diverses maladies (**Lavaud & Dutau, 2020**).

Au cours des vingt dernières années, la faune culicidienne d'Algérie 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 (**Soltani et al., 2010; Bouaziz et al., 2011; Rehimy et al., 2011; Djebbar-Tine et al., 2011; 2012; Bendali-Saoudi et al., 2013; Amira et al., 2013; Djeghader et al., 2013; 2014; Allouani, 2013; Houari & Rehimy, 2014; Dahchar et al., 2017**). Dans la région d'El Kala (**Bendali-Saoudi et al., 2006; Berrezig, 2007; Berrak, 2009;**

**Tahraoui, 2012**). Dans la région de Skikda (**Boulkenafet, 2006; Merabet-Nouri, 2010; Boudemagh et al., 2013**). Dans la région de Constantine les travaux de (**Messai et al., 2011, Berchi et al., 2012**). Dans la région de Tébessa , Guelma et Oum El Bouagui (**Bouaziz, 2012; Bendali et al., 2013; Aissaoui, 2014; Oudainia, 2015 Hamaidia & Aguib, 2020**). Dans la région de Biskra (**Merabeti & Ouakid, 2011; Benhissen et al., 2014; 2017; Merabti et al., 2021**). Dans la region de msila (**Menea et al., 2020; Asloum et al.,2021**). Dans la région Ouest du pays, des études bioécologiques ont été menées sur les moustiques de Tlemcen (**Metge & Hassaine, 1998; Hassaine, 2002**) et plus au Nord dans la région d'Alger et Tizi-ouzou les travaux de **Lounaci & Doumandji, (2012); Chahed et al., (2021)** reste d'incontournables ouvrages.

Les méthodes de lutte employées contre ces vecteurs sont pour la plupart chimiques. Les insecticides utilisés appartiennent aux organophosphorés, pyréthrinoides et carbamates de synthèse (**Becker et al., 2010; Hamaidia & Soltani, 2014**). Ces préparations, bien qu'elles se soient révélées très efficaces sur les Culicidae, présentent plusieurs inconvénients. En effet, en plus de leur coût élevé qui les rend un frein considérable au développement socio-économique, elles peuvent être à l'origine de divers problèmes environnementaux tels que la pollution (**Kielak et al., 2011**), l'apparition d'espèces résistantes (**Asidi et al., 2012**), ainsi qu'une concentration élevée de résidus chez les vertébrés, notamment chez les Poissons, les Oiseaux et chez l'Homme. Comme, elle est loin d'être parfaite parce qu'elle tue de façon non sélective aussi bien les insectes utiles que les insectes nuisibles (**Amonkar et al., 1988**). L'utilisation massive des pesticides dans l'environnement ont un impact sur la reproduction, la croissance, le développement, le comportement ainsi que le fonctionnement des systèmes immunitaires et endocriniens des organismes non visés. Ainsi, les effets secondaires des insecticides, notamment neurotoxiques, et les impératifs environnementaux ont encouragé à la recherche de méthodes alternatives de lutte par la mise en œuvre d'une lutte chimique raisonnée ou biologique ou intégrée (**Maïza et al., 2013; Cepeda-Palacios et al., 2014**). Cependant, la lutte chimique reste le moyen majeur de contrôle des insectes ravageurs et vecteurs de maladies. Elle utilise de plus en plus des produits sélectifs, les biopesticides et les régulateurs de croissance des insectes. Les régulateurs de croissance des insectes (Insect Growth Regulators: IGRs) et les perturbateurs de croissance des insectes renommés IGDs (Insect Growth Disruptors) (**Pener & Dhadialla, 2012**). Ils présentent beaucoup d'avantages par rapport aux pesticides conventionnels, notamment une haute spécificité et une faible toxicité à l'égard des auxiliaires et des Vertébrés (**Dhadialla et al., 2010; Pener & Dhadialla, 2012; Zaidi & Soltani, 2011; 2013**). Ils agissent sur des processus physiologiques et biochimiques

spécifiques aux organismes visés comme la synthèse de la chitine représentés par les dérivés de la benzoylurée (**Muthukrishnan et al., 2012; Merzendorfer, 2013**) ou via une interaction avec les récepteurs (dérivés de la dibenzoyl hydrazine) ou la synthèse (dérivés de l'imidazole) de l'hormone de mue (**Dhadialla et al., 2010**). Cependant le Novaluron est un inhibiteur de la synthèse de la chitine qui affecte la mue par le dépôt d'une endocuticule anormale chez *Aedes aegypti* (**Farnesi et al., 2012**). Il est très efficace contre les larves de moustique comme *Culiseta longiareolata* (**Bouaziz et al., 2011**), *Aedes aegypti* (**Farnesi et al., 2012**) et *Culex pipiens* (**Djehader et al., 2013**).

De ce fait, des méthodes alternatives ont été développées; notamment la lutte biologique qui est actuellement la plus favorable, parce qu'elle agit sur le vecteur et ne produit pas de dangereux déséquilibres faunistiques ni de graves problèmes environnementaux (**Dahchar et al., 2016; Djeddar et al., 2021; Aissaoui et al., 2022; Hafsi et al., 2022**). Il existe des plantes toxiques telles que *Elodea nuttali* (**Sherif & El Amamy, 1985**), *Swartzia madagascariensis* (**Minjas & Sarda, 1986**) et des plantes insectivores *Utricularia sp* (**Orr & Resh, 1992**), des champignons entomopathogènes et plusieurs espèces de bactéries larvicides spécifiques telles que: *Bacillus thuringiensis israelensis* (**Tahraoui, 2012; kumar et al., 2013; Allouani, 2013**), et *Bacillus sphaericus* (**Karch & Hougard, 1986; Karch et al., 1992**), et même des biopesticides botaniques tels que le Spinosad, Azadirachtin, les huiles essentielles et les extraits des végétaux (**Pavela, 2009; Rehimi et al., 2011; Arya et al., 2011; Zoubiri & Baaliouamer, 2011; Kjanijou et al., 2012; Maiza et al., 2013; Bouguerra et al., 2018; 2019; Seghier et al., 2020; Djeddar et al., 2021; Hafsi et al., 2022**). D'autre part, la régulation naturelle joue un rôle important dans la régulation des larves de moustiques est liée, en grande partie, à deux groupes de prédateurs: les poissons d'eau douce *Pseudophoxinus callensis* et *Pseudophoxinus guichenoti* (**Bendali Saoudi et al., 2001; Bendali-Saoudi, 2006**) et *Gambusia affinis* (**Zaidi et al., 2011; 2013; Zaidi & Soltani, 2013; Chouahda & Soltani, 2013**), ainsi que des invertébrés aquatiques, ennemis naturels et prédateurs, regroupant les larves d'Odonates et de Toxorynchites, les Dytiques, les Gyrins, les Notonectes et enfin les Hydracariens du groupe Hydrachnellae dont la systématique est intensément étudiée, leurs larves ecto parasitent d'invertébrés aquatiques (**Zawal, 2010; Smith, 2012; Bendali et al., 2013; Gacem et al., 2013; Esen & Orhan, 2013; Smith, 2014; Bendali-Saoudi et al., 2014**). L'atteinte au niveau de la faune non ciblée a été signalée suite à l'utilisation de produits de synthèse, affectant ainsi de différentes espèces d'intérêt biologique et écologique (**Zamora Perea, 2009**). La lutte biologique est une solution alternative, qui vient dans le cadre d'une lutte intégrée par l'utilisation de produits naturels.

La recherche en écologie sur les invertébrés dans les écosystèmes aquatiques continentaux de l'Algérie était rare et incomplète jusqu'aux années 1980 (**Benzina, 2018**). Après l'année 1980, avec le développement des programmes d'études en écologie, hydrobiologie et zoologie, plusieurs travaux ont été entrepris: **Chaib et al., (2011)**; **Khelifa et al., (2011)**; **Yasri & Lounaci, (2013a; 2013b)**; **Moubayed-Breil & Lounaci, (2013)**; **Bouchelouche et al., (2015)**; **Sellam et al., (2017)**; **Mahmoudi et al., (2022)**.

Les activités anthropiques ont induit des effets incontrôlés sur l'environnement et la santé humaine (**Hamida et al., 2021**; **Ekperusi et al., 2022**). Les composants physico-chimiques d'une eau peuvent jouer un rôle central, non seulement sur la biologie d'une espèce mais aussi dans la structure et la dynamique de l'ensemble de la biocénose (**Thakur et al., 2013**). L'analyse des paramètres physico-chimiques est largement utilisée pour diagnostiquer les problèmes de pollution de l'eau et de dégradation des habitats (**Zinsou et al., 2016**). Les écosystèmes d'eau douce sont les plus touchés par rapport aux écosystèmes terrestres et marins (**Young et al., 2016**). L'étude de la biodiversité des invertébrés d'eau douce, courante et stagnante, comprend la détermination systématique des insectes, des crustacés et des mollusques. Des études récentes ont été réalisées dans plusieurs écosystèmes aquatiques du Nord-est algérien, comme sur la communauté de coléoptères aquatiques vivant dans le lac Tonga (**Mahmoudi et al., 2022**), la morphométrie et la reproduction d'une espèce de crustacé *Atyaephyra desmaresti* Millet 1831 utilisée comme espèce bioindicatrice de la qualité sanitaire des hydrosystèmes (**Ameur et al., 2022**), ou sur la faune culicidienne dans certains habitats de la province de Souk-Ahras (**Hafsi et al., 2021**; **Hamaidia & Soltani, 2021**). Ces études montrent l'importance des facteurs écologiques dans la répartition des espèces. L'analyse des données par le modèle linéaire généralisé a montré que tous les paramètres physicochimiques mesurés de l'eau avaient un effet sur l'abondance et la richesse en espèces de la communauté des coléoptères aquatiques (**Mahmoudi et al., 2022**). Le lien entre les facteurs climatiques et la diversité des moustiques dans la province de Souk-Ahras dans le Nord-est de l'Algérie a également été évalué et l'abondance des espèces de moustiques a été trouvée affectée par la combinaison de la température et des précipitations qui étaient négativement corrélées (**Hafsi et al., 2021**; **Hamaidia & Soltani, 2021**).

Ce travail de thèse en biologie adopte une démarche originale, pluridisciplinaire dont le but est de déterminer l'identification systématique des espèces de Culicidae et de la faune associée d'un site protégé classée par Ramsar en 1983. Donc l'objectif de cette étude est d'établir un inventaire des espèces de la faune culicidienne et de la faune associée

macrobenthique. Cela n'est pas loin que la biodiversité d'un biotope est régi par un ensemble de facteurs comme les facteurs physico-chimiques, environnementaux, biologiques et écologiques (**Chaib *et al.*, 2013**). La deuxième partie de cette thèse a concerné le dosage des paramètres physico-chimiques de l'eau (Température; Potentiel d'hydrogène; Conductivité électrique; Titre hydrométrique; Titre alcalimétrique; Titre alcalimétrique complet & Turbidité) des stations d'étude. Cela afin d'étudier leur impact sur la structure de cette communauté d'invertébrés aquatiques. Les données obtenues ont permis d'évaluer l'impact éventuel des activités anthropogéniques sur la biodiversité des invertébrés. La troisième partie a été attribuée à l'étude toxicologique. On a testé l'effet larvicide du *Bacillus thuringiensis israelensis* sérotype H14, et celui du Novaluron à l'égard des Culicidae et de la faune associée, non visée de crustacés macrobenthiques, suivi d'un dosage des métabolites biochimiques.

*MATERIES*  
&  
*METHODES*

## **2. MATERIEL & METHODES**

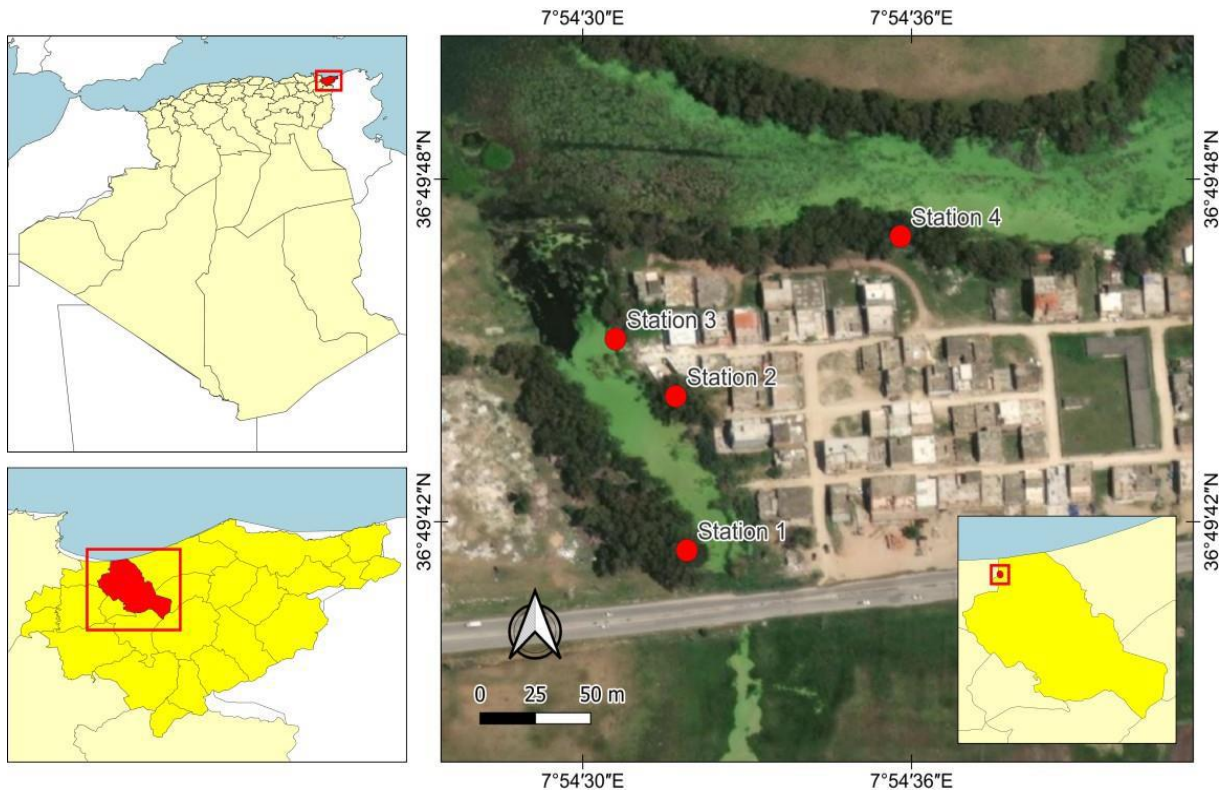
### **2.1. Présentation de la région d'étude**

#### **2.1.1. Wilaya d'El Taref**

L'étude a été menée dans la région d'El Taref, qui s'étend sur une superficie de 3 339 Km<sup>2</sup> avec 7 Daïra et 24 Communes et située à l'extrême Nord-est de l'Algérie. Elle se situe à une latitude de 36°46'0" au Nord et 8°19'0" de longitude à l'Est. Elle se trouve à 16 m d'altitude. Elle est délimitée au Nord, par la Mer Méditerranée, à l'Est par la Tunisie, au Sud par la Wilaya de Souk-Ahras, au Sud-est par la Wilaya de Guelma et à l'Ouest par la Wilaya d'Annaba. Un climat tempéré chaud est présent à El Tarf. En hiver, les pluies sont bien plus importantes à El Taref qu'elles ne le sont en été. Cet emplacement est classé comme (*Classification de Köppen : Csa*). La température moyenne annuelle à El Tarf est de 18.3 °C. La moyenne des précipitations annuelles atteints 694 mm. La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 121 mm. Une différence de 15.2 °C existe entre la température la plus basse et la plus élevée sur toute l'année. Avec une température moyenne de 26.5 °C, le mois d'Aout est le plus chaud de l'année. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 11.3 °C (**Anonyme 1**).

#### **2.1.2. Commune Echatt**

C'est une ville algérienne, située dans le daïra de Ben Mehidi et la Wilaya d'El Tarf. La ville s'étend sur 62,2 km<sup>2</sup> et compte 34 378 habitants depuis le dernier recensement de la population. La densité de population est de 553,1 habitants par km<sup>2</sup>, entourée par Ben Mehidi, El Bouni et El Hadjar, Echatt est située à 12 km au Nord-est de Annaba (la plus grande ville) à proximité c'est Tunis à une distance de 240 km. La ville se situe à 3 km de l'aéroport Rabah Bitat de Annaba. Située à 10 mètres d'altitude, la Ville d'Echatt a pour coordonnées géographiques Latitude de 36° 49' 49" Nord et la Longitude de 7° 52' 31" Est, caractérisée par un climat méditerranéen avec été chaud (*Classification de Köppen : Csa*). Notre site d'étude à concerner un petit lac endoréique, situé à deux kilomètre d'Echatt qui fait partie de la daïra de Ben Mehidi et la Wilaya d'El Taref. Ce lac est alimenté par la nappe phréatique. Pendant la saison sèche en été, ce lac se rétrécit et l'eau se condense au centre (**Anonyme 2**) (**Figure 1**).



**Figure 1:** Localisation géographique du site d'étude (Echatt).

## 2.2. Présentation des stations d'études

L'échantillonnage des spécimens a été réalisé de Janvier à Décembre 2019. Il a été réalisé dans 4 stations, situées en périphérie du lac espacées d'environ 500 m et choisies en fonction de l'accessibilité de l'eau. La position géographique de ces stations est la suivante : station 1 ( $36^{\circ}49',6910''\text{N}$ ,  $7^{\circ}54',5310''\text{E}$ ), station 2 ( $36^{\circ}49',7370''\text{N}$ ,  $7^{\circ}54',5290''\text{E}$ ), station 3 ( $36^{\circ}49',7530''\text{N}$ ,  $7^{\circ}54',5100''\text{E}$ ) et station 4 ( $36^{\circ}49',7830''\text{N}$ ,  $7^{\circ}54',5970''\text{E}$ ) (**Figure 2**). Les stations 2 et 4 sont situées à proximité de sources de pollution anthropiques. La biomasse est influencée par deux facteurs principaux: les activités humaines et le climat. Les sécheresses récurrentes et les agressions climatiques et humaines telles que le défrichement, l'élagage et le surpâturage, l'exploitation irrationnelle de certaines espèces pastorales à des fins domestiques ou industrielles matérialisent les interactions entre les activités humaines et le climat et leurs impacts sur la biodiversité. De plus, l'augmentation de ces rejets humains modifie les milieux, les rendant parfois impropres à la vie, ce qui réduit la diversité des espèces animales et végétales (Soulama *et al.*, 2015).



**Figure 2:** Présentation des différentes stations de la zone d'étude.

**A:** Station1 ; **B:** Station 2 ; **C:** Station 3 ; **D:** Station 4 (**Photos personnelles**).

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

Pour caractériser le climat de notre site d'étude, nous avons utilisé les données météorologiques de la station limitrophe d'Echatt.

#### **2.3.1. Température**

Ce paramètre est fonction de l'altitude, de la distance à la mer et de la position topographique (Toubal, 1986). De manière générale, Seltzer, (1946) souligne que: «...dans toute l'Algérie (Sahara non compris), la température moyenne est, de Novembre à Avril, inférieur à la moyenne annuelle; elle lui est supérieur de Mai à Octobre.... ». On peut donc diviser l'année

en un semestre froid et un semestre chaud (**De Belair, 1990**). La température est un facteur qui agit également sur la répartition des espèces (**Dreux, 1980**) (**Tableau 1**).

**Tableau 1:** Moyennes des températures de la période 2019/2020 (Station Météorologique de la région d'Echatt).

Mois	Jan.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aout.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T (c°)	12,2	12,5	12,3	15,6	17,9	23	24,6	25,7	25	21,3	17,8	12,6

### 2.3.2. Précipitations

La pluviométrie est conditionnée par les perturbations cycloniques d'origine atlantique de l'Ouest et du Nord-est, et les dépressions qui prennent naissance en Méditerranée occidentale, généralement centré dans le périmètre du golfe de Gene-Corse-Sardaigne. Ce second phénomène n'affecte, en général, que la partie orientale du tell algérien et à l'origine de son statut de région la plus humide d'Algérie (**Benyacoub, 1993**). La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale qui intervient non seulement dans le fonctionnement des écosystèmes mais également dans leur répartition (**Tableau 2**).

**Tableau 2:** Précipitations de la période 2019/2020 (Station Météorologique de la région d'Echatt).

Mois	Jan.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aout.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
P (mm)	60,96	39,88	153,66	12,19	14,47	4,58	0	0	17,03	64,27	43,44	160,78

### 2.3.3. Vent

Jouant un très grand rôle dans la région, ils sont relativement stables depuis le Quaternaire récent ; les plus violents sont ceux du Nord-est souvent liés aux pluies d'équinoxes, qui apportent les précipitations les plus importantes venues de l'Atlantique. D'une manière générale la période hivernale se caractérise par des régimes de Nord et de Nord-ouest forts. En revanche, la période estivale se caractérise par des vents de Nord-est et Sud ou Sud-est chauds. Le sirocco, qui souffle environ 14 jours par an, il a une influence très importante sur le cycle d'eau dans la nature, il augmente l'évaporation et favorise la sécheresse et l'apparition de violents incendies de forêts (**Dajoz, 1971**) (**Tableau 3**).

**Tableau 3:** Variation de la vitesse du vent de la période 2019/2020 (Station Météorologique de la région d’Echatt).

Mois	Jan.	Fév.	Mrs.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aout.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
V (mm)	15,5	11,9	13,2	12,8	12,7	13,9	14	13,7	12,5	12,4	12,3	16,1

### 2.3.4. Humidité

La proximité de la mer jouant le rôle de condensateur des masses d’air tropical. Ce paramètre dont les valeurs sont relativement élevées à proximité du littoral, atteint les valeurs les plus fortes au levée et au couché du soleil et habituellement dans les mois les plus froids (Janvier & Décembre). Cette humidité élevée de l’air, même en période estivale, explique que la région puisse être plongée dans un voile de brume, véritable compensation pour les végétaux ne bénéficiant presque d’aucune précipitation durant l’été (**Tableau 4**).

**Tableau 4:** Humidité de la période 2019/2020 (Station Météorologique de la région d’Echatt).

Mois	Jan.	Fév.	Mrs.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aout.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H (mm)	81,7	81	86,1	81,5	80,2	74,3	74,3	78,4	76,4	77,3	70,4	81,1

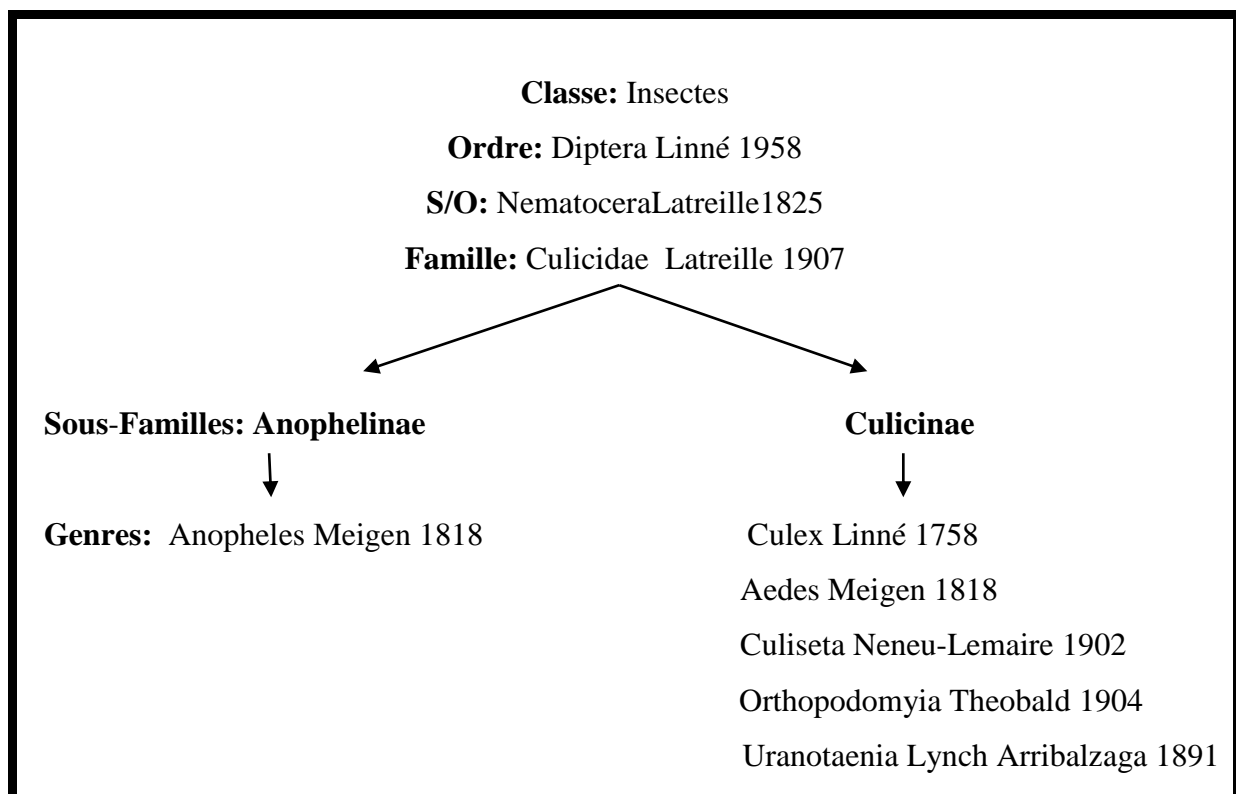
## 2. 4. Présentation des modèles biologiques

### 2.4.1. Les Culicidae

Les Culicidae sont des insectes Diptères Nématocères Holométaboles (**Cléments, 2000; Bendali-Saoudi, 2006**). Ils sont souvent source de nuisance, mais peuvent également représenter un risque en santé publique, comme le cas pour certaines espèces d’anophèles incriminées dans le Paludisme. Cependant, il occupe la première place, soit par le rôle de vecteur d’organismes pathogènes (Arbovirus, Protozoaires, Microfilaires) de certains de ses représentants, soit par la nuisance d’autres. Ils sont caractérisés par des antennes longues et fines à multiples articles, des ailes pourvues d’écailles, et des femelles possédant de longues pièces buccales en forme de trompe rigide de type piqueur-suceur (**OMS, 1999**). Selon **Seguy, (1951)** les moustiques se distinguent des autres Nématocères piqueurs par leur trompe longue et la présence d’écailles sur les nervures alaires.

### 2.4.1.1. Position systématique

La Famille des Culicidae se divise en trois Sous-Familles, les Toxorhynchitinae, les Anophelinae et les Culicinae ; la Sous-Famille des Toxorhynchitinae comporte un seul genre n'est pas représenté en Europe Occidentale (Matille, 1993; Duchauffour, 1976) ni en Afrique méditerranéenne (Brunhes *et al.*, 1999). Environ 3000 espèces de Culicidae sont connues dans le monde (Knight & Stone, 1977). En Algérie seules les deux Sous-Familles Culicinae et Anophelinae sont représentées avec six genres (Figure 3) (Berchi, 2000).



**Figure 3:** Les genres représentés en Algérie (Berchi, 2000).

### 2.4.1.2. Cycle biologique des Culicidae

Les moustiques présentent des stades de vie pré imaginaires aquatiques représentés par les œufs, les larves et les nymphes et un stade adulte aérien. Les adultes sont des Diptères avec un dimorphisme sexuel net, la longévité des femelles est remarquablement plus longue que celles des mâles que soit au laboratoire ou sur terrain (Bendali, 1989). La femelle prend généralement un repas de sang pour assurer la maturation des ovocytes, elle est donc hématophage (Neveu-Lemaire, 1923). La durée totale de ce développement est fortement

influencée par la température et dure de 10 à 15 jours pour les zones tropicales du monde qui rassemblent les plus fortes densités d'espèces (**Bendali-Saoudi, 2006**).

#### **2.4.1.3. Œufs**

Les œufs des Culicidae sont très différents suivant les genres et même les espèces. Ils sont pondus isolément à la surface de l'eau et munis de flotteurs chez les Anopheles, ils sont groupés en nacelles flottantes chez les Culex ; ils éclosent généralement au bout de 2 à 5 jours. Alors que les Aedes pondent leurs œufs isolément sur les supports à proximité immédiate de la surface de l'eau où même sur sol humide (**Bendali-Saoudi, 1989; Hassaine, 2002**) (**Figure 4**).

L'œuf comprend de l'intérieur vers l'extérieur: l'embryon, la membrane vitelline pellucide, un endo-chorion épais et un exo-chorion plus ou moins pigmenté et ornementé, sa taille est de 0.5 mm (**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 (**Andreos, 2003**). Les nacelles du genre Culex mesure 3-4 mm de long et 2-3 mm de large, l'éclosion se produit environ 24h à 48h après l'oviposition (**Kettle, 1995**). Les œufs flottent à la surface de l'eau soit du fait des phénomènes de tension superficielle, ou bien suite à la présence de flotteurs comme chez le genre Anopheles, ce qui les rend insubmersibles (**Bendali-Saoudi, 2006**).



**Culex.**

**Aedes.**

**Anopheles.**

**Figure 4:** Les œufs des trois genres de Culicidae (**Anonyme 3**).

#### 2.4.1.4. Larve

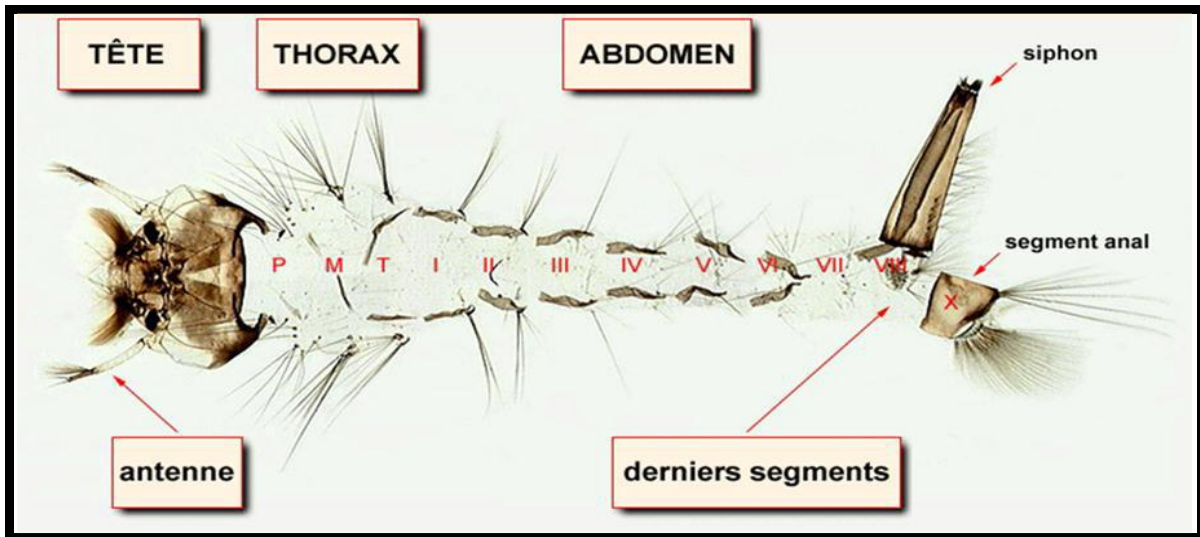
Les larves sont aquatiques très mobiles, elles respirent à l'aide d'un siphon, perçant la surface de l'eau chez le genre *Culex*, *Aedes*, *Culiseta* et autres, alors que certaines espèces sont dépourvues comme le genre *Anopheles*. Leur régime alimentaire est constitué de particules organiques. Leur corps est formé par un long abdomen, un thorax et une tête d'une forme globuleuse (**Figure 5**). Les larves de moustiques de certaines espèces peuvent être sensibles à la privation de nourriture, juste après l'éclosion, la larve néonate est capable de se nourrir de très petite quantité (**Furumivuz & Rudnick, 1978**). Le développement larvaire dure entre 7 à 12 jours, les larves subiront 3 mues avant de se transformer en nymphe. Au cours de ces mues, la tête de la larve va grossir de 50% à chaque mue. Les larves du quatrième stade muent en nymphes qui ne se nourrissent pas et subit une émergence en adulte diptère (**Bussieras & Chermette, 1991; Cachereul, 1997**). Le corps est constitué de trois parties:

**Tête:** La tête est bien dégagée du thorax, légèrement allongée et plus au moins aplatie. Elle est formée de 3 plaques chitineuses unies par des sutures. Une plaque chitineuse médiane: le frontoclypéus et deux latérales (Plaque épicroïennes), symétriques portant les antennes et les yeux (**Chaudonneret, 1962**). Les plaques chitineuses (préclypéus et frontoclypéus) portant des soies d'une importance systématique (Soies Préclypéable; Clypéable; Frontales & Occipitales), latéralement, on distingue deux taches oculaires ainsi que les deux antennes, elles ont un aspect variable suivant les groupes, elles sont spiculées sur toute la longueur chez les *Anophelina* mais portant toujours des soies caractéristiques.

**Thorax:** Il est représenté par une masse indivise de forme légèrement globuleuse, large aplatie dorso-ventralement, le thorax est formé de trois segments soudés (Prothorax, mésothorax et métathorax) qui portent sur les côtés plusieurs groupes de soies disposées en éventail, dont la distinction se fait à l'aide de la chétotaxie (**Becker, 2010**). A l'angle antéro-dorsal, on distingue une paire de lobe transparent « notchedorgans » des Anglo-Saxons ou organe bilobés rétractiles (**Matingly, 1971; O.M.S, 1973**).

**Abdomen:** Possède 10 segments: huit segments bien apparents, le neuvième pas évident, soudé au huitième, et un dixième segment forme le segment anal. Chez les *Anophelina*, les sept premiers segments sont semblables, le neuvième combiné au huitième formerait un anneau complet c'est lui qui porte la paire de stigmates superficielles dorsale, et sur sa partie latérale. Chez les *Culicina* et les *Toxorhynchitina*, l'extrémité apicale est munie d'un organe médian, chitinisé, de forme tronconique appelé siphon respiratoire, le dixième segment est le

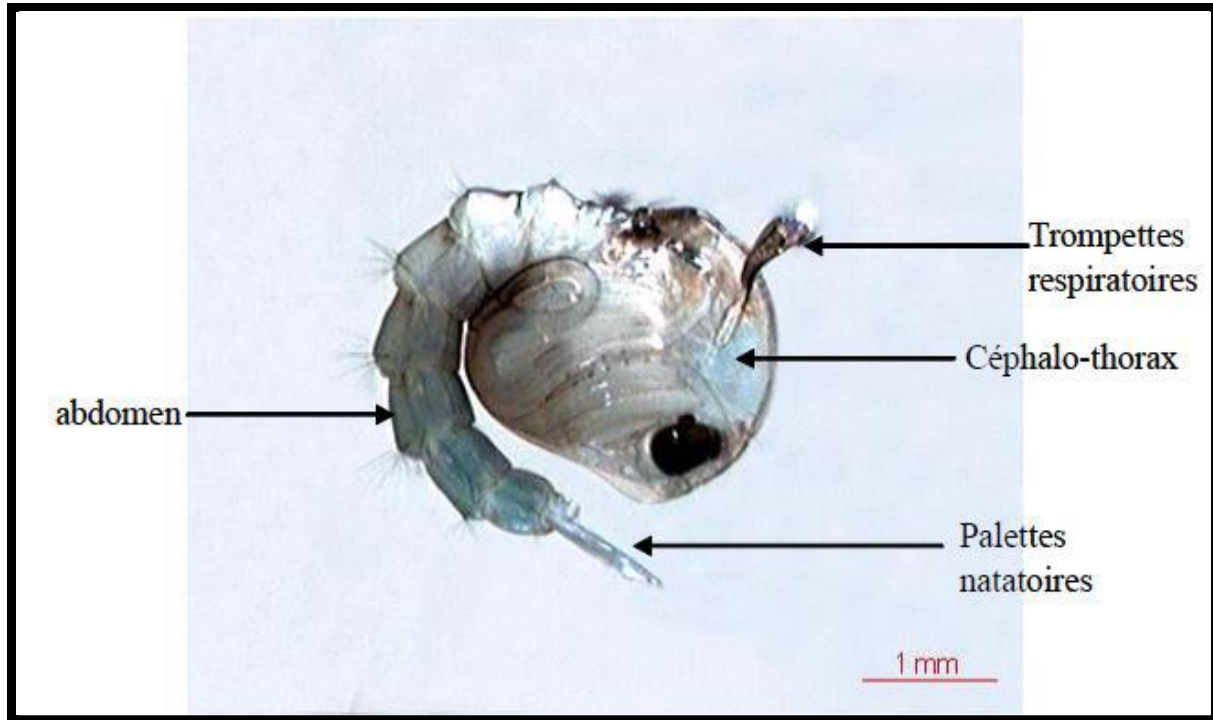
segment anal, porte quatre longues papilles anales (Lobes annaux), une brosse ventrale et des soies caudales internes et externes, sa partie tergale comporte un sclérite (**Figure 5**).



**Figure 5:** Vue générale d'un exuvie larvaire (Culicinae) (Brunhes *et al.*, 2000).

#### 2.4.1.5. Nymphe

La larve du quatrième stade se transforme en nymphe. La tête et le thorax vont fusionnés et forment un volumineux céphalothorax, qui s'étend pour former un abdomen étroit recourbé sous forme de virgule (**Figure 6**) (Bendali-Saoudi, 2006). À la fin du quatrième stade larvaire, on peut apercevoir la majorité des éléments nymphaux sous la cuticule. La nymphe est aquatique et respire l'air atmosphérique à l'aide de deux trompettes respiratoires. L'extrémité abdominale de la nymphe est aplatie en palettes ou nageoires. La nymphe ne se nourrit pas. Il s'agit d'un stade de transition vers l'adulte durant lequel l'insecte subit de profondes transformations physiologiques et morphologiques. Le stade nymphal dure de 2-5 jours. Au début, la nymphe est très mobile, après, elle finit par s'immobiliser à la surface de l'eau (Wall & Shearer, 1997). L'imago se dégage progressivement en se gonflant d'air pour s'envoler, après un temps nécessaire au déplissage des ailes et des pattes sous l'effet de l'augmentation de la pression de l'hémolymphe (Bussieras & Chermette, 1991; Kettle, 1995).



**Figure 6:** Aspect général de la nymphe des Culicidae (Anonyme 4, 2000).

#### 2.4.1.6. Adulte

Taille varie selon les genres et les espèces de 5 à 20 mm ; corps composé de trois parties distinctes : tête, thorax, abdomen (**Figure7**):

**Tête:** Généralement de forme globuleuse, porte une paire de yeux composés formés de nombreuses ommatidies, s'étendant sur les faces latérales, mais aussi sur une grande partie de la face dorsale et une petite partie, sur la face ventrale, ils sont presque jointifs, séparés par une bande frontale étroite. Les antennes, implantées dans la région faciale sont formées de plusieurs segments et d'un bourrelet d'insertion globuleux, le scape. Un deuxième segment allongé, le torus renferme l'organe auditif de Johnston (plus développé chez le mâle). Une troisième partie, le flagellum ou flagelle est composé d'articles en nombre variable selon les sexes. Entre chaque article s'insèrent des soies courtes chez les femelles (Antennes glabres) et très longues chez les mâles (Antennes plumeuses).

La trompe ou proboscis est un organe impair situé dans la partie inféro-médiane. Sa structure est différente selon les sexes. Chez la femelle hématophage le proboscis est composé de 3 pièces impaires qui sont de haut en bas: l'épipharynx, l'hypopharynx et le labium et de 4 pièces paires symétriques représentées par deux mandibules en haut et deux maxilles en bas. Toutes ces pièces pénètrent dans la plaie lors de la piqûre sauf le labium qui se coude. Ce

dernier, forme la gaine de la trompe et enveloppe donc toutes les autres pièces. Chez le mâle, qui ne se nourrit pas de sang mais de suc végétaux, seuls persistent l'epipharynx et le labium. Les autres pièces buccales foreuses sont atrophiées. Les deux palpes maxillaires situés de part et d'autre de la base de la trompe, sont des organes tactiles formés de 3 ou 4 articles. Elles sont de même longueur que la trompe ; chez les mâles, l'extrémité distale est aplatie en raquette (**Rioux, 1958**).

**Thorax:** Il est formé, de 3 segments fusionnés: le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Chaque segment porte une paire de pattes. Le prothorax, très réduit, comporte un notum qui comprend les lobes antérieurs (1) et postérieurs (2), sous le lobe antérieur se trouve le proépisternum. Le mésothorax est très volumineux et porte les ailes. Son tergite (Sclerite dorsal) se subdivise d'avant en arrière en prescutum, scutum et scutellum (simple chez les Anophelinae). Le métathorax porte les balanciers ou altères organe d'équilibration pendant le vol, trois paires de pattes articulées et les ailes. Ces dernières, longues et étroites, sont formées par deux membranes accolées soutenues par des nervures longitudinales (Nervures Costale; Sous-costale; Radiales Médianes & Cubitales Anales) et transverse (Humérale; Radio Médiane & Médio-Cubitale). Ces nervures sont garnies d'écailles colorées, plumeuses ou squameuses dont la disposition sert en taxonomie. Entre les nervures, la membrane alaire porte des soies courtes. Le bord postérieur de l'aile est orné d'écailles qui forment la frange alaire (**Becker et al., 2010**). Au repos, elles sont repliées sur l'abdomen (**Bussieras, 1991**).

**Abdomen:** Composé de dix segments dont huit seulement sont visibles extérieurement. Les sept premiers sont identiques. Les pleurites sont souples et à leurs niveaux s'ouvrent les stigmates respiratoires. L'abdomen est généralement recouvert d'écailles. Les segments terminaux sont hautement modifiés du fait de la présence des orifices génitaux et des appendices qui y sont annexés. Chez les femelles le dernier segment porte les cerques, on trouve un oviscapte ou ovipositeur, qui intervient lors de la ponte (**Neveu-Lemaire, 1952; Bussieras & Chermette, 1991**). Chez les mâles, l'abdomen se termine en une armature génitale servant à maintenir la femelle durant l'accouplement. Le dimorphisme sexuel est net. Les segments génitaux VIII et IX sont les plus modifiés, ils portent le gonopore et les organes externes d'accouplement.

**Génitalia mâle:** Les Génitalia des Nématocères sont très complexe et, comme ceux de la plupart des Ptérygotes, difficiles à comprendre. Les Terminalia mâles ont été étudiés par de nombreux auteurs, il faut citer **Edwards, (1920; 1941); (Harbach & Knight, 1980)**. Chez le moustique les génitalia mâles se distinguent de ceux de la femelle par la présence de grands

forceps. L'hypopygiumou Terminalia mâle, comprend le 9<sup>ième</sup> et le 10<sup>ième</sup> segment. Ces derniers subissent comme c'est la règle chez beaucoup de Nématocères, un phénomène d'hémi rotation de 180°, amenant la face ventrale en position dorsale. Cette circum version se produit 4 heures après l'émergence. L'hypopygium porte notamment deux forcipules d'une part, formé chacun de trois parties: coxite (présentant 2 ou 3 lobes : basal, apical, éventuellement parabasal), style et griffe et souvent deux claspettes. Le dixième segment, ou segment anal au niveau duquel se remarque le pénis (Phallosome ou édéage) muni parfois d'apophyse et entouré de deux paramètres et souvent des protubérances d'aspects très variés (En oursin chez les *Culex*) ainsi que deux latéraux basaux, plus ou moins développés insérés à sa base.

**Génitalia femelle:** Elles sont difficiles à interpréter que ceux des mâles, possédant une morphologie relativement simple et un rôle taxonomique mineur qui se présente dans la détermination du genre. L'étude des Terminalia femelle est basée surtout sur les travaux de **(Macfie & Ingram, 1922); Christophers, (1923; 1960) (David, 1926)**. Les Terminalia femelles diffèrent des terminalia mâles par les caractères suivants (pas d'inversion, les terminalia gardent leur position primitive, le segment IV est plus réduit et ne porte ni appendice, ni lobe ; le segment anal ou segment X porte une paire de cerque. Le segment génital est plus ou moins rétracté, il comprend le tergite IX (dorsal) et d'autre part l'insula et l'altrium qui représentent la chambre génitale. Insula ou sternite IX petite plaque chitineuse, sur la ligne médio ventrale séparée par une membrane de segment VII portant des poils. Atrium ou chambre génitale ou s'ouvrent l'oviducte, le conduit de la spermatèque et de la glande à mucus, et un anneau sclérifié entourant le gonophore **(David, 1926)**.

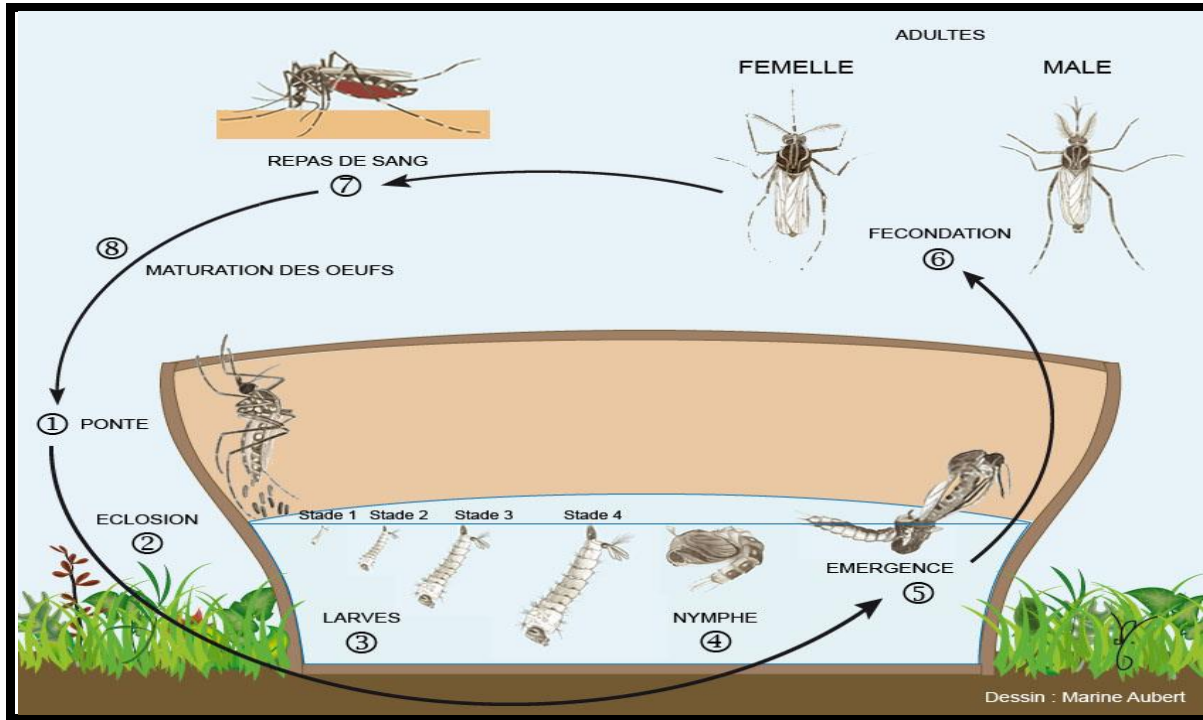


Figure 7: Cycle de vie des Culicidae (Anonyme 5).

## 2.4.2. Les Crustacés benthiques

### 2.4.2.1. 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. Bien qu'ils soient moins cosmopolites que les Rotifères, les Cladocères se rencontrent depuis les régions tropicales (Lamoot & Dumont, 1974; Green & Kling, 1988) jusqu'aux régions arctiques du globe terrestre. Ils sont phytophages mais aussi bactériophages ou détritivores à l'exception de prédateurs tels *Leptodora* ou *Polyphemus* qui se nourrissent de Protozoaires, Rotifères, ou petits Crustacés. Les familles suivantes : Sididae, Daphnidae, Moinidae sont typiquement filtreurs tandis que Macrothricidae et Chydoridae peuvent, à l'aide de leurs premiers appendices modifiés, prélever les particules nutritives au niveau du substrat (Grasetal., 1972 ; Mugel & Féraud, 1978). A l'exception de ces deux familles non signalées en Afrique: les Leptodoridae et les Polyphemidae, tous les Cladocères présentent les caractères morphologiques suivants: La segmentation typique a disparu. On distingue la tête et le corps, parfois séparés par un sinus cervical bien marqué (Hadas *et al.*, 1983; Pennak,

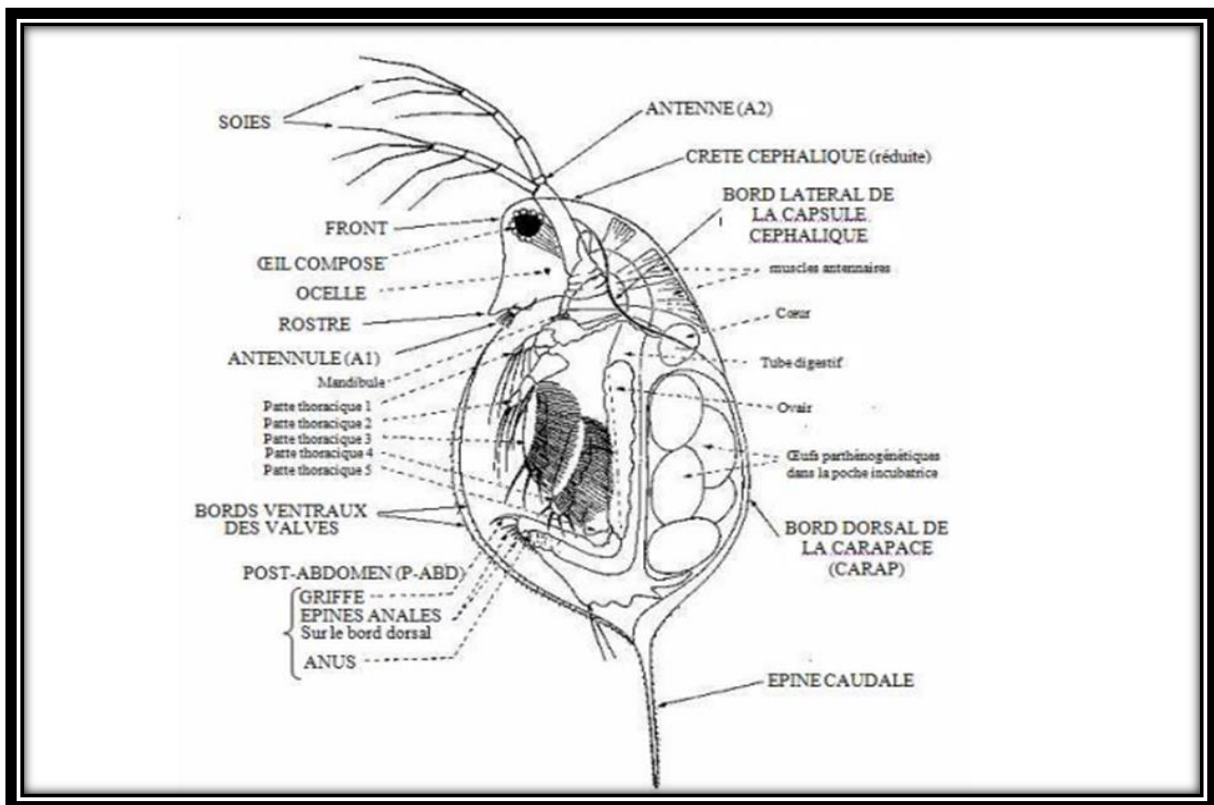
**1989).** La taille de la daphnie adulte varie entre 3 et 5 mm et est subdivisée en deux parties : la tête et le corps:

**Tête:** La tête qui n'est pas comprise entre les valves est protégée par une capsule céphalique. Chez certaines espèces, la capsule céphalique est relativement réduite, elle épouse alors les contours des organes internes, chez d'autres, elle présente des expansions comme la crête céphalique qui se développe antéro-dorsalement, le rostre, situé dans la partie ventro-postérieure, ou les bords latéraux en forme de carène ou de pointe. Dans la région médio-dorsale de la capsule céphalique s'ouvrent de très petits orifices (difficiles à voir sur les animaux entiers). La tête de la daphnie comporte un œil composé, une bouche, deux antennes (A2) qui aident à sa locomotion saccadée, ce qui, d'ailleurs, lui a valu le surnom de « puce d'eau » et deux antennules (A1) qui, chez le mâle, servent de crochets généralement lors de l'accouplement. Les embryons des daphnies possèdent deux ébauches d'œil bien visibles qui fusionnent à la fin de leur développement chez les adultes pour donner un œil unique, composé, mobile et de taille plus importante servant à l'orientation de la daphnie (**Amoros, 1984**) (**Figure 8**).

**Corps:** Le corps de la daphnie est recouvert par une carapace transparente qui se renouvelle à chaque mue marquée par un doublement du volume de l'organisme pendant une minute dû essentiellement à une brusque entrée d'eau dans l'animal (**Green, 1963**). En effet, la morphologie des daphnies peut changer périodiquement au cours des cycles saisonniers et affecter en particulier la forme de la tête et de la carapace, la taille de l'œil composé ainsi que la longueur de l'épine caudale, ce phénomène nommé cyclomorphose (**Amoros, 1984**).

Le thorax, l'abdomen et la partie post-abdomen, sont enveloppés par les 2 valves de la carapace dont l'ornementation est variable. La marge ventrale de la carapace présente une ciliation plus ou moins complexe, constituée de soies ou de soies épineuses dont l'arrangement peut être caractéristique à l'échelle spécifique. Les appendices thoraciques, caractéristiques de la Sous-classe des branchiopodes, sont du type phyllopodia. Plus courts que ceux des Conchostracés, ils comprennent fondamentalement une rame dorsale et une rame ventrale, frangées de longues soies, différenciées en appareil collecteur de nourriture et constituant un dispositif de filtrage. Le battement des appendices thoraciques provoque un courant d'eau entre les valves; les particules filtrées puis collectées sont ensuite conduites à la bouche (**Smirnov, 1966**). Leur structure est complexe et varie selon les familles. Chez les Sididae, les appendices thoraciques, au nombre de 5 à 6 paires, sont identiques; dans les autres familles, les 2 premières paires sont plus ou moins modifiées.

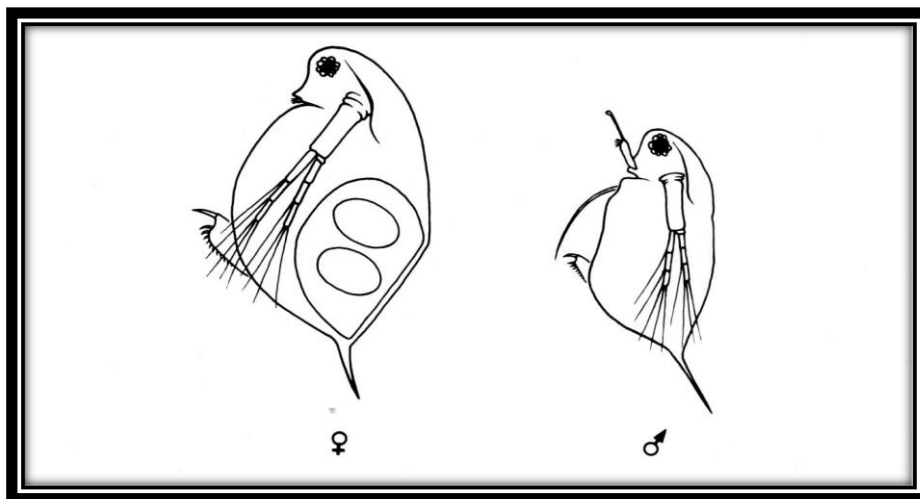
On ne distingue généralement pas de véritable abdomen mais un post-abdomen constitué par l'extrémité du corps très mobile et, le plus souvent, repliée ventralement vers l'avant ; l'anus s'ouvre sur le bord dorsal du post-abdomen; ce bord dorsal est d'ailleurs dirigé vers la face ventrale du corps lorsque le post-abdomen est rabattu vers l'avant. L'extrémité du post-abdomen porte une paire de griffes incurvées appelées (furca). Des soies ou des épines peuvent être insérées à proximité de l'anus, soit sur le bord dorsal, soit sur les flans du post-abdomen. La forme et l'ornementation du post-abdomen et de ses griffes distales sont des caractères souvent utilisés en systématique. En position dorsal, entre les valves et le thorax, existe chez la femelle un espace, la chambre incubatrice, où sont pondus les œufs et où se développent les embryons lorsqu'il s'agit d'œufs parthénogénétiques (Amoros, 1984).



**Figure 8:** Organisation générale d'un Cladocère, vue latérale (Amoros, 1984).

Selon les conditions environnementales, la daphnie peut se reproduire de façon sexuée ou asexuée. Une reproduction asexuée, lorsque les conditions de vie sont favorables. Une femelle adulte produit une ponte d'œufs parthénogénétiques après chaque événement de mue (**Figure 9**). Le développement des œufs est direct. Les embryons éclosent après un jour mais restent dans la poche incubatrice où ils se développent. Après trois jours de développement, de jeunes

daphnies (Stade néonatal) sont libérées par des flexions ventrales. Les néonataux sont morphologiquement proches des adultes de daphnies avant de devenir des individus capables de se reproduire. Les juvéniles passent par quatre à six instars (période séparant deux évènements de mue chez les crustacés). Dans des conditions optimales, les daphnies sont matures à  $7 \pm 1$  jour, et déposent leur première ponte dans la poche incubatrice. Une femelle adulte peut produire une ponte tous les 3 à 4 jours, jusqu'à sa mort (**Figure 10**). Quand les conditions de vie deviennent défavorables, une génération sexuée est produite, les mâles apparaissent. Les femelles produisent alors des œufs haploïdes qui requièrent une fertilisation par les mâles. Ces œufs de résistance ou éphippie, sont encapsulés dans une structure protectrice, appelée éphippium, contenant généralement 2 gros œufs, issus de chaque ovaire, seront expulsé à la mue suivante. Ces œufs de résistance éclosent lorsque les conditions sont de nouveau favorables. Ils donnent naissance à une population génétiquement différente des daphnies mères (**Massarin, 2010**).



**Figure 9:** Mâle et femelle portant, dans l'éphippie, deux œufs fécondés (**Amoros, 1984**).

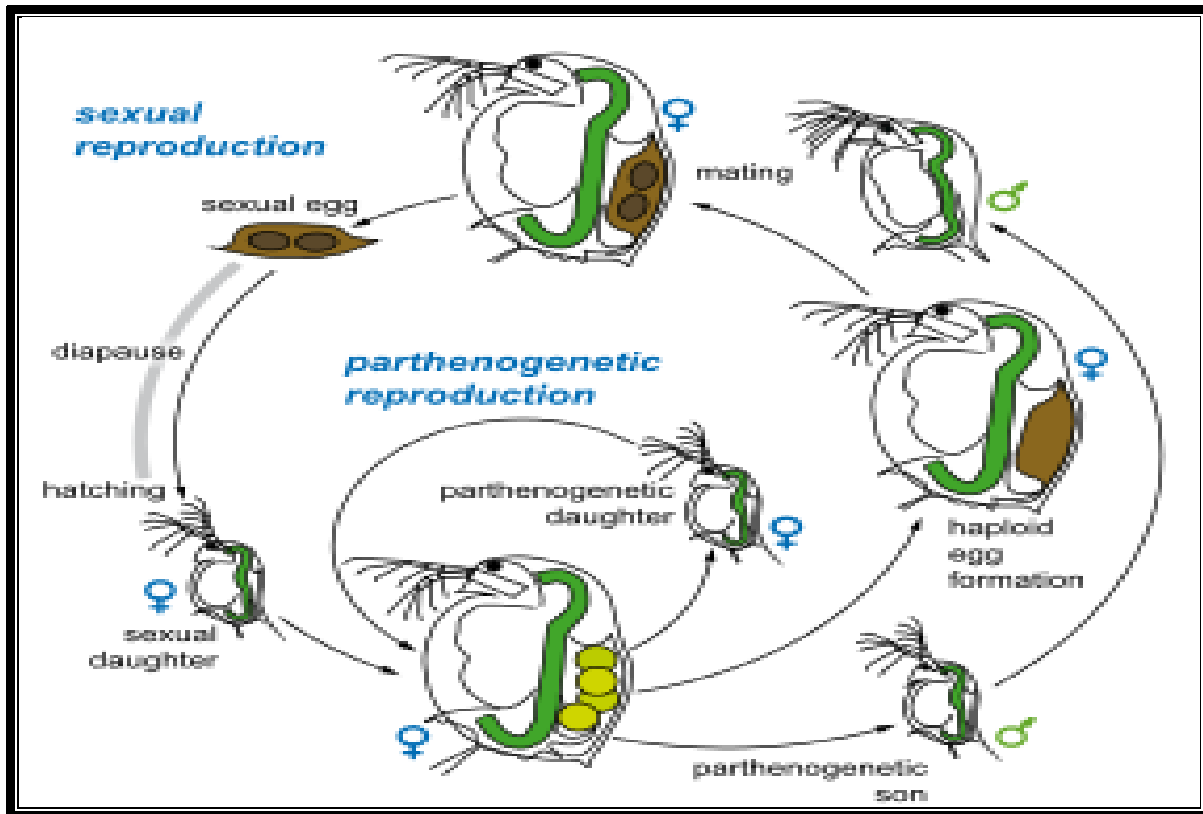


Figure 10: Cycle biologique des Daphnidae (D'après Zeman, 2008).

#### 2.4.2.2. Copépodes

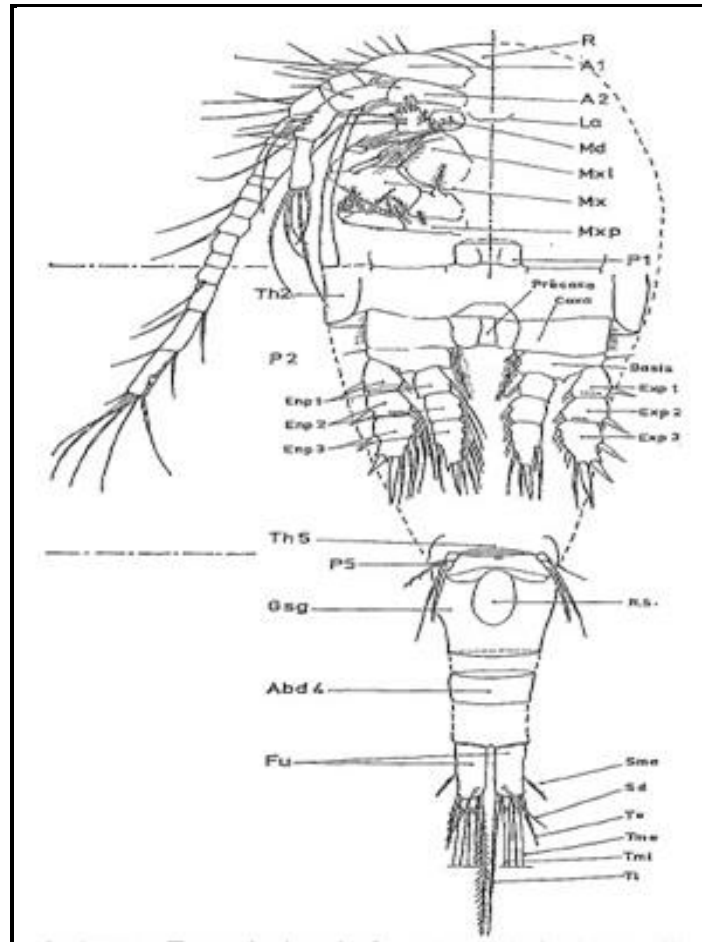
Les copépodes sont un groupe de petits Crustacés, libres ou parasites (externe ou interne d'organismes variés), vivant dans l'eau de mer et dans presque tous les habitats d'eau douce (Lacs, marais, rivières, eaux souterraines). Le groupe des Copépodes se subdivise en dix ordres totalisant environ 210 familles regroupant 2 300 genres et plus de 14 000 espèces. Ils n'ont ni branchies ni carapace, et ne présentent qu'un seul œil, médian, appelé œil nauplien. Ils nagent par petits sauts, à l'aide d'antennes natatoires. Les femelles sont reconnaissables à leurs deux sacs ovigères latéraux. La larve sortant de l'œuf est appelée nauplius. Les Copépodes sont des Crustacés Entomostracés dont la carapace chitineuse ne présente jamais de duplication formant coquille.

**Corps:** Le corps est constitué fondamentalement par onze segments qui peuvent présenter des soudures plus ou moins complètes. Très souvent le corps peut se subdiviser en deux régions distinctes : le corps antérieur et le corps postérieur (Rose, 1933). Corps fusiforme est composé de trois parties:

**Céphalosome:** avec tous les appendices transformés en organes natatoires préhensiles ou masticateurs (**Figure 11**).

**Thorax:** Le thorax est constitué de cinq segments tous porteurs d'une paire d'appendices natatoires. Le premier de ces segments est souvent soudé au céphalosome (céphalothorax). La copula est une petite pièce chitineuse transversale soudant les deux appendices de chaque paire de pattes, permettant un battement natatoire synchrone. Le cinquième segment thoracique est souvent réduit.

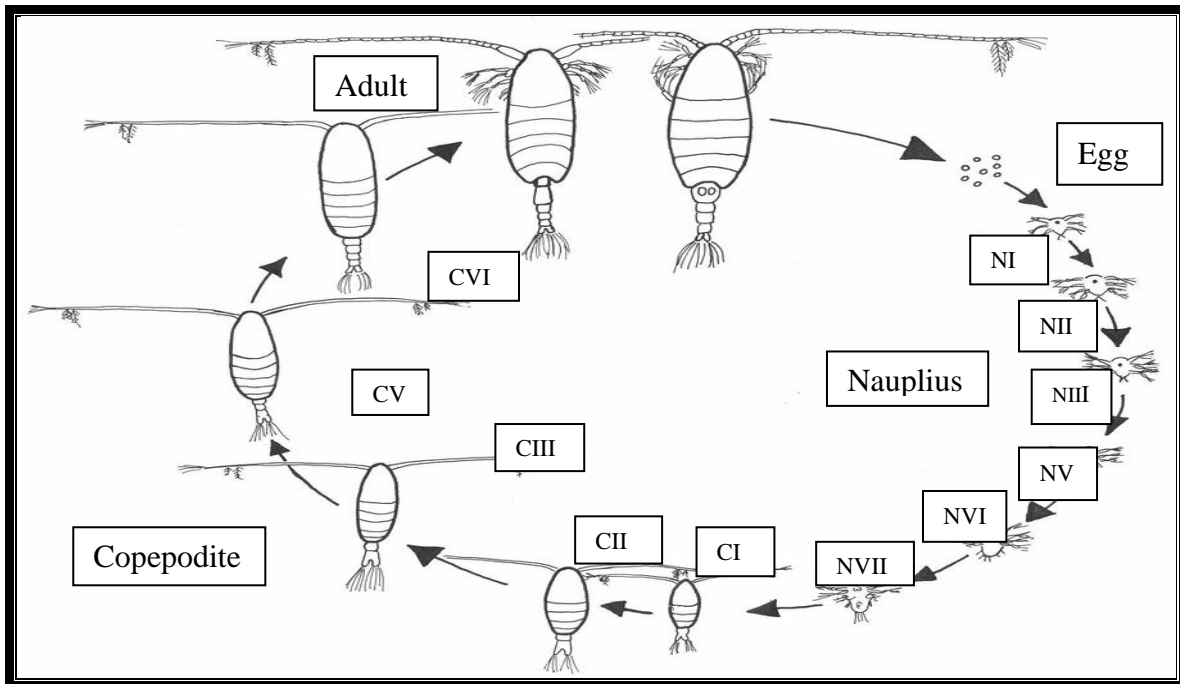
**Abdomen:** L'abdomen est composé de 4 ou 5 segments avec un élément terminal l'anus dorsal au-dessus de deux rames caudales articulées et garnies de soies (furca). Chez la plupart des espèces, l'abdomen ne porte aucun appendice chez (les Gymnopléens; Calanides). Mais les "Podopléens" (Cyclopidés ou Harpacticidés) ont conservé des pattes sur le 5<sup>e</sup> segment thoracique. Le mâle adulte est filiforme avec deux antennules géniculées (**Dussart, 1980**). Les soies fucales sont courtes. La femelle, plus large, porte deux sacs ovigères contenant chacun une dizaine d'œufs (**Aka- Koffi, 2003**).



**Figure 11:** Forme générale d'un Copépode. **A1:** antennule; **A2:** antenne; **Abd4:** segment abdominal 4; **Enp:** Endopodite; **Exp:** Exopodite; **Fu:** Furca; **Gsg:** segment génital; **La:** labre; **Md:** mandibule; **Mx:** maxillipède; **P1 à P5:** première à cinquième patte thoracique; **R:** rostre; **R.S:** réceptacle séminal; **Sd :** soie dorsale; **Sme:** soie marginale externe de la furca; **Te :** soies terminales externes de la furca; **Th:** thorax; **Th1 à Th5:** premier à cinquième segment thoracique; **T1:** soie terminale interne de la furca; **Tme:** soie terminale médiane externe de la furca ; **Tmi:** soie terminale médiane interne de la furca (**Dussart, 1980**).

Les Copépodes sont des animaux à reproduction sexuée et à développement par métamorphoses. L'œuf donne naissance à une larve nauplienne qui ne se nourrit pas et se métamorphose rapidement (le lendemain) en une, puis plusieurs larves naupliennes successives, chaque fois plus grande et de morphologie plus compliquée (apparition des appendices buccaux). Après la cinquième mue au sixième stade, la métamorphose est plus complète donnant une larve copépoditique segmentée. Le corps est formé initialement par cinq segments. Leur développement passe par cinq métamorphoses au cours desquelles un segment s'ajoute chaque fois, l'individu se transforme en adulte, avec ses quatre ou cinq segments thoraciques libres et ses cinq segments abdominaux. Les deux premiers sont souvent soudés en un segment génital. C'est au stade Copépodite V que se différencient extérieurement les sexes. Les œufs sont généralement pondus par les femelles dans un ou

deux sacs ovigères. Les spermatozoïdes sont collectés par le mâle dans un spermatophore, qu'il fixe près de l'ouverture génitale de la femelle au moment de la copulation. Les spermatozoïdes sont stockés par cette dernière dans un réceptacle séminal. Les ovocytes sont fécondés au passage au fur et à mesure de leur expulsion du tractus génital (**Dussart, 1980**) (**Figure 12**).



**Figure 12:** Cycle biologique du copépode. Le copépode se développe de l'œuf par 6 stades nauplius (NI-NVII) et 5 stades copépodes (CI-CVI) et le stade adulte (CVI mâles ou femelles) (**Anonyme 6**).

### 2.4.3. Coléoptères

L'ordre des Coléoptères (Coleoptera) rassemble le plus grand nombre d'espèces (plus de 300 000). Les Coléoptères vivent pratiquement dans tous les biotopes, excepté les milieux polaires et océaniques. La biologie des espèces est très diverse, avec des exigences écologiques parfois très strictes qui en font d'excellents bio-indicateurs (cas des espèces saproxyliques ou des Scarabéidés coprophages) (**Roth, 1980**). Ils sont des insectes Holométaboles à métamorphose complète. L'éventail des tailles est considérable, tandis que le Goliath, un scarabée géant (*Goliathusgoliathus* Linnaeus 1758), pèse jusqu'à 100 g, tandis que certains Ptilidae européens mangeurs de spores de moisissures n'atteignent même pas le millimètre. Le corps

des Coléoptères aquatiques comme celui de la plupart des insectes, est constitué de trois parties bien distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen (**Figure 13**).

**Tête:** La tête est de forme très diverse, allongée, transverse, globuleuse ou déprimée avec un cou distinct ou non. Elle est toujours plus ou moins engagée dans le prothorax où elle est encastrée parfois presque entièrement. Sur le dessus, on distingue les pièces buccales avec mandibules et palpes maxillaires et labiaux. Le labre ou lèvre supérieure et le clypéus ou épistome sont séparés du front par une suture visible. Sur le côté, les joues sont situées en avant des yeux et les tempes en arrière (**Du chatenet, 2005**). Les palpes maxillaires sont généralement constitués de quatre articles, le premier étant très court, le deuxième très allongé, les derniers de longueur et de formes très variables. Le développement des pièces buccales est lié au régime alimentaire. Les mandibules et les maxilles sont grandes, fortement dentées ou ciliées chez les espèces prédatrices, notamment chez les Cicindelidae et les Scaritinae. Elles sont réduites chez les floricoles et les coprophages. Les antennes, insérées sur le côté du front entre les yeux, sont formées par un nombre d'articles variable, mais ne dépassant que rarement 11.

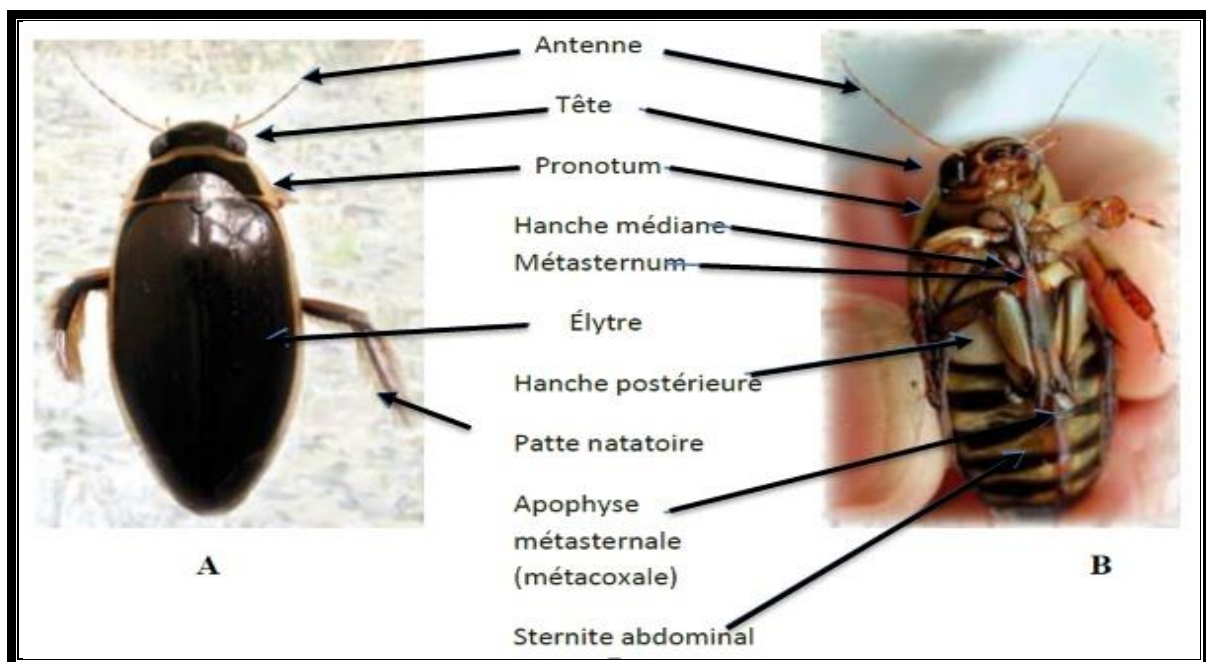
**Thorax:** Le thorax qui est situé entre la tête et l'abdomen, comprend trois parties distinctes, le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Le prothorax porte la paire de pattes antérieures. La face dorsale du prothorax, le pronotum est séparée de la partie inférieure par les bords latéraux qui sont généralement plus ou moins fortement carénés. Le mésothorax porte la paire de pattes intermédiaires et les élytres. Comme le prothorax, le dessus du mésothorax est constitué d'une seule pièce le scutellum, une petite pièce triangulaire insérée entre la base des élytres. Le métathorax porte les pattes postérieures et les ailes membraneuses.

**Abdomen:** L'abdomen est constitué de 9 segments, dont un ou deux peuvent être atrophiés à la base et un rétracté à l'intérieur de l'extrémité postérieure de l'abdomen. Chaque segment se compose d'un arceau dorsal, le tergite, et d'un arceau ventral, le sternite. Le nombre de sternites de la face ventrale de l'abdomen est toujours inférieur à celui des tergites. Chez le mâle comme chez la femelle, le neuvième et dernier segment de l'abdomen est invaginé et constitue l'armure génitale.

**Elytres:** Les élytres (**Figure 13 A**) sont les deux ailes antérieures qui forment deux pièces sclérifiées symétriques, contiguës le long de leur bord postérieur sur la ligne longitudinale médiane du corps. Elles recouvrent plus ou moins complètement l'abdomen, mis à part le dernier tergite abdominal ou pygidium. Elles jouent des rôles protecteurs multiples : protection contre la déshydratation (ce qui permet à certains Coléoptères de vivre en milieu

aride), protection contre les blessures (Chez certains charançons, elles sont soudées pour ne former qu'un seul bouclier protecteur). Elles ne jouent pas de rôle actif en vol et sont tenues perpendiculairement au corps. Elles peuvent avoir des rôles plus spécifiques chez les Coléoptères aquatiques à savoir la rétention d'air dans un but respiratoire (**Du chatenet, 2005**).

**Pattes:** La patte d'un Coléoptère est représentée successivement (**Figure 13 B**) par la coxa (hanche), qui est le premier segment, suivi par le trochanter, le fémur, suivi du tibia et enfin les tarsi qui se terminent par des griffes respiratoire (**Du chatenet, 2005**).



**Figure 13:** Morphologie externe d'un Coléoptère aquatique (**Richoux, 2006**).

**A :** Vue dorsale.

**B :** vue ventrale.

Les larves des Coléoptères aquatiques sont en grande partie carnivores et se nourrissent de petits invertébrés aquatiques. Selon les familles, le régime alimentaire à l'état adulte est plus varié. Les Hydrophilidés sont souvent phyto-phages tandis que les Dytiscidés sont généralement carnivores. Les Coléoptères aquatiques ont pour la plupart de bonnes aptitudes au vol. Ils peuvent donc rapidement coloniser de nouveaux sites si les conditions locales ne sont plus satisfaisantes. En revanche, ils sont souvent assez exigeants en termes d'habitat naturel. Certaines espèces sont inféodées à des conditions particulières (eaux acides, eaux saumâtres, milieux végétalisés, etc.) (**Tachet et al., 2006**).

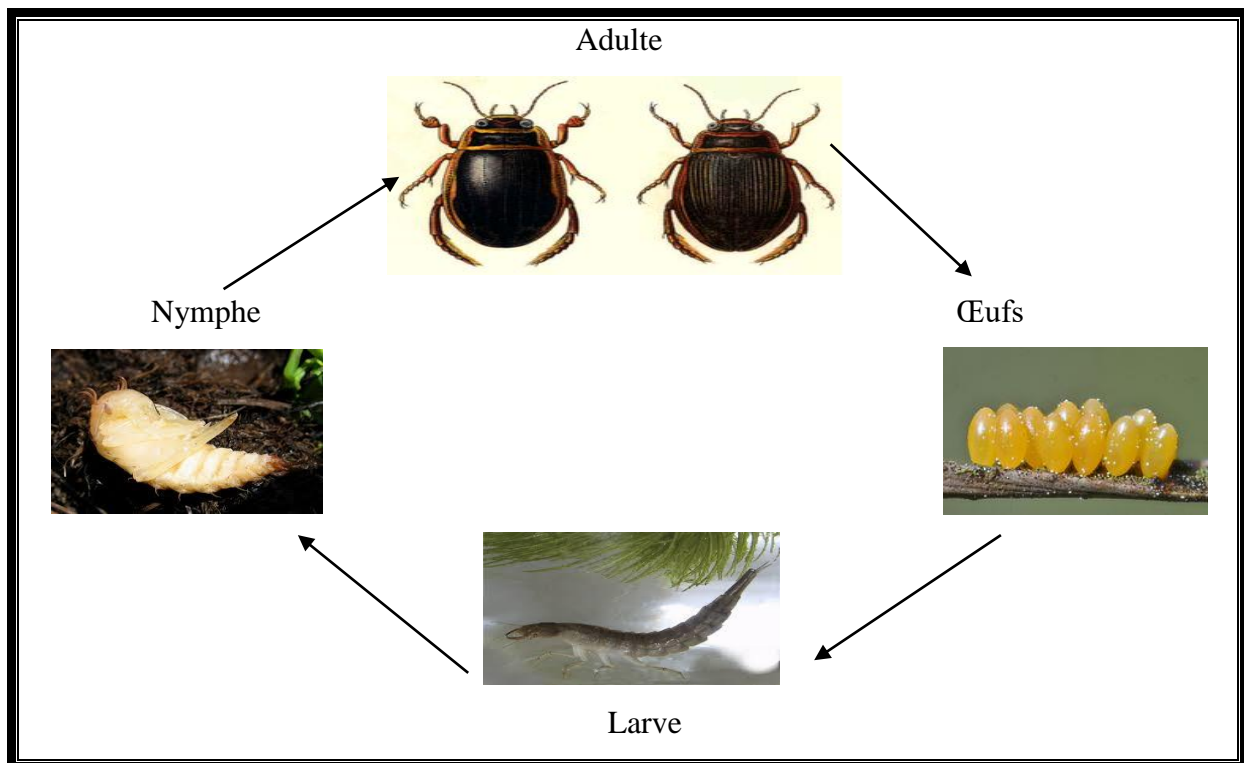
Le développement des Coléoptères se découpe en quatre stades l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte (ou imago). Du stade œuf à l'adulte parfait (l'imago), le coléoptère subit toute une série de transformations. Les œufs sont généralement pondus dans le milieu où la larve trouve sa nourriture (**San martin et al., 2005**).

**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. Ils sont généralement pondus dans le milieu où la larve trouve sa nourriture: un rosier pour les coccinelles dont les larves se régaleront des pucerons, sous les feuilles mortes pour les larves de Carabe qui mangent des vers dans la litière, sur des feuilles de plantes nourricières pour les larves de Chrysomèle qui grignotent les végétaux (**San martin et al., 2005**).

**Larves:** Les larves de coléoptères aquatiques peuvent être identifiées par leur tête sclérifiée, la présence de pièces buccales du type broyeur et l'absence de pseudopode. Leur thorax est difficilement distinguable de leur abdomen. Comme chez les coléoptères adultes, les larves sont très variées en apparence. Chez certaines familles, les larves sont très aplaties et sont particulièrement mobiles comme les Carabidae et Staphylinidae. Pour compléter leur développement, les larves de coléoptères passent par plusieurs mues. Chez la plupart des espèces, la larve gagne en poids et en taille au cours de sa croissance. Les larves de Coléoptère sont constituées de 13 segments, un au niveau de la tête, trois au niveau du thorax (qui portent trois paires de pattes) et neuf au niveau de l'abdomen. Pour la grande partie des espèces, le développement larvaire s'étale sur quelques mois (**San martin et al., 2005**).

**Nymphe:** Comme tous les ptérygotes, à la fin du stade larvaire, la larve se transforme en nymphe. À partir de cette nouvelle forme, émerge un adulte entièrement formé. La nymphe ressemble à l'adulte, est généralement de couleur pâle, avec les pattes et les antennes recroquevillées sur son corps. Elle est restreinte en mouvement, souvent immobile et n'a pas de mandibule. C'est donc un stade très sensible pour la prédation. Chez certaines espèces, la larve creuse une cavité ou se fabrique un abri à l'aide de matière organique pour pouvoir amorcer sa transformation (**San martin et al., 2005**).

**Imago:** Les adultes émergent au début de l'été et ne vivent en général que quelques semaines au cours desquelles ils n'ont qu'un seul objectif, se reproduire. Dans la plupart des cas, même l'adulte meurt dès qu'il s'est reproduit (**Ślipinski, 2007**) (**Figure 14**).



**Figure 14:** Cycle biologique des Coléoptères (**Anonyme 7**).

#### 2. 4.4. Héteroptères

L'ordre des Hémiptères appartient à la catégorie des hémimétaboles où les larves ressemblent à des adultes en miniature, mais sans ailes. Ces dernières se développent à l'extérieur du corps au cours des mues successives (insectes exoptérygotes). Les héteroptères 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 (**Déthier, 2002**). Cet important ordre d'insectes paurométaboles présente une grande diversité : de la taille d'une *Microvelia* (1 à 2 mm) et d'un *Hydrocyrius* (environ 8 cm), à la forme aplatie d'une Nèpe ou cylindrique d'une Ranâtre. L'ordre des Hémiptères est l'ordre d'insectes à métamorphose progressive le plus diversifié. Plus de 30 000 espèces ont été décrites dans le monde (**Déthier, 2002**). Seulement quelques insectes, 3-5 %, se sont adaptés avec succès à l'environnement aquatique (**Daly et al., 1997**).

La reproduction s'effectue en une ou deux générations annuelles. La ponte est déposée sur un support immergé. 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**). Les Héteroptères 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. 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) (**Slater & Baranowski, 1978; Dethier, 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 (**Figure 15**).

**Thorax:** Il est bien visible, surtout le pronotum et le mésonotum qui se prolonge vers l'arrière par un scutellum.

**Pattes:** sont souvent d'égale longueur et portent des tarsi de 1 à 3 articles, munis de 1 ou 2 griffes et peuvent être semblables et ne différer que par la taille. Les pattes peuvent comporter des spécialisations particulières : les pattes antérieures peuvent être ravisseuses (Nepidae, Naucoridae, etc.). Chez les Corixidae, les tarsi antérieurs ont la forme de palettes que l'insecte utilise pour racler la vase ou la surface des pierres recouvertes d'algues microscopiques. Les pattes postérieures peuvent être transformées en palettes natatoires chez les aquatiques de pleine eau (Belostomatidae, Corixidae, Naucoridae), exceptés les Nepidae qui présentent des tarsi et tibia aplatis et sont pourvus de longues soies (**Déthier, 1981; Poisson, 1957**).

**Abdomen:** L'abdomen comporte 10 segments; l'orifice génital mâle s'ouvre sur le 9ème, et l'orifice femelle sur le 8<sup>ème</sup> segment (**Poisson, 1957; Dethier, 1981**).

**Génitalia mâle:** Est formé de paramère (paire d'appendices mobiles pourvus individuellement de muscles propres). Leur morphologie est souvent l'un des meilleurs caractères distinctifs au niveau spécifique, constituée d'un appareil articulaire fait de plaques dites « plaques basales » ; du phallus contenant le canal séminal.

**Génitalia femelle:** L'armature génitale femelle est formée de sclérites segmentaires et de différenciations appendiculaires des segments 8 et 9 ou gonapophyses. Ces génitalia n'ont aucun intérêt pour la systématique (**Déthier, 1981; Poisson, 1957**).

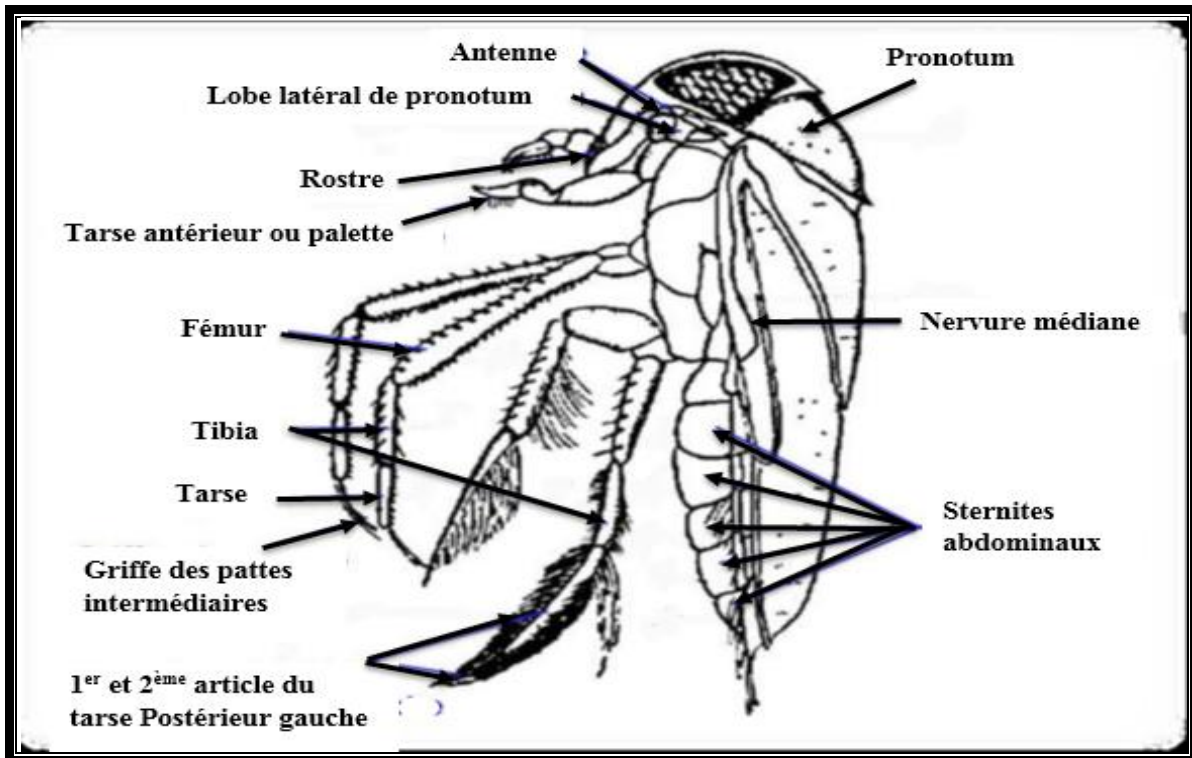


Figure 15: Vue latérale d'un Hétéroptère adulte (Poisson, 1957) .

Il y a généralement 5 stades larvaires chez les hétéroptères (Figure 16). Il y a d'autres modifications telles que l'augmentation du nombre d'articles, des antennes et des tarse, le changement de forme du *pronotum* et le développement des ailes (Slater & Baranowski, 1978).

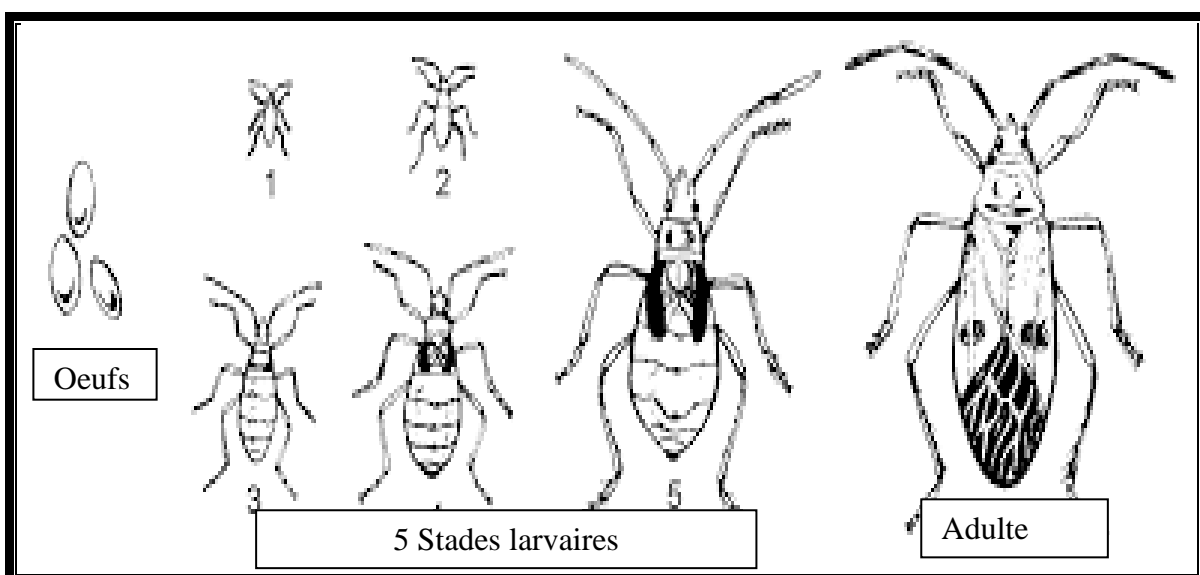


Figure 16: Cycle biologique des hétéroptères (Poisson, 1957).

### 2.4.5. Hydrachnidia (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 ou 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 (Figure 17). 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) qui subdivise les Acariens en 4 groupes: Prostigmata, Astigmata, Gribatida, Mesostigmata.

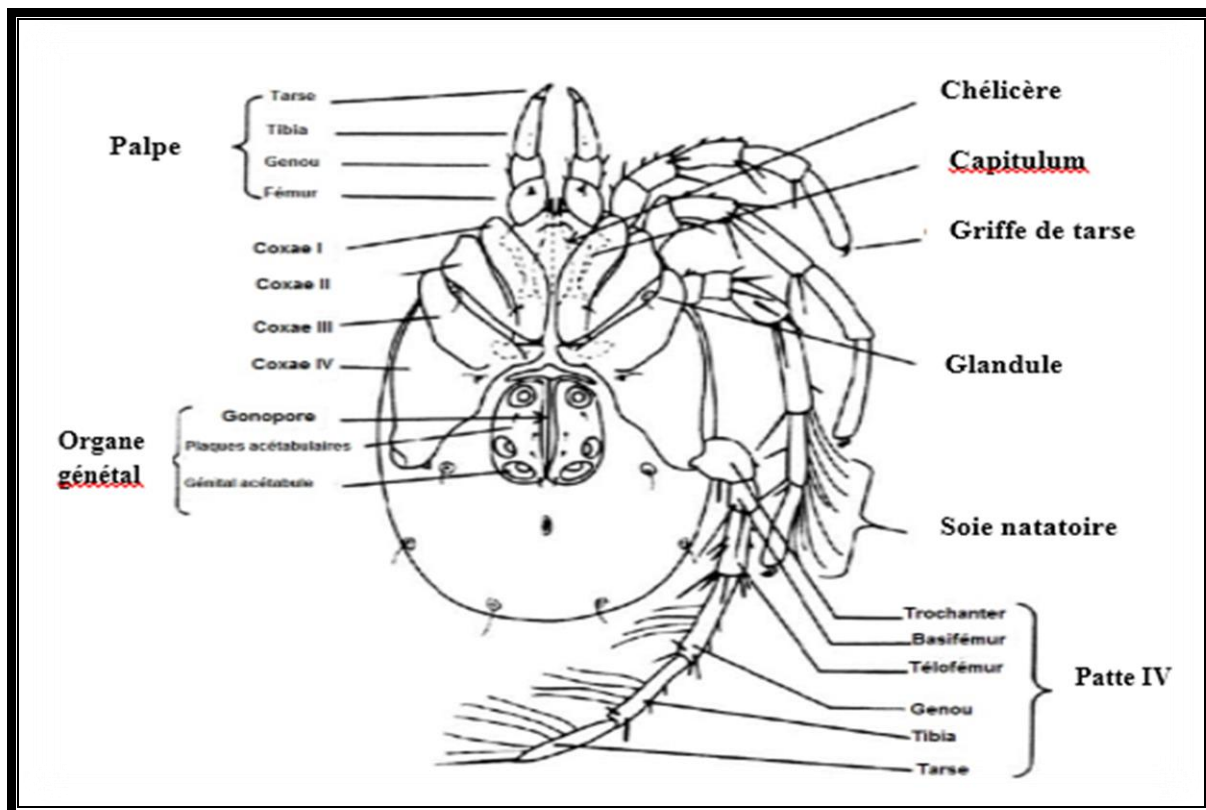


Figure 17: Face ventrale d'une femelle adulte *Limnesia* (Proctor, 2006).

Les Hydracariens effectuent leur cycle de développement par stases et d'une alternance de phases actives et inactives rend les cycles complexes, avec un passage larvaire souvent obligé sur un hôte invertébré d'insecte aquatique ou semi-aquatique, afin d'accomplir leur cycle de vie (**Smith & Cook, 1991**). Les Hydracariens, également appelé Hydrachnellae, Hydracarina, ou Hydrachnidia, représentent le groupe le plus important des arachnides d'eau douce. Ils occupent les milieux aquatiques, voir les marécages, les piscines temporelles, les lagunes, aussi, ils sont généralement trouvés dans la zone du littorale, ainsi que dans le benthos des lacs (**Viets, 1987; Di Sabatino et al., 2000b; Smith et al., 2001; Walter et al., 2009**). 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 stases: prélarve, larve, protonymphe, deutonymphe, tritonymphe et adultes (**Figure18**). 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 déposés en masses dans une matrice gélatineuse et attachés aux plantes, aux particules de bois, ou des pierres avec une période d'incubation de 20 jours environ (**Pyrusse & Bertrand, 2001**). Les femelles des Hydrachnidae utilisent leur ovipositeur allongé pour y déposer les œufs individuellement, dans les tiges des plantes aquatiques. Certains Unionicolinae utilisent des stylets courts pour pondre dans des tissus spongieux ou des moules. L'étude morphologique complète des œufs d'hydracariens a été publiée par **Sokolov, (1977)**.

**Larves:** Après émergence, les larves commencent à présenter un comportement pour la recherche de l'hôte. Pour se développer davantage, elles doivent se diversifier rapidement pour repérer les hôtes et de fournir des sites adéquats pour la fixation, afin de s'alimenter. Les insectes hôtes fournissent aux hydracariens la source de la nutrition nécessaire à la croissance des larves et leur mécanisme de dispersion primaire (**Smith & Cook, 1991**).

**Nymphochrysalis:** Après engorgement, les larves de tous les groupes d'hydracariens entrent dans une phase de repos, représentant la protonymphe, au cours de laquelle les tissus larvaires sont résorbés et réorganisés et on arrive au développement de la deutonymphe. Normalement, seules les larves qui sont retournées par leurs hôtes à l'habitat parental ou similaire, sont capables de se transformer en nymphochrysales et poursuivre le développement. Les larves attachées à des hôtes qui meurent sans avoir à retourner à l'eau ou celles qui se détachent des hôtes dans des habitats défavorables périssent (**Smith & Cook, 1991**).

**Adultes:** Les adultes émergent du tégument deutonymphal et deviennent immédiatement actives, rampant ou nageant, toute la sclérotisation du corps est terminée et les modèles de couleur distinctifs deviennent évidents. Les adultes de différents groupes affichent des formes de corps et des arrangements de scléritesidiosomales pour pouvoir s'adapter dans différents habitats aquatiques. Peu de temps après l'émergence, les mâles et les femelles atteignent la maturité sexuelle et commencent l'accouplement (Smith & Cook, 1991).

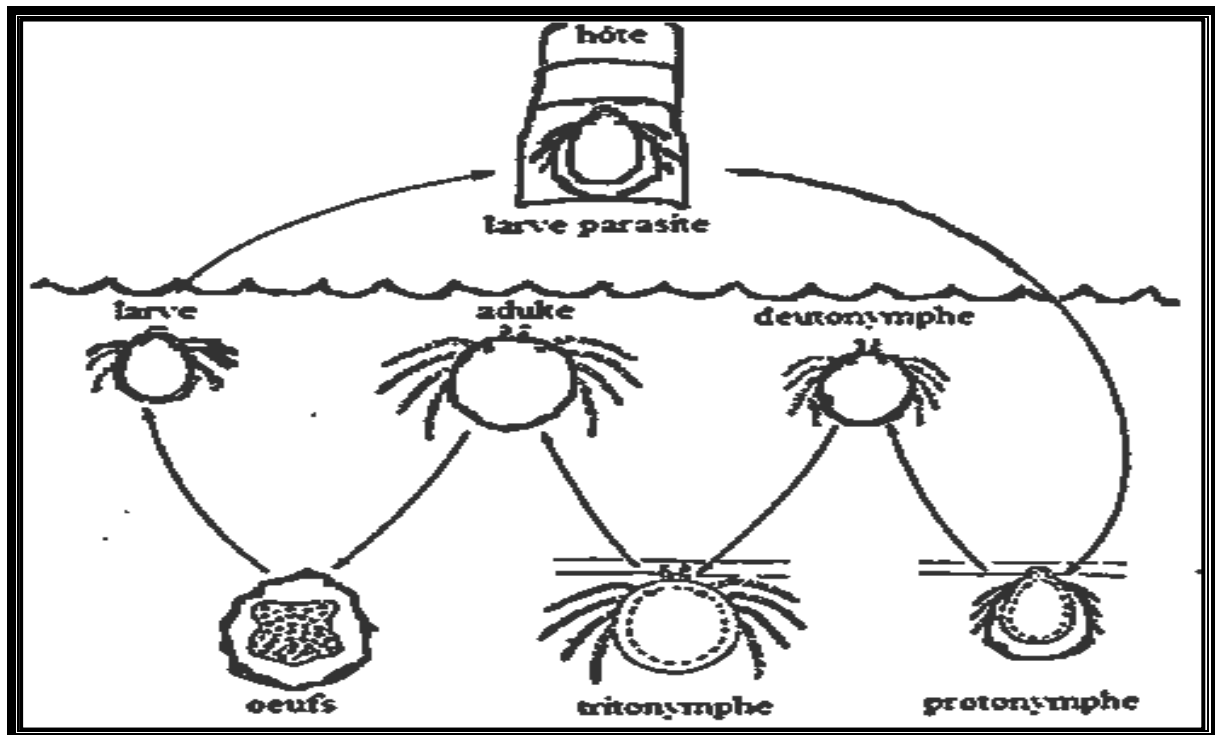


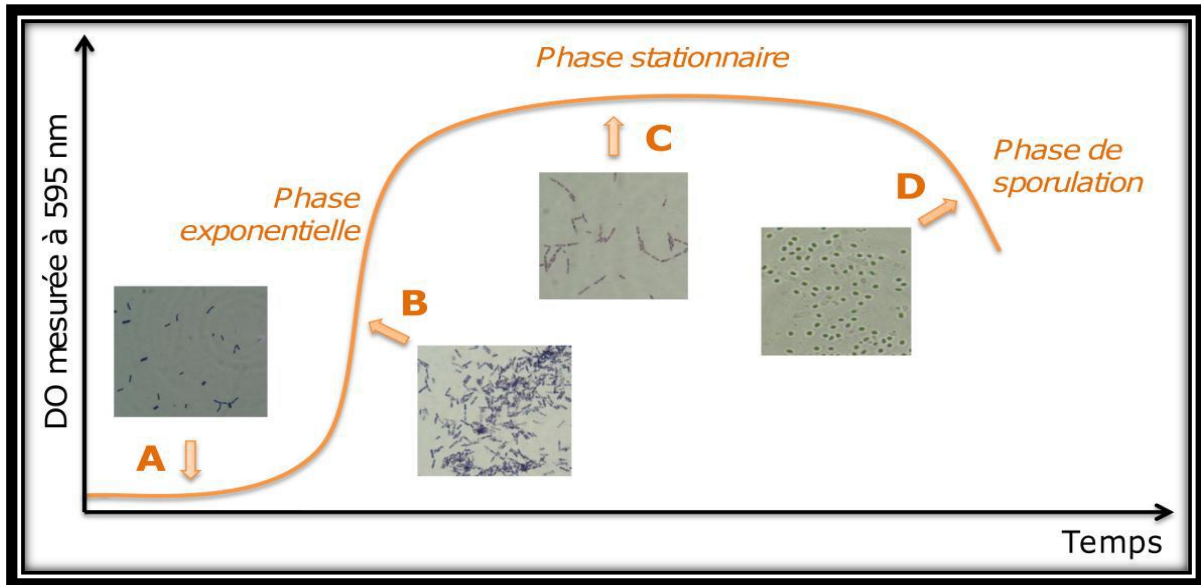
Figure 18: Cycle biologique des hydracariens (Smith, 1976).

## 2.5. Présentation du *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* H14 (*Bti*)

Isolée pour la première fois au Japon en 1901, de nombreuses souches de *Bacillus thuringiensis* ont été décrites dans le monde entier, isolées à partir de milieux très diversifiés tels que du sol, du bois, des feuilles ou des cadavres d'insectes dans lesquels elle se multiplie (Roh *et al.*, 2007). Bien qu'ubiquiste, la présence de spores de *Bti* dans de multiples compartiments environnementaux ne signifie pas qu'elle s'y multiplie et son statut de « vrai » entomopathogène a récemment été confirmé (Raymond *et al.*, 2010). En 1976, la Sous-espèce *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) a été isolée d'un étang en Israël dans lequel elle avait proliféré et tué toutes les larves de moustiques (Goldberg & Margalit, 1977). L'espèce

*Bacillus thuringiensis* fait partie du groupe des bactéries de type *Bacillus cereus* et se divise en 82 Sous-espèces, déterminée à partir des antigènes de leur flagelle H (**de Barjac & Frachon, 1990; Lambert & Peferoen, 1992**). *Bacillus thuringiensis* est une bactérie entomopathogène Gram positive, anaérobique stricte ou facultative. Cette toxicité pour de nombreuses espèces d'insectes est liée à la capacité des bactéries *Bacillus thuringiensis* à produire un cristal protéique toxique lors de leur sporulation (**Figure 19**) (**Schnepf et al., 1998**).

Le cristal de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* à la particularité d'être composé principalement de quatre toxines en mélange: Cry4Aa, Cry4Ba, Cry11Aa et Cyt1Aa. Trois autres gènes codant pour les toxines Cry10Aa, Cyt1Ca et Cyt2Ba ont également été décrits mais il semble que ces toxines ne soient peu ou pas produites par la bactérie (**Guerchicoff et al., 1997; Berry et al., 2002**) (**Figure 20**).



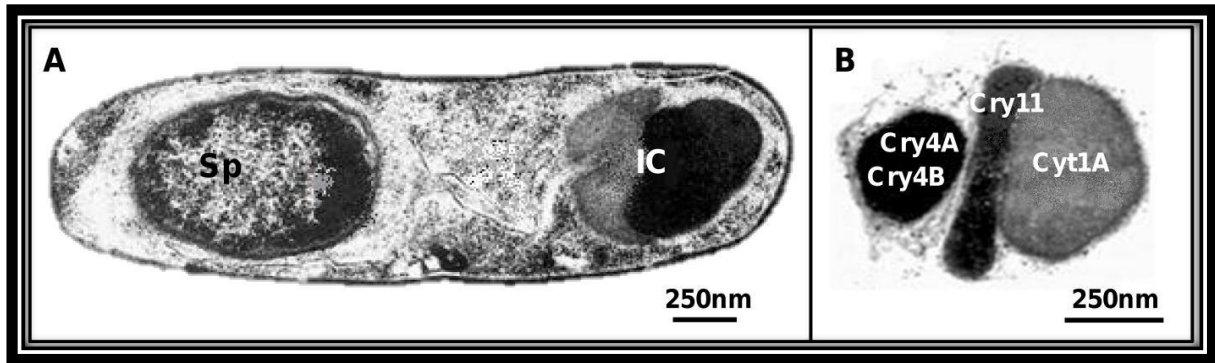
**Figure 19:** Croissance et sporulation des bactéries *Bti* en fonction du temps et du milieu d'inséminé (Tetreau, 2012).

**A:** Lors de la phase exponentielle.

**B:** Les bactéries vont consommer le milieu (ou l'hémolymphe de l'insecte) une fois que les ressources du milieu sont quasiment épuisées, les bactéries commencent à produire les cristaux protéiques et les formes de résistance (spores).

**C:** Une fois le milieu complètement épuisé, la libération des spores et des cristaux se réalise par éclatement de la bactérie, marqué par une chute de la densité optique du milieu de culture.

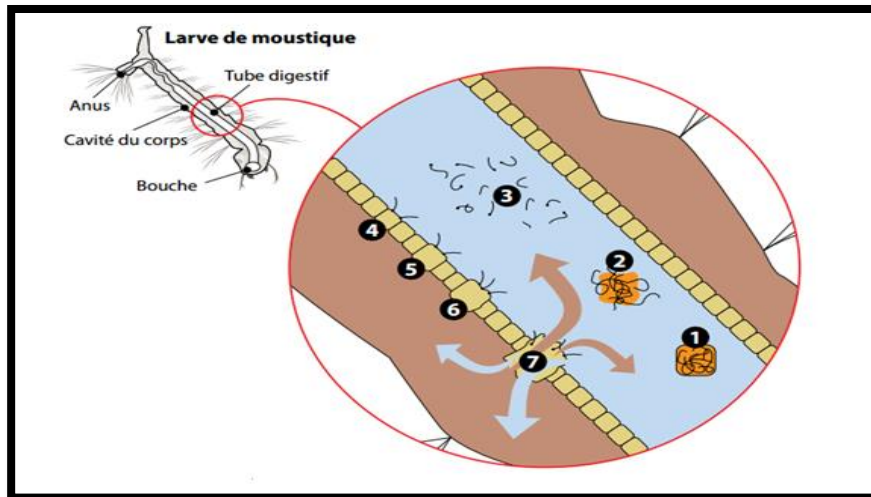
**D:** Les observations ont été réalisées à l'aide d'un microscope optique avec une coloration de Gram (A, B, C) ou sans coloration (D) (G = 1.000X).



**Figure 20:** *Bacillus thuringiensis var. israelensis* en phase de sporulation (gauche) et cristal de *Bti* (droite). Sp, spore ; IC, inclusion cristalline. Adapté de **Federici et al., (2003)**.

### 2.5.1. Mode d'action

Les spores de *Bti* sont terminales et non déformantes. Ces spores renferment des protoxines sous forme de cristaux qui sont ingérées par les larves de moustiques. Une fois dans l'intestin où règne un pH alcalin favorable à la solubilisation des cristaux, l'action d'enzymes protéolytiques permet l'hydrolyse de ces protoxines en toxines actives (**Hofte & Whiteley, 1989; Gill et al., 1992**). Une fois activées, les toxines de *Bti* entraînent une lyse complète des cellules de l'intestin moyen, puis la mort de la larve (**Charles & de Barjac, 1983**) (**Figure 21**).



**Figure 21:** Représentation du mode d'action du *Bti* sur une larve de moustique  
(Anonyme 8).

1. Les cristaux de *Bti* se dissolvent dans le liquide alcalin du tube digestif.
2. De longues chaînes de protéines se libèrent.
3. Les chaînes de protéines sont sectionnées par des enzymes.
4. Les segments, qui sont toxique pour les cellules de la paroi du tube digestif, s'accrochent à ces cellules.
5. Sous l'effet des toxines, les cellules se mettent à gonfler.
6. Les cellules continuent à se gonfler et s'affaiblissent.
7. Eventuellement, les cellules affectées éclatent causant une perforation du tube digestif, ce qui entraîne la cavité du corps et un mouvement inverse du sang de l'insecte. L'éclatement du tube digestif provoque la mort de l'insecte.

## 2.6. Présentation du Novaluron

Le matériel chimique utilisé est présenté par le Novaluron, qui est une molécule chimique appartenant à la classe des inhibiteurs de la synthèse de la chitine et à la famille des benzoylphenyl urées (**Figure 22**). En interférant avec le processus de la biosynthèse de la chitine, le Novaluron (EC, courtesy by Rohm and Haas, Spring House, PA) comme toutes les substances actives des benzoylphénylurées vise sélectivement les stades larvaires (**Cutler et al., 2007**) et provoque l'apparition d'un dépôt endocuticulaire anormal ce qui entraîne la mort de l'insecte (**Farnesi et al., 2012**).

### 2.6.1. Propriétés physico-chimiques

Les propriétés physico-chimiques du Novaluron sont les suivantes:

Nom commun: Novaluron.

Nom chimique: N-[3-chloro-4-(1,1,2-trifluoro-2-trifluoromethoxyethoxy)phenyl]-3-(2,6-Difluorobenzoyl) urea.

Formule empirique: C<sub>17</sub> H<sub>9</sub> Cl F<sub>8</sub> N<sub>2</sub> O<sub>4</sub>.

Famille chimique: benzoylphényl urée.

Poids moléculaire: 492,7 g/mol. T° de Fusion: 176 à 179 C°.

Solubilité dans l'eau: 3 µg/l.

Photolyse: 139jours.

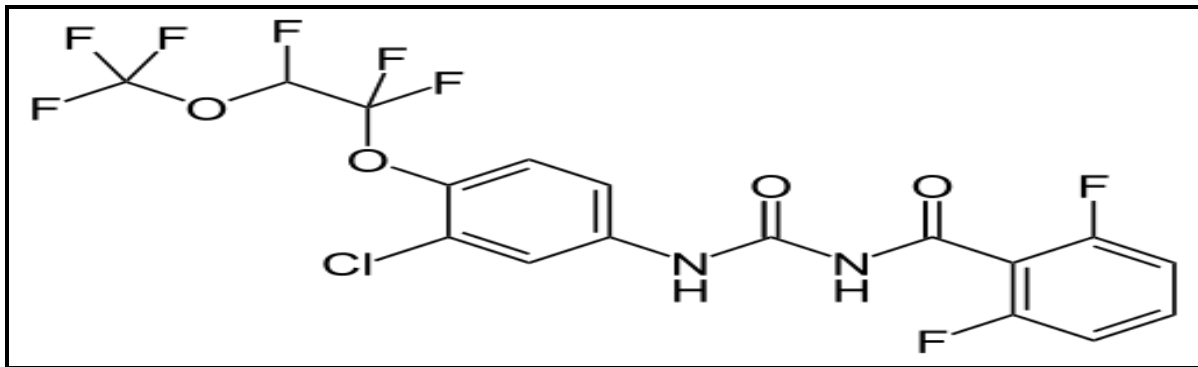


Figure 22: Structure chimique du Novaluron (Anonyme 9).

## 2.7. Méthodes

### 2.7.1. Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé à l'aide d'une louche d'une capacité de 500 ml. Cette dernière est plongée dans l'eau puis déplacée d'un mouvement uniforme en évitant les remous "trempage" et une passoire dont l'émailles du filet est de 1mm de diamètre. La faune ainsi collectée (Culicidae; Hydracariens; Héteroptères; Coléoptères) a été placée dans des récipients remplis d'eau, hermétiquement fermés et étiquetés (indiquant la date de collecte et la station) pour être transportée au laboratoire (Bendali-Saoudi, 1989; Bernadet *et al.*, 2013). Concernant les crustacés l'échantillonnage a été réalisé à l'aide d'un filet à mailles fines d'un diamètre de 1mm. Les nombreuses collectes de zooplancton nous ont permis de mieux comprendre les fluctuations de ses effectifs selon la méthode de Mensuel (Loxdale, 2016).

### **2.7.2. Trie et Montage des spécimens**

Les échantillons sont ensuite placés dans des récipients en verre contenant de l'alcool à 70% étiquetés avec toutes les informations nécessaires (Numérotation de la date de sortie ; la station ; le gîte ; le taxon), pour déterminer chaque spécimen. Cette conservation est un élément indispensable à la détermination systématique des espèces. L'identification des larves a été réalisée après éclaircissement des spécimens dans une solution de NAOH à 10% pendant 2 à 3 jours. Les spécimens seront rincés à l'eau distillée dans deux bains pendant 2 à 3mins. Enfin le montage s'effectue entre lame et lamelle dans une goutte de glycérine, fixé à l'aide du vernis à ongle. En ce qui concerne les cladocères et les copépodes, ont été colorés au rouge neutre et conservés dans de l'alcool à 75 % (**Lamotte & Bourlière, 1971; Bendali-Saoudi, 1989; 2006**).

### **2.7.3. Identification systématique**

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 utilisées dans les clés d'identification. Les invertébrés sont systématiquement comptés sauf, lorsque le nombre d'individus d'un même taxon dépasse largement 100, et au de là il est possible de les estimer, ceci concerne surtout les crustacés benthiques dans notre cas les Copépodes et les Cladocères.

La détermination systématique des Culicidae, a été réalisé selon les clés dichotomiques de **Himmi et al., (1995)**, et informatique selon le logiciel d'identification des Moustiques d'Afrique méditerranéennes de **Schaffner et al., (2001)**. Ce qui nous a permis d'identifier les espèces, en se basant sur un ensemble de critères et de descripteurs structuraux, microscopiques très précis. La systématique des crustacés a été étudiée selon les clés dichotomiques de **Perrier, (1979)** et **Amoros, (1984)**, celle des Hétéroptères selon **Poisson, (1957)** et celle des Coléoptères selon les clés de **Picard, (1929)** et **Rose, (1933)**, respectivement. L'identification systématique des punaises d'eau a été réalisée selon **Błędzki & Rybak, (2016)**. En outre, les Hydracariens ont été identifiés selon les clés de **Cook, (1974)** et celle de **Smit, (2020)**.

#### **2.7.4. Estimation de l'effectif des Crustacés**

Lorsqu'on étudie une population d'animaux, le premier élément à déterminer est l'effectif de cette population. Suivant les cas, on peut utiliser diverses méthodes, dont les plus simples seront évidemment toujours les meilleures. Dans le cas le plus simple, on peut compter la population. Donc vu l'abondance trop élevée, nous avons procédé à une estimation de la population échantillonnée de Cladocères et de Copépodes. C'est à partir de 500 ml d'eau de gîte et après homogénéisation et agitation on a prélevé 20 ml d'eau, on a compté l'effectif des individus ainsi présents (**Hecq, 1976**).

#### **2.7.5. Etude biométrique**

Une étude biométrique a concerné la longueur et la largeur de 3 structures de 20 individus de 7 âges différents de l'espèce *Daphnia magna*. Les deux derniers âges, ont présentés des œufs dans leurs cavités incubatrices, ce qui nous a incités à leur dénombrement. D'autre part on a procédé à une étude biométrique de 4 structures, concernant les mâles de l'espèce *Cyclops fuscus*. Ensuite on a procédé à un dénombrement sous microscope des œufs, au niveau des sacs ovigères droits et gauches de 10 Femelles.

#### **2.7.6. Bioessais de toxicité**

Le protocole de l'expérimentation a consisté un témoin et trois répétitions pour, chacune des deux doses et les deux produits utilisées (**Figure 23**). A partir de l'eau de gîte filtré, 200 ml a été additionnée avec 20 individus de chacune des espèces suivantes : *Daphnia magna*, *Daphnia similis*, *Simocephalus exspinosus*, *Cyclops fuscus* et *Asellus aquaticus*.



**Figure 23:** Bioessais de toxicité (Photo personnelle).

#### 2.7.6.1. Protocoles d'essais du *Bti*

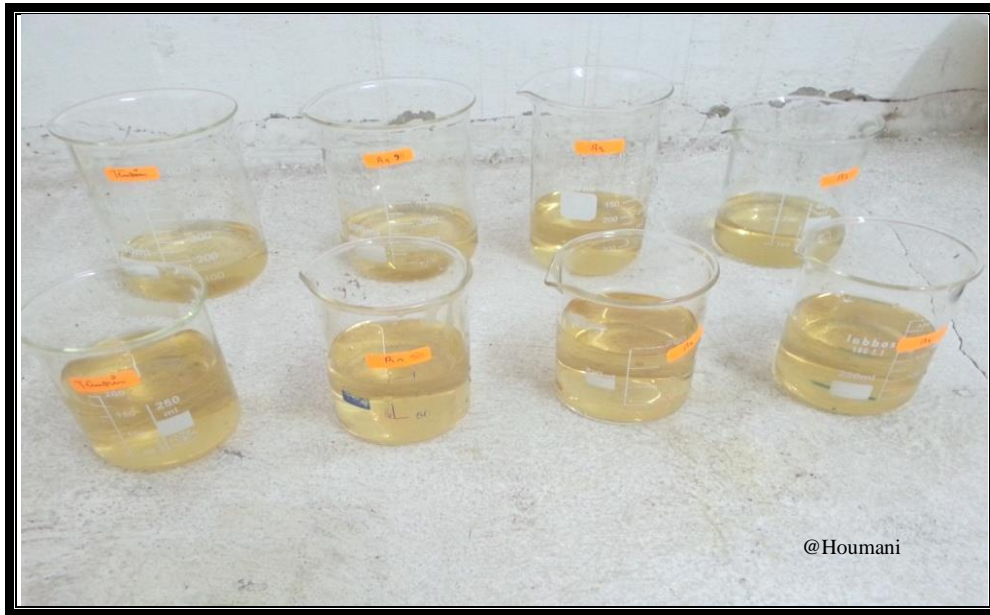
La préparation de la solution mère comporte 200 ml d'eau distillé, chauffée à 150°C pendant 10 secondes, à laquelle on ajoute 0.005 g de *Bti*, et on agite pendant 5 secondes. Pour la CL50 on utilise 350 µl par répétitions et pour la CL 90 on prélève 717 µl par répétition selon **Mansouri, (2015)**. Le test a duré 3 jours (72h) et la mortalité a été enregistrée toute les 24h (**Figure 24**).



**Figure 24:** Effet du *Bti* sur les Crustacés (Photo personnelle) .

### 2.7.6.2. Protocoles d'essais du Novaluron

On a testé de la CL50 du Novaluron selon (**Bouaziz, 2011**). La solution mère consiste à ajoute 600µl de Novaluron dans 500ml d'eau distillée, on agite pendant 5 secondes. Dans les 3 répétitions 1ml est introduit dans chaque répétition, le test a duré 3 jours (72h) la mortalité est enregistrée après 24h (**Figure 25**).

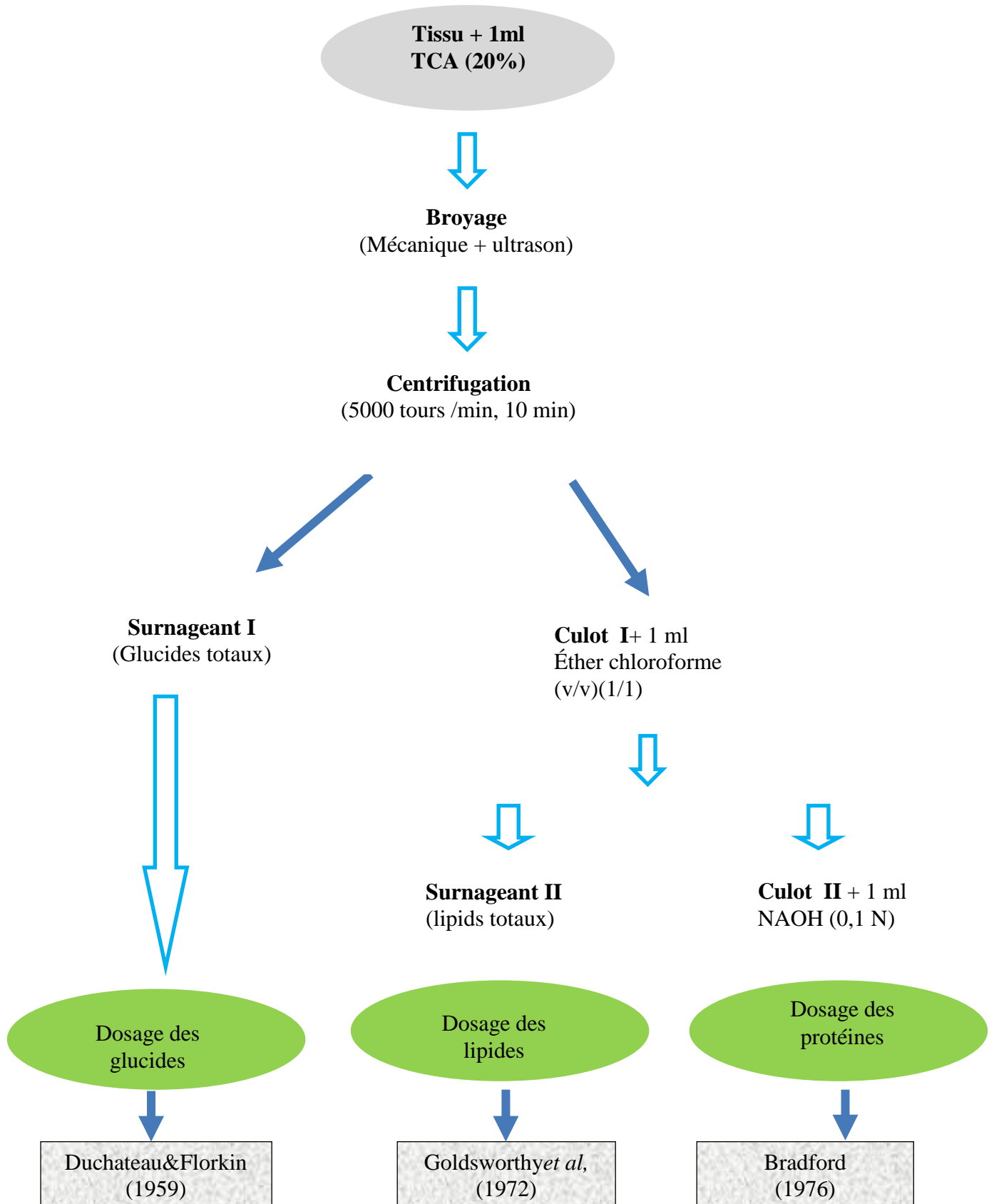


**Figure 25:** Effet du *Novaluron* sur les Crustacés (**Photo personnelle**).

### 2.7.7. Analyse biochimique

#### 2.7.7.1. Extraction des métabolites

L'extraction des métabolites des Cladocères et des Copépodes a été réalisée selon le procédé de **Shibko *et al.*, (1966)**. Les spécimens sont placés dans des tubes eppendorf contenant 1ml d'acide trichloroacétique (TCA) à 20% sont broyés à l'aide d'un homogénéiseur à ultrasons (Sonifer B-30) après un broyage mécanique (Heidolph RZR 2100). Les broyats subissent une première centrifugation (5000 tour/min, 10 min) et le surnageant 1 obtenu sert au dosage des glucides totaux. Au culot1 on ajoute 1ml du mélange éther/ chloroforme (1V/1V) et après une seconde centrifugation (5000 tour/min, 10 min), on obtient le surnageant 2 et le culot 2. Le surnageant 2 sera destiné au dosage des lipides (**Figure 26**).



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

**2.7.7.2. Dosage des métabolites**

**Dosage des protéines totales:** Le dosage des protéines a été effectué selon la méthode de **Bradford, (1976)**. Dans une fraction aliquote de 100µl d'échantillon on ajoute 4ml de réactif au bleu brillant de comassie (BBC ; G 250, Merck). La solution de BBC se prépare comme suit: dissoudre 100 mg de BBC dans un 50ml d'éthanol 95°. On ajoute ensuite 100 ml d'acide Orthophosphorique à 85% et on complète à 1000 ml avec l'eau distillée. La durée de conservation du réactif est de 2 à 3 semaines à 4°C. Celui-ci révèle la présence des protéines en les colorant en bleu. L'absorbance est lue à 595 nm contre un blanc de gamme. La gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution d'albumine de sérum de bœuf (sigma) titrant 1mg / ml (**Tableau 5**).

**Tableau 5:** Dosage des protéines totales : réalisation de la gamme d'étalonnage.

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

**Dosage des lipides totaux:** La concentration des lipides totaux a été estimée selon la méthode de **Glodsworthy et al., (1972)** utilisant le réactif sulfophovanillinique (0,38g de vanilline, 55ml d'eau distillée et 195 ml d'acide orthophosphorique à 85%). La solution mère des lipides est préparée en utilisant l'huile de table selon la procédure suivante: 25 mg d'huile de table pesés dans un tube eppendorf; cette quantité est ensuite reprise dans 10ml du mélange (éther /chloroforme) (IV/ IV) (**Tableau 6**).

**Tableau 6:** Dosage des lipides totaux: réalisation de la gamme d'étalonnage.

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

Après évaporation des prises aliquotes de 100 µl de surnagent II dans un bain à sec à 60°C, on additionne 1ml d'acide sulfurique concentré (96%), les tubes fermés sont agités et chauffé dans un bain à sec 100°C pendant 10 minutes. Après refroidissement on prélève 200 µl de chaque tube auxquels on rajoute 2.5 ml de réactif sulfophosphanillinique et on agite. Après 30 minutes à l'obscurité, le complexe prend une coloration rose. La densité optique est lue dans un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 530nm, contre un blanc de gamme.

**Dosage des glucides totaux:** Le dosage des glucides totaux a été réalisé selon la méthode de **Duchateau & Florkin (1959)**. Cette méthode utilise l'anthrone comme réactif (150mg d'anthrone, 75 ml d'acide sulfurique et 25 ml d'eau distillée) et une solution mère de glucose (1g /L) comme standard (**Tableau 7**).

**Tableau 7:** Dosage des glucides totaux : réalisation de la gamme d'étalonnage .

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

La méthode consiste à additionner à une fraction aliquote de 100 µl de surnagent 4 ml de réactif d'anthrone et après chauffage du mélange dans un bain marie (80°C pendant 10 min), une coloration verte ce développent, dont l'intensité mesurée à une longueur d'onde de 620 nm est proportionnelle à la concentration des glucides présente dans l'échantillon.

### **2.7.8. Analyse physico-chimique de l'eau**

Des prélèvements des échantillons d'eau, ont été effectués mensuellement durant l'année 2019/2020, au niveau des quatre stations, dans des flacons en plastique d'eau minérale de 1,5 l; puis acheminés au service laboratoire de Génie des Procéder pour l'analyse. Une analyse physicochimique de l'eau des stations d'étude concernant les paramètres suivant: T°C, pH, Conductivité électrique, Alcalinité (TA, TAC), Dureté totale (TH). 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 27**).

### **2.7.8.1. Potentiel hydrogène (pH)**

Plus connu sous le nom de "pH" permet de mesurer l'acidité ou alcalinité d'une solution. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14,7 étant le pH de neutralité. La valeur du pH est une grandeur sans unité qui est directement liée à sa concentration en ions oxonium  $H_3O^+$  qui proviennent de la fixation d'un proton  $H^+$  sur une molécule d'eau. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (**Ben Amar, 2020**).

### **2.7.8.2. Conductivité électrique**

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 ( $\mu\text{S/cm}$ ) ou milli-siemens (mS/m). La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé (**Potier, 1973**).

### **2.7.8.3. 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**).

### **2.7.8.4. La dureté totale (Titre Hydrométrique T.H)**

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue: une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en °F (degré français) ; 1°F correspond à 10 mg de carbonate de Calcium dans 1 litre d'eau. Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses: le calcium dérive de l'attaque du  $CO_2$  dissout par les roches calcaires (dolomies) ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le

gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés (Belghiti *et al.*, 2013).

#### **2.7.8.5. Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet (TA et TAC)**

Ces deux valeurs permettent de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenues dans l'eau. L'alcalinité se mesure à l'aide d'une solution étalon d'acide fort en présence d'indicateurs colorés de pH.

**Titre alcalimétrique (TA):** Ce paramètre témoigne de l'alcalinité d'une eau en prenant en compte la concentration en carbonates et en bases fortes. Cette analyse se fait en présence de phénolphthaléine qui vire de l'incolore au rose-fuchsia à un pH de 8,2. Le Titre alcalimétrique s'exprime en degré français (°f).  $1^{\circ}\text{f} = 3,4 \text{ mg/l}$  d'ion hydroxyde  $\text{OH}^-$  ou  $6,0 \text{ mg/L}$  d'ion carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), ou encore  $12,2 \text{ mg/L}$  de l'ion hydrogénocarbonate  $\text{HCO}_3^-$  (Harrat, 2007).

**Titre Alcalimétrique Complet (TAC):** Est la grandeur utilisée pour mesurer le taux d'hydroxydes, de carbonates et de bicarbonates d'une eau, son unité est le degré français (°f ou °fH). En titrant l'eau à analyser avec un acide, on obtient un premier point de neutralisation qui est le TA (titre alcalimétrique) et qui correspond à pH 8,2 (virage de la phénolphthaléine). À ce stade, on a neutralisé l'ensemble des hydroxydes et des carbonates. En continuant le dosage, on est amené à un deuxième point de neutralisation à pH 4,4 (virage de l'hélianthine). On aura alors dosé la totalité des hydroxydes, carbonates et bicarbonates présents initialement. Il s'agit de faire attention aux unités utilisées dans les équations, qui s'écrivent différemment suivant que l'on utilise des °f ou des mol/L (Harrat, 2007).

#### **2.7.8.6. 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.



**Figure 27:** Analyse physico-chimique de l'eau des stations d'études (photo personnelle) .

### **2.7.9. Indices écologiques**

Les méthodes d'analyse des données sont diverses et variées. Elles dépendent des méthodes d'échantillonnage et de l'objectif qu'on veut atteindre (**Daget, 1976**) et (**Southwood, 1978; in Louadi, 1999**) proposent pour l'étude des communautés animales, surtout celle des insectes, d'effectuer des analyses de la distribution d'abondance et des indices écologiques notamment de la diversité. C'est dans ce contexte que nous proposons d'exploiter nos résultats, par une analyse des peuplements en indiquant les indices écologiques. 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:

#### **2.7.9.1. Richesse totale (S)**

Par définition, la richesse totale est le nombre d'espèces que compte un peuplement considéré dans un écosystème donné (**Ramade, 1984**). Elle représente un des paramètres fondamentaux et caractéristique d'un peuplement. Selon (**Benyacoub & Chabi, 2000**). La richesse est le nombre total d'espèces constatées au cours d'une série de n relevés dans un milieu. Pour la présente étude, la richesse totale est le nombre total des espèces obtenu à partir du nombre total des relevés.

### **2.7.9.2. Richesse moyenne (s)**

La richesse moyenne correspond au nombre moyen des espèces contactée à chaque relevé (**Blondel, 1979**), c'est-à-dire le quotient du nombre total d'individu ( $K_i$ ) pour chacune des espèces sur le nombre total de relevés ( $N$ ) effectués:  $S' = K_i / N$

### **2.7.9.3. Fréquence centésimale ou abondance relative**

L'abondance d'un organisme est le nombre total de cet organisme ou le nombre d'organismes par unité d'espace. La seconde définition se réfère à la densité de la population de l'organisme. L'abondance, avec la répartition, est une mesure de base en écologie. Ces deux concepts reflètent l'influence qu'ont les facteurs biologiques et environnementaux sur un organisme. L'abondance relative est le pourcentage des individus de l'espèce ( $n_i$ ) par rapport au total des individus  $N$  toutes espèces confondues (**Dajoz, 2000**). Elle se calcule comme suit:

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

**$n_i$** : 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.

### **2.7.9.4. Indice de diversité ( $H'$ )**

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

$$H' = -\sum (p_i \cdot \log_2 p_i) \text{ où } p_i = n_i / N$$

**$H'$** : Diversité spécifique.

**$P_i$** : La probabilité de présence d'une espèce dans un milieu (abondance relative).

**$N$** : Effectif total du peuplement.

**$n_i$** : Effectif de l'espèce  $i$ .

### **2.7.9.5. Equitabilité (équirépartition)**

L'équitabilité constitue une seconde dimension fondamentale de la diversité (**Ramade, 1984**).

Elle est le rapport entre la diversité spécifique ( $H'$ ) et la diversité maximale ( $H'_{\max}$ ), elle

s'exprime comme suit:  $E = H' / H_{\max}$  avec  $H'_{\max} = \text{Log}_2(S)$

**S**: Etant le nombre d'espèce formant le peuplement.

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

### **2.7.9.6. Constance ou indice d'occurrence**

La constance est exprimée par le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée par rapport au nombre total des relevés (**Dajoz, 1982**). La constance est calculée par la formule suivante:

$$F = \frac{P_i}{N} \times 100$$

**pi**: nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

**p**: nombre total de relevés effectués.

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

- Des espèces constantes si  $75\% \leq C \leq 100\%$ .
- Des espèces régulières si  $50\% \leq C \leq 75\%$ .
- Des espèces accessoires si  $25\% \leq C \leq 50\%$ .
- Des espèces accidentelles si  $5\% \leq C \leq 25\%$ .

### **2.7.10. Analyse statistique**

Conformément à **Southwood, (1978)** dans **Louadi, (1999)**, l'analyse statistique a été réalisée.

Dans ce contexte, nous avons analysé les peuplements en déterminant les indices écologiques de composition et de structure, ce qui a été fait en utilisant le logiciel R, version 4.0.1 (**R Core Team, 2019**) et le logiciel MINITAB16. Comme la plupart des méthodes factorielles, l'AFC (Analyse Factorielle Correspondante) utilise la décomposition en valeurs singulières (ou décomposition en valeurs propres et vecteurs propres) d'une matrice particulière et permet la visualisation des mots et des documents dans un espace de dimension réduite, ayant un nuage de points projetés (mots et/ou documents) d'inertie maximale. En outre, l'AFC fournit

des indicateurs pertinents pour l'interprétation des axes. L'analyse en composantes principales (ACP) est une analyse factorielle qui produit des facteurs (ou axes principaux) qui sont des combinaisons linéaires des variables originales, hiérarchisées et indépendantes les unes des autres. Ces facteurs sont parfois appelés "dimensions latentes" car ils sont "l'expression de processus généraux dirigeant la distribution de plusieurs phénomènes qui sont ainsi corrélés entre eux" (**Bourque et al., 2006**). L'analyse de la variance univariée ANOVA consiste à comparer les moyennes de plusieurs populations à partir des données d'échantillons aléatoires simples et indépendants (**Dagnélie, 2009**). La réalisation du test se fait soit en comparant la valeur de Fobs avec une valeur théorique  $F_{1-\alpha}$  correspondante, extraite à partir de la table F de Fisher pour un niveau de signification  $\alpha = 0,05$  ou  $0,01$  ou  $0,001$  et pour  $k_1$  et  $k_2$  degrés de liberté, soit en comparant la valeur de la probabilité p avec toujours les différentes valeurs de  $\alpha = 5\%$ ,  $1\%$  ou  $0,1\%$ . Selon que cette hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée au niveau  $\alpha = 0,05$  ou  $0,01$  ou  $0,001$ , on dit conventionnellement que l'écart observé entre les moyennes est significatif, hautement significatif ou très hautement significatif. On marque généralement ces écarts de 1, de 2 ou de 3 astérisques (**Dagnélie, 2009**).

# *RESULTATS*

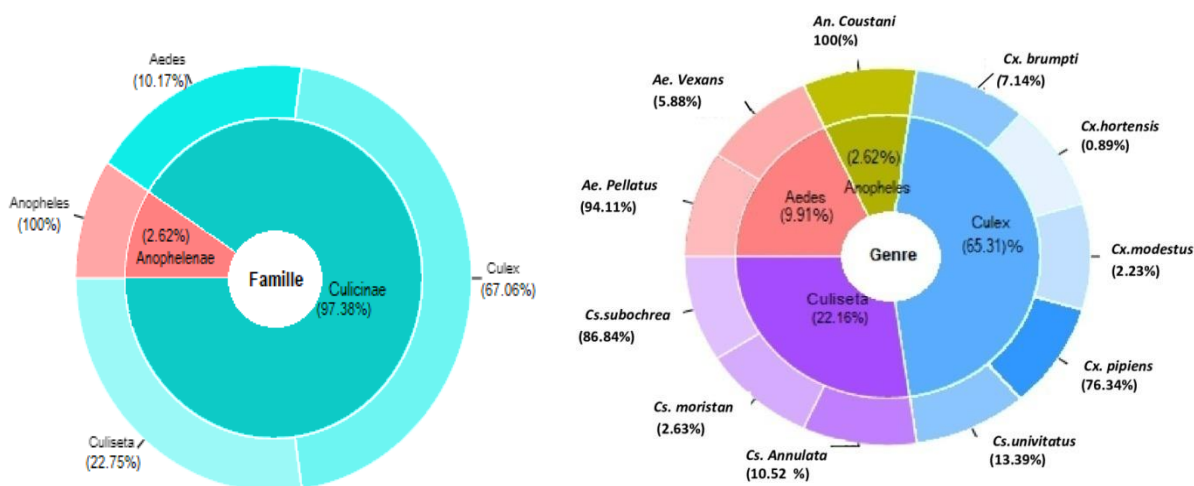
### 3. RESULTATS

#### 3.1. Inventaire et étude systématique des Culicidae

La faune Culicidienne récoltée à partir des différentes stations d'étude (Echatt), a révélé la présence de 11 espèces: cinq appartenant au genre *Culex* (*Culex pipiens* Linnaeus 1758, *Culex hortensis* Ficalbi 1889, *Culex univittatus* Théobald 1903, *Culex brumpti* Galliard 1931 et *Culex modestus* Ficalbi 1890), trois au genre *Culiseta* (*Culiseta subochrea* Edwards 1921, *Culiseta annulata* Schranck 1776 et *Culiseta moristans* Theobald 1901), deux au genre *Aedes* (*Aedes pullatus* Coquillett 1904 et *Aedes vexans* Meigen 1930) et une espèce au genre *Anopheles* (*Anopheles coustani* Laveran 1900). Le genre *Culex* occupe la première position, il comporte 5 espèces. L'espèce la plus abondante, et la mieux représentée est *Culex pipiens* (**Tableau 8**). L'analyse de la structure du peuplement culicidien a révélé, que le mois de Décembre présente l'abondance la plus importante avec 125 individus et quatre espèces. Le mois de Septembre présente l'effectif le plus faible avec 9 individus et une seule espèce *Culex pipiens*. Cependant les espèces *Culex pipiens*; *Culiseta subochrea* et *Culiseta annulata*, leurs abondance était importante pendant les mois de Mai & Juin (**Figure 28**).

**Tableau 8:** Richesse totale des espèces de Culicidae récoltées au niveau de la région d'Echatt (Janvier 2019 - Décembre 2019).

Mois Espèces	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
<i>Culex pipiens</i> Linnaeus 1758	/	/	18	15	8	19	/	/	9	6	19	80
<i>Culex hortensis</i> Ficalbi 1889	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/
<i>Culex univittatus</i> Théobald 1903	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	27
<i>Culex brumpti</i> Galliard 1931	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	16
<i>Culex modestus</i> Ficalbi 1890	/	/	/	5	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Culiseta subochrea</i> Edwards 1921	/	/	/	/	62	4	/	/	/	/	/	/
<i>Culiseta annulata</i> Schranck 1776	/	/	/	/	8	/	/	/	/	/	/	/
<i>Culiseta morsitans</i> Theobald 1901	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2
<i>Aedes pullatus</i> Coquillett 1904	/	/	/	/	/	2	/	/	/	21	9	/
<i>Aedes vexans</i> Meigen 1930	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/
<i>Anopheles coustani</i> Laveran 1900	/	/	/	3	6	/	/	/	/	/	/	/
<b>Totale</b>	/	/	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>84</b>	<b>29</b>	/	/	<b>9</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>125</b>



**Figure 28:** Répartition de la faune Culicidienne par groupe; famille; genre et espèce.

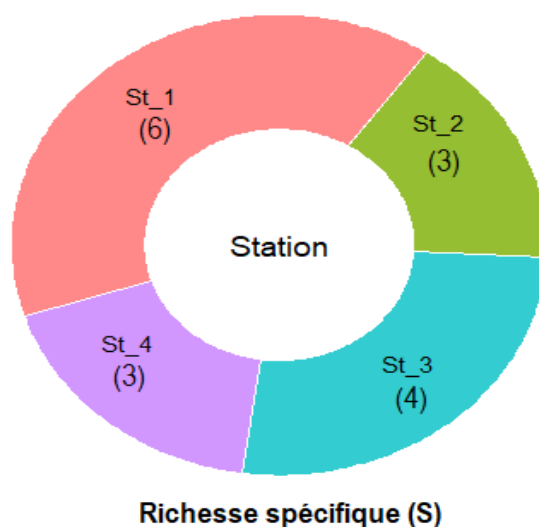
### 3.1.1. Indices écologiques

#### 3.1.1.1. Indices de composition

**Richesse spécifique:** Les résultats mentionnés dans le tableau (9) et la Figure (29) font ressortir que la richesse spécifique varie en fonction des stations. Elle est importante au niveau de la station une avec 6 espèces, par contre, elle est moins importante au niveau de la station 2 et 4 avec 3 espèces.

**Tableau 9:** Indices écologiques de la faune Culicidienne enregistrés dans chaque station (S: espèces, H: indice de Shanon, D: indice de Simpson, J: équitabilité).

Station	S	H	D	J
St_1	6	1.198	0.601	0.335
St_2	3	1.089	0.66	0.601
St_3	4	0.826	0.426	0.308
St_4	3	1.039	0.625	0.569



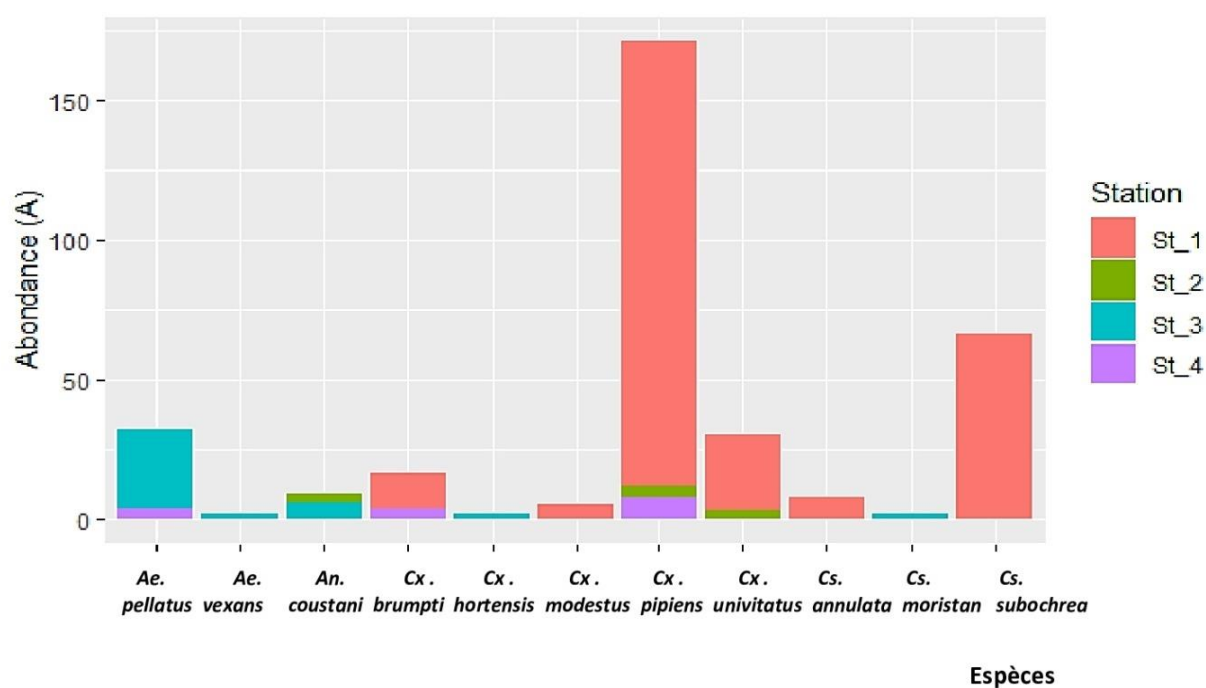
**Figure 29:** Richesse spécifique des espèces de la faune Culicidienne au niveau des quatre stations.

**Abondance relative ou fréquence centésimale:** En ce qui concerne l'abondance relative des Culicidae au niveau du lac, dans les quatre stations et pendant les quatre saisons, les résultats mentionnés dans le tableau **10**, montre que l'espèce *Culex pipiens* se situe en première position avec 171 larves, soit 49,85%. En deuxième lieu se positionne *Culiseta subochrea* avec 66 individus, soit 19,24% et en troisième position *Aedes pullatus* avec 32 larves, soit 9,32%. En ce qui concerne les autres espèces, leur abondance relative est variable d'une espèce à une autre et qui se situe entre 0,58-8,74%.

Toutes les espèces récoltées appartiennent à la même catégorie (Accidentelles) à l'exception de l'espèce *Culex pipiens* qui est d'une catégorie différente (Accessoire). Ceci semble être lié aux conditions écologiques annuelles différentes et aux conditions climatiques de la région (**Figure 30**).

**Tableau 10:** Abondance relative ou fréquence centésimale (%) des espèces inventoriées.

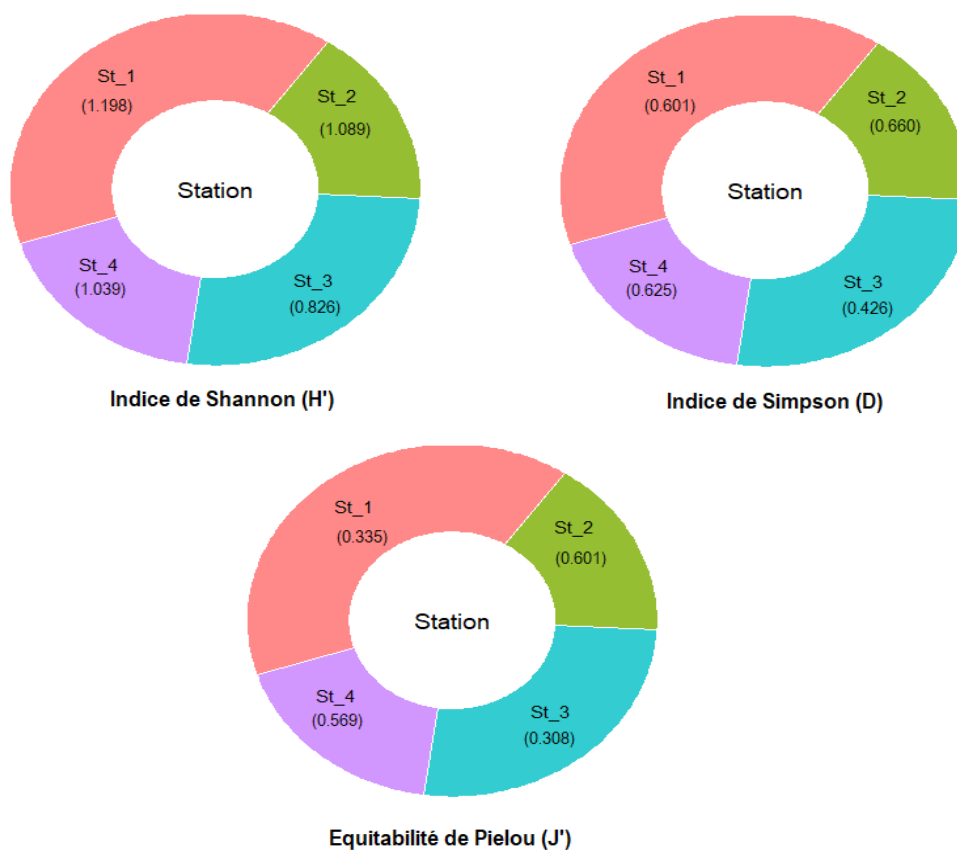
Espèces	Site d'étude
<i>Culex pipiens</i> Linnaeus 1758	49,85
<i>Culex hortensis</i> Ficalbi 1889	0,58
<i>Culex univittatus</i> Theobald 1903	8,74
<i>Culex brumpti</i> Galliard 1931	4,66
<i>Culex modestus</i> Ficalbi 1890	1,45
<i>Culiseta subochrea</i> Edwards 1921	19,24
<i>Culiseta annulata</i> Schranck 1776	4,66
<i>Culiseta moristans</i> Theobald 1901	0,58
<i>Aedes pellatus</i> Coquillett 1904	9,32
<i>Aedes vexans</i> Meigen 1930	0,58
<i>Anopheles coustani</i> Laveran 1900	2,62



**Figure 30:** Abondance relative des espèces par station de la faune Culicidienne inventoriées pendant l'année d'échantillonnage (Janvier 2019 - Décembre 2019).

3.1.1.2. Indice de structure

**Indice de diversité et équitabilité:** L'échantillonnage mensuel pendant une année, nous a permis de récolter un effectif de 343 individus à partir des différentes stations établies. La richesse totale était importante avec 11 espèces. Les résultats mentionnés dans le tableau 9, présente les valeurs de l'indice de diversité de Shanon & Weaver ( $H'$ ), de la diversité maximale ( $H'$  max) et de l'équirépartition ( $E$ ). L'indice de diversité révèle des valeurs variant entre 0,826 pour la troisième station à 1,198 pour la première station qui est riche en espèces (6 espèces). L'équitabilité permet de comparer les structures des peuplements, affiche des valeurs entre 0,426 & 0,660 dans les quatre stations, ces valeurs indiquent que les populations ne sont pas équilibrées (**Figure 31**).



**Figure 31:** Indices de structure de la faune Culicidienne inventoriés: Indice de Shannon-Weaver ( $H'$ ); Indice de Simpson( $D$ ); Équitabilité ( $J'$ ).

### 3.1.2. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

Nous avons appliqué l'AFC afin de pouvoir résumer et visualiser l'information du tableau de contingence [Densité de 11 espèces de la faune Culicidienne (Colonnes) X stations (Lignes)] et [Densité de 11 espèces de la faune Culicidienne (Colonnes) X saisons (Ligne)]. Les résultats exprimés par le plan factoriel Dim1 vs Dim2 pour les deux facteurs "Station", "Saison" (**Figure 32; 33**).

#### 3.1.2.1. Répartition saisonnière

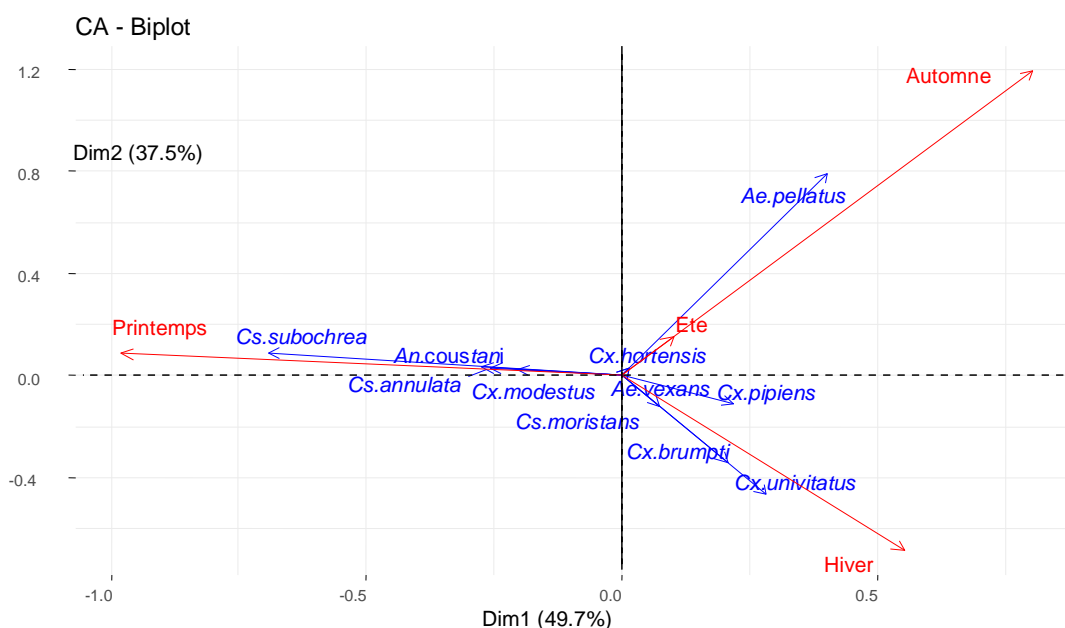
Les dimensions 1 et 2 expliquent environ 37,5% et 49,7% de l'inertie totale, respectivement. Cela correspond à un total cumulé de 87.2% de l'inertie totale retenue par ces 2 dimensions. En effet, la **figure 32** indique que les espèces: *Aedes pellatus* (*Ae. pellatus*), *Culex brumpti* (*Cx. brumpti*), *Culex univittatus* (*Cx. univittatus*) et *Culiseta moristans* (*Cs. moristans*) ont une contribution importante du premier axe, ainsi, l'axe 1 est principalement défini par ces espèces. Tandis que les espèces: *Culiseta subochrea* (*Cs. subochrea*); *Anopheles coustani* (*An. coustani*) et *Culiseta annulata* (*Cs. annulata*) *Culex modestus* (*Cx. modestus*), *Culex pipiens* (*Cx. pipiens*), *Aedes vexans* (*Ae. vexans*) ont une forte contribution du deuxième axe, donc l'axe 2 est principalement définie par ces espèces. Cependant toutes les espèces ont une bonne qualité de représentation.

Les espèces: *Culex univittatus* (*Cx. univittatus*), *Culex brumpti* (*Cx. brumpti*) et *Culiseta moristans* (*Cs. moristans*) sont associés le plus en Hiver.

Cependant les espèces; *Culiseta subochrea* (*Cs. subochrea*), *Anopheles coustani* (*An. coustani*), *Culex modestus* (*Cx. modestus*) et *Culiseta annulata* (*Cs. annulata*) sont associés le plus au Printemps.

Les espèces: *Aedes vexans* (*Ae. vexans*) et *Culex pipiens* (*Cx. pipiens*) sont associés aux saisons Automne et hiver.

Les espèces *Aedes pellatus* (*Ae. pellatus*) et *Culex hortensis* (*Cx. hortensis*) sont associées aux saisons Automne et d'Été (**Figure 32**).



**Figure 32:** Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces de la faune Culicidienne inventoriée pendant quatre saisons d'étude.

### 3.1.2.2. Répartition spatiale

Les dimensions 1 et 2 expliquent respectivement 83,4% et 11,4% de l'inertie totale. Cela correspond à un total cumulé de 94,8% de l'inertie totale retenue par ces 2 dimensions. En effet, le graphique de la **figure 33** montre que:

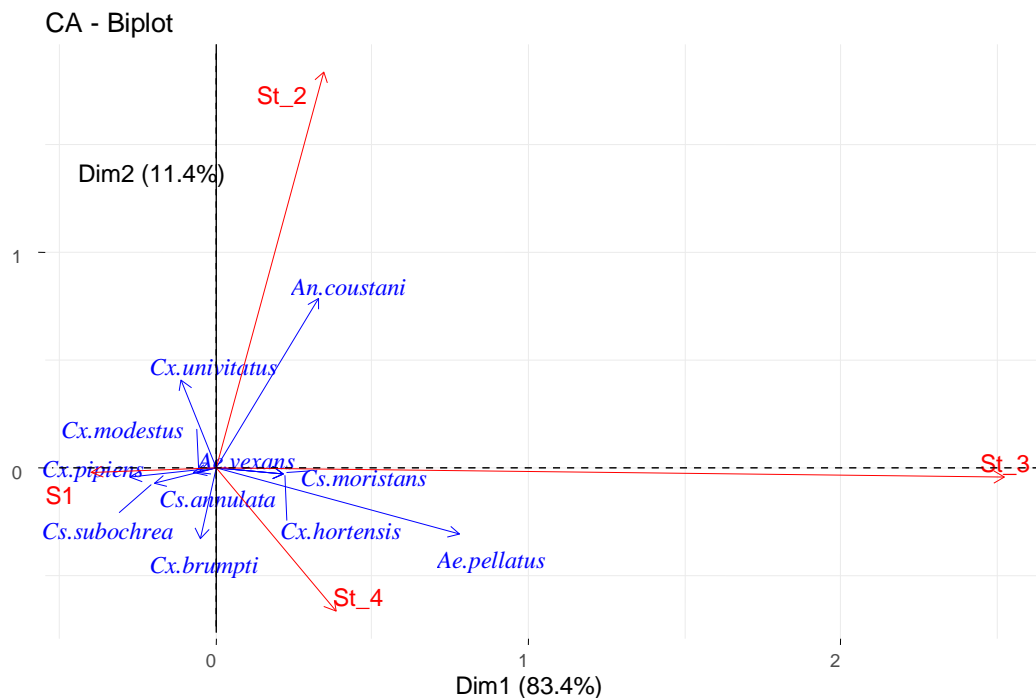
Les espèces: *Anopheles coustani* (*An. coustani*), *Culex univivatus* (*Cx. univivatus*), *Culex brumpti* (*Cx. brumpti*), *Culex hortensis* (*Cx. hortensis*) et *Aedes pellatus* (*Ae. pellatus*) ont une contribution importante du premier axe, ainsi, l'axe 1 est principalement défini par ces espèces. Tandis que les genres; *Culex pipiens* (*Cx. pipiens*), *Culex modestus* (*Cx. modestus*), *Culiseta subochrea* (*Cs. subochrea*) et *Culiseta moristans* (*Cs. moristans*) ont une forte contribution de l'axe 2, donc l'axe 2 est principalement définie par ces espèces.

Les espèces; *Aedes vexans* (*Ae. vexans*) et *Culiseta annulata* (*Cs. annulata*) ont une mauvaise qualité de représentation ( $\cos^2 < 40\%$ ) (**Figure 33**).

Les espèces; *Culex pipiens* (*Cx. pipiens*), *Culex modestus* (*Cx. modestus*), *Culex brumpti* (*Cx. brumpti*), *Culiseta subochrea* (*Cs. subochrea*) et *Culiseta annulata* (*Cs. annulata*) sont associés le plus à la station 1.

Les espèces *An. Coustani* et *Cx. Univittatus* sont associés le plus, aux stations 2 et 3. Alors que l'espèce *Ae. vexans* et *Cs. moristans* sont associés à la station 4.

Les espèces *Ae. Pellatus* et *Cx. Hortensis* associés aux stations 3 et 4.

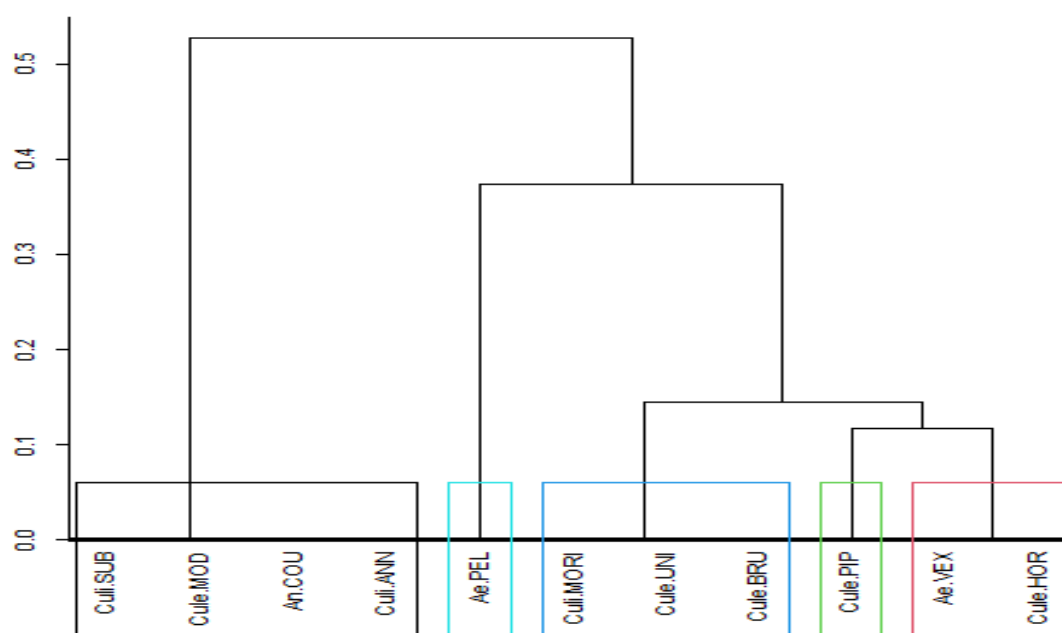


**Figure 33:** Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces de la faune Culicidienne inventoriée au niveau des quatre stations d'étude.

### 3.1.3. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

#### 3.1.3.1. Classification saisonnière

On constate que le dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique par saison indique que les 11 taxons se répartissent en 5 groupements principaux, dont le groupement 1 est constitué par quatre taxons: *Cs. subochrea*, *Cx. modestus*, *An. coustani*, *Cs. annulata*, Le groupement 2 est constitué par un taxon; *Ae. pellatus*. Le groupement 3 est constitué par trois taxons: *Culiseta moristans*, *Culex univittatus*, *Culex brumpti*. Cependant, le groupement 4 est constitué par un taxon: *Cx. pipiens* et le groupe 5 regroupe deux taxons: *Ae. vexans*, *Cx. hortensis* (**Figure 34**).



**Figure 34:** Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces de Culicidae récoltées selon les quatre saisons.

### 3.1.3.2. Classification spatiale

Le dendrogramme issu de la CAH appliquée aux taxons par station nous a permis d'obtenir sept groupes à répartition inégale des taxons. En effet le groupe 1, 2 et 3 regroupe un taxon (*Cx. brumpti*, *Cx. univittatus*, *Cx. pipiens*), le groupe 4 regroupe trois taxons (*Cs. subochrea*, *Cx. modestus* et *Cs. annulata*), le groupe 5 et 6 regroupe un taxons (*An. coustani*, *Ae. pellatus*) et le groupe 7 regroupe trois taxons (*Cx. hortensis*, *Cs. moristans* et *Ae. vexans*) (**Figure 35**).

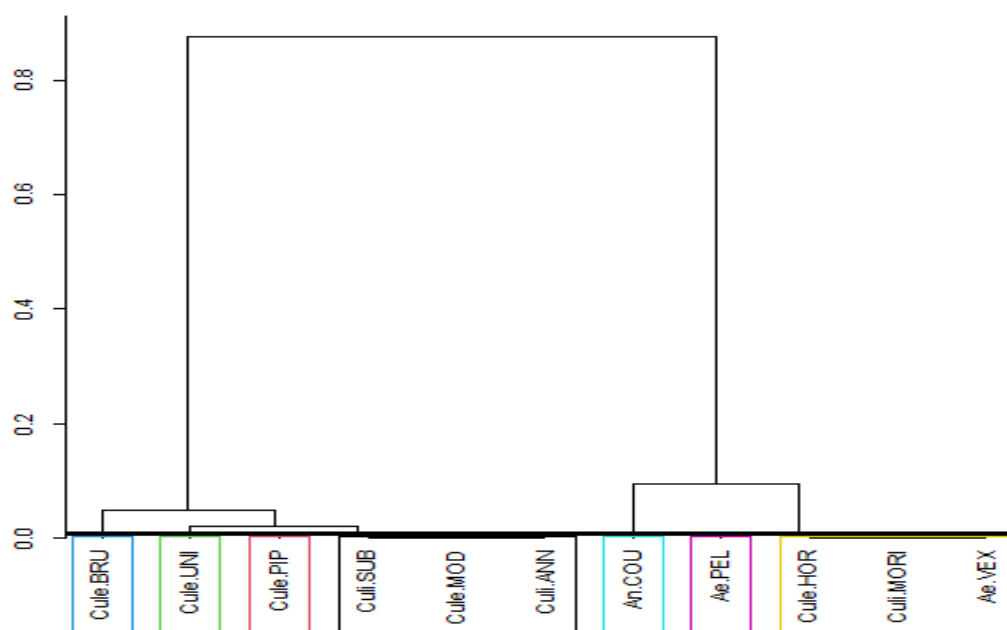


Figure 35: Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées selon les quatre stations d'études.

### 3.1.4. Présentation des espèces de Culicidae inventoriées

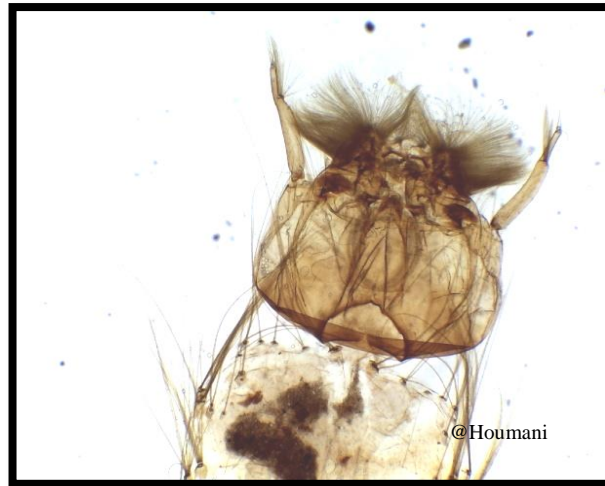
#### 3.1.4.1. *Culex pipiens* Linnaeus 1758

##### Position systématique de l'espèce

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Infra-Ordre</b>	Nematocera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	Culex
<b>Espèce</b>	<i>Culex pipiens</i> Linnée 1758

**Description de l'espèce:** C'est une espèce multivoltine, très abondante, pendant les mois d'été et d'automne, est actuellement considéré comme une espèce plastique, présentant deux formes: la forme *pipiens*, ornithophile, anautogène, eurygame et rurale, à diapause au stade imaginal, et la

forme *molestus*, anthropophile, autogène, sténogame et urbaine, à développement continu (homodynamique). Ces formes ne sont pas isolées génétiquement, et résulteraient plutôt d'une sélection écologique. *Culex pipiens* est une espèce largement représentée dans toute la région holarctique, dans la région afro-tropicale. Elle occupe les zones les plus fraîches (Ethiopie, Hauts plateaux malgaches...). Le complexe *Culex pipiens* présente un problème taxonomique, écologique, génétique, et évolutif de grand intérêt, non encore suffisamment étudié (**Mattingly, 1951; 1965; Miles & Paterson, 1979 in Urbanelli et al., 1980**). L'espèce est vectrice des virus West Nile et Sindbis responsable de la polyarthrite épidémique (fièvre de la Ross-River); elle est réceptive au virus Tahyna responsable de l'encéphalite de Californie et à *Dirofilaria immitis* (**Schaffner et al., 2001**). Elle a été infectée naturellement par le virus Bataï. Les œufs sont déposés à la surface de l'eau assemblés en barquettes de 240 à 340 œufs, 30 à 40 pour les autogènes. Les larves se développent dans des eaux très polluées par les matières organiques (fosse de drainage d'eaux usées, mare temporaire de la périphérie des villes...) On peut aussi les rencontrer dans des gîtes dont l'eau est fraîche et pure (**Bendali-Saoudi, 2006**). Les femelles piquent la nuit tous les vertébrés à sang chaud, elles prennent leurs repas surtout à l'intérieur des habitations (**Schaffner et al., 2001**). Les populations présentes dans les eaux polluées sont plutôt anthropophiles et autogènes alors que celles des eaux non polluées sont essentiellement ornithophiles. Dans le bassin méditerranéen les deux populations sont toujours associées, il semble cependant que la forme ornithophile soit dominante en altitude et dans les gîtes extérieurs non pollués. Ces larves apparaissent vers le milieu du printemps et disparaissent aux premières gelées. Les larves de cette espèce se caractérisent par des antennes longues (**Figure 36 & 37**) et la position de la soie 3-A à proximité de la soie antennaire 4-A. Le mentum contient 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane (**Figure 38**). Le nombre, la forme, la taille et la disposition des diverses soies céphaliques et antennaires fournissent des renseignements pour l'identification de l'espèce. La dent distale du peigne siphonal est formée de 3 à 5 denticules basaux et l'indice (longueur/largeur) du siphon est de 4,6 à 5,9 (**Figure 39 & 40**) et les écailles du 8<sup>ième</sup> segment sont toutes sans épine médiane (**Figure 41**). Le complexe *Culex pipiens* ayant des caractéristiques biologiques très variées, il représente une variabilité morphologique et génétique très importante (**Harbach et al., 1995**).



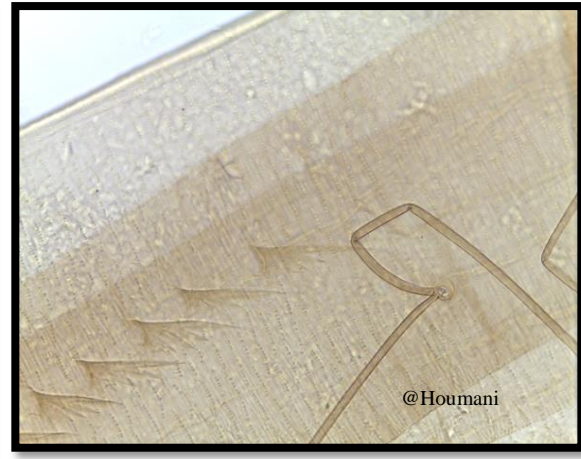
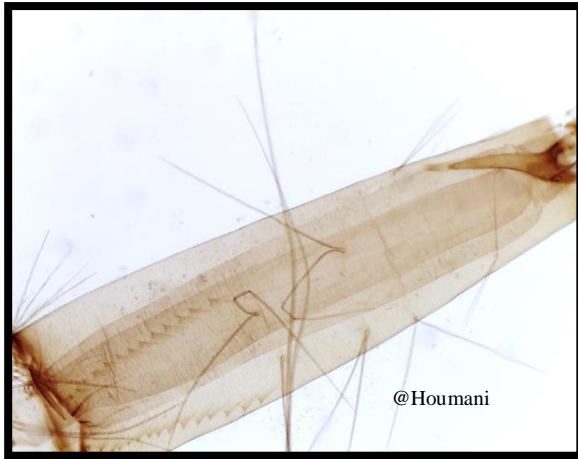
**Figure 36:** Morphologie générale de la tête chez *Culex pipiens* (G.X4).



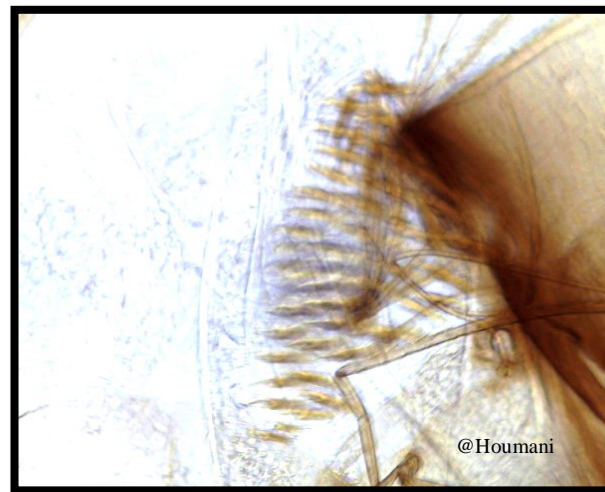
**Figure 37:** Structure morphologique de L'antenne (G.X40).



**Figure 38:** Mentum de *Culex pipiens* (G.X40).



**Figure 39:** Siphon de *Culex pipiens* (G.X10). **Figure 40:** Soie céphalique de *Culex pipiens*. (G.X40).



**Figure 41:** Peigne de huitième segment de *Culex pipiens* (G.X40).

### 3.1.4.2. *Culex hortensis* Ficalbi 1889

#### Position systématique de l'espèce

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Infra-Ordre</b>	Nematocera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	<i>Culex</i>
<b>Espèce</b>	<i>Culex hortensis</i> Ficalbi 1889

**Description de l'espèce:** C'est une espèce multivoltine et sténogame, les larves sont présentes du milieu du printemps jusqu'en automne, elles disparaissent aux premières gelées. Cette espèce est largement répandue dans tout le pourtour méditerranéen et plus largement des Canaries à l'Inde. Elle est présente au Maghreb et peut atteindre 3000m d'altitude. L'espèce n'a jamais été impliquée dans la transmission de parasitoses humaines (**Schaffner et al., 2001**). Pendant l'hiver les femelles se réfugient dans les grottes, les caves ou les ruines, ou elles trouvent une température stable et l'humidité qui leur convient, pas dans les étables. Les œufs sont pondus en nacelle de 300 œufs environ, déposés souvent sur les bords du gîte ou sur une feuille flottant à la surface de l'eau. Les femelles ne piquent pas les mammifères; elles se nourrissent par contre très volontiers sur batraciens et reptiles. Cette espèce colonise différents milieux, aussi bien ruraux qu'urbains. Elle se développe généralement dans de petites collections d'eau douce et propre, naturelles ou artificielles, souvent en association avec *Culex pipiens*; *Culiseta longiareolata* ou *Culesita annulata*. Les gîtes larvaires sont très variés. Les larves peuvent en effet se développer dans de petits gîtes dépourvus de végétation (Creux de rocher, abreuvoir cimenté, flaque dans le lit de torrent) ou dans des gîtes encombrés de végétation (Bords de mares, drains). L'eau de ces gîtes peut être limpide ou riche en matière organique elle généralement douce, ensoleillé et stagnante. Les critères d'identification les plus importants sont: un siphon long et mince est avec, plus de 11 ou 12 touffes subventrales, **Senevet & Andarelli (1959)**; **Brunhes et al., (1999)** et **Himmi et al., (1995)** rapportent que cette espèce est morphologiquement très proche de *Culex deserticola*,

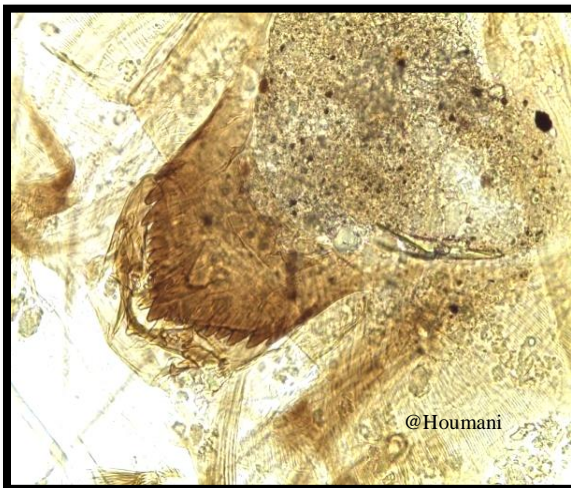
elle se distingue par son siphon respiratoire long et mince et son épine subapicale S-2 doublée en crochet (Figure 42 & 43 ), le mentum de la larve est formé de moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane (Figure 44); la dent distale du peigne siphonal est constituée plus de 5 denticules basaux (Figure 45 ) (Brunhes *et al.*, 1999).



**Figure 42:** Epine sub-apical du siphon en Crochet (G.X40).



**Figure 43:** Touffes basales du siphon. (G.X10)



**Figure 44:** Mentum de *Culex hortensis*. (G.X40).



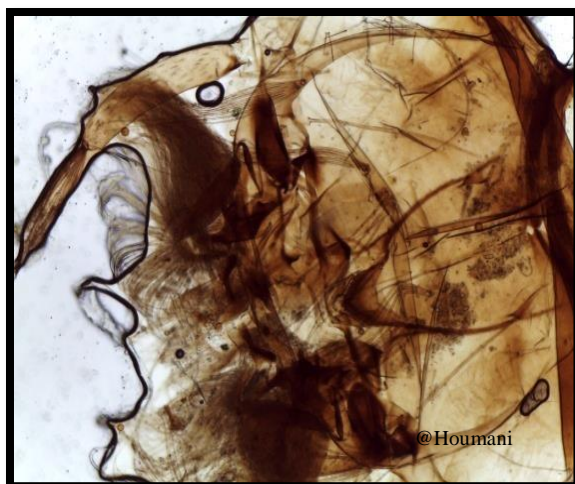
**Figure 45:** Peigne de VIII éme segment de *Culex hortensis* (G.X100).

### 3.1.4.3. *Culex univittatus* Theobld 1903

#### Position systématique de l'espèce

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Infra-Ordre</b>	Nematocera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	<i>Culex</i>
<b>Espèce</b>	<i>Culex univittatus</i> Theobld 1903

**Description de l'espèce:** L'aire de répartition de cette espèce comprend les zones arides de l'Afrique du Nord jusqu'en Egypte de l'Est ainsi que l'Asie du Sud-ouest, il est également présent dans quelques pays de l'Europe Méditerranéenne. En Egypte et dans plusieurs pays du Moyen Orient, cette espèce transmet le virus West Nile ainsi que le virus Sindbis (**Brunhes *et al.*, 2001**). Les femelles semblent se nourrir essentiellement sur les oiseaux, il leur arrive cependant de pénétrer dans les maisons et de piquer l'homme pendant la nuit. Nous avons trouvé cette espèce associée à plusieurs espèces de Culicidae tel que *Culex pipiens*, *Culex pipiens molestus* et *Culiseta longiareolata* dans plus de deux gîtes. La tête de la larve est caractérisée par un mentum de 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane (**Figure 46 & 47**). Le siphon est la structure principale de l'identification systématique. Il est formé de soies ventrales et de deux touffes de soies latérales sur la partie apicale; l'apex non dilaté; les soies basales sont aussi longues que large; les touffes ventrales sont courtes; les denticules des dents du peigne sont réduites, comme il existe une dent au-delà de la touffe siphonique (**Figure 48 & 49**).



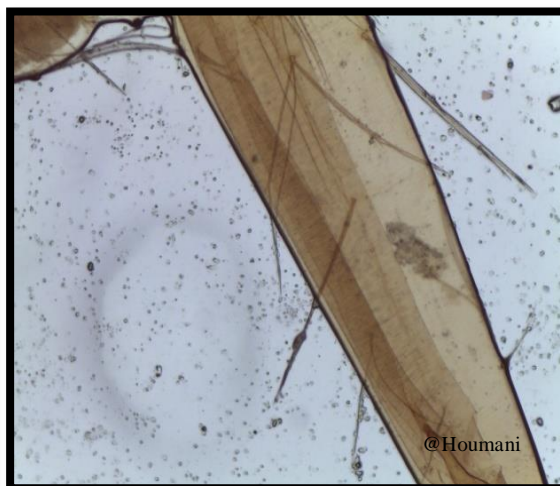
**Figure 46:** Tête de *Culex univittatus*.  
(G.X40).



**Figure 47:** Soies antennaire de *Culex univittatus*.  
(G.X40).



**Figure 48:** Siphon de *Culex univittatus*.  
(G.X4).



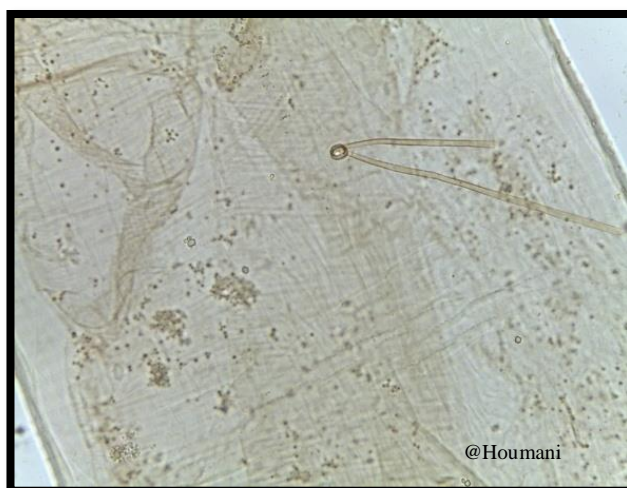
**Figure 49:** Présente de touffes latérales.  
(G.X10).

### 3.1.4.4. *Culex brumpti* Galliard 1931

#### Position systématique de l'espèce

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Infra-Ordre</b>	Nematocera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	<i>Culex</i>
<b>Espèce</b>	<i>Culex brumpti</i> Galliard 1931

**Description de l'espèce:** C'est une espèce qui a été retrouvée en Sardaigne par **Aitkenen, 1954**. Cette espèce n'a pas été impliquée dans la transmission de parasitoses humaines. Les larves de *Culex brumpti* se développent dans de petites flaques résiduelles qui jalonnent les bords des torrents de montagne. La larve de cette espèce a des soies subapicales de l'antenne rapprochées; l'épine préclypéale épaisse jusqu'à l'apex; les soies frontales portent plusieurs branches; le mentum moins se constitue de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane. Au niveau du VIII segment abdominale forme un triangle formé d'écaille et d'épines. Présence d'une touffe latérale sur le siphon (**Figure 50**). Le peigne est formé de 10 à 11 denticules sur les dents. Les soies siphoniques basales ayant une longueur égale à la largeur du siphon. L'épine subapicale du siphon est courte. La nymphe de cette espèce est inconnue. La femelle est de grande taille, le labium est dépourvu d'anneau et présence d'une soie mésépimérale inférieure. Autour des yeux se trouve une mince bordure d'écailles blanches. La sternopleure porte des écailles préalaires. Les pattes sont non annelées de blanc. Le coxa de la patte 1 porte, une large majorité d'écailles claires. La longueur du tibia est égale à celle du tarsomère TI, ce dernier est sombre et le tibia porte un anneau apical clair. Le Fémur de la deuxième patte porte des écailles claires et sombres mêlées. La base du fémur de la troisième patte est sombre.



**Figure 50:** Touffe latérale de siphon de *Culex brumpti* (G.X40).

#### 3.1.4.5. *Culex modestus* Ficalbi 1890

##### Position systématique de l'espèce

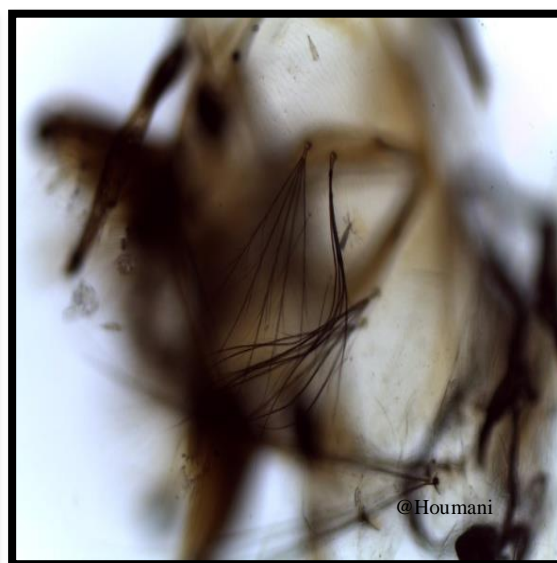
<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Infra-Ordre</b>	Nematocera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	Culex
<b>Espèce</b>	<i>Culex modestus</i> Ficalbi 1890

**Description de l'espèce:** L'espèce est autogène. D'après **Brunhes et al., (1999)** *Culex modestus* est une espèce largement représentée dans l'Afrique méditerranéenne elle a été signalée dans tout le Maghreb, mais sa présence y est toujours discrète, au proche Orient, en Russie méridionale ; à l'Est, on la trouve jusqu'au Cachemire. Cette espèce a été signalée au Sud de l'Algérie en **1924** par **Seguy** et au Maroc en **1930**, sans beaucoup de précisions. *Culex modestus* présente un intérêt épidémiologique, de premier plan depuis qu'on connaît son rôle vecteur du virus West Nile. En France, elle a été impliquée dans la transmission du virus Tahyna et de la Myxomatose. Les larves de cette espèce colonisent les marais semi-permanente d'eau

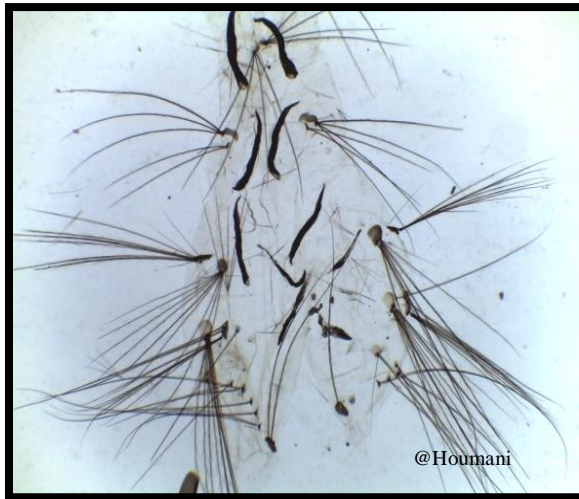
douce ou légèrement salée dans les canaux d'irrigation, les marécages et les rizières (Brunhes *et al.*, 2001). Ces gîtes sont généralement très ensoleillés et colonisés par la végétation. Elles sont agressives envers l'humain. Les femelles hivernent dans la végétation et reprennent leur activité dès le printemps jusqu'à l'automne, elle marque une absence pendant le mois d'août, alors que dans les mois froid elles disparaissent. La larve de *Culex modestus* se distingue par son siphon long et ses soies prothoracique 8-P formées de plusieurs branches. Au niveau de la tête l'insertion de la soie antennaire 3-A est à proximité de la soie 4-A, l'épine préclypeale 1-C est mince et effilée jusqu'à l'apex (Figure 51). Le mentum est formé de 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane et les soies céphaliques 5-C et 6-C porte 4 branches ou plus (Figure 52 & 53). Au niveau de l'abdomen le VIII<sup>ème</sup> segment est formé d'écaille toute sans épines médiane et disposées en désordre. Cette espèce possède un siphon respiratoire à bord droit (Figure 54), ce dernier porte uniquement des soies ventrales au nombre de 7 paires de touffes ou plus, dont la soie I-S du siphon est positionnée au-delà de la dent distale (Figure 55) du peigne du siphon, cette dernière est composée de 3 à 5 denticules basaux. L'épine subapicale 2-S du siphon est courte.



**Figure 51:** Tête de *Culex modestus*.  
(G.X4).



**Figure 52:** Soies céphalique de *Culex modestus* (G.X10).



**Figure 53:** Soies thoracique de *Culex modestus* (G.X40).



**Figure 54:** Siphon de *Culex modestus* (G.X4).



**Figure 55:** Peigne de 8<sup>ème</sup> segment de *Culex modestus* (G.X10).

### 3.1.4.6. *Culiseta subochrea* Edwards 1921

#### Position systématique de l'espèce

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Infra-Ordre</b>	Nematocera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	<i>Culiseta</i>
<b>Espèce</b>	<i>Culiseta subochrea</i> Edwards 1921

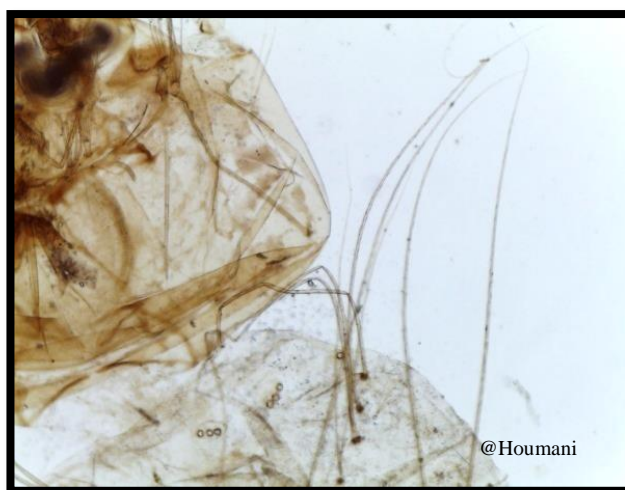
**Description de l'espèce:** *Culiseta* à pour synonymes *Theobaldia annulata* var. *subochrea* Edwards (1921) et *Culex penetrans*; *Culiseta subochrea* se répartie en Algérie, au Maroc, en Egypte et en Tunisie (Brunhes, 1999). Elle a été signalée en Algérie par Seguy en 1924 ou les larves sont à l'origine de Ténès et Mitidja (Senevet & Andrelli, 1959). Cette espèce n'a pas été impliquée dans la transmission de parasitoses humaines. Les larves se développent dans les fossés bordant les routes, dans les mares forestiers dans les gîtes où l'eau est généralement douce peu chargée de matière organiques, mais elles peuvent également supporter les eaux saumâtres (Brunhes *et al.*, 1999). Chez la larve les dents du peigne siphonal sont implantés en rangée régulière et la distance entre les soies céphaliques D est plus courte que celle des soies CC (Figure 56; 57 & 58).



**Figure 56:** Siphon de *Culiseta subochrea* (G.X10).



**Figure 57:** Implantation des dents du peigne (G.X10).



**Figure 58:** Soies du groupe pleurale pro thoracique de *Culiseta subochrea* (G.X10).

### 3.1.4.7. *Culiseta annulata* Schrank 1776

#### Position systématique de l'espèce

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Infra-Ordre</b>	Nematocera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	<i>Culiseta</i>
<b>Espèce</b>	<i>Culiseta annulata</i> Schrank 1776

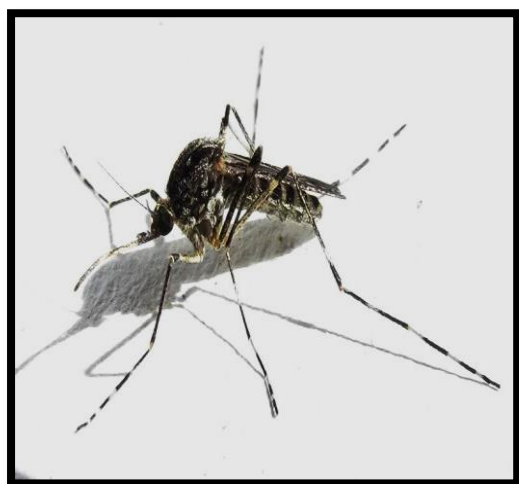
**Description de l'espèce:** Cette espèce est multivoltine. L'espèce *Culiseta annulata* est présente dans toute l'Europe. Dans les régions septentrionales jusqu'à la Méditerranée. Elle a été aussi signalée dans les pays du Maghreb où elle se rencontre le plus souvent en altitude (**Brunhes et al., 1999**). *Culiseta annulata* a été impliqué dans la transmission du virus de la Myxomatose et de *Plasmodium* d'oiseaux. C'est également un vecteur possible du virus *Tahyna* (**Schaffner et al., 2001**). Elle se développe dans de très nombreux gîtes qui peuvent être naturels (mare riche en matière organique, prairie inondée, fossé, bord de rivière) ou artificiels (bassin dont l'eau est polluée, citerne, pneu). Les femelles piquent tous les vertébrés à sang chaud, mais avec une préférence pour les oiseaux. Elles sont de mœurs plutôt nocturnes et n'hésitent pas à pénétrer dans les habitations et les étables, pour prendre leur repas de sang. Chez la larve de cette espèce, au niveau de la tête, les soies céphaliques DD sont écartées plus que les soies CC. Les antennes sont courtes, le peigne siphonal contient plus de soies que d'épines qui sont implantées en rangier régulière (**Figure 59; 60 & 61**).



**Figure 59:** Larve de *Culiseta annulata* (G.X4).



**Figure 60:** Siphon de *Culiseta annulata* (G.X10).



**A**



**B**

**Figure 61:** Adultes de *Culiseta annulata* (Anonyme 10) (G.X4).

**A:** Femelle.

**B:** Mâle.

### 3.1.4.8. *Culiseta morsitans* Theobald 1901

#### Position systématique de l'espèce

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Infra-Ordre</b>	Nematocera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	<i>Culiseta</i>
<b>Espèce</b>	<i>Culiseta morsitans</i> Theobald 1901

**Description de l'espèce:** Est univoltine 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, les régions basses, mais pas obligatoirement littorales de l'Europe occidentale et de la Méditerranée. Elle est signalée en Algérie et au Maroc. Elle 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 spéculées avec des soies bien visibles (**Figure 62**). Le siphon est long ( $L/l > 3$ ) (**Figure 63**), La selle est complète, plus longue que large et non spéculée sur son bord distal (**Figure 64**). Le peigne ne dépassant pas la moitié, les dents basales sont très denticulées (**Figure 65**), alors que les dents distales sont lisses; absence d'une paire de soies en plumet à l'apex; la longueur de la touffe siphonale est importante ( $> 0.4$  celle du siphon) (**Schaffner et al., 2001**).



**Figure 62:** Antenne de *Culiseta morsitans*. (G.X10).



**Figure 63:** Aspect générale du siphon de *Culiseta morsitans* (G.X4).



**Figure 64:** La touffe antennaire de *Culiseta morsitans* (G.X40).



**Figure 65:** Dent basale du peigne siphonale de *Culiseta morsitans* (Anonyme 11) (G.X40).

### 3.1.4.9. *Aedes pullatus* Coquillett 1904

#### Position systématique de l'espèce

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Infra-Ordre</b>	Nematocera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	<i>Aedes</i>
<b>Espèce</b>	<i>Aedes pullatus</i> Coquillett 1904

**Description de l'espèce:** L'espèce est univoltine, elle passe l'hiver à l'état d'œuf et elle n'a aucun intérêt médical. C'est un moustique holarctique montagnard, *Aedes pullatus* a été cité une fois, et avec réserves, dans le Haut Atlas marocain. Cette espèce a été observée jusqu'à 2000 m d'altitude en France. La présence d' *Aedes pullatus* en Afrique méditerranéenne est hautement improbable. En zone holarctique, les œufs se rencontrent au printemps dans les mares de fonte des neiges ou dans les tourbières. Leur développement est lent et les émergences ont lieu à la fin du printemps et jusqu'au début de l'été. Les adultes peuvent être localement abondants. Dans les zones boisées, les femelles piquent toute la journée. Le thorax orné de 2 bandes sombres (dépourvue d'écaillés jaunes) et, chez le mâle, la forme des claspettes, permettent d'identifier cette espèce. Chez la larve les antennes portent des soies en touffe, le peigne siphonal contient des épines implantées régulièrement; la touffe siphonale se situe au 1/3 basal (**Figure 66**). Le peigne du 8ème segment est formé de 36 à 48 écailles (**Figure 67**) (**Schaffner et al., 2001**).



**Figure 66:** Peigne de VIII éme segment d'*Aedes pullatus* (G.X40).



**Figure 67:** Touffe siphonale d'*Aedes pullatus*. (G.X10).

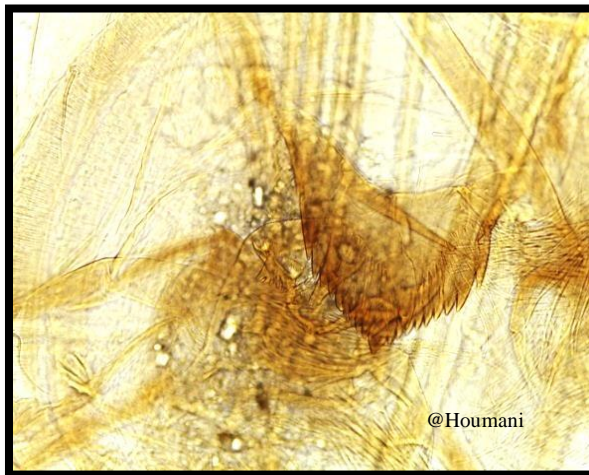
### 3.1.4.10. *Aedes vexans* Meigen 1830

#### Position systématique de l'espèce

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Infra-Ordre</b>	Nematocera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	<i>Aedes</i>
<b>Espèce</b>	<i>Aedes vexans</i> Meigen 1830

**Description de l'espèce:** *Aedes vexans* est multivoltine, à distribution néarctique et paléarctique orientale et australienne. Elle est également signalée sur la côte Est de l'Afrique. Elle est également très largement répandue de par le monde et l'Europe (Midi de la France, Italie, Espagne); Asie mineure, Aden, sud du Canada et l'ensemble des Etats-Unis excepté Hawaii. En Afrique du Nord, elle a été signalée au Maghreb (Algérie; Tunisie & Maroc) où elle atteint sa limite méridionale. L'espèce *Aedes vexans* est l'une des espèces du genre *Aedes* très agressive, parfois très abondante et la plus largement réponsus dans le monde. Elle présente le vecteur principale du virus *Tahyna*, ce moustique est responsable au Printemps, d'une forte

nuisance dans les zones marécageuse et au bord des rivières. Le cycle de développement est rapide, il dure de 4 à 25 jours selon la température et l'abondance de nourriture. Les œufs sont pondus sur la vase humide, des mares partiellement asséchées. Après une incubation de 4 à 10 jours, les œufs peuvent rester à sec pendant plusieurs années. Si les conditions de température et d'éclairement sont favorables, ils éclosent de façon synchrone lors de la remise en eau. Les œufs résistent également au gel. Les larves se développent généralement, en grande quantité dans de nombreux gîtes temporaire, petits ou grands, avec ou sans végétation. Chez la larve de cette espèce la tête trapézoïdale, plus large que longue. Les antennes courtes (la moitié de la tête) et plus pigmentées sur la partie distale. L'ornementation du tégument de l'antenne est nettement spéculée. La touffe antennaire basale est formée d'au moins 3 branches. Les soies céphaliques B & C sont formées de 2 soies. Le peigne du segment VIII ième abdominale, est formé de 10 à 22 écailles avec une dent médiane. Les écailles sont irrégulièrement disposées sur un ou deux rangs. Le peigne du siphon formé d'une vingtaine de dents disposées en deux lignes courbées, formant des parenthèses; une à trois dents distales acérées et incurvées nettement séparées du groupe proximal. La touffe siphonique grêle et courte insérée au-delà de la dernière épine du peigne. Le bord dorsal et la face latérale du siphon sont dépourvus de soies. La selle est incomplète (**Figure 68 & 69**).



**Figure 68:** Mentum *d'Aedes vexans* (G.X40).

**Figure 69:** Le segment anal *d'Aedes vexans*.

### 3.1.4.11. *Anopheles coustani* Laveran 1900

#### Position systématique de l'espèce

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Infra-Ordre</b>	Nematocera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	<i>Anopheles</i>
<b>Espèce</b>	<i>Anopheles coustani</i> Laveran 1900

**Description de l'espèce:** *An. coustani* est une espèce considérée comme essentiellement zoophile. Elle est peu anthropophile, de faible longévité, n'est pas considérée comme un vecteur efficace du Paludisme ou de la filaire de Bancroft. Bien que la transmission expérimentale de *Wuchereria bancrofti* ait été réalisée en laboratoire. Les arbovirus Wesselsbron et Chikungunya au Sénégal, Pongola en Côte d'Ivoire et Somone au Kenya ont été isolés de cet anophèle. Les gîtes préférentiels de cette espèce sont les collections d'eau claire contenant de la végétation flottante ou dressée. La température de l'eau est comprise entre 19 et 33 °C. On la rencontre au niveau des Marais, aux bords de cours d'eau, rizières, fossés et dépressions inondables qui présentent les principaux gîtes rencontrés. Les femelles d'*Anopheles coustani* sont opportunistes et piquent volontiers l'Homme en l'absence d'hôtes alternatifs. Elles marquent cependant, en milieu domestique, une nette préférence pour les bovins, les ovins les porcins et parfois les volailles. D'une manière générale, les femelles de cette espèce manifestent une forte activité au crépuscule et pendant la première moitié de la nuit. En forêt, qui constitue un milieu sombre et humide, elles sont agressives pendant toute la nuit et même parfois pendant le jour. La tête de la larve est d'une pigmentation caractéristique (**Figure 70**). Les soies clypéales antéro-internes sont simples et rapprochées, alors que les soies clypéales antéro externes sont courtes et ramifiées. L'antenne présente des spicules pointus et la soie antennaire formée de 6 branches est forte, insérée au 1/3 basal (**Figure 71**). Les soies palmées sur les segments II et III sont rudimentaires. Présence de plaques accessoires sur l'abdomen. Le peigne à dents courtes.



**Figure 70:** Tête d'*Anopheles coustani* (G.X40). **Figure 71:** Touffe antennaire d'*Anopheles coustani* (G.X100).

### 3.2. Inventaire et étude systématique de la faune associée

Le Tableau (11) et la **Figure (72)** résument les résultats de l'identification systématiques des différents groupes de la faune des macroinvertébrés récoltés. Les résultats font état de la récolte de 2 861 individus qui ont été inventoriées et sont réparties dans 9 familles: Naucoridae (Nau: 6,2%), Hydrophilidae (Hyd: 18,8%), Notonectidae (Not: 6,2%), Pleidae (Ple: 6,2%), Corexidae (Cor: 6,2%), Eylaidae (Eyl: 6,2%), Pionidae (Pio: 12,5%), Daphnidae (Dap: 25,5%) et Copepoda (Cop: 12,2%). Les Cladocères sont les plus abondants avec 2 465 individus, suivis par les Hémiptères (167 individus), ensuite les Coléoptères (130 individus) et enfin les Hydracariens (99 individus).

**Tableau 11:** Richesse totale des espèces de La faune associée récoltées au niveau de la région d' Echatt (Janvier 2019- Décembre 2019).

Groupes	Familles	Espèces	Effectifs	Stations			
				S1	S2	S3	S4
Coleoptera Linnaeus 1775	Naucoridae Leach 1815	<i>Naucoris maculatus</i> Fabricius 1798	24	15	03	06	/
	Hydrophilidae Latreille 1802	<i>Berosus luridus</i> Linnaeus 1761	08	05	/	03	/
		<i>Berosus affinis</i> Brullé 1835	81	52	07	18	04
<i>Hydroporus palustris</i> Linnaeus 1761		17	14	/	01	02	
Hemiptera Linnaeus 1775	Notonectidae Latreille 1802	<i>Notonecta glauca</i> Latreille 1802	95	75	07	02	11
	Pleidae Fieber 1851	<i>Plea minutissima</i> Leach 1817	59	41	03	07	08
	Corexidae Leach 1815	<i>Corixa punctata</i> Illiger 1807	13	02	01	10	/
Acari Leach 1817	Eylaidae LEACH 1815	<i>Eylais hamata</i> Koenike 1897	26	11	12	/	03
	Pionidae Thor 1900	<i>Piona nodata</i> Müller 1781	07	02	/	01	04
		<i>Piona uncata</i> Koenike 1888	66	25	23	06	12
Cladocera Latreille 1829	Daphnidae Straus 1820	<i>Daphnia magna</i> Straus 1820	532	231	162	86	53
		<i>Daphnia similis</i> Claus 1876	273	188	48	20	17
		<i>Simocephalus vetulus</i> Müller 1776	76	53	12	08	03
		<i>Simocephalus expinosus</i> Koch 1841	692	301	168	147	76
	Copepoda	<i>Cyclops fuscus</i> Jurine 1820	434	188	86	115	45
<i>Canalis gracilis</i> Gurney 1927		458	131	113	121	93	

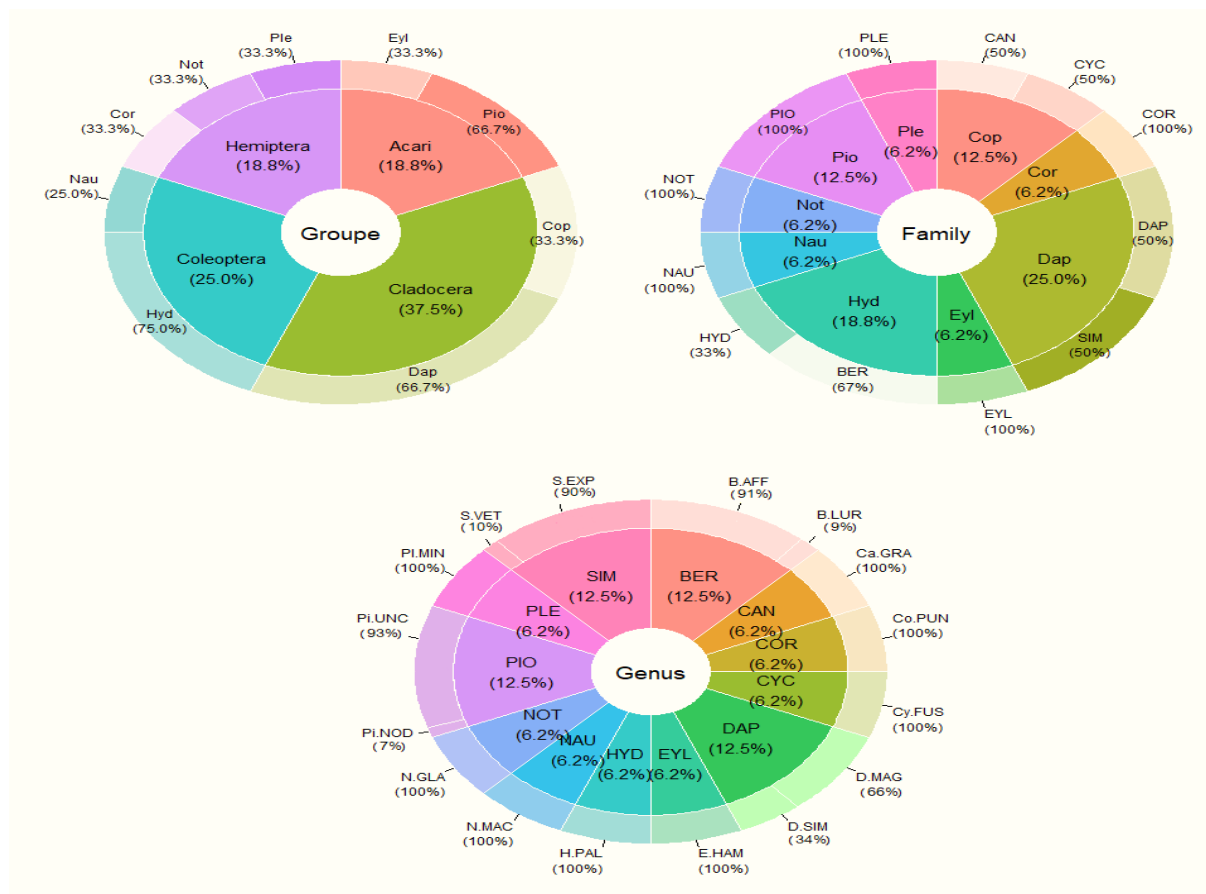


Figure 72: Répartition de la faune identifiée par groupe; famille; genre et espèce.

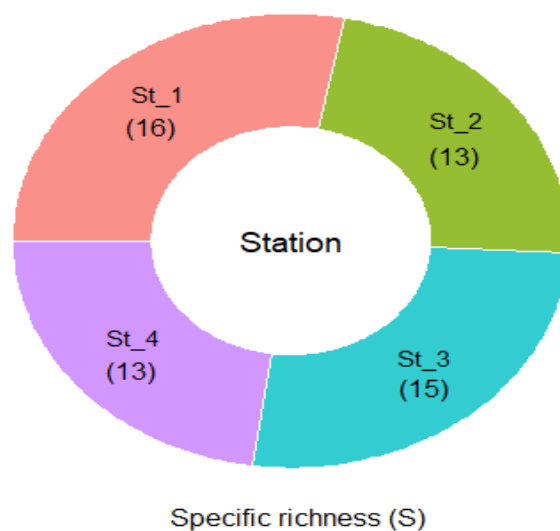
### 3.2.1. Indices écologiques

#### 3.2.1.1. Indices de composition

**Composition spatiale:** Le Tableau (12) et la Figure (73) font ressortir la richesse totale, qui varie en fonction des stations. Elle est importante au niveau de la première station avec 16 espèces, et plus faible au niveau de la deuxième et quatrième station avec 13 espèces. Concernant le nombre total d'individus et la richesse moyenne, la station 1 marque aussi une valeur supérieure avec respectivement 1 334 individus et 111,16. Cependant une valeur minimale a été enregistrée au niveau de la station 4 avec respectivement 331 et 27,58.

**Tableau 12:** Indice de diversité de Schanon - Weaver (H'). Indice de diversité maximale (H' max). Indice d'équirépartition (E) de la faune associée dans les 4 stations d'étude.

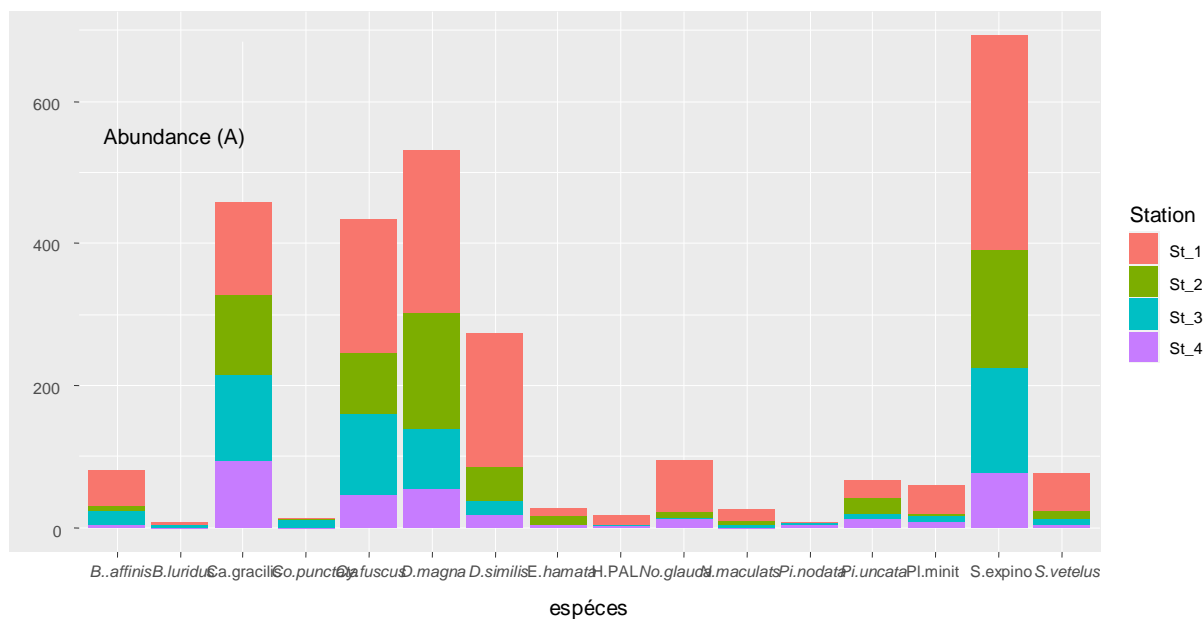
Station	S	H	D	J
St_1	16	2.196	0.861	0.311
St_2	13	1.904	0.814	0.317
St_3	15	1.878	0.807	0.298
St_4	13	1.957	0.818	0.319



**Figure 73:** Richesse spécifique des espèces de la faune macrobenthique au niveau des quatre stations.

**Abondance relative ou fréquence centésimale par station:** En ce qui concerne l'abondance relative de la faune macrobenthique au niveau du lac, l'espèce *Simocephalus expinosus* se situe en première position avec 692 individus, soit 24,18%. En deuxième lieu se positionne *Daphnia magna* avec 532 individus, soit 18,59% et en troisième position *Canalis gracilis* avec 458 individus, soit 16%. En ce qui concerne les autres espèces, leur abondance relative est variable d'une espèce à une autre et se situe entre 0,24 – 15,16%.

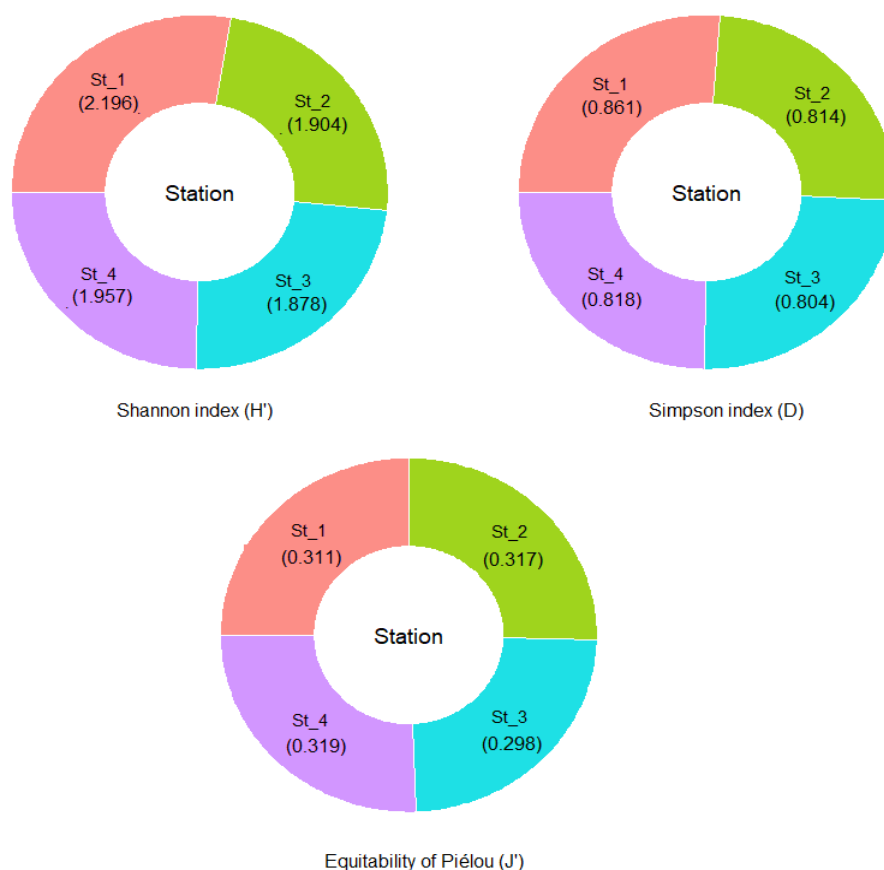
Toutes les espèces récoltées appartiennent à la même catégorie (Accidentelles) à l'exception de l'espèce *Simocephalus expinosus* qui est d'une catégorie différente (Accessoire) (**Figure 74**).



**Figure 74:** Abondance relative des espèces inventoriées dans les trois stations et pendant les quatre stations.

### 3.2.1.2. Indice de structure

**Indice de diversité et équitabilité:** L'échantillonnage mensuel pendant une année, nous a permis de récolter un effectif de 2 861 individus à partir des différentes stations établies. La richesse totale était importante avec 16 espèces. Les résultats mentionnés dans le Tableau (12), présente les valeurs de l'indice de diversité de Shannon & Weaver ( $H'$ ), de la diversité maximale ( $H'$  max) et de l'équirépartition ( $E$ ). L'indice de diversité révèle des valeurs variant entre 1,878 pour la troisième station à 2,196 pour la première station qui est riche en espèces (16 espèces). En revanche, l'indice de Simpson calculé au niveau des quatre stations est varié de 0,80 - 0,86. La diversité calculée selon SIMPSON au niveau de différentes stations peut donc être considérée dans son ensemble comme forte dans les quatre stations. L'équitabilité permet de comparer les structures des peuplements, elle affiche des valeurs entre 0,298 et 0,319 dans les quatre stations, ces valeurs indiquent que les populations ne sont pas équilibrées (**Figure 75**).



**Figure 75:** Indices de structure de la faune macrobenthique inventoriés au niveau des quatre stations du lac Echatt (Janvier 2019 - Décembre 2019).

### 3.2.2. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

Nous avons appliqué l'AFC afin de pouvoir résumer et visualiser l'information du tableau de contingence [Densité de 16 espèces de la faune macobenthique (colonnes) X stations (ligne)] et [Densité de 16 espèces de la faune macobenthique (colonnes) X saisons (ligne)]. Les résultats exprimés par le plan factoriel Dim1 vs Dim2 pour les deux facteurs "Stations", "Saisons" (**Figure 76 & 77**).

#### 3.2.2.1. Répartition saisonnière

Les dimensions 1 et 2 expliquent environ 41,8% et 58,4% de l'inertie totale, respectivement. Cela correspond à un total cumulé de 99,4% de l'inertie totale retenue par ces 2 dimensions.

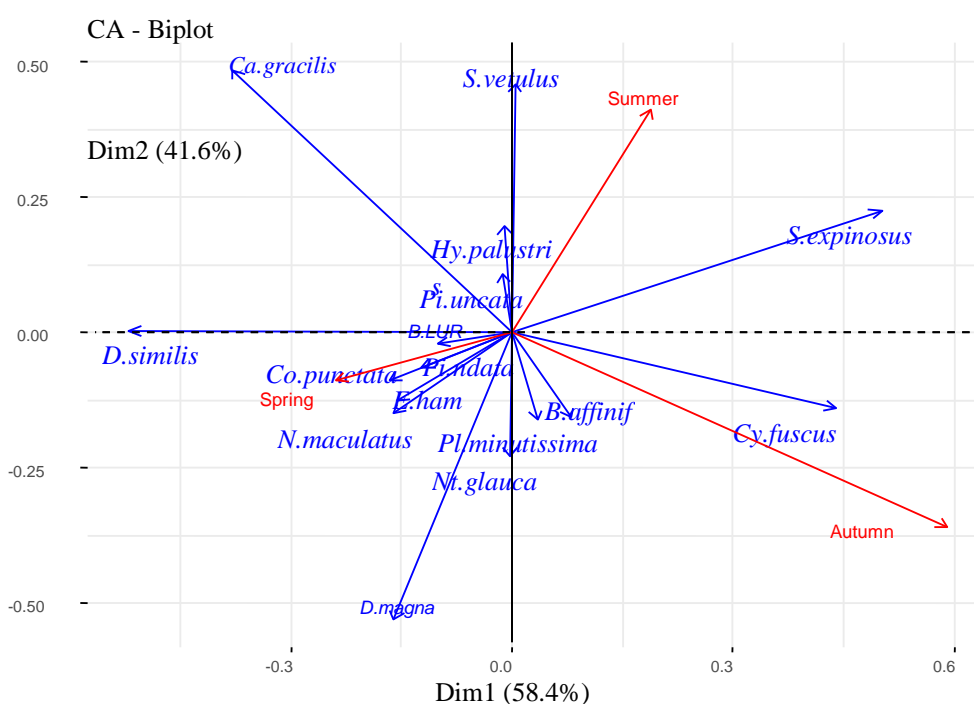
En effet, la figure 7 indique que les espèces: *Daphnia similis* (*D.similis*), *Canalis gracilis* (*Ca. gracilis*), *Simocephalus expinosus* (*S. expinosus*) et *Cyclops fuscus* (*Cy. fuscus*) ont une contribution importante du premier axe, ainsi, l'axe 1 est principalement défini par ces espèces. Tandis que les espèces ; *Canalis gracilis* (*Ca. gracilis*), *Simocephalus vetulus* (*S. vetulus*) et *Daphnia magna* (*D. magna*) ont une forte contribution du deuxième axe, donc l'axe 2 est principalement définie par ces espèces (**Figure76**). Cependant toutes les espèces ont une bonne qualité de représentation.

Les espèces: *Berosus luridus* (*B. luridus*), *Daphnia similis* (*D. similis*), *Piona nodata* (*Pi. nodata*), *Corixa punctata* (*Co .punctata*), *Naucoris maculatus* (*N. maculatus*) et *Eylais hamata* (*E. hamata*) sont associés le plus au Printemps.

Cependant les espèces: *Hydroporus palustris* (*Hy. palustris*), *Simocephalus vetulus* (*S. vetulus*), *Canalis gracilis* (*C. gracilis*) et *Piona uncata* (*Pi. uncata*) sont associés le plus aux deux saisons Été et Printemps.

Alors que les espèces: *Daphnia magna* (*D. magna*), *Berosus affinis* (*B. affinis*), *Notonecta glauca* (*No. glauca*) et *Plea minutissima* (*Pl. minutissima*) sont associés aux saisons Automne et Printemps.

Les espèces *Simocephalus expinosus* (*S. expinosus*) et *Cyclops fuscus* (*Cy. fuscus*) sont associées aux saisons Automne et d'Été (**Figure 76**).



**Figure 76:** Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces de la faune macrobenthique inventoriée pendant quatre saisons d'étude.

### 3.2.2.2. Répartition spatiale

Les dimensions 1 et 2 expliquent respectivement 64% et 21,8% de l'inertie totale. Cela correspond à un total cumulé de 85,8% de l'inertie totale retenue par ces 2 dimensions. En effet, le graphique de la Figure 8 montre que:

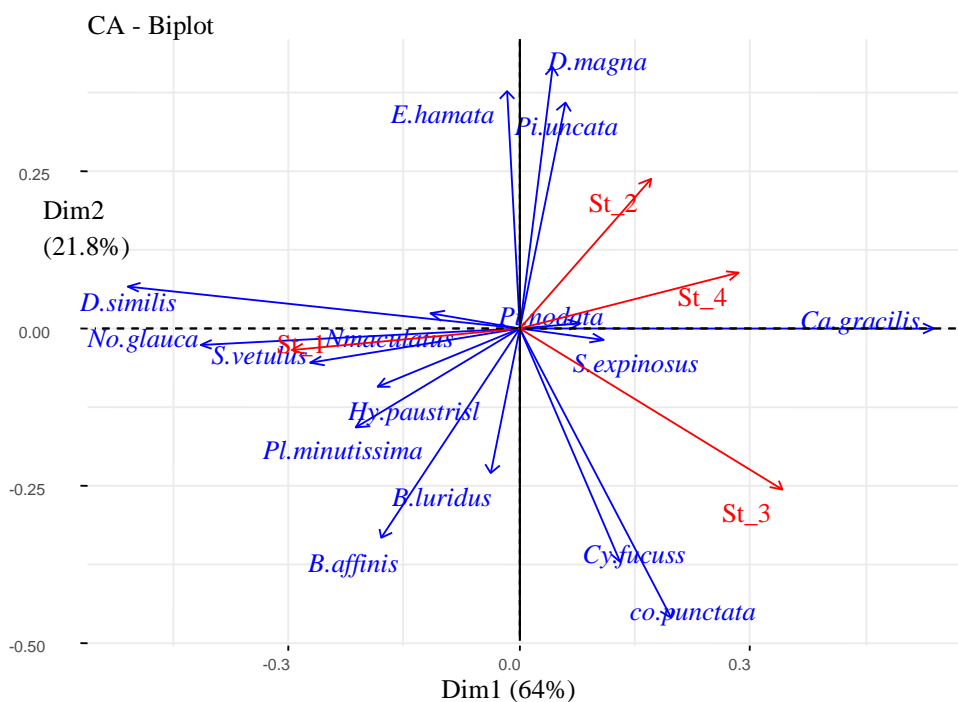
Les espèces: *Berosus affinis* (*B. affinis*), *Corixa punctata* (*Co. punctata*), *Cyclops fuscus* (*Cy. fuscus*), *Daphnia magna* (*D. magna*), *Eylais hamata* (*E. hamata*) et *Piona uncata* (*Pi. uncata*) ont une contribution importante du premier axe, ainsi, l'axe 1 est principalement définie par ces espèces. Tandis que les genres; *Notonecta glauca* (*No. glauca*), *Simocephalus vetulus* (*S. vetulus*), *Daphnia similis* (*D. similis*) et *Canalis gracilis* (*Ca. Gracilis*) ont une forte contribution de l'axe 2, donc l'axe 2 est principalement définie par ces espèces.

L'espèce *Piona nodata* (*Pi. nodata*) a une faible qualité de représentation ( $\cos^2 < 40\%$ ). Cependant, le reste des espèces ont une représentation qualitative (**Figure 77**).

Les espèces: *Plea minutissima* (*Pl. minutissima*), *Hydroporus palustris* (*Hy. palustris*), *Notonecta glauca* (*No. glauca*), *Berosus affinis* (*B. affinis*), *B. luridus*, *N. maulatus*, *S. vetulus*, *D. similis* sont associés le plus à la première station.

Les espèces: *Co. punctata* et *Ca. gracilis* sont associés le plus à la station 3, alors que l'espèce *Pi. nodata* est associée à la station 4.

Les espèces (*S. expinosus*, *D. magna*, *E. hamata* & *Pi. uncata*) sont associées aux stations 1 et 2. Tandis que l'espèce *Cy. fuscus* est associée aux stations 1 et 3.

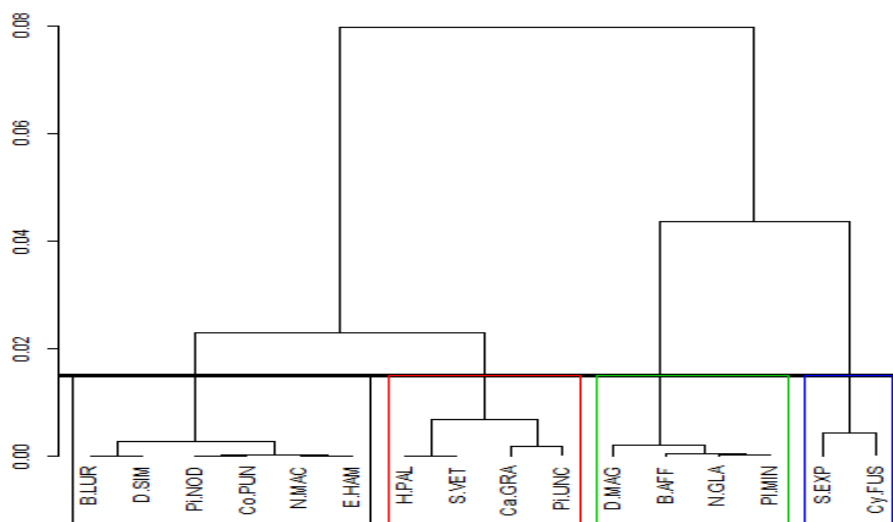


**Figure 77:** Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces de la faune macrobenthique inventoriée au niveau des quatre stations d'étude.

### 3.2.3. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

#### 3.2.3.1. Classification saisonnière

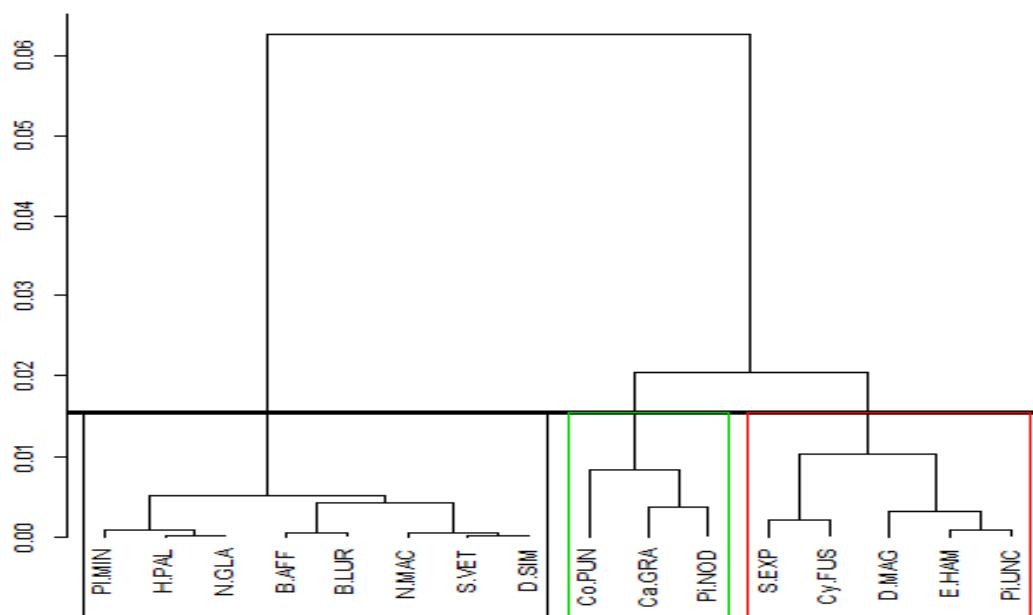
On constate que le dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique par saison indique que les 16 taxons se répartissent en 4 principaux groupes: dont le premier groupe est constitué par six taxons (*B. luridus*; *D. similis*; *Pi. nodata*; *Co. punctata*; *N. maculatus* & *E. hamata*). Le deuxième est constitué par quatre taxons (*Hy. Palustris*; *S.vetulus*; *Ca. gracilis* & *Pi. Uncata*), ainsi que le troisième (*D. magna*; *B. affinis*; *N. glauca* & *Pl. minutissima*) cependant le quatrième comporte deux taxons (*S. expinosus* & *Cy. Fuscus*) (Figure 78).



**Figure 78:** Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées selon les quatre saisons.

### 3.2.3.2. Classification spatiale

Le dendrogramme issu de la CAH appliquée aux taxons par station nous a permis d'obtenir trois groupes à répartition inégale des taxons. En effet le groupe 1 regroupe huit taxons (*Pl. minutissima*, *Hy. palustris*, *No. glauca*, *B. affinis*, *B. luridus*, *N. maculatus*, *S. vetulus* et *D. similis*), le groupe 2 regroupe trois taxons (*Co. punctata*, *Ca. gracilis* et *Pi. nodata*), le groupe 3 regroupe cinq taxons (*S. expinosus*, *Cy. fuscus*, *D. magna*, *E. hamata* et *Pi. uncata*) (**Figure 79**).



**Figure 79:** Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées selon les quatre stations d'études.

### 3.2.4. Présentation des espèces de la faune associée inventoriées

#### 3.2.4.1. *Eylais hamata* Koenike 1897

##### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Sous embranchement</b>	Chelicerata
<b>Classe</b>	Arachnida
<b>Sous classe</b>	Acari
<b>Ordre</b>	Trombidiformes
<b>Sous ordre</b>	Prostigmata
<b>Famille</b>	Eylaidae
<b>Genre</b>	EylaisLatreille 1796
<b>Espèce</b>	<i>Eylais hamata</i> Koenike 1897

**Description de l'espèce:** C'est l'une des plus grandes espèces, dont la longueur du corps de la femelle varie entre 4-7 mm. Elle est ovoïde, de couleur rouge vif et dorso-ventralement aplati (**Figure 80**). Les femelles sont généralement volumineuses par rapport aux mâles, ainsi la longueur du pont oculaire chez le mâle est relativement inférieur à celle de la femelle. On retrouve les œufs dans une masse gélatineuse capable de fortement gonfler par absorption rapide de l'eau, déposée sur les plantes, leur forme est généralement sphérique et la couleur dépend de pigments; le plus souvent rouges ou orange (**Figure 81**). La larve est hexapode et de couleur rouge vif, avec deux paires d'yeux sur les côtés latéraux du corps (**Figure 82**). Sur le côté dorsal, on trouve les glandularia qui sont des plaquettes très fines et sans poils. Les quatre yeux sont portés sur deux capsules reliées entre elles par une carène chitineuses transversale, très longue et étroite ainsi appelée: pont oculaire. Les yeux latéraux sont rapprochés de la ligne médiane (**Figure 83**). Les coxa sont en forme de plaques longues et étroites disposées en quatre groupes dont les deux derniers sont étroitement liés. Chez l'adulte, le rostre peut saillant est bordé par une paire de pédipalpes souvent longues, articulés et progressivement effilés vers la fin, et sans griffes; ainsi qu'une paire de chélicères très petits et en courbés en bas. La première et la deuxième patte sont fortement développées avec un nombre limité de soies, seules les paires de pattes (I-II-III) sont garnies de soies natatoires. Sur le côté interne de la quatrième patte, on trouve des soies simples et épineuses, à l'extérieur se localisent les soies natatoires (**Figure 84 & 85**). La plaque génitale de la femelle est constituée de petites plaquettes parfois mal chitinisées portant des longues soies et dépourvue de ventouses. Chez le mâle, l'organe sexuel est formé par une paire de plaques chitineuses longues et étroites. Le genre *Eylais* colonise typiquement les eaux stagnantes, en particulier les différents étangs, mares et les fossés et les lacs côtiers. C'est l'une des plus grandes espèces d'hydracariens (**Peyrusse & Bertrand, 2001**).



**Figure 80:** Adulte d'*Eylais hamata*  
Koenike 1897(G.X10).



**Figure 81:** Les œufs d'*Eylais hamata*  
Koenike 1897(G.X150).



**Figure 82:** Phase ventrale d'*Eylais hamata*  
(G.X40).



**Figure 83:** Plaque oculaire d'*Eylais hamata*  
Koenike 1897 (G.X150).



**Figure 84:** Pattes d'*Eylais hamata* (G.X10).

**Figure 85:** Pattes d'*Eylais hamata* (G.X40).

### 3.2.4.2. *Piona uncata* Koenike 1888

#### Position systématique:

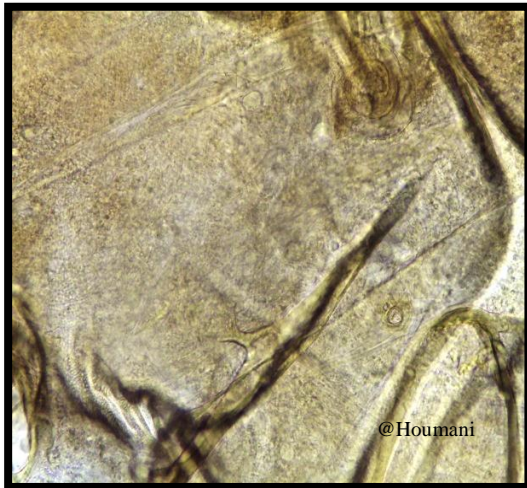
<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Sous embranchement</b>	Chelicerata
<b>Classe</b>	Arachnida
<b>Sous classe</b>	Acari
<b>Ordre</b>	Trombidiformes
<b>Sous ordre</b>	Prostigmata
<b>Famille</b>	Pionidae
<b>Genre</b>	<i>Piona</i>
<b>Espèce</b>	<i>Piona uncata</i> Koenike 1888

**Description de l'espèce:** 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 des *Piona*, dont leur disposition est serrée vers la partie antérieure de la face ventrale (**Figure 86**). La quatrième paire de coxae est d'une forme triangulaire spécifique et pointue vers le bas (**Figure 87; 88 & 89**). Les pattes sont d'une couleur marron, munis de nombreuses soies (**Figure 90; 91 & 92**). La plaque génitale est spécifique (**Figure 93**), le

nombre des acétabula est de douze à treize localisés dans deux plaques situées de part et d'autre de l'orifice génital au niveau de l'opistosoma (**Figure 94**). Les larves de *Piona uncata* sont hexapodes, ayant une couleur identique semblable à celle des adultes, leurs coxane sont pas encore bien constitués. Les Pionidae sont parmi les prédateurs les plus voraces de larves de moustiques (**Smith, 1983; Peyrusse & Bertrand, 2001**).



**Figure 86:** Vue ventrale de *Piona uncata* (G.X4). **Figure 87:** Coxa 1 et 2 de *Piona uncata*. (G.X40).



**Figure 88:** Coxa 3 et 4 de *Piona uncata* (G.X40). **Figure 89:** Pointe coxa de *Piona uncata* (G.X100).



**Figure 90:** Soies natatoires de la patte 4 (G.X100). **Figure 91:** Griffe patte 2 de *Piona uncata* (G.X100).



**Figure 92:** Chélicères de *Piona uncata* (G.X100). **Figure 93:** Plaque génital de *Piona uncata*. (G.X10).



Figure 94: Plaque génital de *Piona uncata* (G.X100).

### 3.2.4.3. *Piona nodata* Müller 1781

#### Position systématique

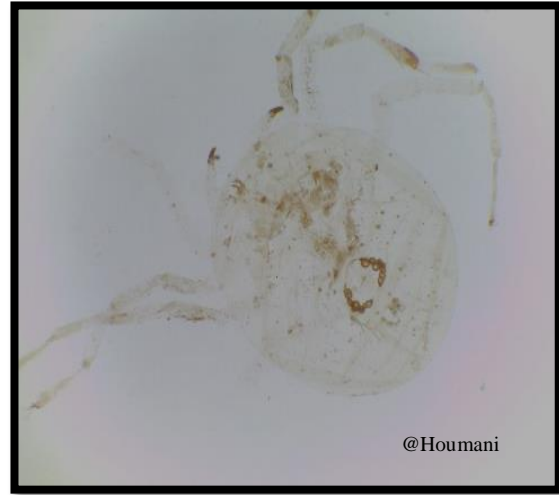
Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Arachnida
Sous classe	Acari
Ordre	Trombidiformes
Sous ordre	Prostigmata
Famille	Pionidae
Genre	Piona
Espèce	<i>Piona nodata</i> Muller 1781

**Description de l'espèce:** 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 (Figure 95 & 96). 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. 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 (Figure 97). Les pédipalpes aussi présentent

une spécificité pour cette espèce, ils sont considérablement courts avec une terminaison dense et dure. Leurs chélicères sont relativement courtes. Ces espèces sont parmi les hydracariens les plus abondants (Stryjecki, 2010).



**Figure 95:** Vue dorsale de *Piona nodata* (G.X4).



**Figure 96:** Vue ventrale de *Piona nodata* (G.X10).



**Figure 97:** Plaque génitale d'adulte femelle de *Piona nodata* (G.X100).

### 3.2.4.4. *Daphnia magna* Müller 1785

#### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Crustacea
<b>Sous classe</b>	Branchiopoda
<b>Ordre</b>	Cladocera
<b>Famille</b>	Daphnidae
<b>Genre</b>	Daphnia
<b>Espèce</b>	<i>Daphnia magna</i> Müller 1785

**Description de l'espèce:** Le genre *Daphnia* est un microcrustacé largement distribué dans les eaux douces non courantes des zones climatiques tempérées. On trouve cette espèce dans divers habitats d'eau douce partout dans l'hémisphère Nord et en Afrique du Sud. Sa taille varie entre 3 et 5 mm à l'âge adulte. Les critères morphologiques ont été déterminés selon **Amoros, (1984)**. 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 (**Figure 98 & 99**). Le corps est protégé par une carapace transparente qui est changée lors des mues (**Figure 100**). Cette carapace est terminée par une épine caudale (**Figure 101 & 102**). 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 (**Figure 103**). 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 (**Amoros, 1984**). La carapace présente une carène dorsale prolongée en avant. La capsule céphalique présente des expansions latérales. La patte abdominale présente un bord dorsal échancré (**Figure 104**). L'étude biométrique de *Daphnia magna* a été suivie par la détermination de la longueur et la largeur du corps, simultanément. On a procédé à la détermination de la longueur de la queue. Le tableau ci-dessous montre la moyenne et écart type des mensurations, des structures les plus importantes chez 140 individus de *Daphnia* (**Tableau13**). D'autre part-on a procédé à la détermination du nombre d'œufs au niveau des poches incubatrices séparément.

**Tableau 13:** Mensuration de quelques structures de *Daphnia magna*. N : 140 individus;(mm).

Mensuration Nombre De spécimen	Corps entier		Queue	Œufs
	Longueur	Largeur		
Moyenne ±Ecart type	2047,50±870,47	1379±585,08	394,31±90,95	4,05±2,28

Par la suite nous avons classé les dimensions de la longueur du corps en classes, pour déterminer les différentes tranches d'âge, ceux qui n'a pas était déterminer jusqu'à l'heure actuelle. Pour cela 8 classes ont été retenues, la longueur la plus petite est comprise entre [746-932,5µm] avec 14 individus et la plus longue est comprise entre [3357-3730µm] avec 20 individus. D'autre part la classe [1492-1678,5 µm] a présenté parmi les 140 individus étudiés, le nombre de spécimens le plus élevé (24 individus) ; donc c'est la tranche représentative de notre population. Seulement en ce qui concerne la largeur 6 classes ont été choisies, la largeur la plus petite est comprise entre [559,5-746 µm] avec un nombre important de 29 individus par rapport à la plus longue qui est comprise entre [2424,5-2797,5 µm] avec un nombre de 11 individus seulement. En ce qui concerne la queue une seule classe a été choisi elle comprise entre [373-559,5µm] avec un nombre de 140 individus. Ce qui nous incite à dire que la queue ne pousse pas trop, durant le développement de *Daphnia*. L'étude biométrique des œufs,nous a permis de retenir3 classes la plus petite est comprise entre [2-3µm] la plus grande est comprise entre [6-8µm] (**Tableau14**).

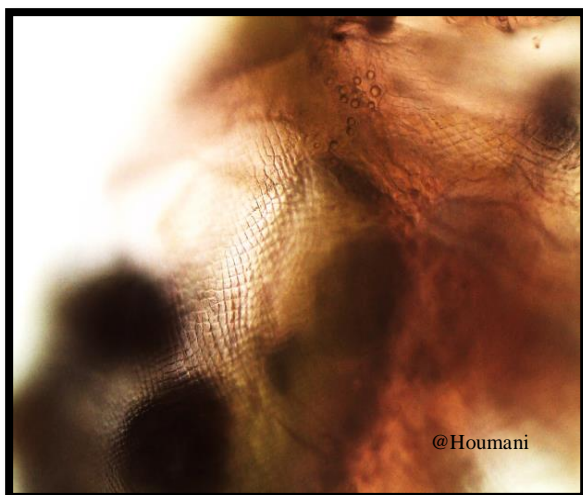
**Tableau 14 :** Classe des mensurations corporelles par tranche d'âge de *Daphnia magna* : N 140 individus. Unité en  $\mu\text{m}$ .

Corps entier				Longueur de la Queue	Nombre D'individus	Classe	Nombre d'œuf
Classe de longueur	Nombre D'individus	Classe de largeur	Nombre D'individus				
[746-932,5]	14	[559,5-746]	29	[373-559,5]	140	[2-3]	10
[1119-1303,5]	19	[932,5-1119]	21	/	/	[4-5]	12
[1492-1678,5]	24	[1305,5-1492]	33	/	/	[6-8]	11
[1865-2051,5]	22	[1678,5-1865]	22	/	/	/	/
[2238-2424,5]	20	[2051,5-2238]	12	/	/	/	/
[2611-2797,5]	10	[2424,5-2797,5]	11	/	/	/	/
[2984-3170,5]	11	/	/	/	/	/	/
[3357-3730]	20	/	/	/	/	/	/



**Figure 98:** Région antérieure de *Daphnia magna* Müller 1785(G.X40) .

**Figure 99:** Partie antérieure, structure du rostre. (G.X100).



**Figure 100:** Structure de la cuticule chez *Daphnia magna* (G.X40).



**Figure 101:** Partie postérieure de *Daphnia magna* (G.X100).



**Figure 102:** Présence d'épine caudale (G.X100).



**Figure 103:** Cavité incubatrice de *Daphnia magna* présence des embryons (G.X100).



**Figure 104:** Bord échancré de la patte abdominale de *Daphnia magna* (G.X40).

### 3.2.4.5. *Daphnia similis* Claus 1876

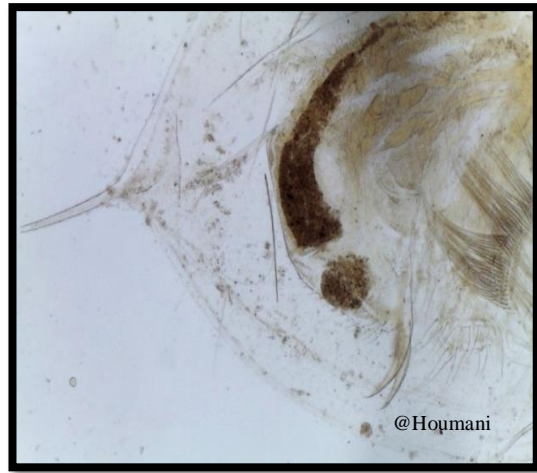
#### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Crustacea
<b>Sous classe</b>	Branchiopoda
<b>Ordre</b>	Cladocera
<b>Famille</b>	Daphnidae
<b>Genre</b>	Daphnia
<b>Espèce</b>	<i>Daphnia similis</i> Müller 1785

**Description de l'espèce:** La carène dorsale de la carapace se prolonge très en avant mais sans s'élargir, dans une profonde invagination du contour postérieur de la capsule céphalique. La crête céphalique est régulièrement arrondie au-dessus de l'œil composé. La carène latérale des valves est développée dans la région antérieure seulement, ne dépasse pas la moitié de la longueur des valves (**Figure 105**). Le bord dorsal du poste abdomen, sans échancrure et porte une rangée continue d'épines anales (**Figure 106**). L'épine caudale longue ou très longue (**Figure 107**). La femelle mesure 2 à 4 mm de long. C'est une espèce d'eau saumâtres (jusqu'à 120 ‰ de salinité), permanentes ou temporaires ; très thermophile. Cette espèce se trouve rare, plutôt dans les régions méditerranéennes (**Amoros, 1984**).



**Figure 105:** Vue général de *Daphnia similis*.  
(G.X10).



**Figure 106:** Bord dorsal du poste abdomen.  
(G.X40).



**Figure 107:** Epine caudale de *Daphnia similis* (G.X60).

### 3.2.4.6. *Simocephalus vetulus* Müller 1776

#### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Crustacea
<b>Sous classe</b>	Branchiopoda
<b>Ordre</b>	Cladocera
<b>Famille</b>	Daphnidae
<b>Genre</b>	<i>Simocephalus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Vetulus</i> O.F.Müller 1776

**Description de l'espèce:** Le Front est arrondi; l'ocelle très allongé comme étiré (**Figure 108 & 109**); la griffe distale du post-abdomen est munie d'une rangée de fines soies réparties sur toute la longueur de la griffe (**Figure 110 & 111**). L'angle dorso-postérieur de la carapace est arrondi. La longueur de la femelle est de 1,5 à 3,5 mm. Les biotopes sont très divers : eaux stagnantes ou à faible courant, permanentes ou temporaires, sauf dans les eaux oligotrophes ou très acides; essentiellement dans les zones à macrophytes. Cette espèce se déplace peu en eau libre, c'est une espèce commune (**Amoros, 1984**).



**Figure 108:** Vue général de *Simocephalus vetulus* (G.X10). **Figure 109:** Ocelle étiré de *Simocephalus vetulus*. (G.X40).



**Figure 110:** La griffe distale du post-abdomen (G.X40). **Figure 111:** Griffe distale du post-abdomen. (G.X100).

### 3.2.4.7. *Simocephalus expinosus* Koch 1841

#### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Crustacea
<b>Sous classe</b>	Branchiopoda
<b>Ordre</b>	Cladocera
<b>Famille</b>	Daphnidae
<b>Genre</b>	<i>Simocephalus</i>
<b>Espèce</b>	<i>expinosus</i> Koch 1841

**Description de l'espèce:** Le corps de cette espèce est comprimé latéralement surtout dans la région ventrale des valves. La carapace bivalve dépourvue d'épine caudale, à angle dorso-postérieur arrondi (*S. vetulus* & *S. expinosus*) ou proéminent (*S. serrulatus*) (**Figure 112**). 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'anus. Front arrondi, sans épine; ocelle rhomboïdal (**Figure 113**). 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 (**Figure 114**). 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).

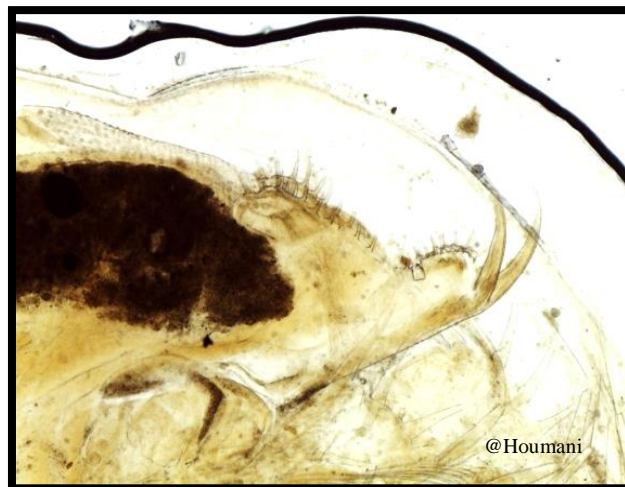


**Figure 112:** Carapace bivalve dépourvue



**Figure 113:** Ocelle rhomboïdal (G.X40).

caudale de *Simocephalus expinosus* (G.X40).



**Figure 114:** Griffe distale du post abdomen chez *Simocephalus expinosus* (G.X100).

### 3.2.4.8. *Cyclops fuscus* Müller 1785

#### Position systématique:

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Maxillopoda
<b>Sous classe</b>	Copepoda
<b>Ordre</b>	Cyclopoida
<b>Famille</b>	Cyclopidae
<b>Genre</b>	Cyclops
<b>Espèce</b>	<i>Cyclops fuscus</i> Müller 1785

**Description de l'espèce:** Le corps est fusiforme composé de trois parties: le céphalosome avec tous les appendices transformés en organes natatoires préhensiles ou masticateurs (**Figure 115**). Le thorax est constitué de cinq segments tous porteurs d'une paire d'appendices natatoires (**Figure 116**). Le premier de ces segments est souvent soudé au céphalosome (céphalothorax). Le cinquième segment thoracique, est souvent réduit. L'abdomen est composé de deux segments le plus souvent soudés, en un segment génital contenant un réceptacle séminal visible ventralement. Le mâle adulte est filiforme avec deux antennules géciculées (**Dussart, 1967**). Les soies fucales sont courtes. La femelle, plus large, porte deux sacs ovigères contenant chacun une dizaine d'œufs (**Figure 117**) (**Aka-Koffi, 2003**). Ils sont caractérisés par des antennes moyennement longues, de 10 à 17 articles, ne dépassent pas la longueur du tronc (**Figure 118**). Les deux antennes pouvant se souder chez le mâle. Les deux sacs ovigères chez la femelle permettent une détermination facile, contenant chacun une dizaine d'œufs, basés sur la forme du réceptacle séminal, visible par transparence dans l'anneau génital (**Figure 119**). L'article terminal de l'antennule est dentelé, plus finement dans sa moitié terminale. Le furca porte 4 soies bien développées (**Figure 120**) (**Aka-Koffi, 2003**). Coloration assez vive, brun-rouge ou verte. Œufs serrés contre l'abdomen ; la longueur des mâles est de 3 à 4 mm et celle des femelles est de 2 à 2.5 mm.

Une étude biométrique a concerné *Cyclops fuscus* déterminant, la longueur des sacs ovigères droit et gauche et le nombre d'œufs qu'ils comportent (**Tableau 15**). En plus on a réalisé une étude morphométrique, selon laquelle on a mesuré la longueur et la largeur du

céphalothorax et de l'abdomen du corps des adultes mâles ; ainsi que la longueur de l'antenne et celle du cerque (Tableau 16).

**Tableau 15:** Dimensions morphométrique des sacs ovigères et des œufs de *Cyclops fuscus* femelles. N:10 individus. Unité:µm

M±S	Droit	Gauche	F	P
Sac ovigères	854,17±121,17	734,81±188,26	0,33	0,574
œufs	145,47±44,65	138,01±30,70	0,24	0,633

**Tableau 16:** Moyennes et écart-types de quelques structures chez *Cyclops fuscus* mâles (N= 20 individus) et femelles (N =10 individus). L : longueur ; l : largeur.

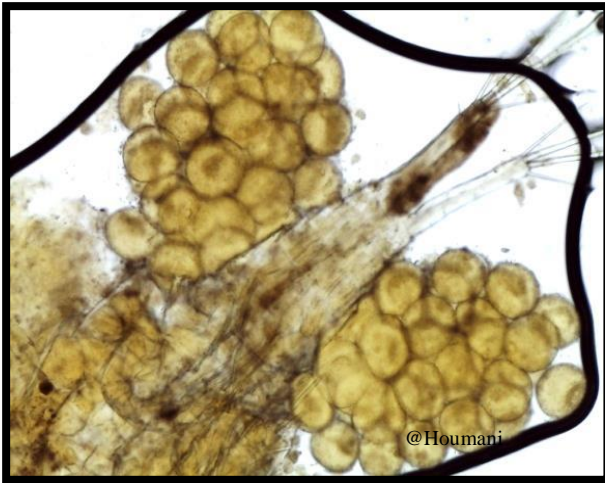
Sexes	Céphalothorax		Abdomen		Antenne	Cerque
	L.	l.	L.	l.	L.	L.
Mâle	121,225±151,5	783,3±76,53	514,74±73,21	214,47±49,71	1109,67±95,19	783,3±76,53
Femelle	1417,4±157,27	876,55±125,9	522,2±78,63	208,9±47,2	801,95±90,08	652,75±98,29



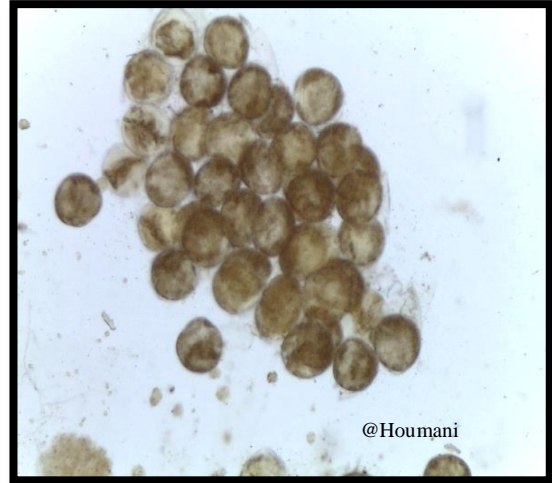
**Figure 115:** Vue général dorsal de *Cyclops fuscus* (G.X4).



**Figure 116:** Segments de *Cyclops fuscus* (G.X40).



**Figure 117:** Sacs ovigères de *Cyclops fuscus* (G.X40).



**Figure 118:** Les œufs de *Cyclops fuscus* (G.X40).



**Figure 119:** Antenne de *Cyclops fuscus* (G.X40).



**Figure 120:** Cèrque et Furca de *Cyclops fuscus* (G.X10).

### 3.2.4.9. *Calanus gracilis* Dana 1852

#### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Maxillopoda
<b>Sous classe</b>	Copepoda
<b>Ordre</b>	Calanoida
<b>Famille</b>	Calanidae
<b>Genre</b>	Calanus
<b>Espèce</b>	<i>Calanus gracilis</i> Dana 1852

**Description de l'espèce:** Les deux sexes portent des antennules de 24-25 articles, longues et symétriques (**Figure 121 & 122**). Celles du mâle ne se ployant pas; l'abdomen du mâle porte 5 segments. Le premier plus court que le deuxième, portant l'orifice génital sur le côté gauche; dernier article de l'exopodites II-IV denté en scie au côté externe sur sa moitié basilaire ou terminale. Chez la femelle l'abdomen est formé de 4 ou 5 segments (**Figure 123**), le premier plus long que le deuxième; l'orifice génital est médio-ventral; les œufs en un seul paquet (**Figure 124**). L'extrémité de l'antennule porte 2 longues soies plumeuses dépassant longuement la furca. Le céphalosome et le somite fusionné. La bordure intérieure P5 des Coxae est sans dentelures chez les deux sexes (**Amoros, 1984**).



**Figure 121:** Vue dorsal de *Calanus gracilis*  
(G.X10).

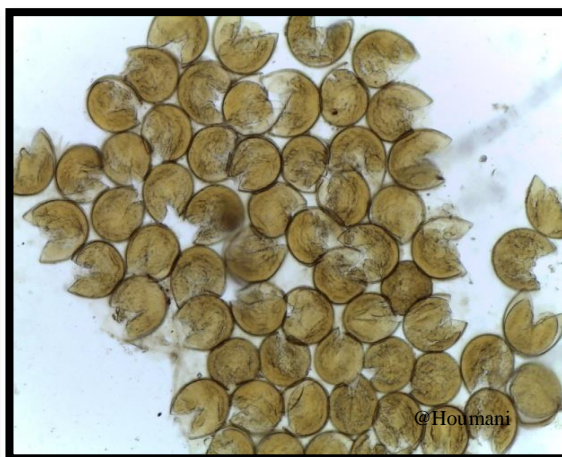


**Figure 122:** Antenne *calanus gracilis*.  
(G.X40).



**Figure 123:** Segment de *Calanus gracilis*

(G.X10).



**Figure 124:** Les œufs de *Calanus gracilis*

(G.X60).

### 3.2.4.10. *Corixa punctata* Illger 1807

#### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Sous classe</b>	Pterygota
<b>Ordre*</b>	Hemiptera
<b>Famille</b>	Corixidae
<b>Genre</b>	Corixa
<b>Espèce</b>	<i>Corixa punctata</i> Illger1807

**Description de l'espèce:** L'identification systématique de l'espèce *Corixa punctata*, 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 (Partie dure des élytres chez les insectes Hémiptères Hétéroptères). 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. On trouve *Corixa punctata* dans les étangs, marais, lacs et même dans les piscines. Son régime alimentaire est herbivore, et le batelier se nourrit d'algues et de végétaux morts. 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 (Figure 125; 126; 127 & 128) (Poisson, 1957).



**Figure 125:** Vue dorsale d'un *corixa punctata* (Gr.X20).

**Figure 126:** Vue ventrale d'un *corixa punctata* (Gr.X20).



**Figure 127:** La tête de *Corixa punctata*  
(Gr.X32).



**Figure 128:** L'aile de *Corixa punctata*  
(Gr.X10).

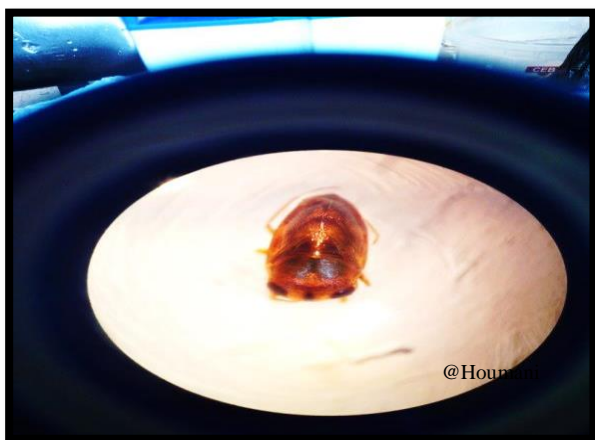
#### 3.2.4.11. *Plea minutissima* Leach 1817

##### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Sous classe</b>	Pterygota
<b>Ordre</b>	Hemiptera
<b>Sous ordre</b>	Heteroptera
<b>Famille</b>	Pleidae
<b>Genre</b>	Plea
<b>Espèce</b>	<i>Plea minutissima</i> Leach 1817

**Description de l'espèce:** Cette espèce est une petite Hydrocorise à corps fortement convexe dont la tête et le prothorax sont partiellement fusionnés. 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 tarses 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 tarse, de trois articles. Chez le mâle les paramètres dissymétriques, leur extrémité incurvée, presque à angle droit; la courbure du gauche, la plus accentuée. La longueur du corps est de 2,5 à 3 mm (**Figure 129; 130 & 131**). Comme les notonectes, ces punaises sont carnivores (se nourrissent de petits animaux du zooplancton : des daphnies, des cyclopes, de petites larves de moustiques...), leur courte trompe ne peut percer la peau humaine ; elles nagent aussi sur le dos. Elles peuvent se montrer en grand nombre dans les eaux douces calmes et riches en végétation aquatique. Elle est largement représentée en Europe (**Poisson, 1957**).



**Figure 129:** Vue dorsale d'un *Plea minutissima* **Figure 130:** Vue ventrale d'un *Plea minutissima* (Gr.X32).



**Figure 131:** L'aile de *Plea minutissima*  
(Gr.X32).

#### 3.2.4.12. *Naucoris maculatus* Fabricius 1798

##### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Hemiptera
<b>Sous ordre</b>	Heteroptera
<b>Famille</b>	Naucoridae
<b>Genre</b>	Naucoris
<b>Espèce</b>	<i>Naucoris maculatus</i> Fabricius 1798

**Description de l'espèce:** Se caractérise par un élargissement notable de l'abdomen, surtout chez les femelles. La tête avec deux fines lignes médianes de points bruns, confluentes antérieurement, chacune s'élargissant en une tache quadrangulaire brun, au contact du bord postérieur du vertex. Deux autres taches, une de part et d'autre, convergent sur les côtés et vers le milieu du vertex. Le disque du pronotum est finement rugueux, ses marges larges, jaune flave, sans taches, bordées intérieurement d'une bande brune; d'autres bandes simulent un « W », occupant le milieu du disque. Le pronotum présente, en outre, une bande basale parsemée d'une rangée de petites taches longitudinales assez rapprochées. Le scutellum et

l'hémélytres portent des taches confluentes, nébuleuses, d'un brun olivâtre. Les *Naucoris maculatus* sont timides et se cachent dans les plantes aquatiques. Mais ils sont de très bons nageurs, et lors de la baignade ressemblent à des coléoptères aquatiques avec un dos sombre et une face inférieure aux reflets argentés, en raison d'une petite feuille d'air sur l'abdomen. Les membres postérieurs ont de larges franges de poils qui donnent plus de puissance pour la natation en créant une plus grande surface d'appui, ils fournissent à l'animal deux pagaies puissantes. Les pattes avant sont remarquables, ils ont l'apparence de la paire de ciseaux d'un homard. Le fémur ("cuisse") est élargi par les muscles puissants et présente une rainure. Les pattes de devant ressemblent beaucoup aux mâchoires meurtrières suceurs de la larve du coléoptère grand plongeon. Mais les griffes du *Naucoris maculatus* ne sont pas creuses, et n'est pas utilisé pour aspirer sa proie, lui poignarde avec son bec de rasoir, alors la salive toxique digestive est injecté dans la plaie, après quoi les parties du corps dissous sont aspirés. Dans un doigt humain cette piqûre toxique peut également pénétrer profondément et on estime qu'elle était pire que la piqûre d'une guêpe, *Naucoris maculatus* pond ses œufs isolément sur les végétaux aquatiques immergés (**Figure 132; 133; 134 & 135**) (Poisson, 1957).



**Figure 132:** Vue dorsale d'un *Naucoris maculatus* (Gr.X32).



**Figure 133:** Vue ventrale d'un *Naucoris maculatus* (Gr.X32).



**Figure 134:** Rostre de *Naucoris maculatus*

(Gr.X32).



**Figure 135:** Tête de *Naucoris maculatus*

(Gr.X32).

### 3.2.4.13. *Notonecta glauca* Linnaeus 1758

#### *Position systématique*

<b>Règne</b>	<b>Animalia</b>
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Hemiptera
<b>Sous ordre</b>	Heteroptera
<b>Famille</b>	Notonectidae
<b>Genre</b>	Notonecta
<b>Espèce</b>	<i>Notonecta glauca</i> Linnaeus 1758

**Description de l'espèce:** est une espèce d'insecte aquatique de la famille des Notonectes, dont elle est le représentant le plus abondant (49 %). Il s'agit de l'un des insectes les plus communs de la faune aquatique de France métropolitaine. Elle se trouve d'ailleurs dans toute l'Europe (excepté la Scandinavie), dans le Caucase, l'Afrique Septentrionale et en Amérique du Nord. *Notonecta glauca* fait partie des Hémiptères (disposant d'un appareil buccal de type piqueur-suceur) prédateurs, et mesure environ entre 13 et 16 mm de longueur, brun clair avec un triangle noir sur le dos, elle a une paire de pattes postérieure plus longue que les deux autres paires. Il existe chez cette espèce un dimorphisme sexuel à l'avantage des femelles. Ces

insectes d'eau nagent et se reposent sur leur dos et évoluent sous la surface de l'eau. Ils sont en effet capables, en tirant parti du phénomène de tension superficielle, de plaquer le bas de leur abdomen et leurs pattes avant sous la surface, alors que leurs pattes arrière rament comme des pagaies. *Notonecta glauca* va aussi bien attendre à l'affût que sa proie passe à proximité que nager pour la chasser énergiquement. Lorsque le temps est assez chaud, généralement à la fin de l'été et en automne, il leur arrive de voler entre les étangs *Notonecta glauca* se reproduit au printemps (Figure 136; 137; 138 & 139) (Poisson, 1957).



**Figure 136:** Vue dorsale d'un *Notonecta glauca* (Gr.X8).



**Figure 137:** Vue ventrale d'un *Notonecta glauca* (Gr.X12).



**Figure 138:** Tête et le rostre de *Notonecta Glauca* (Gr.X25).



**Figure 139:** Pattes et les ailes de *Notonecta glauca* (Gr.X10).

### 3.2.4.14. *Berosus affinis* Brullé 1835

#### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Hexapoda
<b>Ordre</b>	Coleoptera
<b>Sous ordre</b>	Polyphaga
<b>Famille</b>	Hydrophilidae
<b>Genre</b>	<i>Berosus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Berosus affinis</i> Brullé 1835

**Description de l'espèce:** 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 a une longueur de 4,5 mm. La tête est sombre, avec des reflets verts métallisés. Le pronotum est jaune à brun, avec deux grandes taches en forme de larges rayures métalliques reflets verts. Les élytres sont souvent avec un peu d'obsolète, légèrement plus sombre. Les espaces d'Elytral sont plats en comparant les espèces similaires *Berosus luridus*. La quille mésosternale est très basse, généralement très fine et dentée. *Berosus affinis* a un cycle biologique qui dépend de la disponibilité de l'eau. Des larves ont été observées chez printemps, surtout dans les mois d'avril et peut. La longueur des larves est de 8 à 10 mm et la largeur 1,7 à 1,9 mm. Sa couleur des parties sclérotisées est blanchâtres brun clair. La capsule de la tête est quadrangulaire, le pronotum bien développé, d'un marron clair. L'abdomen avec 4 paires de branchies trachéales. Les branchies trachéales sont très longues et minces. Sur les segments 1-3 les branchies trachéales sont réduites en petites protubérances. Les adultes sont présents tout au long de l'année, mais leur nombre diminué au cours du printemps. Ils se nourrissent généralement d'algues et de plus petites invertébrés. *Berosus affinis* est univoltine dans des étangs temporaires et bivoltine dans les eaux permanentes douces ou saumâtres et on peut le trouver dans divers altitudes allant de 3 à 800 mètres (**Bertrand, 1972**) (**Figure 140; 141; 142; 143 & 144**). Cette espèce a été notée en Albanie, Algérie, Bosnie-Herzégovine,

Grande-Bretagne, Bulgarie, Croatie, Chypre, Egypte, France, Grèce, Iran, Italie, Arym, Maroc, Pays-Bas, Pologne, Portugal.



**Figure 140:** Vue dorsale d'un *Berosus affinis* (Gr.X25).



**Figure 141:** Vue ventrale d'un *Berosus affinis* (Gr.X20).



**Figure 142:** les pattes de *Berosus affinis* (Gr.X32).



**Figure 143:** La tête de *Berosus affinis* (Gr.X32).



**Figure 144:** Aile de *Berosus affinis* (Gr.X32).

#### 3.2.4.15. *Berosus luridus* Linnaeus 1761

##### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Hexapoda
<b>Ordre</b>	Coleoptera
<b>Sous ordre</b>	Polyphaga
<b>Famille</b>	Hydrophilidae
<b>Genre</b>	Berosus
<b>Espèce</b>	<i>Berosus luridus</i> Linnaeus 1761

**Description de l'espèce:** *Berosus luridus* 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 tache verte de forme ovale, qui laisse voir la ligne du milieu, et ses élytres sont marqués de quelques taches 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. Les bandes noires du pronotum seraient beaucoup plus larges et dans certains cas sans séparation centrale, et la ponctuation du pronotum serait plus grossière (Bertrand, 1972) (Figure 145; 146; 147 & 148).



**Figure 145:** Vue dorsale d'un *Berosus luridus* (Gr.X16). **Figure 146:** Vue dorsale d'un *Berosus luridus* (Gr.X16).



**Figure 147:** Tête de *Berosus luridus* (Gr.X32).

**Figure 148:** Aile de *Berosus luridus* (Gr.X32).

### 3.2.4.16. *Hydroporus palustris* Linnaeus 1760

#### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Hexapoda
<b>Ordre</b>	Coleoptera
<b>Sous ordre</b>	Polyphaga
<b>Famille</b>	Dyticidae
<b>Genre</b>	Hydroporus
<b>Espèce</b>	<i>Hydroporus palustris</i> Linnaeus 1761

**Description de l'espèce:** Il est généralement clair et facile à identifier et doit donc être utilisé comme modèle pour se familiariser avec la forme de certaines des structures utilisées couramment pour identifier les espèces d'*Hydroporus*. Ovale allongé; le contour des élytres est légèrement incurvé de la base à l'apex, celui du pronotum varie légèrement et chez certains spécimens, il est moins incurvé que chez d'autres, mais les deux courbes séparées ont pour effet de produire une constriction distincte à la jonction pronotal / élytre. Pronotum et élytres à pubescence allongée, longue et assez dense. La tête est orange pâle à foncé avec une marque triangulaire sombre à l'intérieur des yeux et une marque sombre derrière les yeux qui s'étend le long de la base. Avec un sillon oblique mal défini et peu profond à l'intérieur de chaque œil, s'étendant jusqu'au bord latéral du clypée. Ponctuation rare et fine. Les yeux sont continus avec le contour de la tête, émarginés le long de la marge avant. La Ponctuation est large et peu profonde, dense derrière les marges antérieure et postérieure, beaucoup moins que le disque. Le scutellum est non visible, les marges postérieures du pronotum se projetant en arrière médialement. L'élytre est noir ou marron très foncé avec le motif orange / jaune caractéristique. Son étendue varie et les élytres peuvent être très sombres, mais le motif sera visible si un élytre est soulevé sous une lumière vive. C'est un Coléoptère commun et souvent très répandu dans tout le Royaume-Uni et les îles. Les habitats habituels sont variés et comprennent tous les types d'eau douce (**Figure149; 150 & 151**) (**Bertrand, 1972**).



**Figure 149:** Vue dorsale d'un *Hydrophorus palustris* (Gr.X25).



**Figure 150:** Vue dorsale d'un *Hydrophorus palustris* (Gr.X25).



**Figure 151:** L'aile d' *Hydrophorus palustris* (Gr.X32) .

### 3.3. Paramètres physico chimiques de l'eau

L'estimation de la qualité physico-chimique d'une eau ne peut s'effectuer par la mesure d'un seul, mais d'un ensemble des paramètres de nature diverses. **Le tableau (17)** regroupe les paramètres physico-chimiques mesurés, au niveau des quatre stations d'études (pH, Conductivité électrique, Titre alcalimétrique, Titre alcalimétrique complet, Température, Turbidité, Titre hydrométrique). D'après les résultats les valeurs du pH varient de 7,27 à 7,77 montre que l'eau est alcaline. La première station est la plus alcaline. D'autre part, les valeurs de la conductivité électrique (C.E), varient de 510 à 1984; la station deux révèle la valeur maximale. Ainsi le Titre alcalimétrique (T.A) est compris entre 30,50 et 101,53, la troisième et la quatrième station marquent les valeurs les plus élevées. En ce qui concerne le Titre alcalimétrique complet (T.A.C), qui s'étendent de 43,00 à 221,28, la quatrième station affiche la valeur maximale. Cependant la Température (T) est maximale au niveau de la première et de la quatrième station (25,6°). Alors que, la turbidité varie entre 7,79 à 13,20, la deuxième station affiche la valeur la plus élevé. Ainsi le Titre hydrométrique (T.H) varie entre 20,5 à 379,00, avec une valeur maximal au niveau de la station quatre (**Figure 152**).

**Tableau 17:** Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau des quatre stations d'étude.

Stations Paramètre	S1	S2	S3	S4
<b>Ph</b>	7,77±0,023	7,67±0,031	7,27±0,011	7,59±0,023
<b>C.E.(µS/cm)</b>	1693±1,154	510,33±0,577	1288,33±2,88	1982,33±2,08
<b>T.A (mg/l)</b>	30,33±0,228	50,04±0,040	52,69±0,005	101,51±0,015
<b>T.A.C (mg/l)</b>	43,00±0,010	46±00	195,89±0,005	221,26±0,015
<b>T(C°)</b>	25,5±0,057	25,03±0,057	25,06±0,115	25,5±0,057
<b>Turbidité</b>	8,28±0,017	13,19±0,010	7,77±0,010	11,32±0,017
<b>T.H (mg/l)</b>	20,50±0,011	26,50±0,011	210,38±0,011	378,66±0,577

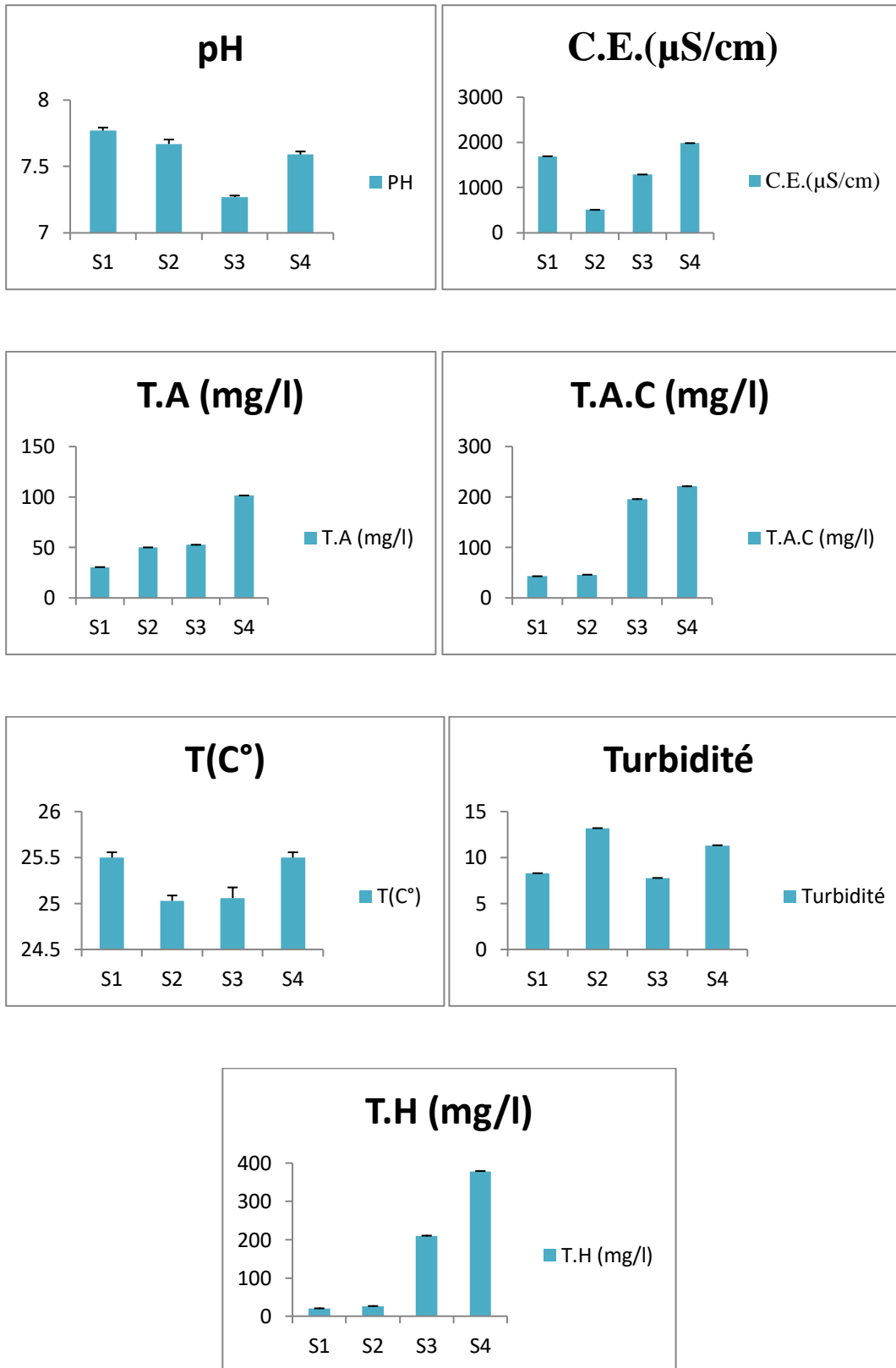


Figure 152: Paramètres physico-chimiques de l'eau des quatre stations d'étude.

### 3.3.1. Analyse statistique des résultats

On a procédé à une comparaison statistique des résultats par le test ANOVA, les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau 18. L'analyse a montré l'existence des différences très hautement significatives entre les 4 stations pour chacun, des 7 caractéristiques physicochimiques de l'eau.

**Tableau 18:** Analyse par l'ANOVA à un critère modèle fixe des résultats, pour chacune des caractéristiques physicochimiques de l'eau des 4 stations.

Variables	SV	ddl	SCE	CM	Fobs	P
<b>pH</b>	Stations	3	0,423	0,114	352,74	0,000***
<b>CE</b>	Stations	3	3676363	1225454	124622,47	0,000***
<b>TUR</b>	Stations	3	59,155	19,718	69594,59	0,000***
<b>T</b>	Stations	3	0,856	0,285	57,11	0,000***
<b>TA</b>	Stations	3	8245,8	2748,6	128992,53	0,000***
<b>TAC</b>	Stations	3	81910	27303	340865,28	0,000***
<b>TH</b>	Stations	3	262887	87629	1050286,69	0,000***

pH: Potentiel hydrogène

CE: Conductivité électrique

TUR: Turbidité apparente

T: Température

TA: Titre alcalimétrique

TAC: Titre alcalimétrique complet

TH: Titre Hydrométrique

SV : sources de variation

ddl: degrés de liberté

SCE : somme des carrés des écarts

CM : carré moyen

Fobs : valeur observée de la variable F de Fisher

P : probabilité de mettre en évidence des différences significatives.

$P > \alpha = 0,05$  : (ns) différences non significatives

$P \leq \alpha = 0,05$  : (\*) différences juste significatives

$P \leq \alpha = 0,01$  : (\*\*) différences hautement significatives

$P \leq \alpha = 0,001$  : (\*\*\*) différences très hautement significatives

### 3.3.2. Recherche de groupes de stations homogènes par caractéristique (Test de TUKEY)

L'examen de résultats du tableau (19), montre que pour le (PH, CE, TUR, TA, TAC, TH) .Ils existent chaque fois, 4 groupes de stations différentes, alors que pour la température (T).Il n'existe que deux groupes de stations différentes.

**Tableau 19:** Résultats de la comparaison des 4 stations entre elles, pour chaque caractéristique physicochimique de l'eau, à l'aide du test de TUKEY.

Espèces	SV	Moyennes et groupes de station homogène				Nombre de groupe
<b>pH</b>	Stations	S1 7,3 —	S2 7,7 —	S3 7,7 —	S4 7,8 —	4
<b>CE</b>	Stations	S1 1982,3 —	S2 1693,3 —	S3 1286,7 —	S4 510,3 —	4
<b>TUR</b>	Stations	S1 7,8 —	S2 8,3 —	S3 11,3 —	S4 13,2 —	4
<b>T</b>	Stations	S1 25,0 —	S2 25,1 —	S3 25,6 —	S4 25,6 —	2
<b>TA</b>	Stations	S1 30,3 —	S2 50,0 —	S3 52,7 —	S4 101,5 —	4
<b>TAC</b>	Stations	S1 42,7 —	S2 46,0 —	S3 195,9 —	S4 221,3 —	4
<b>TH</b>	Stations	S1 20,3 —	S2 26,5 —	S3 210,4 —	S4 378,7 —	4

SV : sources de variation

S:Stations

pH: Potentiel hydrogène

CE: Conductivité électrique

TUR: Turbidité apparente

T: Température

TA: Titre alcalimétrique

TAC: Titre alcalimétrique complet

TH:Titre Hydrométrique

### 3.3.3. Comparaison, entre stations, des vecteurs des valeurs moyennes de l'ensemble des caractéristiques : Résultats des tests de la MANOVA

Les résultats de la comparaison des valeurs moyennes des stations entre elles, pour l'ensemble des caractéristiques physicochimiques de l'eau sont obtenus en utilisant 3 tests statistiques de l'analyse de la variance multivariée (MANOVA). L'étude des résultats du tableau (20) montre que les trois tests conduisent aux mêmes résultats, c'est-à-dire à l'existence de différences très hautement significatives entre les quatre stations. Ces résultats confirment bien ceux obtenus précédemment par les analyses de la variance univariées.

**Tableau 20:** Résultats des tests de la MANOVA appliquée aux 4 stations

Tests	Valeur observée du test	F obs	P
<b>Wilk's</b>	0,00000	253849,675	0,000***
<b>Lawley-Hotelling</b>	1,40196	445065,691	0,000***
<b>Pillai's</b>	2,99995	33194,983	0,000***

$P < 0,001$  : (\*\*\*) différences très hautement significatives

### 3.3.4. Recherche de stations similaire: résultats de l'analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée à la matrice des corrélations obtenue à partir des 7 caractéristiques physiologique de l'eau, mesurées sur les 4 stations.

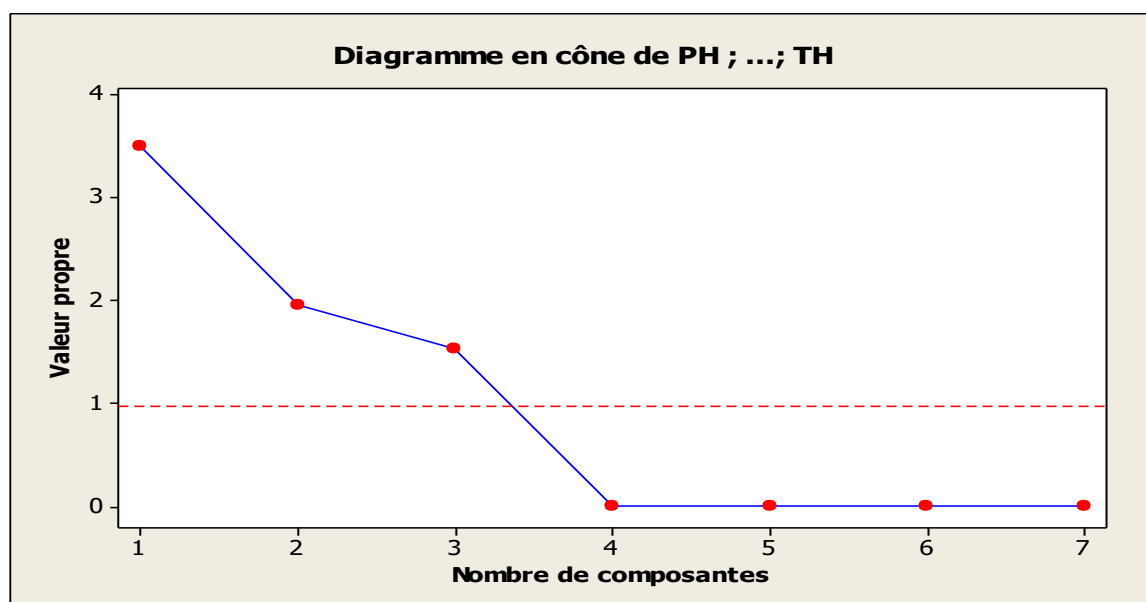
Le tableau (21) donne les valeurs propres, les pourcentages de variation expliquée par chacun des 7 axes, ainsi que les pourcentages cumulés.

On voit que le premier axe explique à lui seul 50,10% de la variation totale des variables initiales. Cependant, les 2 premiers axes (CP1 et CP2) expliquent ensemble 78,10%. Ces deux axes constituent le plan factoriel principal qui est l'objet de notre étude. D'autre part, le 3eme axe qui est également significatif puisque sa valeur propre est supérieure à 1.

**Tableau 21:** Résultats de l'ACP des 7 axes principaux, obtenus pour l'ensemble des 4 stations sur les sept caractéristiques physicochimique de l'eau

Paramètres statistiques	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
Valeur propre	3,504	1,963	1,532	0,000	0,000	-0,000	-0,000
Pourcentageexpliqué (%)	50,10	28,10	21,90	0,00	0,00	0,00	0,00
Pourcentage cumulé (%)	50,10	78,10	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Le logiciel Minitab fournit, également dans la **figure (153)**, le graphique des valeurs propres en fonction des rangs de toutes les composantes principales. Ce graphique montre bien l'importance décroissante des différentes composantes principales.



**Figure 153:** Histogramme des valeurs propres en fonction des rangs des axes principaux pour l'ensemble des 4 stations.

Cependant, l'interprétation de ces composantes a nécessité le calcul des corrélations entre chacune des composantes principales retenues, avec chacune des 5 caractéristiques organiques initiales. Ces corrélations sont utiles pour préciser la part de la variance, d'une variable initiale donnée, prise en compte par une composante principale particulière, et seront utilisées pour les représentations graphiques des variables initiales dans les cercles de corrélations. En effet, la détermination de la part de l'information contenue dans une composante quelconque

et relative à une variable initiale quelconque, est donnée par le carré du coefficient de corrélation calculé entre les deux variables en question. Si, d'autre part, on prend en considération les deux premières composantes, l'information prise en compte, pour une variable donnée, est égale à la somme de l'information prise en compte par chacune des deux composantes.

Le **tableau (22)** reprend les corrélations entre les variables initiales et les trois premières composantes retenues, ainsi que les corrélations carrées correspondantes.

**Tableau 22:** Valeurs des corrélations et des corrélations au carré des variables initiales avec les 3 premières composantes principales, et information prise en compte par le 1<sup>er</sup> plan factoriel représenté par les axes 1 et 2.

Variable	CP1		CP2		CP3		Plan factoriel 1-2
	Corr	Corr2(%)	Corr	Corr2(%)	Corr	Corr2(%)	
pH	-0,237	5,61	-0,570	32,49	-0,328	10,75	38,10
CE	0,401	16,08	-0,429	18,40	0,219	4,79	34,48
TA	0,443	19,62	0,050	0,25	-0,448	20,07	19,87
TAC	0,502	25,20	0,240	5,76	0,041	0,16	30,96
T	0,228	5,19	-0,645	41,60	0,017	0,02	46,79
TURB	-0,102	1,04	0,072	0,51	-0,789	62,25	1,55
TH	0,522	27,24	0,094	0,88	-0,138	1,90	28,12

### 3.3.4.1. Analyse en composantes principales (ACP) de la faune culicidienne

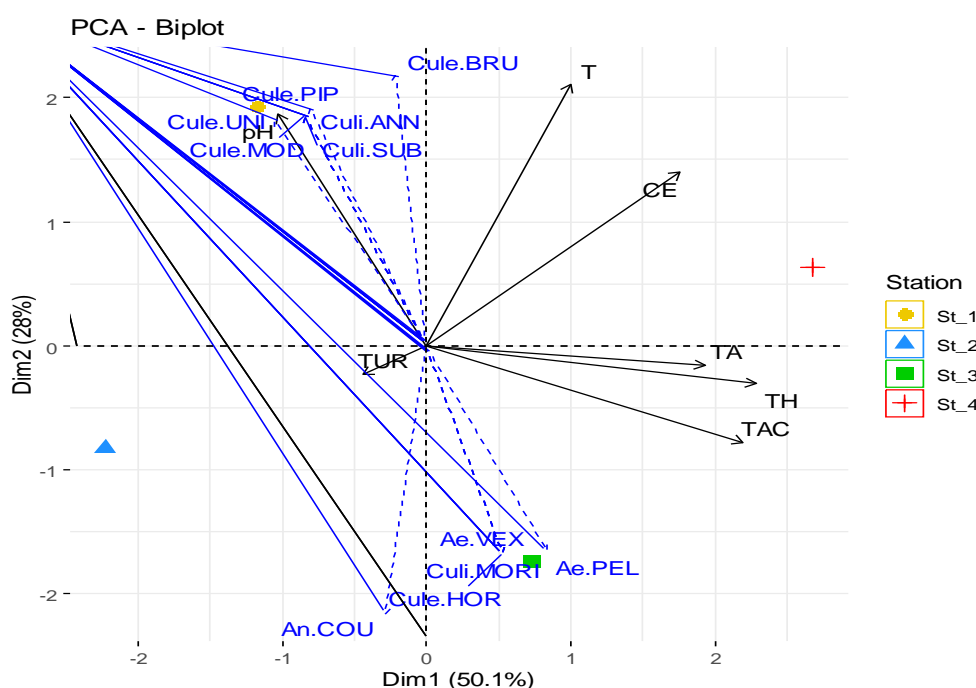
L'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée à la matrice des corrélations obtenue à partir des 7 caractéristiques physiologiques de l'eau, mesurées des 4 stations de la présente étude et à examiner l'influence des paramètres physicochimique de l'eau sur la distribution de la faune culicidienne. Toute fois les paramètres abiotiques (T, pH, CE, TH, TA, TAC, TUR) sont utilisé comme variables quantitatives, tandis que, la densité moyenne de la faune culicidienne est traitée comme un variable expliquée (supplémentaire). L'analyse statistique fournit, également le graphique des valeurs propres en fonction des rangs de toutes les composantes (**Figure 154**). Ce graphique montre bien l'importance décroissante des différentes composantes principales.

Cependant, l'interprétation de ces composantes a nécessité le calcul des corrélations entre chacune des composantes principales retenues, que 77.1% de la variabilité totale de notre matrice des variables abiotiques et expliqué par les deux premières composantes principales.

Le 1<sup>er</sup> axe d'ACP a expliqué à lui seul 50.1% de la variabilité totale, il est corrélé positivement avec la Conductivité électrique (CE) ( $r = +0,75$ ;  $\cos^2 = +0,56$ ), le titre alcalimétrique (TA) ( $r = +0,82$ ;  $\cos^2 = +0,69$ ), le titre hydrométrique (TH) ( $r = +0,98$ ;  $\cos^2 = +0,954$ ). En revanche cet axe est corrélé négativement avec le potentiel hydrogène (pH) ( $r = -0,44$ ;  $\cos^2 = 0,19$ ) et la turbidité apparente (TUR) ( $r = -0,19$ ;  $\cos^2 = 0,03$ ).

En outre, le 2<sup>ème</sup> axe, a expliqué à lui seul 28 % de la variation totale, il est caractérisé par une forte corrélation positive avec la température (T) ( $r = 0,42$ ;  $\cos^2 = 0,18$ ) et une forte corrélation négative avec titre alcalimétrique complet (TAC) ( $r = -0,33$ ;  $\cos^2 = 0,11$ ).

L'analyse de la composante principale a révélé une corrélation positive entre la densité moyenne de la faune culicidienne avec titre hydrométrique (TH), le titre alcalimétrique (TA), et conductivité électrique (CE), et négativement avec le potentiel hydrogène (pH) et turbidité apparente (TUR). Cette observation pourrait exprimer que la distribution de la faune culicidienne est influencée par les éléments nutritifs, le pH et la turbidité apparente (TUR).

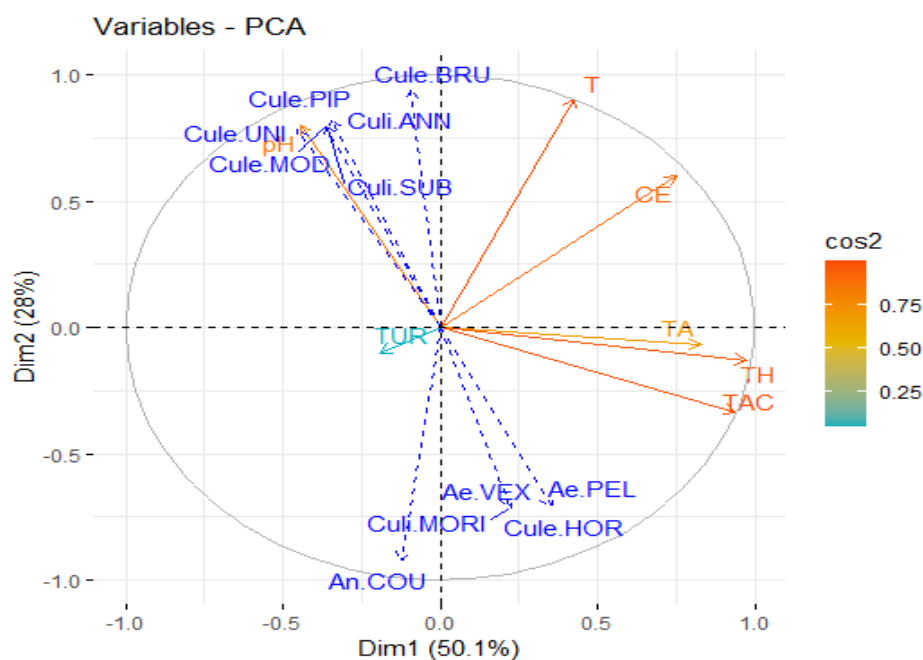


**Figure 154:** Analyse en composant principale (ACP) montrant la relation entre les paramètres physico-chimique de l'eau et de la faune culicidienne au niveau des quatre stations d'étude.

### *Analyse du nuage des points variables (cercle de corrélations) de la faune culicidienne*

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

sept variables initiales (Caractéristiques Physicochimique de l'eau) 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 77,1% de la variation totale) (**Figure 155**).



**Figure 155:** Représentation graphique des 7 variables à l'intérieur du cercle de corrélation du plan factoriel 1-2 obtenu à partir des données des 4 stations du site d'étude.

### 3.3.4.2. Analyse en composantes principales (ACP) de la faune macrobenthique

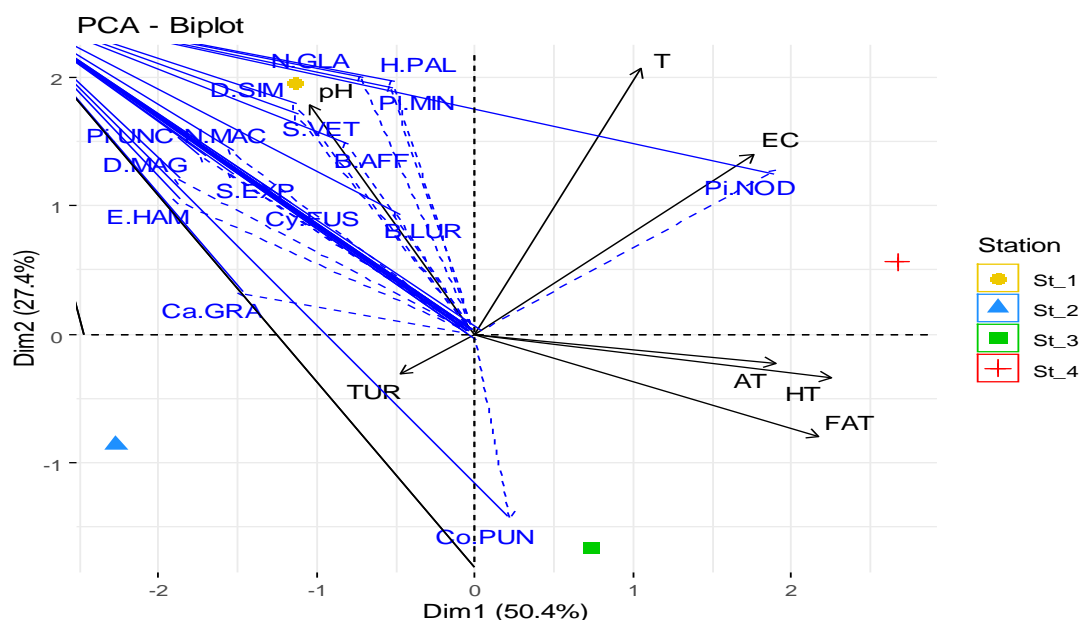
L'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée à la matrice des corrélations obtenue à partir des 7 caractéristiques physiologiques de l'eau, mesurées des 4 stations de la présente étude et à examiner l'influence des paramètres physicochimique de l'eau sur la distribution de la faune macrobenthique. Toute fois les paramètres abiotiques (T, pH, CE, TH, TA, TAC, TUR) sont utilisé comme variables quantitatives, tandis que, la densité moyenne de la faune macrobenthique est traitée comme un variable expliquée (supplémentaire). L'analyse statistique fournit, également le graphique des valeurs propres en fonction des rangs de toutes les composantes (**Figure156**). Ce graphique montre bien l'importance décroissante des différentes composantes principales.

Cependant, l'interprétation de ces composantes a nécessité le calcul des corrélations entre chacune des composantes principales retenues, que 77,8% de la variabilité totale de notre matrice des variables abiotiques et expliqué par les deux premières composantes principales.

Le 1<sup>er</sup> axe d'ACP a expliqué à lui seul 50,4% de la variabilité totale, il est corrélé positivement avec la Conductivité électrique (CE) ( $r = +0,75$  ;  $\cos^2 = +0,57$ ), le titre alcalimétrique (TA) ( $r = +0,82$  ;  $\cos^2 = +0,67$ ), le titre hydrométrique (TH) ( $r = +0,97$  ;  $\cos^2 = +0,94$ ). En revanche cet axe est corrélé négativement avec le potentiel hydrogène (pH) ( $r = -0,45$  ;  $\cos^2 = -0,20$ ) et la turbidité apparente (TUR) ( $r = -0,20$  ;  $\cos^2 = -0,04$ ).

En outre, le 2<sup>ème</sup> axe, a expliqué à lui seul 27,4 % de la variation totale, il est caractérisé par une forte corrélation positive avec la température (T) ( $r = -0,89$  ;  $\cos^2 = -0,79$ ) et une forte corrélation négative avec titre alcalimétrique complet (TAC) ( $r = -0,34$  ;  $\cos^2 = -0,11$ ).

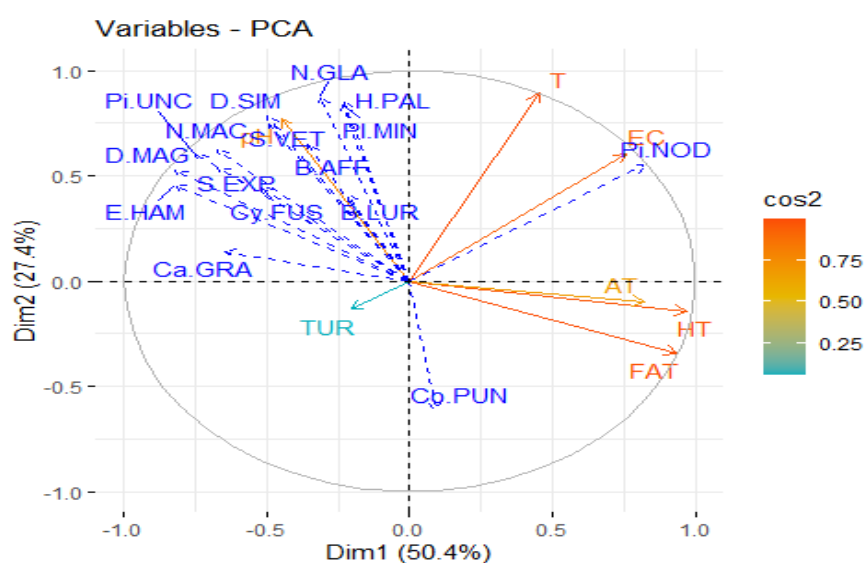
L'analyse de la composante principale a révélé une corrélation positive entre la densité moyenne de la faune benthique avec titre hydrométrique (TH), le titre alcalimétrique (TA), et conductivité électrique (CE), et négativement avec le potentiel hydrogène (pH) et turbidité apparente (TUR). Cette observation pourrait exprimer que la distribution de la faune benthique est influencée par les éléments nutritifs, le pH et la turbidité apparente (TUR).



**Figure 156:** Analyse en composant principale (ACP) montrant la relation entre les paramètres physico-chimique de l'eau et de la faune macrobenthique inventoriée au niveau des quatre stations d'étude.

### Analyse du nuage des points variables (cercle de corrélations) de la faune macrobenthique

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 sept variables initiales (Caractéristiques Physicochimique de l'eau) 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 77,8% de la variation totale); (Figure157).



**Figure 157:** Représentation graphique des 7 variables à l'intérieur du cercle de corrélation du plan factoriel 1-2 obtenu à partir des données des 4 stations du site d'étude.

## 3.4. Etude Toxicologique

### 3.4.1. Effet toxique du *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (*B.t.is.*) sur la faune non visée

Parmi les espèces inventoriées et les plus abondantes, 5 espèces de crustacés benthiques (*Daphnia similis*, *Daphnia magna*, *Simocephalus expinosus*, *Cyclops fuscus*, *Asellus aquatcus*) ont été traitées par 2 concentrations létales de *B.t.is.* CL50 (350 µg) & CL90 (717 µg/ml). Le pourcentage de mortalités a été enregistré en fonction du temps de traitement (24h; 48h & 72h).

**Le tableau 23** récapitule le pourcentage de mortalité des spécimens traités selon la dose et le temps. Le pourcentage de mortalité le plus important, après traitement à la CL50 a été observé respectivement chez *D. magna* et *S. expinosus* (64,99 % & 56,66 %) ; après traitement à la CL90 le pourcentage de mortalité le plus élevé a été observé chez les même espèces respectivement 89,99 % & 61,66 %. Cependant *Cy. fuscusa* présenté une résistance vis-à-vis les deux concentrations de *Bti* utilisées. Comme *Cy. fuscus* est considéré parmi les ennemis naturels des Culicidae, donc cela nous permettra de réaliser une lutte biologique anti culicidienne intégrée (*Bti* & *Cy. fuscus*). De même l'espèce *A. aquaticus* est faiblement sensible aux deux concentrations utilisées (CL50 & CL90), près les 3 jours de traitement le pourcentage de mortalité était de 3,33 pour les deux concentrations utilisées.

**Tableau 23:** Taux de mortalité en pourcentage de la faune associée exposée pendant trois jours à la CL50 et la CL90 du *Bti*.

<i>Dose et mortalité</i> <i>Espèces</i>	CL50		CL90	
	Taux de mortalité (%)		Taux de mortalité (%)	
	Témoins	Traités	Témoins	Traités
<i>Daphnia similis</i>	00	31,66	00	43,33
<i>Daphnia magna</i>	00	64,99	00	89,99
<i>Simocephalus expinosus</i>	00	56,66	00	61,66
<i>Cyclops fuscus</i>	00	4,99	00	3,32
<i>Asellus aquaticus</i>	00	3,32	00	3,33

Les résultats de la comparaison, par le test statistique ANOVA entre les 3 temps et pour chacune des 2 doses utilisées, des valeurs moyennes pour chacune des 5 espèces traitées sont synthétisés dans le tableau 24. L'analyse détermine une différence significative entre les trois temps pour l'espèce *D. magna* en ce qui concerne la dose CL90 et pour la dose CL50 l'espèce *Si. expinosus*. Les autres aucune différence significative n'a été déterminée.

**Tableau 24:** Résultats de la comparaison, entre les 3 temps de la toxicité du *Bti* pour chacune des 2 doses (CL50,CL90) a l'égard de 5 espèces de la faune associée ,à l'aide de l'analyse de la variance a un critère de classification modèle fixe.

Espèces	Dose	SV	ddl	SCE	CM	Fobs	P
<i>Daphnia similis</i>	CL50	Temps	2	0,888	0,444	0,80	0,492 ns
	CL90	Temps	2	0,222	4,111	1,68	0,263 ns
<i>Daphnia magna</i>	CL50	Temps	2	20,667	10,333	1,86	0,235 ns
	CL90	Temps	2	88,667	44,333	8,49	0,018*
<i>Simocephalus expinosus</i>	CL50	Temps	2	22,889	11,444	6,44	0,032*
	CL90	Temps	2	29,556	14,778	1,73	0,256 ns
<i>Cyclops fuscus</i>	CL50	Temps	2	0,666	0,333	1,50	0,296 ns
	CL90	Temps	2	0,222	0,111	0,50	0,630 ns
<i>Asellus aquaticus</i>	CL50	Temps	2	0,222	0,111	0,50	0,630 ns
	CL90	Temps	2	0,888	0,444	4,00	0,079 ns

SV : sources de variation

ddl: degrés de liberté

SCE : somme des carrés des écarts

CM : carré moyen

Fobs : valeur observée de la variable F de Fisher

P : probabilité de mettre en évidence des différences significatives.

$P > \alpha = 0,05$  : (ns) différences non significatives

$P \leq \alpha = 0,05$  : (\*) différences juste significatives

$P \leq \alpha = 0,01$  : (\*\*) différences hautement significatives

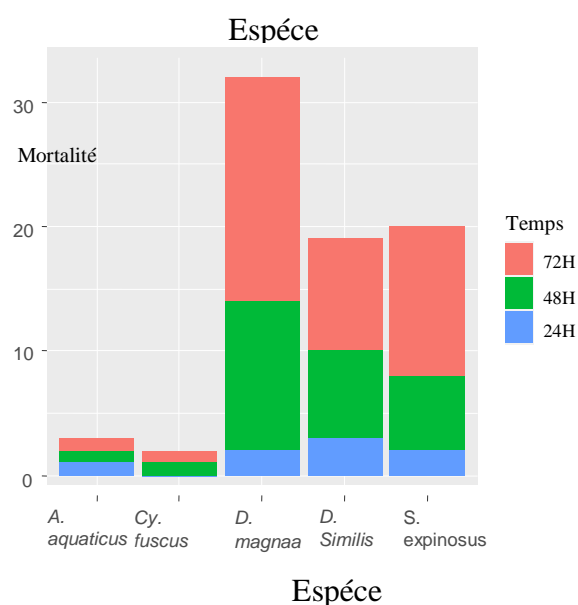
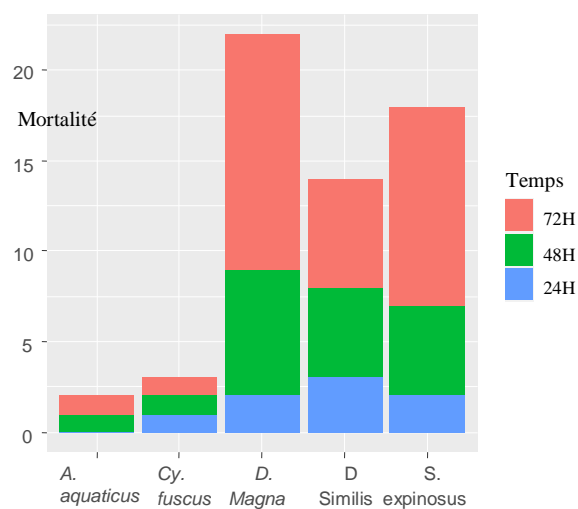
$P \leq \alpha = 0,001$  : (\*\*\*) différences très hautement significatives

Cependant, les résultats statistiques à l'aide du test de TUKEY la recherche de groupes de temps homogène pour chacune des 2 doses, sont donnés par le **tableau (25)**. Ces résultats sont généralement présentés sous la forme de moyennes soulignées. Les soulignements correspondent à des moyennes ou à des groupes de moyennes, qui ne sont pas significativement différentes les unes des autres. Après rejet de l'hypothèse d'égalité des moyennes par l'analyse de la variance, le test de TUKEY donne, chaque fois, pour l'espèce *D. magna* traitée à la dose CL90, et l'espèce *S. expinosus* pour la dose CL50, deux groupes de temps homogènes qui sont semblables pour les 2 espèces en question. Les temps T24 et T48 constituent un seul groupe homogène et ceci pour chacune des 2 espèces en question. D'autre

part la figure 161 illustre les taux de mortalités pour la CL50 (**Figure 157 A**) et pour la CL90 (**Figure 157 B**).

**Tableau 25:** Recherche de groupe de temps homogène, pour chacune des doses du *Bti* et pour chaque espèce de la faune associée, à l'aide du test de TUKEY.

Espèces	Dose	Moyennes et groupes de temps homogène			Nombre de groupe
<i>Daphnia similis</i>	CL50	T24 1,3	T48 1,3	T72 2,0	1
	CL90	T24 1,7	T48 3,0	T72 4,0	1
<i>Daphnia magna</i>	CL50	T24 2,3	T48 4,7	T72 6,0	1
	CL90	T24 2,3	T48 5,7	T72 10,0	2
<i>Simocephalus expinosus</i>	CL50	T24 2,3	T48 3,0	T72 6,0	2
	CL90	T24 1,7	T48 4,7	T72 6,0	1
<i>Cyclops fuscus</i>	CL50	T24 0,0	T48 0,3	T72 0,7	1
	CL90	T24 0,0	T48 0,3	T72 0,3	1
<i>Asellus aquaticus</i>	CL50	T24 -0,0	T48 0,3	T72 0,3	1
	CL90	T24 -0,0	T48 0,3	T72 0,7	1



**A**

**B**

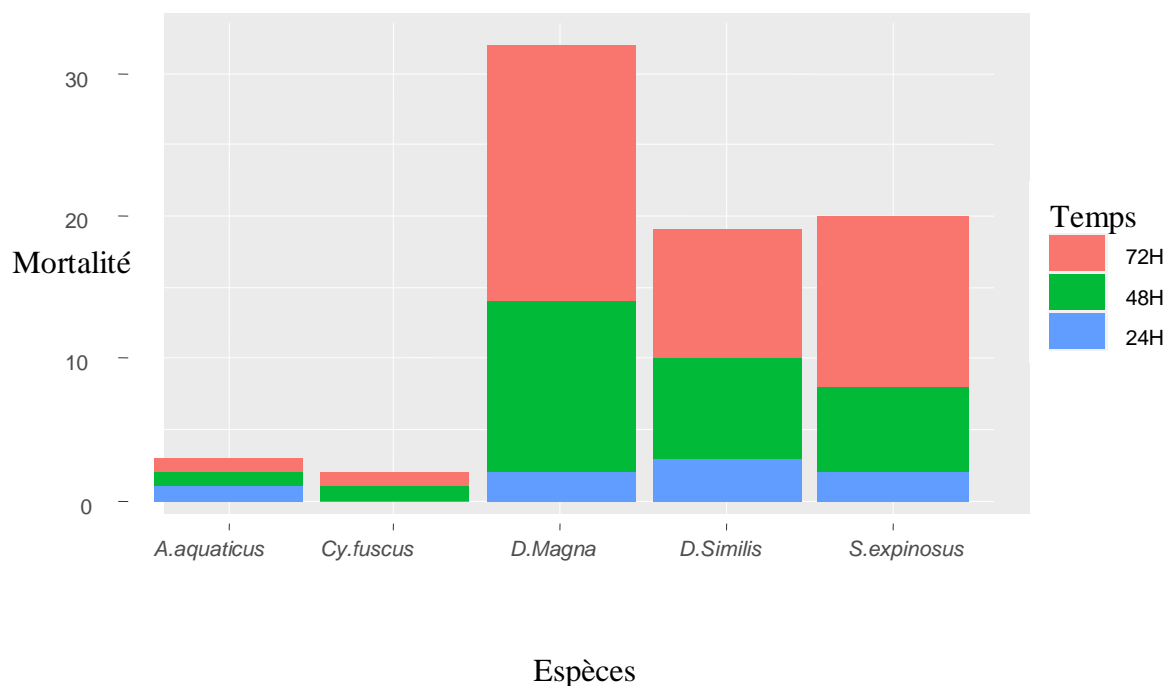
**Figure 158:** **A:** Effet toxique de la CL50 du *B.t.is*. **B:** Effet toxique de la CL90 du *B.t.is*. à l'égard des 5 espèces non visées (*D. similis*; *D. magna*, *S. expinosus*, *Cy. fuscus*, *A. aquatcus*).

### 3.4.2. Effet du Novaluron sur la faune non visée

Le pourcentage de mortalités a été déterminé en fonction de la CL50 introduites et du temps de traitement (24h; 48h & 72h) à l'égard de cinq espèces non visées (*Daphnia similis*, *Daphnia magna*, *Simocephalus expinosus*, *Cyclops fuscus*, *Asellus aquatcus*) (**Figure 158**).

Le pourcentage de mortalité varie respectivement selon la période de traitement. La mortalité après 72h a été enregistré respectivement: *D. similis* 69, 99 %; *D. magna* 79,99 %; *S. expinosus* 96,65 %; *Cy. fuscus* 1,66% et *A. aquatcus* 3,32 (**Figure 159 & Tableau 26**). Le

pourcentage de mortalité le plus important, après traitement a été observé respectivement chez *S. expinosus* ; *D. magna* et *D. similis* (96,65 % ; 79,99% & 69,99 %). Cependant *Cy. fuscus* et *A. aquaticus* ont présenté une résistance vis-à-vis la concentration de Novaluron utilisée. Comme *Cyclops fuscus* est considéré parmi les ennemis naturels des Culicidae, donc cela nous permettra de réaliser une lutte intégrée (*Novaluron & Cyclops fuscus*).



**Figure 159:** Effet de la CL50 du Novaluron sur la faune non visée.

**Tableau 26:** Le taux de mortalité de la faune associée exposée pendant trois jours à la CL50 de Novaluron.

Dose et mortalité Espèces	CL50	
	Taux de mortalité (%)	
	Témoins	Traités
<i>Daphnia similis</i>	00	69,99
<i>Daphnia magna</i>	00	79,99
<i>Simocephalus expinosus</i>	00	96,65
<i>Cyclops fuscus</i>	00	1,66
<i>Asellus aquaticus</i>	00	3,32

D'autre part on a réalisé un test comparatif par l'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA), les résultats sont résumés dans le **tableau 27**.

L'analyse statistique a présenté des différences très hautement significatives pour l'espèce *S. expinosus* et des différences hautement significatives pour les espèces *D. similis* et *D. magna*. Les 2 autres espèces *Cy. fuscus* et *A. aquaticus* non n'observons aucune différence significative.

L'analyse des résultats par le test de TUKEY pour comparer la toxicité de la CL50 du Novaluron à l'égard de chaque espèce est, présentée dans le tableau (28). Le test de TUKEY donne pour chacune des 3 espèces: *D. magn* ; *D. similis* et *S. expinosus*, chaque fois, 2 groupes de temps homogènes qui sont identiques pour chacune des 3 espèces citées précédemment. Il s'agit toujours des temps T24 avec T48 et un temps seul T72.

Quant aux 2 autres espèces *Cy. fuscus* et *A. aquaticus*, le test de TUKEY confirme les résultats obtenus par l'ANOVA, c'est-à-dire un seul groupe pour chacune des 2 espèces en question.

**Tableau 27:** Comparaison entre les 3 temps de la toxicité de la CL50 du Novaluron à l'égard de 5 espèces de la faune associée a l'aide de l'analyse de la variance a un critère de classification modèle fixe.

Espèces	Dose	SV	ddl	SCE	CM	Fobs	P
<i>Daphnia similis</i>	CL50	Temps	2	146 ,000	73,000	16,85	0,003**
<i>Daphnia magna</i>	CL50	Temps	2	92 ,667	46,333	16,04	0,004**
<i>Simocephalus expinosus</i>	CL50	Temps	2	214,22	107,11	107,11	0,000***
<i>Cyclops fuscus</i>	CL50	Temps	2	0,222	0,111	1,00	0,422 ns
<i>Asellus aquaticus</i>	CL50	Temps	2	0,222	0,111	0,50	0,630 ns

SV : sources de variation

ddl: degrés de liberté

SCE : somme des carrés des écarts

CM : carré moyen

Fobs : valeur observée de F de Fisher

P : probabilité de mettre en évidence des différences significatives.

$P > \alpha = 0,05$  : (ns) différences non significatives

$P \leq \alpha = 0,05$  : (\*) différences juste significatives

$P \leq \alpha = 0,01$  : (\*\*) différences hautement significatives

$P \leq \alpha = 0,001$  : (\*\*\*) différences très hautement significatives

**Tableau 28:** Recherche de groupe de temps homogène, pour la dose CL50 du Novaluron et pour chacune des espèces non visées, à l'aide du test de TUKEY.

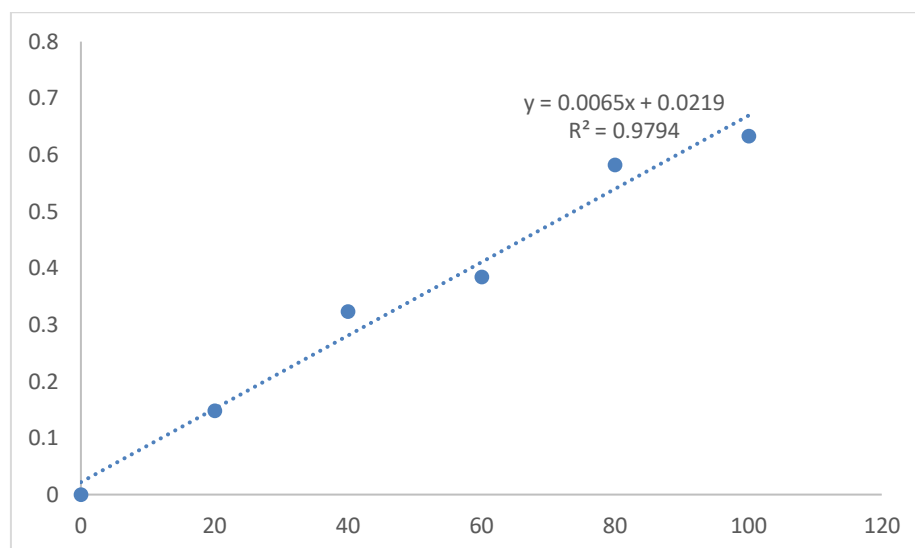
Espèces	Dose	Moyennes et groupes de temps homogène			Nombre de groupe
<i>Daphnia similis</i>	CL50	T24 1,3	T48 2,3	T72 10,3	2
<i>Daphnia magna</i>	CL50	T24 2,0	T48 4,3	T72 9,7	2
<i>Simocephalus expinosus</i>	CL50	T24 2,7	T48 3,3	T72 13,3	2
<i>Cyclops fuscus</i>	CL50	T24 -0,0	T48 0,0	T72 0,3	1
<i>Asellus aquaticus</i>	CL50	T24 0,0	T48 0,3	T72 0,3	1

### 3.5. Dosage des métabolites chez *Daphnia magna* traités à la CL50 du *Bti*

**Protéines:** Les résultats ont été exprimés par rapport à la quantité de protéines ( $\mu\text{g}$ ) obtenue à partir d'une courbe de référence. Le **tableau 29** et **Figure 160** indiquent les résultats des quantités de protéines du pool, d'un individu et par milligramme de poids, obtenus chez les traités et témoins de *Daphnia magna* adulte. L'analyse de la variance à un critère de classification a donné des différences très hautement significatives concernant les adultes témoins et traités après 24h ( $P=0,000$ ) et 48h ( $P=0,000$ ) après 72h la différence était significative ( $P=0,018$ ) (**Tableau 30**). D'autre part le **tableau 31** indique une augmentation du poids par rapport à celui du témoin de *Daphnia magna* jeune qui est respectivement: 1,65 mg-2,5mg. Ainsi les quantités de protéine, des traités, obtenu chez un individu est de 0,056  $\mu\text{g}$  et 0,02  $\mu\text{g}/\text{mg}$  de poids après 24h. Le poids des individus a augmenté après 72h de traitement par rapport à celui du témoin, qui se présente respectivement : 1,65mg-5,05 mg. La quantité de protéine des traités, obtenu chez un individu de *Daphnia magna* jeune est de 0,24  $\mu\text{g}$  et 0,04 $\mu\text{g}/\text{mg}$  de poids.

**Tableau 29 :** Dosage des protéines exprimant l'absorbance en fonction de quantité d'albumine ( $\mu\text{g}$ ).

<b>Quantité des protéines(<math>\mu\text{g}</math>)</b>	0	20	40	60	80	100
<b>Absorbance</b>	0	0,148	0,324	0,485	0,583	0,633



**Figure 160:** Dosage des protéines : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine ( $\mu\text{g}$ ) ; ( $R^2$ coefficient de détermination).

**Tableau 30 :** Poids et quantité de protéine chez *Daphnia magna* adulte.

Temps	Poids 1 individu		Quantité de protéines du pool		Quantité de protéine d' 1 individu		Quantité de protéine en $\mu\text{g}$ /mg de poids	
	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité
24 H	1,85	4	3,19	2,96	0,15	0,14	0,08	0,035
48 H	1,85	4,8	3,19	1,93	0,15	0,09	0,08	0,018
72H	1,85	1,15	3,19	9,56 $\pm$ 0.48	0,15	0,47	0,08	0,40

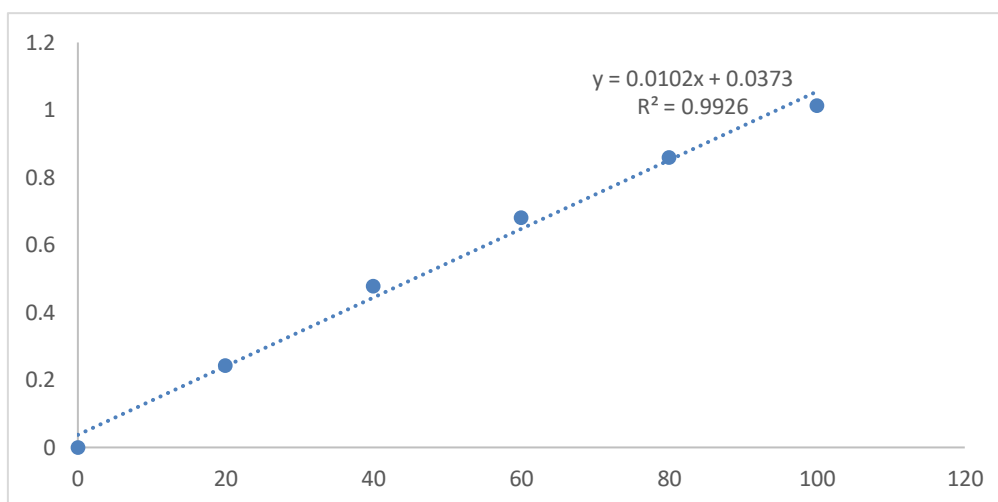
**Tableau 31:** Poids et quantité de protéine chez *Daphnia magna* jeunes.

Temps	Poids d'1 individu		Quantité de protéines du pool		Quantité de protéine d' 1 individu		Quantité de protéine en µg /mg de poids	
	Témoins	Traités	Témoins	Traités	Témoins	Traités	Témoins	Traités
<b>24H</b>	1,65	2,5	/	1,12	/	0,056	/	0,02
<b>48H</b>	1,65	3,05	/	2, 83	/	0,18	/	0,02
<b>72H</b>	1,65	5,05	/	4,8	/	0,24	/	0,04

**Glucide :** Les résultats ont été exprimés par rapport à la quantité de glucide (µg) obtenue à partir d'une courbe de référence (**Tableau 32 & Figure 161**). Les tableaux **33 & 34** indiquent les résultats des quantités de glucides d'un individu et par milligramme de poids, obtenus chez les traités et témoins de *Daphnia magna* adulte et jeune. L'analyse de la variance à un critère de classification a donné des différences significatives concernant les adultes témoins et traités après 24h (P=0,63). Une différence significative aussi entre les jeunes témoins et traités après 48h (P=0,010) de même après 72h (P=0,013). Donc la contenance en glucide des individus de *Daphnia magna* jeunes a été affectée suite au traitement par la CL50 du *Btis*

**Tableau 32:** Dosage des glucides exprimant l'absorbance en fonction de quantité de glucide(µg).

<b>Quantité de glucide</b>	0	20	40	60	80	100
<b>Absorbance</b>	0	0,243	0,478	0,682	0,859	1,014



**Figure 161:** Dosage des glucides :droite de régression exprimant l’absorbance en fonction de la quantité de glucose ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2$ coefficient de détermination).

**Tableau 33 :** Poids et quantité de glucide chez *Daphnia magna* adulte.

Temps	Poids 1 individu		Quantité de glucide du pool		Quantité de glucided’ 1 individu		Quantité de glucide / $\mu\text{g}$ de poids	
	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité
24 H	1,85	4	6,63	39,63 $\pm$ 8,50	0,33	1,98	0,17	0,49
48 H	1,85	4,8	6,63	33,52 $\pm$ 9,20	0,33	1,67	0,17	0,34
72 H	1,85	1,15	6,63	33,75 $\pm$ 9,18	0,33	1,68	0,17	1,46

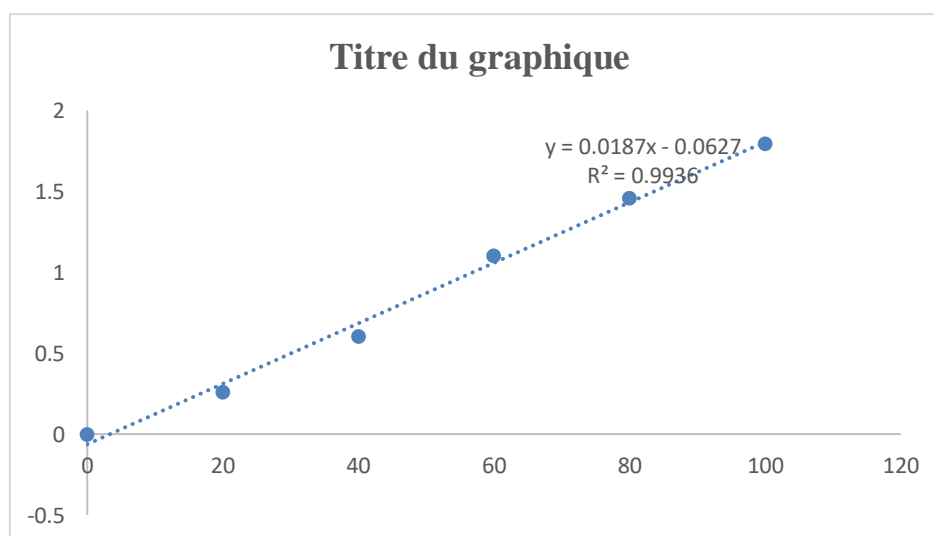
**Tableau 34:** Poids et quantité de glucide chez *Daphnia magna* jeune.

Temps	Poids 1 individu		Quantité de glucide du pool		Quantité de glucide d’ 1 individu		Quantité de glucide / $\mu\text{g}$ de poids	
	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité
24 H	1,85	4	4,87	22,98 $\pm$ 12,41	0,24	1,14	0,12	0,28
48 H	1,85	4,8	4,87	33,52 $\pm$ 11,36	0,24	1,67	0,12	0,34
72 H	1,85	1,15	4,87	22,90 $\pm$ 8,82	0,24	1,14	0,12	0,99

**Lipide** : Les résultats obtenus sont exprimés par rapport à la quantité de lipides ( $\mu\text{g}$ ) calculés à partir d'une courbe de référence (**Tableau 35 & Figure 162**). Les tableaux **36 & 37** indiquent les résultats des quantités de protéines du pool, d'un individu et par milligramme de poids, obtenus chez les traités et témoins de *Daphnia magna* adulte et jeune. L'analyse de la variance à un critère de classification des taux de lipides chez les adultes. La même analyse a donné des différences significatives après 48h ( $P=0,011$ ) et 72h ( $P=0,023$ ). D'autre part l'analyse a donné une différence significative concernant les jeunes (Témoins & Traités) après 48h ( $P=0,005$ ) et 72h ( $P=0,051$ ) (**Tableau 38**).

**Tableau 35:** Dosage des lipides exprimant l'absorbance en fonction de quantité des lipides ( $\mu\text{g}$ ).

Quantité de lipide	0	20	40	60	80	100
Absorbance	0	0,262	0,605	1,105	1,459	1,797



**Figure 162:** Dosage des lipides :droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de lipide ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2$ coefficient de détermination).

**Tableau 36:** Poids et quantité de lipide chez *Daphnia magna* adulte.

Temps	Poids de 1 individu		Quantité de lipide du pool		Quantité de lipide d' 1 individu		Quantité de lipide / $\mu$ g de poids	
	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité
24 H	1,85	4	16,54	39,19 $\pm$ 0,56	0,82	1,95	0,45	0,48
48 H	1,85	4,8	16,54	38,91 $\pm$ 0,62	0,82	1,94	0,45	0,40
72 H	1,85	1,15	16,54	39,11 $\pm$ 0,56	0,82	1,95	0,45	1,67

**Tableau 37:** Poids et quantité de lipide chez *Daphnia magna* jeune.

Temps	Poids 1 individu		Quantité de lipide du pool		Quantité de lipide d' 1 individu		Quantité de lipide / $\mu$ g de poids	
	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité
24 H	1,85	4	15,79	39,85 $\pm$ 1	0,78	1,99	0,42	0,49
48 H	1,85	4,8	15,79	40,39 $\pm$ 1,01	0,78	2,01	0,42	0,41
72 H	1,85	1,15	15,79	39,93 $\pm$ 1,14	0,78	1,99	0,42	1,73

**Tableau 38:** Récapitulatif des valeurs de l'analyse statistique AV1, entre la quantité de Protéine; Glucide; Lipide chez *Daphnia magna* traité à la CL 50 pendant 3jours.

<b>Ages</b>	<b>P.</b>
<b>Pr. Ad. T 24h –Pr Ad Tr 24h</b>	0,000***
<b>Pr Ad T 48h – Pr Ad Tr 48h</b>	0,000***
<b>Pr Ad T 72h – Pr Ad Tr 72h</b>	0,018*
<b>Glu Ad T 24h-Glu Ad Tr 24h</b>	0,063*
<b>Glu Ad T 48h-Glu Ad Tr 48h</b>	0,424
<b>Glu Ad T 72h-Glu Ad Tr 72h</b>	0,045*
<b>Glu Je T 24h-Glu Je Tr 24h</b>	0,128
<b>Glu Je T 48h-Glu Je Tr 48h</b>	0,010*
<b>Glu Je T 72h-Glu Je Tr 72h</b>	0,013*
<b>Li Ad T 24h-Li Ad Tr 24h</b>	0,266
<b>Li Ad T 48h-Li Ad Tr 48h</b>	0,011*
<b>Li Ad T 72h-Li Ad Tr 72h</b>	0,023*
<b>Li Je T 24h-Li Je Tr 24h</b>	0,084
<b>Li Je T 48h-Li Je Tr 48h</b>	0,005**
<b>Li Je T 72h-Li Je Tr 72h</b>	0,051*

# *DISCUSSION*

---

## 4. DISCUSSION

### 4.1. Etude taxonomique

#### 4.1.1. Les Culicidae

La faune culicidienne, par sa large distribution et ses fortes abondances est responsable de la nuisance par ses piqûres douloureuses et gênantes comme elle est impliquée dans la transmission de plusieurs maladies humaines et vétérinaires, virales et parasitaires comme le paludisme, qui est une maladie mortelle qui cause plus d'un million de décès humains chaque année, principalement dans les régions tropicales d'Afrique, d'Amérique et en Asie. En Afrique du Nord *Anopheles maculipennis* est le principal vecteur de paludisme à *Plasmodium falciparum* (Senevet & Adarelli, 1954) et en Afrique Sub-saharienne c'est l'espèce *Anopheles gambiae* (El Ouali Lalami *et al.*, 2009). Les Culicidae présentent des caractères morphologiques généralement clairs, qui facilitent l'identification de la famille et permettent une bonne description de l'espèce. En revanche, leur regroupement en Sous-famille, en Genres ou en Sous-genres et en espèce est beaucoup plus complexe (Himmi *et al.*, 1995). La systématique des Culicidae peut être étudiée à l'aide des clés dichotomiques qui permettent l'identification des espèces en se basant sur un ensemble de critères et de descripteurs morphologiques et microscopiques très précis. La systématique culicidienne d'Algérie remontent au siècle dernier et est représentée par les travaux de Senevet & Andarelli (1954; 1956; 1958; 1959a; 1960; 1963a; 1963b; 1964a; 1964b; 1966). Ils ont recensé sur une période de trente années de travail sur terrain, un total de 27 espèces de Culicidae dans la région d'Alger, appartenant à deux Sous-familles, celles des Anophelinae et celle des Culicinae. Cependant nos résultats confirment, à partir des 343 individus récoltés au niveau des différentes stations de la région d'Echatt, la présence de quatre genres (*Culex*; *Culiseta*; *Aedes*; *Anopheles*) et 11 espèces ont été identifiées (*Culex pipiens* Linnaeus 1758, *Culex hortensis* Ficalbi 1889, *Culex univittatus* Theobald 1903, *Culex brumpti* Galliard 1931 et *Culex modestus* Ficalbi 1890, *Culiseta subochrea* Edwards 1921, *Culiseta annulata* Schranck 1776; *Culiseta moristans* Theobald 1901; *Aedes pellatus* Coquillett 1904 ; *Aedes vexans* Meigen 1930 et *Anopheles coustani* Laveran 1900), le genre *Culex* est le mieux représenté. La présence de ces espèces a été confirmée par plusieurs auteurs et ont été également cités par Bendali-Saoudi, (1989); Bendali-Saoudi, (2006); Tine-Djebbar & Soltani, (2008); Bouaziz, (2012); Djeghader *et al.*, (2014); Arroussi *et al.*, (2021). De son côté, Brunhes *et al.*, (2000), rapportent que la faune Culicidienne d'Algérie est riche de 48 espèces. Dans la région de Constantine, Berchi (2000), a noté la présence de 7 espèces de Culicidae

appartenant à 2 Sous- familles, citées précédemment, il s'agit de *Cx. pipiens*, *Cx. mimeticus*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis*, *Cs. longiareolata*, *An. labbranchiae* et *Ur. unguiculata*. D'après **Hassaine (2002)**, le peuplement Culicidien de l'Afrique méditerranéenne est composé de 67 espèces appartenant à deux sous- familles et à sept genres. Dans la région d'Annaba, les travaux de **Bendali-Saoudi et al., (2006)** ont révélé la présence de 17 espèces appartenant à cinq genres. Cependant, les travaux de **Benmalek, (2010)** réalisés à Annaba et à El Kala, ont révélé l'existence de 11 espèces appartenant à 2 Sous- familles celle des Culicinae avec 8 espèces (*Cs. longiareolata*, *Cx. pipiens*, *Ur. unguiculata*, *Cx. theileri*, *Or. pulcripalpis*, *Cx. pusillus*, *Cx. laticinctus*, *Cs. ochroptera*) et celle des Anophelinae (3 espèces : *An. labbranchiae*, *An. Sacharovi* & *An. algeriensis*). Dans la région de Mila (Ouest de Constantine), l'inventaire réalisé par **Messai et al., (2011)**, ont noté la présence de 12 espèces de Culicidae appartenant également aux mêmes Sous- familles (*Cx. pipiens*, *Cx. modestus*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis*, *Cx. antennatus*, *Cx. laticinctus*, *Cx. deserticola*, *Cs. longiareolata*, *An. labbranchiae*, *An. pharoensis* et *Ur. Unguiculata*). Alors que **Lounaci & Doumandji, (2012)** ont confirmé l'existence de 12 espèces, appartenant à deux Sous-familles: Anophelinae avec une seule espèce (*An. labbranchiae*) et Culicinae représentée par 4 genres: le genre *Culex* est le plus abondant avec 8 espèces (*Cx. mimeticus*, *Cx. perexiguus*, *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. modestus*, *Cx. hortensis*, *Cx. impudicus* et *Cx. territans*); le genre *Aedes* (*Ae. caspius*), le genre *Culiseta* (*Cs. longiareolata*) et enfin le genre *Uranotaenia* renfermé une seule espèce: *Ur. unguiculata*.

D'autre part les inventaires de culicidés se sont étalés vers la région de Tébessa, **Tine-Djebbar, (2009)**, a révélé la présence de 10 espèces de Culicidae appartenant à une seule sous-famille celle des Culicinae; *Ae. caspius*, *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis*, *Cx. Perexiguus* et, *Cx. laticinctus*, *Cs. longiareolata*, *Cs. Annulata* et *Cs. subochrea*. Dans la même région (Tébessa) **Bouabida et al., (2012)** a noté la présence de 9 espèces appartenant à la même sous-famille, ils ont identifié la présence de trois tribus, la tribu des *Aedini* est représentée par une seule espèce: *Ae. caspius*, la tribu des *Culicini* est formé par un seul genre, celui des *Culex* qui contient 5 espèces, ce sont : *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis*, *Cx. perexiguus* et *Cx. laticinctus*. La tribu des *Culisetini* est formée par 3 espèces, il s'agit de *Cs. longiareolata*, *Cs. annulata* et *Cs. subochrea*. De plus, les résultats d'**Aissaoui, (2014)** effectués dans la même région, ont révélé l'existence de 24 espèces, réparties en quatre genres celui de *Culex* représenté essentiellement par l'espèce *Cx. pipiens*, le genre *Culiseta* représenté par *Cs. longiareolata*, le troisième et le quatrième genre sont les plus faiblement

représentés (*Aedes* ; *Uranotaenia* & *Anopheles*). Egalement **Hamaidia, (2014)** a signalé la présence de 16 espèces, appartenant à 4 genres; *Culex* avec 5 espèces (*Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. modestus*, *Cx. simpsoni*, *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. hortensis* et *Cx. arbieeni*) ; *Aedes* avec 3 espèces (*Ae. punctur*, *Ae. quasirusticus* et *Ae. pulcritarsis*); *Culiseta* avec 3 espèces dont une n'a pas pu être identifiée (*Cs. longiareolata*, *Cs. fumipennis*); *Orthopodomyia* représenté uniquement par une seule espèce (*Or. pulcripalpis*) et enfin le genre *Anopheles* qui est représenté par 2 espèces (*An. algeriensis* & *An. labranchiae*). Les travaux d'**Oudainia, (2015)** réalisés dans la région d'Oum Labouaguia révélé l'existence de six genres: *Culex*; *Uranotaenia*; *Orthopodomyia*; *Culiseta* ; *Coquillettidia*; *Anopheles* et 14 espèces: *Ur. unguiculata*, *Or. pulcripalpis*, *Cx. pipiens*, *Cx. pusillus*; *Cx. territans*, *Cx. impudicus*, *Cx. laticinctus*, *Cx. Hortensis maderensis*, *Cs. ochroptera*, *Cs. longiareolata*, *Cs. glaphyroptera*, *Coq. richiardii*, *An. algeriensis*, *An. Maculipennis sacharovi*, appartenant à deux sous familles: les Culicinae et les Anophelinae. Cependant, quelques inventaires ont été entrepris dans les zones arides du Sud-Algérien (Sahara), les travaux de **Bebba, (2004)** à Oued Righ (Touggourt et Djamâa) et ceux de **Merabeti & Ouakid, (2011)** réalisés à Biskra, et qui ont mentionné la présence de 22 espèces de Culicidae appartenant aux six genres (*Aedes*, *Anopheles*, *Culex*, *Culiseta*, *Uranotenia*, *Orthopodomya*). De même, les travaux de **Benhissen et al., (2014)** ont recensé 11 espèces, réparties entre deux Sous-famille: les Culicinae et les Anophelinae et à quatre genres: le genre *Anopheles* représenté par une seule espèce (*An. multicolor*); le genre *Aedes* avec deux espèces (*Ae. caspius*, *Ae. vexans*); le genre *Culex* par cinq espèces (*Cx. pipiens*; *Cx. theileri*; *Cx. deserticola*; *Cx. modestus*; *Cx. torrentium*; *Cx. pusillus*; *Cx. Antennatus* et le genre *Culiseta* représenté par *Cs. longiareolata*. Ainsi, **Boukraa et al., (2013)** dans leur étude morphotaxonomique des larves des Culicidae, dans la région du M'Zab-Ghardaïa, ont identifié 10 espèces: *Och. caspius*, *An. sergentii*, *Cx. deserticola* , *Cx. theileri*, *Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. laticinctus*, *Cs. longiareolata*, *Cs. subochrea*, *Ur. unguiculata*. Dans la région de Souk-ahras, **Benmalek et al., (2018)**, a confirmé la présence de quatre genres: *Culex* ; *Culiseta* ; *Anopheles* et 18 espèces (*Cx. pipiens*; *Cx. deserticola*; *Cx. univittatus*; *Cx. torrentium*; *Cx. peregrinus*; *Cx. impudicus*; *Cx. mimeticus*; *Cx. morsitans*; *Cx. brumpti*; *Cx. modestus*; *Cx. theileri*; *Cx. martinii*; *Cs. subochrea*; *Cs. annulata*; *Cs. morsitans*; *Ae. pullatus*; *An. coustani*; *An. shyrceanus*). **Hamaidia & Berchi, (2018)** ont révélée l'existence de 14 espèces de Culicidae appartenant à deux Sous-familles, celle des Anophelinae et celle des Culicinae, dont cette dernière est la plus représentée dans la région de Souk- Ahras. Dans la Sous-famille des Anophelinae, trois espèces sont été identifié : *An. labranchiae*, *An. petraghani* et *An.*

*rufipesbrousesi*. Pour la Sous-famille des Culicinae 11 espèces ont été identifiées: *Cs. longiareolata*, *Cs. subochrea* ; *Cs. annulata* ; *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. laticinctus*, *Cx. antennatus*, *Cx. hortensis*, *Cx. perexiguus*, *Cx. mimeticus*, et *Cx. impudicus*.

L'ensemble des espèces récoltées dans les stations d'étude ont fait l'objet d'une analyse des indices écologique, tel que l'abondance relative qui révèle *Cx. pipiens* est l'espèce la plus abondante, elle présente l'effectif le plus élevé 171 individus avec une abondance de 48,85 %, suivie de *Cs. subochrea* avec 66 individus avec une abondance de 19.24%; *Ae. pullatus* 9,32%, alors que les autres espèces sont faiblement représentées. Concernant la fréquence centésimale, toutes les espèces récoltées appartiennent à la même catégorie (Accidentelles) à l'exception de l'espèce *Cx. pipiens* qui est d'une catégorie différente (Accessoire). Elle est décrite comme accidentelle des creux d'arbre par Seguy, (1921) in Rioux, (1958) & Gaud, (1953). Nos résultats viennent confirmer les travaux de (Lounaci, 2003; Hmaidia, 2004; Bebba, 2004; Boudemegh *et al.*, 2013; Oudainia, 2015; Dahchar, 2017; Benmalek *et al.*, 2018; Hafsi *et al.*, 2021 & Merabti *et al.*, 2021). Cependant l'espèce *Cx. pipiens* est la mieux représentée, ce qui va de même avec les résultats des auteurs suivant: Merabeti & Ouakid, (2011); Oudainia, (2015); Aroussi *et al.*, (2021); Oussad *et al.*, (2021); Alayat *et al.*, (2023) & Boulares *et al.*, (2023).

Le genre *Culiseta* est représenté dans nos résultats par une trois espèces: *Cs. subochrea*, *Cs. annulata* et *Cs. moristans*. L'espèce *Cs. subochrea* est abondante dans notre site d'étude avec 19,24%. Elle se repartie en Algérie, au Maroc, en Egypte et en Tunisie (Brunhes, 1999). Elle été signalé en Algérie par Segy en 1924. Nos résultats conviennent avec ceux de Tine-Djebbar, (2009) & Bouabida *et al.*, (2012) réalisés a Tébessa ; Merabeti & Ouakid, (2011) réalisés dans la région de Biskra. Les résultats obtenus de la part de Benmalek *et al.*, (2018) & Hamaidia & Berchi, (2018) ont confirmé la présence de *Cs. subochrea* au niveau de M'zab-Ghardaia et Souk-Ahras; Chahed *et al.*, (2021) ont confirmé la présence de *Cs. Subochrea* Edwards 1921 au niveau de la région de Tizi-Ouzou.

Le genre *Aedes* est représenté par deux espèces: *Ae. vexans* et *Ae. Pullatus* cette dernière a été identifié avec une fréquence de 9,32% espèce est très rare. D'après Schaffner *et al.*, (2001), ce moustique n'a aucun intérêt médical, holarctique montagnard, les femelles piquent toute la journée

Cependant, le genre *Anopheles* est représenté dans notre région d'étude par une seule espèce; *An. coustani* ce genre a un grand intérêt médical et vétérinaire; c'est le vecteur principal du

paludisme, de la dengue et d'un grand nombre de parasitoses humaines et animales, a fait l'objet de plusieurs travaux ; depuis **Guy, (1959)**, **Senevets & Andarelli, (1960)** qui rapportent la présence de cinq espèces d'Anopheles, en passant par les travaux de **Berchi, (2000a)** qui a collecté quatre espèces d'Anopheles dans la région de Constantine et de l'Aurès, et ceux de **Hassaine, (2002)** dans la région Ouest d'Algérie, et au niveau de l'extrême Nord-est ceux de **Bendali-Saoudi, (2006)**, qui rapportent la présence du complexe *An. maculipennis* avec deux sous espèces *An. Maculipennis labbranchie* dans la région d'El kala et *An. Maculipennis sacharovi* dans la plaine Ouest d'Annaba ce qui convient avec les travaux de **Benmalek, (2010)**. Nos résultats conviennent également avec ceux de **Benmalek et al., (2018)** réalisés à Souk-Ahras.

#### 4.1.2. La faune associée

Entre 1920 et 1980, peu d'études exhaustives ont été le résultat de récoltes plus étalées dans le temps et dans l'espace. Cas des travaux de **Gauthier, (1928)** sur la faune des eaux continentales d'Algérie et de Tunisie, **Guignot, (1931; 1933)** sur les Hydrocanthares de l'Afrique du Nord, **Vaillant, (1955)** sur la faune madicole d'Algérie, **Aubert, (1956)** sur les Plécoptères, **Bertrand, (1972)** sur les Coléoptères...

Les travaux se sont intensifiés par des études de recherches universitaires pour contribuer à la mise en évidence des listes taxonomiques récentes, à travers l'Algérie. L'étude de la faune des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau d'Algérie a été entreprise ces dernières décennies, afin de dresser un inventaire aussi exhaustif que possible et d'avoir des connaissances sur leurs identifications systématiques, leurs écologies ainsi que leurs biogéographies. Un certain nombre de travaux, ont déjà été exposés par différents auteurs auxquels viennent s'ajouter des essais faunistiques réalisés récemment. Des études réalisées sur la faune benthique, de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (**Mebarki, 2001**). Sur la faune benthique des réseaux hydrographiques du Chellif et du Mazafran (**Arab, 2004**). Les Plécoptères de Kabylie, identifiés par **Lounaci & Vinçon, (2005)**. La faune benthique des cours d'eau de Kabylie du Djurdjura, a été déterminée par **Lounaci, (2005)**. L'inventaire des Diptères Chironomides d'Algérie, a été établi par **Moubayed et al., (2007)** et ceux du Nord - est de l'Algérie, (**Zerguine et al., 2009**). Des études réalisées par **Yasri, (2009)** sur l'hydrobiologie du réseau hydrographique du Mazafran. La macrofaune benthique de la Wilaya de Bechar, précisément au niveau de Oued Saoura a été identifiée par **Hamzaoui, (2009)**. D'autre part les macroinvertébrés des cours d'eau de Tiout, Hadjadj et Moghrar de la Wilaya de Naâma, ont été étudiés par **Sekhi, (2010)**.

Cependant les Macroinvertébrés benthiques, qui sont des organismes animaux visibles à l'œil nu tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs (**Tachet *et al.*, 2006; Sanogo, 2014; Mackintosh *et al.*, 2015; Baaloudj *et al.*, 2020; Mahmoud & Riad, 2020**), constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques, car ils sont une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons et d'oiseaux (**Karus *et al.*, 2014**). Comme ils participent activement, dans la transformation de la matière organique (décomposition des feuilles, bois,...). Cependant on les considère de bons bioindicateurs, en raison de leur sédentarité, leur grande diversité et leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat (**Parmar *et al.*, 2016; Ismail & Adnan, 2016; Zinsou *et al.*, 2017**). Ils reflètent particulièrement bien, l'état écologique des cours d'eau, en réagissant très vite aux changements survenant dans leur environnement. L'emploi de ces bioindicateurs macrobenthiques est de plus en plus répandu au sein des Organismes Internationaux, œuvrant dans les domaines de la conservation et du développement durable (**Patrick *et al.*, 2015; Touaylia, 2017; Bekhouche *et al.*, 2017; Benamar *et al.*, 2021; Mahmoudi *et al.*, 2022**). Ils comptent parmi les meilleur outils, mis à la disposition de l'Homme, pour faire face aux différents défis environnementaux, présents et futurs (**Lamri, 2016; Abbou & Fahde, 2017; Baaloudj *et al.*, 2020**). L'ensemble du bassin méditerranéen est aujourd'hui au cœur des préoccupations mondiales en termes de biologie de la conservation. Sachant qu'à l'instar des autres écosystèmes mondiaux, les écosystèmes méditerranéens sont les plus vulnérables (**Niazi, 2007**). Cette zone est d'ailleurs considérée actuellement comme un des 34 points chauds de la planète (**Ajeegah *et al.*, 2017**).

Donc les études faunistiques des invertébrés benthiques, sur leurs écologie, sur leurs répartition spatiale et sur la structure des communautés, revêtent d'une importance primordiale dans la compréhension du fonctionnement et de la gestion des systèmes naturels et d'autre part, dans l'évaluation de l'état de santé écologique des hydrosystèmes (**Martinez-Haro *et al.*, 2015; Tshijik *et al.*, 2015**). Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques (**Villeneuve *et al.*, 2015**). On trouve des macros invertébrées dans tous les types de milieux aquatiques d'eau douce, bien qu'ils soient pauvrement représentés dans la zone pélagique des lacs. Par contre, dans les autres compartiments d'eau douce, des mares temporaires à la zone benthique des plans d'eau permanents, des ruisseaux intermittents aux plaines d'inondation des grands fleuves (**Melghit *et al.*, 2015; Malik *et al.*, 2020; Kaur *et al.*, 2020**).

En Algérie, les macroinvertébrés aquatiques sont gravement touchés par les différentes formes de perturbations naturelles ou anthropiques. Les premiers travaux sur les hydrosystèmes du Nord de l'Algérie, ont été essentiellement consacrés à la description des espèces, mais peu se sont intéressés à leur écologie ou à leur biogéographie (**Arab et al., 2004**). Plus récemment, les travaux réalisés ont porté sur les Chironomides du Nord-est de l'Algérie, 65 espèces ont été identifiées (**Chaib et al., 2013**). Dans le bassin de l'Oued Charef, au Nord-est de l'Algérie **Zerguine et al., 2018** ont récolté 7615 spécimens comportant 75 espèces réparties dans quatre Sous-familles des Chironomidae. Les Plécoptères d'Algérie ont été identifiées par **Yasri Cheboubi et al., (2016)**; **Samraoui et al., (2020)**. Six campagnes d'échantillonnage réalisées par **Bekhouche et al., (2017)** sur le bassin versant de Boumerzoug situées dans l'Est de l'Algérie ont identifié une faune macrobenthique composées de 7364 individus répartis en 106 taxons, avec prédominance de Diptères. Dans la région de Tlemcen **Bemmoussat-Dekkak, (2021)**, ont largement travaillé sur les Trichoptères du Nord-ouest de l'Algérie. Alors que les Ephéméroptères d'Afrique du Nord ont été identifiés par **Samraoui et al., (2021)**, et ceux des cours d'eau du Nord-est de l'Algérie par **Benzina & Bachir, (2018)**.

Les travaux de **Lounaci, (2014)** sur les macroinvertébrés, ont révélé l'existence de 985 espèces recensées à l'échelle de l'Algérie. Les résultats obtenus concernant le zooplancton, compte 83 espèces (16 Rotifères & 67 Crustacés) et les invertébrés ont été représentés par 902 taxons. Parmi les Insectes (au nombre de 810), Les Diptères et les Coléoptères sont les mieux représentés (respectivement 369 espèces et 153 espèces). Ils sont suivis par les Hémiptères (85 espèces), les Odonates (68 espèces), les Trichoptères (56 espèces), les Ephéméroptères (55 espèces) et les Plécoptères (24 espèces). Les autres groupes d'invertébrés sont faiblement représentés: Annélides 47 espèces, Mollusques 21 espèces, Hydracariens 20 espèces, Plathelminthes 2 espèces et Collemboles 2 espèces. **Ben moussa et al., (2014)** ont recensée 17124 individus correspondant à 40 Familles et à 60 taxons appartenant à 3 groupes faunistiques principales (Annélides; Mollusques; Arthropodes). Au Nord de l'Algérie, la complexité des hydrosystèmes et la multiplicité des perturbations anthropiques d'une part, ainsi que les conditions climatiques difficiles (régression de la pluviométrie, élévation de la température) d'autre part, ont conduit à la fragmentation croissante des milieux se traduisant par des modifications profondes et rapides des communautés d'invertébrés avec une perte de la diversité et/ou des déséquilibres démographiques (**Lounaci, 2005**).

Une étude réalisée par **Serradj et al., (2018)** sur les macroinvertébrés du lac des Oiseaux. Site classé par Ramsar et situé au Nord-est de l'Algérie. Les chercheurs ont identifié, sur les 3685 individus récoltés et selon l'ordre décroissant de leur abondance, la présence des taxons suivants : les Cladocères (*Daphnia magna*, *Simocephalus vetulus* et *Simocephalus expinosus*) ; trois familles de Coléoptère sont été systématiquement identifiées: Noteridae (1 espèce : *Hydrocanthus iricolor*); Dytiscidés (9 espèces : *Dytiscus semisulcatus*, *Dytiscus circumflexus*, *Dytiscus marginalis*, *Dytiscus dimidiatus*, *Agabus brunneus*, *Agabus binaires*, *Laccophilus poecilus*, *Laccophilus minutus*, *Hydroporus pubescens*);Hydrophilidae (6 espèces :*Berosus frontifoveatus*, *Berosus luridus*, *Berosus affinis*, *Hydrophilus piceus*, *Berosus signaticollis*, *Enochrus halophiles*). Cependant, l'étude a confirmé la présence des hémiptères avec quatre familles et cinq espèces: Notonectidae (2espèces: *Notonecta glauca*, *Anisops sardeus*); Pleidae (1 espèce: *Plea minutissima*), Corexidae (1 espèce: *Corixa punctata*) et Nepidae (1 espèce: *Nepa cinerea*). Le groupe Hydrachenella ou Hydracariens ou Water mitesou Hydrachnidia révèle la présence de quatre espèces appartenant à trois familles: Eylaidae (1 espèce : *Eylais hamata*); Pionidae (2 espèces : *Piona nodata*, *Piona uncata*) ; Hydrophantidae (1 espèce : *Eupatra rotunde*) et Aeshnidae (1 espèce: *Boyeri airene*). Cependant les travaux de **Guellaf et al., (2021)** dans le bassin méditerranéen de la rivière Martil au Nord-est du Maroc ont permis de mettre en évidence la présence de 61 genre, 27 famille et 102 espèces, répartis comme suit: 13 espèces d'Odonates ; 65 espèces de Coléoptères et 24 espèces d'Hémiptères.

Les résultats obtenues à partir de nos prélèvements, font état de 2 861 spécimens échantillonnés, à partir des quatre stations d'étude. Ils sont réparties entre 4 Ordres ( Coléoptères, Hémiptères, Hydracariens et Crustacés) 9 Familles et 16 espèces: Naucoridae (1 espèce : *N. maculatus*), Hydrophilidae (3 espèces: *B. luridus*, *B. affinis*, *H. palustris*), Notonectidae (1 espèce : *N. glauca*), Pleidae (1 espèce: *Pl. minutissima*), Corexidae (1 espèce : *Co. punctata*), Eylaidae (1 espèce : *Ey. hamata*), Pionidae (2 espèce *Pi. nodata*, *Pi. uncata*), Daphnidae (4 espèces : *D. magna*, *D. similis*, *S. vetulus*, *S. expinosus*) et Copepodae (2 espèces: *Cy. fuscus*, *Ca. gracilis*). Les Cladocères sont les mieux représentés (2 465 spécimens). Ils sont suivis par les Hémiptères (167 spécimens), les Coléoptères (130 spécimens) et les Hydracariens (99 spécimens). La richesse totale, varie selon les stations, elle est importante au niveau de la première station avec 16 espèces, par contre, elle diminue au niveau de la station 2 et 4 avec 13 espèces. La majorité des espèces citées dans notre étude confirme les résultats de **Serradj et al., (2018)** et ceux de **Samraoui, (2021)**.

Les Coléoptères constituent un groupe très diversifié et écologiquement très hétérogène pouvant s'adapter à tout type de biotopes. Ils sont parfois difficiles à appréhender car ils possèdent des phases aquatiques alternant avec des phases terrestres. Certaines familles possèdent quelques représentants dont seule la phase larvaire est aquatique (Helodidae, Sphaeridiidae) ou seule la phase adulte est aquatique (Hydraenidae) alors que d'autres sont strictement aquatiques (Dryopidae; Elmidae; Hydrochidae); ( **Mebarki, 2001**), la végétation immergée, le substrat à granulométrie fine, la température de l'eau et les potentialités trophiques, sont les facteurs de répartition les plus influents sur les éléments de ce groupe d'insectes. La bioécologie des Coléoptères d'Algérie reste malconnue et encore moins celle des milieux salés et humides. L'intérêt écologique d'un inventaire serait donc considérable en raison de l'originalité de ces milieux sélectifs tant sur le plan floristique, hydrologique que climatique. Dans le cadre de cet article, le travail se limitera à fournir une liste d'espèces et à établir une répartition des espèces choisies parmi les plus représentatives (soit par leur abondance soit par leur plasticité écologique soit encore par leur originalité biologique).

Dans le présent travail, l'ordre des Coléoptères est représenté par un total de 4 espèces (*N. maculatus*, *B. luridus*, *B. affinis*, *H. palustris*), ces espèces concordent avec ceux de **Serradj et al., (2018)** et **Mahmoudi et al., (2022)**. Les coléoptères peuplant les eaux continentales de l'Algérie, ont été identifiés également par **Seghier & Djazouli, (2018)**, qui ont révélé la présence de 32 espèces, classé dans 10 familles et 26 genres, cela à partir de deux biotopes Sahariens de la région de Béchar. Les espèces de coléoptères du lac Tonga situé à l'extrême Nord –est de l'Algérie, selon **Mahmoudi et al., (2022)** 24 espèces ont été identifiées. **Touaylia et al., (2011)**, sur les 64 sites répartis dans le Nord de la Tunisie, ils ont identifié 123 espèces. En Maroc, **Lamri et al., (2016)** ont mené une étude pendant deux années consécutives, sur un total de 16 stations situées sur l'ensemble du bassin versant, ont recensée : 51 espèces de coléoptères réparties en 2 Sous-ordres, 34 genres et 10 familles.

Les Hétéroptères aquatiques se rencontrent pratiquement en toute saison. A l'état adulte, ils hibernent et reprennent leur activité dès que la température s'adoucit. Chaque espèce a ses propres exigences écologiques. Selon **Poisson, (1957)**, Ils peuplent divers biotopes des milieux aquatiques : marécages, mares, ruisseaux et rivières; ils s'observent surtout sur les rives des cours d'eau. **Dethier, (1985; 1986)**, signale que les Hétéroptères aquatiques sont avant tout des Insectes d'eau stagnante. En eau courante, ils colonisent les zones lénitiques ou les biotopes abrités du courant. La nature des rives (cailloux, vase, sable et végétation) joue un rôle important dans la biologie et l'écologie des éléments de ce groupe d'insectes.

---

164 individus, de la faune benthique totale appartenant à 3 familles et à 3 genres ont été dénombrés: Corixidae (*Co. punctata*) ; 13 individus, Pleidae (*Pl. minutissima*) ; 59 individus, Notonectidae (*N. glauca*) ; 95 individus, ont été cités par Annani dans son étude, Hémiptères aquatiques du Nord-est de l'Algérie: Distribution, phénologie et conservation (**Annani, 2012**).

Les Cladocères présentent un grand intérêt écologique pour les milieux dulçaquicoles à en juger par leur large distribution et leur rôle dans la chaîne trophique. En effet, le genre *Daphnia* est largement répandu dans les eaux douces stagnantes de l'arctique aux tropiques (**Haney & Buchanan, 1987**). La présence de ce genre est rapportée dans les différents états trophiques des cours d'eau et dans les différentes tailles et morphologies des habitats aquatiques en allant des étangs ou des lacs peu profonds à la zone pélagique des grands lacs et des réservoirs (**Horn, 2003; Jeppesen et al., 2004**).

Dans la majorité de ces systèmes, les daphnies dominent la communauté des zooplanctons en termes d'abondance et de biomasse durant certains intervalles de temps. Étant donné que les daphnies jouent un rôle important dans la chaîne trophique des lacs, les scientifiques les ont désignées comme espèces clés dans les systèmes pélagiques (**Carpenter & Kitchell, 1993**). En comparaison avec les autres zooplanctons, les daphnies peuvent atteindre des taux de filtration élevés (**Muck & Lampert, 1984**) et un potentiel de consommation de particules dans une gamme de 0.5 à 50 µm (**Müller, 1981**). Dans les lacs tempérés, la filtration par les daphnies participe à la clarification de la surface de l'eau, et ainsi les daphnies jouent un rôle important dans la structuration spatiale et temporelle de la communauté phytoplanctonique (**Muck & Lampert, 1984**). Si les conditions sont favorables, les daphnies peuvent réaliser une filtration totale du milieu par jour (**Kothe & Benndorf, 1994**). Les daphnies sont des organismes filtreurs, considérés comme des consommateurs primaires. Elles sont phytophages et bactériophages (**Hadas et al., 1983**). Elles apprécient les eaux riches en matières organiques dissoutes ou en suspension et peu polluées par les micropolluants chimiques (**Mugel & Féraud, 1978**). Toutefois, il est important de signaler que la quantité et la qualité de la nourriture jouent un rôle primordial pour la reproduction et influencent nettement la dynamique de population de la daphnie (**Lynch & Ennis, 1983; Cowgill et al., 1985**). La qualité et la quantité de la nourriture semblent aussi influencer la sensibilité des daphnies aux toxiques (**Enserink et al., 1995**). Plusieurs études ont été réalisées sur les Cladocères (**Serradj et al., 2018; Ghaouaci et al., 2018; Sehili et al., 2020**).

Au total, 23 espèces de Calanoïdes ont été recensées à ce jour en Afrique du Nord alors que **Rose & Vaissière, (1952)** n'en dénombrèrent que quinze. Cinq espèces n'ont pas été retrouvées, probablement en raison de l'absence de prospections ultérieures dans les milieux où ces espèces furent récoltées. Onze et treize espèces sont connues respectivement de la Tunisie et de l'Algérie. Le Maroc présente une diversité plus élevée avec 17 espèces; 10 d'entre elles ne sont pas retrouvées dans les autres pays du Maghreb. Si la plupart des espèces rencontrées sont cosmopolites, on note la présence d'espèces endémiques de l'Afrique du Nord (*Metadiaptomus chevreuxi*, *Copidodiaptomus numidicus*). La seconde étant néanmoins signalée en Espagne (**Armengol, 1988**) et en Sardaigne (**Stella, 1982**), son absence des inventaires marocains est inexplicable. *Diaptomus kenitraensis* est endémique du Maroc alors que *Diaptomus cyaneus* (espèce présente autour de la Méditerranée) et *Mixodiaptomus laciniatus* (espèce boréoalpine) sont confinées aux chaînes atlantiques et rifaines en Afrique du Nord.

L'identification des hydracariens est une spécialisation fortement divergente. Elle se fait en majorité sur la classification des groupes de caractères semblables concernant les différentes structures chitineuses du corps de l'adulte, leur comportement, et leur biologie. Jusqu'à présent, il existe plus de 6000 espèces répertoriées dans le monde, représentés par 57 familles, 81 sous-familles et plus de 400 genres (**Smith & Cook, 1991; Di Sabatino et al., 2008**), mais les études sur les hydracariens en Afrique sont très rares. En Algérie, les premiers travaux effectués sur les hydracariens (**Gros, 1904; Sergent & Sergent, 1904; Walter, 1925 a; Walter, 1940**) ont révélé la présence de larves d'hydracariens à différents endroits du corps des Insectes à phase larvaire aquatique. Selon **Walter, (1924)**, seules 6 espèces appartenant à ce groupe ont été signalées à l'époque en Afrique du Nord. La description des quatre premières espèces recueillies dans les environs d'Alger a été faite. Cependant, l'absence de certains détails rend leur identification peu sûre (**Walter, 1924**). Dans ce cadre, un programme de recherche a été établi par notre équipe, afin de mettre en œuvre des inventaires au niveau de l'Est Algérien et procéder par la suite à la détermination de leur capacité prédatrice anti culicidienne, pour les intégrer dans la lutte biologique (**Mansouri et al., 2013; Gacem et al., 2013; Bendali-Saoudi et al., 2013; 2014; Gacem, 2015; Mansouri, 2015**).

Les hydracariens récoltés dans notre étude ont révélé l'existence de 99 individus, appartenant en trois espèces: deux espèces appartenant au genre *Piona* et à la famille des Pionidae: *Piona nodata*, *Piona uncata* et une seule espèce appartenant au genre *Eylais* et à la famille des Elaidae: *Eylais hamata*. L'espèce inventoriée a été signalée dans les travaux de **Smith (1986)**

dans sa clé d'identification des Eylaidae. Nos résultats viennent de compléter les travaux de **Bendali-Saoudi, (2006)** qui ont décrit neuf (9) espèces dans la région d'Annaba dont les plus abondantes sont *Eylais extendens*, *Piona constricta*, *Hydry phantheruber* et *Arrenurus sp.*. D'autre part les travaux de **Berrak, (2009)**; qui ont révélé l'existence de 3 espèces (*Eylais hamata*, *Piona uncata* et *Arrenurus globator*). Ainsi, l'inventaire des hydracariens réalisé par **Gacem, (2015)** au niveau du lac Tonga, qui a révélé la présence des six espèces suivantes: *Piona uncata*, *Forelia onondaga*, *Eylais hamata*, *Arrenurus balladoniensis*, *Unionicola crassips* et *Hydrachnacruenta*, dont *Piona uncata* travaux effectués par **Gacem et al., (2015)** déterminent une seule espèce: *Piona uncata* au niveau les Ruines Romaines situées dans la ville d'Annaba. En passant par les travaux de **Mansouri, (2015)** qui a cité quatre espèces: *Eylais hamata*, *Piona nodata*, *Piona uncata* et *Eupatra rotunda* dans la région d'Elkala, **Mesikh et al., (2015)** dans la région d'El kala avait cité: *Piona uncata*, *Piona alpicola*, *Eylais hamata*, *Eylais sp.*, *Arrenurus novus*, *Arrenurus batillifer*, *Hydrochoreutes intermedius*, *Diplodontus sp.*, *Hydrachna globosa* et ceux de **Boudemagh, (2015)** dans la région de Collo qui à cité *Eupatra rotunda* et *Eylais hamata*. **Serradj et al., (2018)**; a confirmé la présence de quatre espèces: *Eylais hamata*, *Piona nodata*, *Piona uncata* dans le lac des oiseaux, Wilaya d'El Taref.

#### **4.2. Analyse physicochimique de l'eau**

L'Algérie dispose de 1451 zones humides dont 762 sont naturelles et 689 sont artificielles d'après un recensement effectué en 2006, selon, **Toubal et al., (2014)**. Parmi les 1451 sites, 50 sont classés sur la liste de la Convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale, avec une superficie de près de 3 millions hectares, soit 50% de la surface totale estimée des zones humides en Algérie. Actuellement l'Algérie connaît de graves problèmes de dégradation de ces zones naturelles. L'étude des paramètres physico-chimiques est largement utilisée pour diagnostiquer les problèmes de pollution de l'eau et de dégradation des habitats, mais elle présente des limites car elle ne donne que l'image du milieu à l'instant du prélèvement (**Mahamane & Guel, 2015; Zinsou et al., 2016; EL hraïki et al., 2021**).

Les composantes physico-chimiques d'une eau peuvent jouer un rôle primordial, non seulement dans la biologie d'une espèce mais aussi dans la structure et la dynamique de la biocénose toute entière (**Enkhnasan & Boldgiv 2020**). Donc, il est nécessaire de connaître les exigences de l'être vivant en terme de température, de salinité, de transparence, d'Oxygène dissous et de différents xénobiotiques présents dans l'environnement. Comme ils interviennent essentiellement, comme facteurs explicatifs des conditions biologiques. 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 (**Lagnika et al., 2014**). Selon **Enkhnasan & Boldgiv, (2020)** l'influence de l'environnement sur la diversité des espèces est importante. Cette homogénéité dans la composition physico-chimique de l'eau est probablement le résultat de la nature de la source de l'eau du marais, qui est presque entièrement basée sur les précipitations selon **Saoudi et al., (2018)**. Dans le même contexte, les résultats de l'étude de **Baaloudj et al., (2020)** montrent que la Seybouse abrite une faune très diversifiée dont les besoins vitaux sont très variés et qui s'est adaptée aux variations des facteurs environnementaux. Selon **Loucif et al., (2020)**, le lac de notre travail est actuellement en état d'eutrophisation et d'autres dégradations sévères de l'écosystème peuvent survenir si les mesures de gestion appropriées ne sont pas prises à court terme. Cette étude souligne également que le lac étudié est riche d'un point de vue taxonomique avec 9 familles, et 16 espèces. Par conséquent, la conservation et la protection du lac sont nécessaires.

Les effets sur la biodiversité varieront d'une région à une autre. Les changements climatiques les plus rapides sont prévus dans l'extrême Nord et l'extrême Sud, ainsi que dans les régions montagneuses. Ce sont dans ces mêmes régions que les espèces seront probablement « bloquées », sans habitat alternatif vers lesquels elles pourront migrer (**Reid & Swiderska, 2008**).

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 composantes physico-chimiques d'une eau peuvent jouer un rôle primordial, non seulement dans la biologie d'une espèce mais aussi dans la structure et la dynamique de la biocénose toute entière (**Berchi, 2000**). Donc, il est nécessaire de connaître les exigences de l'être vivant en terme de température, de salinité, de transparence, d'Oxygène dissous et de différents xénobiotiques présents dans l'environnement. Les éléments physico-chimiques généraux interviennent essentiellement comme facteurs explicatifs des conditions biologiques.

Les effets du changement climatique sur la biodiversité seront multiples, et toucheront aussi bien les écosystèmes que les espèces. L'effet le plus évident sera celui qu'auront les inondations, la montée du niveau de la mer et les changements de température sur les frontières des écosystèmes (**Reid, 2006**). L'analyse physico-chimique au niveau de notre site

d'étude a concerné les paramètres suivant: pH, T°, conductivité, alcalinité (TA; TAC), dureté totale (TH) et la turbidité. Le changement des valeurs des paramètres a été signalé pour la conductivité électrique, l'alcalinité (TA; TAC) et la dureté totale. Le reste des paramètres ne montrent pas de différence entre les quatre stations choisies

Suivant **Ramade (2009; 2011)**, la gamme de valeurs de pH comprises entre 6,5 et 8,5 caractérise la majorité des écosystèmes limniques (cours d'eau et lacs). Selon ce même auteur, le pH des eaux naturelles dépendent de la nature de la roche mère traversée par l'eau. Les valeurs du potentiel Hydrogène se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles, en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés (**Chapman et al., 1996**). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau (**Ghazali & Zaid, 2013**). Les quatre stations présentent des pH variant de 7,27 à 7,77 montre que l'eau est alcaline. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibre physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, comme la température et l'origine de l'eau de prolifération, et représente une importance en ce qui concerne l'agressivité de l'eau (aptitude à dissoudre le calcaire); (**Ghazali & Zaid, 2013**). En effet pour la plupart des espèces aquatiques, la zone optimale de pH pour la reproduction, se situe entre 6 et 7,2. Au-delà de pH 9, on assiste à la mortalité pour de nombreuses espèces (**Zongo, 1993**). Cependant, il a été démontré que pour la plupart des espèces aquatiques, la zone du pH favorable pour leur développement se situe entre 6 et 7,2 (**Rodier, 1996**). Le pH est influencé aussi par la synthèse chlorophyllienne, le métabolisme bactérien et celui des champignons inférieurs (**Himmi, 2007**).

La conductivité représente l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau, en effet des contrastes de conductivité mesurés sur un milieu permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélange ou d'infiltration....etc. Selon **Rejsek, (2002)**, la conductivité dépend de la nature des ions dissous et de leurs concentrations dans l'eau, donc de la salinité. La conductivité est également en fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (**Rodier, 1984**). La conductivité électrique peut avoir un effet sur la densité (**Vermeil et al., 1967; Trari, 1991**) et la répartition de certaines espèces (**Louah, 1995**).

Durant cette étude, de grandes variations ont été recensées, une conductivité élevée traduit généralement soit des pH anormaux, soit une salinité élevée. Ce qui concorde avec les travaux de **Belghiti et al., (2013)** et ceux de **Ghazali & Zaid (2013)** qui ont trouvé que ce paramètre présente des variations au sein des échantillons analysés, qui serait liée à la nature

lithologique et en particulier à sa composition en magnésium et en calcium. Ainsi, les résultats obtenus sont similaires à ceux de **Sunitha et al., (2005)** et **Raman & Geetha, (2005)** qui ont montré que la qualité de l'eau souterraine peut être prédite avec précision seulement par la mesure de la conductivité électrique. Contrairement aux résultats trouvés par **Lagnika et al., (2014)**, signalant une conductivité moyenne de  $236,62 \pm 135,54 \mu\text{S}/\text{cm}$  et dont une forte corrélation est signalée entre la conductivité électrique et les paramètres suivants: pH, TH,  $\text{Ca}^{2+}$  et Cl. **Blondel, (1975)** a noté qu'une conductivité forte à moyenne  $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$  avec une salinité élevée affiche une faible abondance. Ce qui est également conforme avec les résultats trouvés par d'autres chercheurs comme **Berti et al., (2010)** et **Lagnika et al., (2014)**. Les valeurs de la conductivité électrique sont différentes, dans notre site d'étude et durant la période expérimentale variaient, de 511 à  $1984 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces valeurs ne dépassent pas la norme ( $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Cependant, la dureté totale (TH) présente des teneurs variables varient entre 20,50 et 379 mg/l dans notre site d'étude. Ce paramètre varie en fonction de la conductivité (**Lagnika et al., 2014**). Comme il pourrait être liée à la nature lithologique de la formation aquifère et en particulier à sa composition en magnésium et en calcium (**Ghazali & Zaid, 2013**). Ainsi, le titre alcalimétrique (TA) mesurant la teneur en alcalis libres ( $\text{OH}^-$ ) et en carbonates ( $\text{CO}_3$ ), affiche des variations remarquables. En ce qui concerne le titre alcalimétrique complet (TAC), qui mesure la somme des alcalis libres s'étendent de 221,28 à 43.00, des carbonates et des bicarbonates, les variations sont aussi remarquables au niveau des stations d'études. Dans le cas des eaux naturelles et en particulier en Algérie, l'alcalinité est souvent bicarbonatée car le pH est généralement inférieur à 8,3 (**Rehi, 1987**). Ainsi, les plus fortes teneurs en TAC pourraient provenir de la mise en solution des roches calcaires et de lessivage lors d'une forte pluie. Ceci se contraste avec les résultats de **Harrat, (2007)** et de **Lagnika et al., (2014)**, montrant que les eaux étudiées sont légèrement dures. La turbidité varie de 7,75 à 11,33. 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)**.

L'augmentation des températures aquatiques a déjà causé des modifications dans les cycles reproductifs et les saisons de croissance de certaines espèces, ce qui peut affecter le fonctionnement des écosystèmes, qui peuvent être déséquilibrés. Lorsque, par exemple, des insectes parasites jusque-là inconnus au Royaume-Uni survivent soudainement aux hivers plus doux. Les espèces migratoires peuvent être dramatiquement affectées par tout changement à leur sites de halte, indispensables à leur survie, ou lorsque la disponibilité de

sources alimentaires n'est plus synchronisée avec leur cycle migratoire (**Reid & Swiderska, 2008**). La température est influencée par l'origine dont elle provient, superficielles ou profondes (**Rodier, 1984**). La température mesurée au niveau de notre site d'étude atteint 25 à 25,6°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.

Cependant, les degrés de températures ne présentent pas de grandes variations au niveau des stations d'étude. La température de l'eau peut être un facteur important, car elle agit sur la vitesse de développement des larves et des nymphes, notamment chez les Culicidae, elle joue un rôle important dans le contrôle du métabolisme, et dans la répartition biogéographique de l'ensemble des espèces directement (**ElKaim, 1972**). De ce fait, le développement des Culicidae est conditionné par la température et par la composition biologique ou chimique de l'eau (**Messai et al., 2011**). Ces résultats concordent avec ceux obtenus par **Nechad et al., (2014)** qui ont montré des faibles variations thermiques, qui oscillent entre 18 °C et 17 °C en période humide, et entre 19 °C et 18 °C en période sèche.

### **4.3 .Etude toxicologique**

#### **4.3.1. Effet du *Bti* sur la faune associée**

Une méthode alternative à la lutte chimique et l'utilisation d'organismes vivants, autrement dit la lutte biologique, contre les moustiques, soit par prédation, soit par infection. Plusieurs formes de contrôles biologiques ont été tentées avec des espèces de poissons et de nématodes culiciphages, de champignons et de bactéries entomopathogènes, des parasites protozoaires, des insectes prédateurs mais peu d'entre elles ont été concluantes et donc adoptées (**Caquet et al., 2011**). De ce fait, l'utilisation de la lutte biologique est devenue une alternative essentielle, grâce à son efficacité contre un large spectre d'insectes nuisibles (**Boudjelida & Soltani, 2010; Bouaziz et al., 2023**). Le *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* a été utilisé en grande échelle grâce à sa spécificité pour les Culicidae (**Ati, 2008**).

Cependant notre travail s'est axé sur des expérimentations au laboratoire afin d'évaluer l'effet du *Bacillus thuringiensis israelensis* rérototype H14 sur quelques espèces de la faune associées au Culicidae présentée par 5 espèces (*Daphnia magna*, *Daphnia similis*, *Simocephalus expinosus*, *Cyclops fuscus*, *Asselus aquaticus*), cela dans le but de déterminer la toxicité de ce produit sur toute une population qui partage les mêmes conditions biotiques que les larves de moustiques. Les résultats obtenus après trois jours de traitement, montrent la sensibilité de

*Daphnia similis* au *Bti* qui a présenté une mortalité en fonction de la CL50 de 31,66% au stade adulte, tandis que la mortalité en fonction de la CL90 est de 43,33%.

Les Copépodes traités n'ont présenté aucune sensibilité à l'égard du *Bti*. L'activité larvicide provient exclusivement de la structure cristalline produite lors du cycle vital de la bactérie. Ses spores et cellules végétatives ne sont aucunement impliquées dans le processus insecticide. Le *Bti* est un « poison stomacal », le cristal doit être ingéré et l'organisme en cause doit posséder un tube digestif à pH hautement alcalin, des enzymes capables de libérer les molécules toxiques et finalement, des récepteurs cellulaires compatibles aux toxines (Lacoursière & Boisvert, 2004).

Les larvicides à base de *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) sont largement utilisés dans la lutte contre les moustiques, mais selon les travaux de Gerstle *et al.*, (2023), ils peuvent également réduire l'abondance des larves de chironomes non piqueurs et sont une source de nourriture essentielle pour de nombreux prédateurs aquatiques, tels que les larves de libellule et de demoiselle (Odonata). Ils ont appliqué la dose maximale de *Bti* utilisée dans la lutte contre les moustiques à trois reprises pendant deux années consécutives, trois semaines après la troisième application de *Bti* au cours de la première année, ils ont enregistré une réduction moyenne de 41 % des larves de chironomes

#### 4.3. 2. Effet du Novaluron sur la faune associée

Les essais toxicologiques par le régulateur de croissance des insectes, Novaluron, menés à l'égard de la faune associée (*Daphnia magna*, *Daphnia similis*, *Simocephalus expinosus*, *Cyclops fuscus*, *Asselus aquaticus*), présente un effet toxique exprimé par une mortalité relativement importante. L'efficacité du novaluron a été montrée par plusieurs travaux à l'égard de plusieurs espèces de moustique tels que *Aedes aegypti* (Nwankwo *et al.*, 2011; Farnesi *et al.*, 2012), *Culiseta longiareolata* (Bouaziz *et al.*, 2011) et *Culex pipiens* (Djehader *et al.*, 2013). Les recherches d'Arredondo-Jiménez & Valdez-Delgado, (2006) ont montré aussi une grande efficacité du novaluron à l'égard d'*Anopheles albimanus*, *Anopheles pseudopunctipennis*, *Aedes aegypti*, et *Aedes albopictus*. Djehader *et al.*, (2013). De même, pour les travaux de Jambulingam *et al.* (2009) sur *Culex quinquefasciatus*, et Ijumba *et al.*, (2010) sur *Anopheles gambiae* qui révèlent aussi un effet toxique du novaluron sur les séries traitées. L'action toxique de ce régulateur de croissance des insectes a été enregistrée contre plusieurs ordres d'insectes, autres que les diptères (Lohmeyer & Pound, 2012), notamment à l'égard des lépidoptères (Hamadah *et al.*, 2015); des coléoptères

(Arthur & Fontenot, 2012) et des hémiptères (Kamminga *et al.*, 2012). D'autres molécules appartenant à la même classe du Novaluron, inhibiteurs de la synthèse de la chitine, ont provoqué une augmentation du taux de mortalités par rapport aux témoins chez les moustiques (Belinato *et al.*, 2010). L'activité larvicide de ces composés est le résultat de leur interférence avec le processus de la mue, notamment la synthèse de la chitine en réduisant sa quantité dans la cuticule ce qui affecte les propriétés de cette exosquelette et conduit à un déficit du rejet de l'ancienne cuticule ce qui est par la suite la cause d'une mue incomplète (Merzendenroff *et al.*, 2012).

#### 4.4. Dosage des métabolites

Les métabolites (protéines, lipides, glucides) ont des rôles essentiels dans la physiologie de l'insecte en particulier dans la reproduction et le développement. Les protéines jouent un rôle fondamental dans l'organisme de toutes les espèces biologiques vivantes connues (Malher & Gordes, 1968). Ces dernières entrent dans diverses réactions et peuvent assurer la catalyse biochimique, la régulation hormonale et s'intègrent dans la cellule en tant qu'éléments structuraux en même temps que les glucides et les lipides (Jacobe *et al.*, 1961). Nos résultats montrent que le contenu en protéines chez *Daphnia magna* traité au *Bti*, entraîne une augmentation en protéines aussi bien pour les jeunes que pour les adultes par rapport au témoin.

Les glucides représentent l'élément énergétique principal de l'organisme. Les taux de glycogène et de tréhalose, dans les tissus et l'hémolymphe, sont étroitement liés aux événements physiologiques comme la mue et la reproduction (Wiens & Gilbert, 1968). Le traitement par *Bti* montre une augmentation dans le contenu en glucides aussi bien chez les adultes que les jeunes. Les lipides constituent également une source d'énergie essentielle chez les crustacés. Les teneurs en lipides augmentent aussi chez la même espèce après traitement au *Bti* chez les adultes et les jeunes. Nos résultats sur l'effet du *Bti* à l'égard des cladocères sont contradictoires avec ceux publiés par Duchet, 2010 qui a testé deux molécules bio-insecticides à savoir le spinosad et le *Bti*. En effet les études de laboratoire ont montré que le spinosad avait un effet sur les performances individuelles tel que la survie, fécondité et reproduction des cladocères alors qu'aucun effet n'avait été montré chez *Daphnia magna* après exposition au *Bti* sur terrain.

*CONCLUSION*  
*&*  
*PERSPECTIVES*

## 5. CONCLUSION & PERSPECTIVES

La première partie de notre recherche a été consacrée à l'inventaire de la faune des Culicidea et des invertébrés d'eau douce dans une région située au Nord-est de l'Algérie durant une période qui s'étend de Janvier 2019 à Décembre 2019 et nous a permis d'inventorier 11 espèces de Culicidae . Le genre *Culex* de la famille des Culicidae, occupe la première position, il est représenté par 5 espèces, c'est le genre le plus abondant, et le mieux représentée. En ce qui concerne l'identification systématique de la faune associée benthique 9 familles ont été déterminées: Naucoridae, Hydrophilidae, Notonectidae, Pleidae, Corexidae, Eylaidae, Pionidae, Daphniidae, et Copepoda. Les Cladocères sont les mieux représentés et les plus abondants.

La deuxième partie consacrée à l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau (pH, CE, TUR, TA, TAC, TH) ont un montré un impact sur l'abondance et la distribution de cette communauté d'invertébrés aquatiques. Le pH et la turbidité apparente influencent la faune d'invertébrés, tandis que la richesse était relativement faible aux stations 2 et 4, situées à proximité de sources de pollution anthropogéniques.

La troisième partie a été consacrée à l'étude de l'effet toxique de deux concentrations létales la CL50 et la CL90 du *Bti* et du *Novaluron* déterminées précédemment sur *Culex pipiens* cela à l'égard de cinq espèces non visées, vivant associées aux Culicidae. Les taux de mortalité ont été déterminés pendant trois jours successifs, pour chaque espèce et pour chaque concentration. Les Cladocères ont présenté une toxicité élevée et un effet néfaste vis-à-vis des deux produits. De même, les métabolites biochimiques de *Daphnia magna* adultes et jeunes traités au *Bti* ont présenté une perturbation dans leur contenu. Dans ce cas le *Bti* et le Novaluron peuvent être intégré, dans la lutte anticulicidienne en tenant compte des Cladocères, qui jouent deux rôles biologiques importants, comme biofiltreurs et maillons principale de la chaîne trophique aquatique. Cependant deux espèces des Crustacés benthiques *Cyclops fuscus* et *Asellus aquaticus* ont présenté une résistance vis-à-vis les deux concentrations de *Bti* utilisées. Comme *Cyclops fuscus* est considéré parmi les ennemis naturels des Culicidae, cela nous permettra de réaliser une lutte biologique anticulicidienne intégrée (*Bti* & *Cyclops fuscus*). De même l'espèce *Asellus aquaticus* est faiblement sensible aux deux concentrations utilisées.

Cette étude intervient dans un but de compléter les travaux antérieurs et à la mise à jour de connaissance et à l'élaboration de la liste des espèces macrobenthiques du Nord-est Algérien. Les résultats obtenus sont utiles pour élaborer un programme de lutte, pour diriger les opérations et évaluer leurs efficacités. Les mêmes espèces *Cyclops fuscus* et *Asellus aquaticus* ont présenté une résistance vis-à-vis la CI50 de Novaluron. Ce travail mériterait d'être approfondi par de nouvelles voies d'approches Enzymologique et Moléculaire qui pourraient peut-être élucider certains problèmes de systématique pour les espèces complexes comme *Culex pipiens* et biochimiques pour la faune non visée.

# *RESUMES*

## 6. RESUME

La faune Culicidienne et la faune macrobenthique est un fournisseur important des écosystèmes aquatiques. La présente étude visait à déterminer la biodiversité de la communauté d'invertébrés du lac Echatt (Nord-est de l'Algérie) situé dans une zone protégée classée par Ramsar en 1983, et à évaluer l'impact des activités anthropogéniques en utilisant les paramètres physicochimiques de l'eau sur leur structure et leur fonction. Des échantillons ont été collectés mensuellement pendant une année (janvier 2019-décembre 2019) dans quatre stations sélectionnées. L'étude systématique des Culicidae a été réalisée à l'aide de clés dichotomiques (Himmi *et al.*, 1995, Schaffner *et al.*, 2001). Les résultats révèlent la présence de 11 espèces: cinq appartenant au genre *Culex* (*Culex pipiens*, *Culex hortensis*, *Culex univittatus*, *Culex brumpti* et *Culex modestus*), trois au genre *Culiseta* (*Culiseta subochrea*, *Culiseta annulata* et *Culiseta moristans*), deux au genre *Aedes* (*Aedes pellatus* et *Aedes vexans*) et une espèce au genre *Anopheles* (*Anopheles coustani*) et 2 861 spécimens de la faune associées ont été collectés. Les espèces identifiées (16 espèces) appartiennent à 9 familles: Naucoridae, Hydrophilidae, Notonectidae, Pleidae, Corexidae, Eylaidae, Pionidae, Daphniidae et Copepoda. Sept paramètres physico-chimiques (température, potentiel hydrogène, conductivité électrique, titre hydrométrique, titre alcalimétrique, titre alcalimétrique complet et turbidité) de l'eau ont également été déterminés dans chaque station afin d'évaluer leur influence sur l'abondance et la distribution de la faune invertébrée. Le pH et la turbidité apparente influencent la faune invertébrée, alors que la richesse était relativement faible aux stations 2 et 4, situées à proximité de sources anthropiques de pollution. Les données obtenues ont permis d'évaluer l'impact possible des activités anthropiques sur la biodiversité des invertébrés.

La lutte biologique par le *Bacillus thuringiensis israelensis* a été largement utilisée dans le monde contre les insectes nuisibles. L'étude de l'effet toxique de deux doses létales du *Bti* la CL50 (350µl) et la CL90 (717 µl) testées sur *Culex pipiens* (espèce ciblée) a été testée sur cinq espèces non ciblées de Crustacés: *Daphnia similis*, *Daphnia magna*, *Simocephalus expinosus*, *Cyclops foscus*, et *Asellus aquaticus*. La mortalité a été enregistrée après 24h ; 48h & 72h d'exposition. Le *B.t.i* a montré un effet néfaste vis-à-vis *Daphnia magna* (64,66% & 89,99%), *Daphnia similis* (31,66% & 43,33%) et *Simocephalus expinosus* (56,66% & 61,66%) et sans effet à l'égard de *Cyclops foscus* (4,99% & 3,32%), et *Aselles aquaticus* (3,32% & 3,33%). D'autre part on a testé l'effet du Novaluron qui est un régulateur de croissance des insectes, appartenant à la famille des benzoylurées, agit par inhibition de la

synthèse de la chitine. Cependant pour déterminer l'impact de ce produit sur les espèces non ciblées, on a testé la toxicité de la CL50 (déterminée sur les larves de *Culex pipiens*), à l'égard de cinq espèces de crustacés benthiques: *Daphnia similis* (69,99%), *Daphnia magna* (79,99%), *Simocephalus expinosus* (96,65%), *Cyclops fuscus* (1,66%) et *Asellus aquaticus* (3,32%) pendant 3 jours. Le Novaluron a montré un effet néfaste sur *Daphnia similis*; *Daphnia magna* & *Simocephalus expinosus*, alors qu'il était presque négligeable à l'égard de *Cyclops fuscus* et *Asellus aquaticus*.

Le dosage des métabolites chez *Daphnia magna* adulte et jeune a montré une perturbation du métabolisme caractérisé par l'augmentation des teneurs en protéines, en glucides et en lipides. L'analyse statistique (AV1) entre témoins et traités, a donné des différences très hautement significative des protéines, chez les adultes, dans les 24h ; 48h (P=0,000) du traitement et une différence hautement significative des lipides chez les jeunes après 48h (P=0,005) ; une différence significative des glucides chez les jeunes dans les 48h et 72h (P=0,01) de traitement.

**Mots-clés:** Inventaire, Culicidae, Faune associée, Paramètres physicochimique de l'eau Biodiversité, Lutte biologique, Métabolites.

**ABSTRACT**

Culicid and faune macrobenthic fauna is an important provider of aquatic ecosystems. The present study aimed to determine the biodiversity of the invertebrate community of Echatt Lake (North-East Algeria) located in a protected area classified by Ramsar in 1983, and to evaluate the impact of anthropogenic activities using physicochemical parameters of the water on their structure and function. Samples were collected monthly for one year (January 2019-December 2019) from four selected stations. The systematic study of Culicidae was performed using dichotomous keys (Himmi *et al.*, 1995, Schaffner *et al.*, 2001). The results reveal the presence of 11 species: five belonging to the genus *Culex* (*Culex pipiens*, *Culex hortensis*, *Culex univittatus*, *Culex brumpti*, and *Culex modestus*), three to the genus *Culiseta* (*Culiseta subochrea*, *Culiseta annulata*, and *Culiseta moristans*), two to the genus *Aedes* (*Aedes pellatus* and *Aedes vexans*) and one species to the genus *Anopheles* (*Anopheles coustani*) and 2,861 specimens of associated fauna have been collected. The identified species (16 species) belong to 9 families: Naucoridae, Hydrophilidae, Notonectidae, Pleidae, Corexidae, Eylaidae, Pionidae, Daphniidae and Copepoda. Seven physico-chemical parameters (temperature, hydrogen potential, electrical conductivity, hydrometric titer, alkalimetric titer, complete alkalimetric titer and turbidity) of the water were also determined in each station in order to evaluate their influence on the abundance and distribution of the invertebrate fauna. pH and apparent turbidity influence invertebrate fauna, while richness was relatively low at stations 2 and 4, located near anthropogenic sources of pollution. The data obtained allowed us to evaluate the possible impact of anthropogenic activities on invertebrate biodiversity. Biological control by *Bacillus thuringiensis israelensis* widely used in the world against insect pests. The study of the toxic effect of two lethal doses of *Bti* LC50 (350µl) and LC90 (717 µl) tested on *Culex pipiens* (target species) was tested on five non-target species of Crustacea: *Daphnia similis*, *Daphnia magna*, *Simocephalus expinosus*, *Cyclops fuscus*, and *Asellus aquaticus*. Mortality was recorded after 24h; 48h & 72h of exposure. *B.t.i* showed an adverse effect towards *Daphnia magna* (64.66% & 89.99%), *Daphnia similis* (31.66% & 43.33%) and *Simocephalus expinosus* (56.66% & 61.66%) and no effect towards *Cyclops fuscus* (4.99% & 3.32%), and *Aselles aquaticus* (3.32% & 3.33%). On the other hand, we tested the effect of Novaluron, which is an insect growth regulator, belonging to the benzoylurea family, acts by inhibiting the synthesis of chitin. However, to determine the impact of this product on non-target species, the toxicity of the LC50 (determined on *Culex pipiens* larvae) was tested on five species of benthic crustaceans: *Daphnia similis* (69.99%),

*Daphnia magna* (79.99%), *Simocephalus expinosus* (96.65%), *Cyclops fuscus* (1.66%) and *Asellus aquaticus* (3.32%) for 3 days. Novaluron showed an adverse effect on *Daphnia similis*; *Daphnia magna* & *Simocephalus expinosus*, while it was almost negligible to wards *Cyclops fuscus* and *Asellus aquaticus*.

The determination of metabolites in adult and juvenile *Daphnia magna* showed a disturbance of the metabolism characterized by an increase in protein, carbohydrate and lipid contents. The statistical analysis (AV1) between controls and treated, gave very highly significant differences of proteins, in adults, in the 24h; 48h (P=0,000) of the treatment and a highly significant difference of lipids in young people after 48h (P=0,005); a significant difference of carbohydrates in young people in the 48h and 72h (P=0,01) of treatment.

**Keywords:** Inventory, Culicidae, Associated fauna, Physicochemical parameters of water Biodiversity, Biological control, Metabolites

## الملخص:

تعد المبيدة للمحاصيل القاعية الكبيرة موردا مهما للنظم الإيكولوجية المائية. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد التنوع البيولوجي لمجتمع اللافقاريات في بحيرة Echatt (شمال شرق الجزائر) الواقعة في منطقة محمية صنفا Ramsar في عام 1983 ، وتقييم تأثير الأنشطة البشرية باستخدام المعلمات الفيزيائية والكيميائية للمياه على هيكلها ووظيفتها. تم جمع العينات شهريا لمدة عام واحد (يناير 2019 - ديسمبر 2019) من أربع محطات مختارة. أجريت الدراسة المنهجية لـ Culicidae باستخدام مفاتيح ثنائية التفرع (2001., 1995, Himmi et al ، *et al Schaffner*). كشفت النتائج عن وجود 11 نوعا: خمسة تنتمي إلى جنس *Culex* (*Culex pipiens* ، *Culex hortensi* ، *Culex univittatus* و *Culex modestus* و *brumpti*)، ثلاثة إلى جنس *Culiseta* (*Culiseta annulata* ، *Culiseta subochrea* و *Culiseta moristans*)، إلى جنس الزاعجة (*Aedes vexans* و *Aedes pellatus*) ونوع واحد إلى جنس *Anopheles* (*Anopheles coustani*) وجمع 2861 عينة من عينات الحياة البرية المرتبطة بها. تنتمي الأنواع المحددة (16 نوعا) إلى 9 عائلات: *Naucoridae* ، *Corexidae* ، *Pleidae* ، *Notonectidae* ، *Hydrophilidae* ، *Daphniidae* ، *Pionidae* ، *Eylidae* و *Copepoda*. كما تم تحديد سبعة مؤشرات فيزيائية كيميائية (درجة الحرارة ، وجهد الهيدروجين ، والتوصيل الكهربائي ، والعنوان الهيدرومترى ، والقوة القلوية ، والقوة القلوية الكاملة ، والتعكر) للمياه في كل محطة لتقييم تأثيرها على وفرة وتوزيع الحيوانات اللافقارية. يؤثر الرقم الهيدروجيني والتعكر الظاهر على الحيوانات اللافقارية ، في حين أن الثراء كان منخفضا نسبيا في المحطتين 2 و 4 ، الواقعتين بالقرب من مصادر التلوث البشرية. وأتاححت البيانات التي تم الحصول عليها تقييم الأثر المحتمل للأنشطة البشرية على التنوع البيولوجي لللافقاريات.

تم استخدام المكافحة البيولوجية بواسطة *Bacillus thuringiensis israelensis* على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم ضد الآفات الحشرية. تم اختبار دراسة التأثير السمي لجرعتين مميتتين من *Bti* (350 µl) و 50LC و 90LC (µl) 717 تم اختبارهما على *Culex pipiens* (الأنواع المستهدفة) على خمسة أنواع غير مستهدفة من القشريات: *Daphnia similis* و *Daphnia magna* و *Simocephalus expinosus* و *Cyclops fuscus* و *Asellus aquaticus*. تم تسجيل الوفيات بعد 24 ساعة. 48 ساعة و 72 ساعة من العرض. أظهر *B.t.i* تأثيرا سلبيا على *Daphnia magna* (64.66% و 89.99%) و *Daphnia similis* (31.66% و 43.33%) و *Simocephalus expinosus* (56.66%) و *Cyclops fuscus* (4.99% و 3.32%) و *Asellus aquaticus* (3.33%). من ناحية أخرى ، اختبر تأثير Novaluron وهو منظم لنمو الحشرات ، ينتمي إلى عائلة benzoylurea ، ويعمل عن طريق تثبيط تخليق الكيتين. ومع ذلك ، لتحديد تأثير هذا المنتج على الأنواع غير المستهدفة ، تم اختبار سمية 50LC (المحددة على يرقات *Culex pipiens*) لخمس أنواع من القشريات القاعية: *Daphnia similis* (69.99%) ، *Simocephalus expinosus* (79.99%) ، *Daphnia magna* (96.65%) ، *Cyclops fuscus* (1.66%) و *Asellus aquaticus* (3.32%). أظهر Novaluron تأثيرا ضارا على *Daphnia similis* ، *Daphnia magna* و *Simocephalus expinosus* ، بينما كان لا يكاد يذ كر فيما يتعلق بـ *Cyclops fuscus* و *Asellus aquaticus*.

أظهر تحديد المستقلب في البالغين والشباب *Daphnia magna* اضطراباً في التمثيل الغذائي يتميز بزيادة محتوى البروتين والكربوهيدرات والدهون. أعطى التحليل الإحصائي (1AV) بين الضوابط والمعالجة اختلافات كبيرة جداً في البروتين لدى البالغين في غضون 24 ساعة. 48 ساعة (P = 0.000) من العلاج وفرق كبير في الدهون لدى الشباب بعد 48 ساعة (P = 0.005) ؛ اختلاف كبير في الكربوهيدرات لدى الشباب في غضون 48 و 72 ساعة (P = 0.01) من العلاج.

**الكلمات المفتاحية:** جرد ، Culicidae ، الحيوانات المرتبطة ، المعلمات الفيزيائية والكيميائية للتنوع البيولوجي للمياه ، مكافحة البيولوجية ، الأيض.

*REFERENCES*

*BIBLIOGRAPHIQUES*

## 7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbou F. & Fahde A. 2017.** Structure et diversité taxonomique des peuplements de macroinvertébrés benthiques du réseau hydrographique du bassin du Sebou (Maroc). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 11(4):1785-1806. DOI: [10.4314/ijbcs.v11i4.29](https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i4.29).
- Aissaoui L, Bouaziz A. & Boudjelida H. 2022.** Toxic effect of a certain medicinal plant extracts against larvae of mosquito species *Culiseta longiareolata* (macquart, 1838). *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 19-25.
- 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.
- Aitken T. H. 1954.** The culicidae of sardinia and corsica (diptera). *Bulletin of Entomological Research*, 45(3), 437-494.
- Ajeegah G. A., Yogback G. E., Menbohan S. F., Tchakonté S. & Djieto-Lordon C. 2017.** Facteurs environnementaux et répartition spatiale des crustacés dans un cours d'eau peu anthropisé à Makak (Région du Centre Cameroun). *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*. (Volume 11):181-196. DOI: [10.4000/physio-geo.5487](https://doi.org/10.4000/physio-geo.5487).
- Aka-koffi N. M. 2003.** Zooplancton des petits lacs de barrage du nord et du centre de la Côte d'Ivoire: Communautés, biomasse, relations trophiques et impact de la prédation par les larves de *Chaoborus* et des poissons. Thèse de doctorat, Univ Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 281 p.
- 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.
- Allouani A. 2013.** Activité biologique comparée de *l'azadirachtine* et *Bacillus thuringiensis* sur *Culex pipiens pipiens* et *Culiseta longiareolata* sur divers aspects: toxicologique, biochimique et reproduction. Thèse de doctorat en Biologie Animale, Université Badji Mokhtar, Annaba. 247p.
- Amankar S. V., Rao A. S. & Narayaman N. 1988.** Application of *Bacillus sphaericus* in the control of *Culex fatigans*. International symposium on changing perspectives in glochemicals isotopies 24-11-1987, Vienne: 277-287.
- 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](https://doi.org/10.15666/aeer/2006_45794597).

**Amira K., Boudjelida H. & Farine J. P. 2013.** Effect of an insect growth regulator (halofenozide) on the cuticular hydrocarbons of *Culex pipiens* larvae. *Afr. Entomol.*, 21(2): 343–348.

**Amoros C. 1984.** Practical introduction to the systematics of organisms in French continental waters-5. Crustaceans Cladocera. *Publ Linn Soc, Lyons* 53 (3): 72-107. DOI: 10.3406/linly.1984.10627.

**Andreas S. & Florian H. 2003.** Stress-responsive neurohormones in depression and anxiety. *Handbook of depression and anxiety*, 207-228.

**Angus R. B. 1973.** *Pleistocene Helophorus* (coleoptera, hydrophilidae) from Borislav and Starunia in the Western Ukraine, with a reinterpretation of M. Łomnicki's species, description of a new Siberian species, and comparison with British weichselian faunas. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 265(869), 299-326.

**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. *Annls Limnol.*, 36 (2):123-133.

**Arab A. 2004.** Recherches faunistiques et écologique sur les réseaux hydrographiques du Chélif et du bassin versant du Mazafran. Thèse Doctorat, U.S.T.H.B. 145p.

**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.

**Armengol J., Sabater F., Riera J. L. & Puig M. A. 1988.** Longitudinal changes in the zooplankton communities along a series of reservoirs in the Guadiana River (W. Spain) With 3 figures in the text. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 23(2), 1006-1.

**Armengol J. 1984.** Ciclo anual y heterogeneidad espacial en el zooplanctón de una cadena de embalses del río Guadiana. *Oecologia aquatica*, 7(7), 43-72.

**Arredondo-Jimenez J. I. & Valdez-Delgado K. M. 2006.** Effect of Novaluron (Rimon® 10 EC) on the mosquitoes *Anopheles albimanus*, *Anopheles pseudopunctipennis*, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* from Chiapas, Mexico. *Medical and Veterinary Entomology*, 20(4), 377-387.

**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.

**Arthur F. H. & Fontenot E. A. 2012.** Residual activity of methoprene and novaluron as surface treatments to manage the flour beetles, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*. *Journal of insect science*, 12(1), 95.

**Arya N., Chaurasia S., Shakya A., Bharti M. & Sahai N. 2011.** Efficacy of ageratum conyzoides against the control of mosquitoes. *Internat. J. pharm. Sci. Res.*, 2(12): 3235-3237.

**Asidi A., N'Guessan R., Akogbeto M., Curtis C. & Rowland M. 2012.** Loss of household protection from use of insecticide-treated nets against pyrethroid-resistant mosquitoes, Benin. *Emerging infectious diseases*, 18(7), 1101.

**Asloum A. Y., Benhissen S., Habbachi W., Habbachi S., Hedjouli Z., Bouselama Z. & Tahraoui A. 2021.** Preliminary inventory and general aspect of the distribution of Culicidae species in the Steppe region (M'sila, Algeria). *Journal of Bioresource Management*, 8(3), 8.

**Ati S. 2008.** Activité biologique du *Bacillus thurngiensis israelensis* sur les larves de *Culex pipiens*. Effet sur plusieurs aspects biochimiques et reproduction. Thèse de Magistère en Biologie et Physiologie Animale, Option : Reproduction Animale, Université d'Annaba.

**Aubert J. 1956.** Contribution à l'étude des Plécoptères de Grèce. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 29, 187-213.

**Baaloudj A., Ouarab S., Kerfouf A., Bouriach M., Ali Hussein A., Hammana C & Djénéba H. N. 2020.** Use of macro invertebrates to assess the quality of Seybouse River. *Ukrainian Journal of Ecology*. 10(4):60–66. Doi:10.15421/2020\_168.

**Beaudouin E., Poncet P. & Lavaud F. 2021.** Composition des venins d'hyménoptères et de la salive des arthropodes hématophages. *Revue Française d'Allergologie*, <https://doi.org/10.1016/j.reval.2021.08.002>.

**Bebba N. & Berchi S. 2004.** Etude comparative des effets des insecticides sur les populations larvaires de Culicidae de Constantine et Oued Righ (Touggourt et Djamâa). *Mémoire de Magister, Université de Mentouri, Constantine, Alegria*.

**Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C., Dahl C., Madon M. & Kaiser A. 2010.** Mosquitoes and their Control. New York, USA, Kluwer Academic/Plenum. Service M. W. 1993. Mosquitoes (Culicidae). In: Lane R. P., & Crosskey R. W. (eds), *Medical Insects and Arachnids*. Chapman & Hall, London, 120-240.

**Bekhouche N., Marniche F. & Ouldjaoui A. 2017.** Contribution to the study of the biodiversity of benthic invertebrates and the biological quality of some rivers in the watershed Boumerzoug (East of Algeria). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 9(1): 234-260. DOI: [10.4314/jfas.v9i1.16](https://doi.org/10.4314/jfas.v9i1.16).

**Belghiti M. L., Chahlaoui A., Bengoumi D. & El Moustaine R. 2013.** Etude de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (14).

**Belinato T. A., Martins A. J., Lima J. B. P. & Valle D. 2013.** Effect of triflumuron, a chitin synthesis inhibitor, on *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* under laboratory conditions. *Parasites & Vectors*, 6(1), 1-7.

**Bemoussat-Dekkak S., Abdellaoui-Hassaine K., Sartori M., Morse J. C. & Zamora-Munoz C. 2021.** Larval taxonomy and distribution of genus *Hydropsyche* (Trichoptera: Hydropsychidae) in northwestern Algeria. *Zootaxa*, 4915(4), 481-505.

**Benamar L., Bennis N., Belhaj A. Boulahfa N., Hassoun M. & Millán A. 2021.** An updated checklist of Gyrinidae, Haliplidae, Noteridae, Hygrobiidae and Dytiscidae (Coleoptera: Adephaga) of Morocco, with notes on chorology. *Aquatic insects*. 42(3-4):247-371. Doi:10.1080/01650424.2021.19398884.

**Bendali-Saoudi F. 1989.** Etude de *Culex pipiens pipiens* anautogène. Systématique, biologie, lutte (*Bacillus thuringiensis israeliensis* serotype H14, *Bacillus sphaericus* 1953) et deux espèces d'hydracariens. Thèse de Magister en Arthropodologie, Univ. d'Annaba.

**Bendali-Saoudi F. 2006.** Bioecological, Systematic and Biochemical study of Culicidae (Diptera- Nematocera) of the Annaba region. Thesis of Doctorate of State in Natural science, University of Annaba, Algeria.

**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.

**Benhissen S., Habbachi W. & Ouakid M. L. 2017.** Biodiversité et répartition des moustiques (Diptera: Culicidae) dans les oasis de la région de Biskra (Sud-est Algérien). *Algerian journal of arid environment*, 7(1), 96-101.

**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) InventoryCulicidae dry lands : InventoryCulicidae dry lands : The case of Oasis Ouled Djellal (Biskra, Algeria). *Revue ElWahat pour les Recherches et les Etudes. Revue ElWahat pour les recherches et les Etude*, ISSN, 1112 -7163. Vol.7. n°2.

**Benmalek L. 2010.** Etude bioécologique des Culicidae des zones urbaines et rural de l'extrême Nord-est Algérien. Lutte bactériologique par le *Bacillus thuringiensis israeliensis* sérotype H14 à l'égard des adultes femelles et des larves néonates d'*Anopheles maculipennis labranchiae*.

**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.

- Ben-Moussa A., Chahlaoui A., Rour E., Chahboune M. & Mater J. 2014.** Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khoumane. Moulay idriss Zerhoun, Maroc. *Environ. Sci.* 5 (1), 183-198.
- Benyacoub S. & Chabi Y. 2000.** Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala. *Synthèse*, 7(6), 3-98.
- Benyacoub S. 1993.** Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse dans la région d'El Kala (Nord-est Algérien). Thèse .Doc. Univ. Dijon. France, 285 p.
- Benzina I. & Bachir A. S. 2018.** Diversity of benthic macroinvertebrates and streams quality in the National Park of Belezma (northern-east, Algeria). *Int. J. Health Life Sci*, 4, 1-18.
- Berchi S. 2000 a.** 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*, Vol. 38 (2) - 2012.
- Bernadet C., Touron-Poncet H., Desrosiers C., Compin A., Bargier N. & Céréghino R. 2013.** Invertebrate distribution patterns and river typology for the implementation of the water framework directive in Martinique, French Lesser Antilles. *Knowledge Manag Aquat Ecosyst* 408: 1-15. DOI: 10.1051/kmae/2013036.
- Berrak H. 2009.** Inventaire des moustiques et des hydracariens dans le lac des oiseaux: lutte biologique. Thèse de Magistère en ecologie animale. Option: interactions négatives dans les communautés animales, Parasitisme et prédation, Université d'Annaba.
- Berrezig W. 2007.** Inventaire des Culicidae dans les subéaies de Brabtia au niveau du Parc National d'El-Kala.
- Berry P. M., Dawson T. P., Harrison P. A. & Pearson R. G. 2002.** Modélisation des impacts potentiels du changement climatique sur l'enveloppe bioclimatique des espèces en Grande-Bretagne et en Irlande. *Écologie mondiale et biogéographie*, 11 (6), 453-462.
- Berthelemy C. 1979.** Elmidae de la région paléarctique occidentale: systématique et répartition [Coleoptera Dryopoidea]. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 15, No. 1, pp. 1-102). EDP Sciences.
- Berti F., Todros S., Lakshmi D., Whitcombe M. J., Chianella I., Ferroni M. ... & Marrazza G. 2010.** Quasi-monodimensional polyaniline nanostructures for enhanced molecularly imprinted polymer-based sensing. *Biosensors and Bioelectronics*, 26(2), 497-503.
- Bertrand H. 1972.** Larves et nymphes des Coléoptères aquatiques du globe. F.
- Błędzki L. A. & Rybak J. I. 2016.** Fresh water crustacean zooplankton of Europe. Springer International Publishing Switzerland. DOI: 10.1007/978-3-319-29871-9.

**Blondel J. & Bourlière F. 1979.** La niche écologique, mythe ou réalité? *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, (3), 345-374.

**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.

**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).

**Bouaziz A., Boudjelida H. & Soltani N. 2011.** Toxicity and perturbation of the metabolite contents by a chitin synthesis inhibitor in the mosquito larvae of *Culiseta longiareolata*. *Ann. Biol. Res.*, 2 (3): 134-143.

**Bouchelouche D., Kherbouche-Abrous O., Mebarki M., Arab A. & Samraoui B. 2015.** The Odonata of Wadi Isser (Kabylia, Algeria): Status and environmental determinants of their distribution. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 70(3), 248-260.

**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., 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.

**Boudjelida H. & Soltani N. 2010.** Lutte biologique avec un champignon entomopathogène *Métarhizium anisopliae* Metch. à l'égard de *Cydia pomonella* L. *Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat*, 47, 113-116.

**Bouguerra N., Tine-Djebar F. & Soltani N. 2019.** Oregano Essential Oil as Potential Mosquito Larvicides. *Transylvanian Review*, 39, 9612-9619.

**Bouguerra N., Tine-Djebbar F. & Soltani N. 2018.** Effect of *Thymus vulgaris* L. (Lamiales: Lamiaceae) Essential Oil on Energy Reserves and Biomarkers in *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) from Tebessa (Algeria). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21 (4), 1082-1095.

**Boukraa S., Baba Aissa N., Abdelaziz B., Lounaci Z., Doumandji S. & Francis F. 2013.** Moustiques (Diptera: Culicidae) de la région du M'Zab-Ghardaïa, Algérie: biodiversité et importance médico-vétérinaire. In *Journée Entomologique de Gembloux*.

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

**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. Mém.Mag. 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.

**Bourque J., Poulin N. & Cleaver A. 2006.** Evaluation of the use and presentation of the results of factor analyzes and principal component analyzes in education. *J Educ Sci* 32 (2): 325-344. DOI: 10.7202/014411ar.

**Bradford M. M. 1976.** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254.

**Brunhes J., Abdl Rahim., Geoffroy B., Angel G. & Hervy J. P. 2000.** Identification des Culicides d'afrique méditerranéenne. CDROM I.R.D. Montpellier. France.

**Brunhes J., Hassaine K., Rhaim A. & Hervy J. P. 2000.** Les Culicidae d'Afrique méditerranéenne. Liste et répartition des espèces. *Bulletin de la société Entomologique de France.*, 8 (2): 91-100.

**Brunhes J., Rhaim A., Geoffroy B., Angel G. & Hervy J. P. 1999.** Les Culicidae d'Afrique méditerranéenne. Logiciel de l'institut de recherche et de développement de Montpellier (France).

**Burns C. W. 1968.** The relationship between body size of filter-feeding Cladocera and the maximum size of particle ingested. *Limnology and Oceanography*, 13(4), 675-678.

**Bussiéras J. & Chermette R. 1991.** Synopsis of veterinary parasitology. Part IV. Veterinary entomology. *Synopsis of veterinary parasitology. Part IV. Veterinary entomology.*

**Bussiéras J. 1991.** *Abrégé de parasitologie vétérinaire: Helminthologie vétérinaire.* Service de parasitologie, Ecole nationale vétérinaire.

**Cachareul A. I. 1997.** Les moustiques: cycle de développement, aspects anatomophysologiques et regulation du cycle ovarien. 131 pp.

**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(5), 1122-1130.

**Carpenter S. & Kitchell J. 1993.** *The trophic cascade in lakes.* University Press, Cambridge.

**Cepeda-Palacios R., Servín R., Ramírez-Orduña J. M. Ascencio F., Dorchies P. & Angulo-Valadez C. E. 2014.** In vitro and in vivo effects of neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) products on larvae of the sheep nose bot fly (*Oestrus ovis* L. Díptera: Oestridae). *Veterinary parasitology*, 200 (1-2), 225-228.

**Cetin B., Ozer S., Sofuoglu A. & Odabasi M. 2006.** Determination of Henry's law constants of organochlorine pesticides in deionized and saline water as a function of temperature. *Atmospheric Environment*, 40(24), 4538-4546.

**Chahed S., Brahmi K. & Djouaher T. 2021.** Etude sur la faune Culicidiène (Diptera: Culicidae) de la région de Tizi-Ouzou (Nord d'Algérie): Biodiversité, abondance et répartition. *Entomologie faunistique-Faunistic entomology*.

**Chaïb N. & Samraoui B. 2011.** Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de l'oued Kébir-Est et de ses principaux affluents (Nord-Est algérien). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 22(3), 171-177.

**Chaïb N., Bouhala Z., Fouzari L, Marziali L., Samraoui B. & Rossaro B. 2013.** Environmental Factors Affecting the Distribution of Chironomid Larvae of the SeybouseWadi, North Eastern Algeria, *International Journal of Limnology*.72 (2): 203 214. DOI:[10.4081/jlimnol.2013.e16](https://doi.org/10.4081/jlimnol.2013.e16).

**Chaïb N., Fouzari A., Bouhala Z., Samraoui B. & Rossaro B. 2013.** Chironomid (Diptera, Chironomidae) species assemblages in north Eastern Algerian hydrosystems. *J Entomol Acarol Res* 4-11. DOI: [10.4081/jear2013.e2](https://doi.org/10.4081/jear2013.e2).

**Chapman A. D. 2009.** Numbers of Living Species in Australia and the World. *Australian Biological Resources Study*. 184 p.

**Chapman P. M. 1996.** Presentation and interpretation of sediment quality triad data. *Ecotoxicology*, 5, 327-339.

**Charles J. F. & De Barjac H. 1983.** Action des cristaux de *Bacillus thuringiensis* var *Israelensis* sur l'intestin moyen des larves de *Aedes aegypti* L., en microscopie électronique. In *Annales de l'Institut Pasteur/Microbiologie* (Vol. 134, No. 2, pp. 197-218). Elsevier Masson.

**Chaudonneret J. 1962.** Quelques dispositifs remarquables dans les organes de l'ingestion chez la larve de moustique (Diptera, Nematocera). *Ann. Sci. Nat., Zool.*, 4 (3): 473- 488.

**Chouahda S. & Soltani N. 2013.** Toxicité aiguë et chronique du cadmium chez un poisson culiciphage: *gambusia affinis*. *bull. soc. zool. fr*, 138(1-4), 115-126.

**Christophers S. R. 1923.** The structure and development and of the female genital organs and hypopygium of the mosquito. *Indian J. Med. Res.*, 10: 698-720.

**Christophers S. R. 1960.** *Aedes aegypti* (L.), the yellow fever Mosquito. Its life history, Bionomics and structure. *Cambridge Univ.Press*, 739PP.

**Clements A. N. 2000.** The biology of mosquitoes: development, nutrition and reproduction. CAB International Publishing, Eastbourne.

**Collen B., Whitton F., Dyer E. E., Baillie J. E., Cumberlidge N., Darwall W. R. ... & Böhm M. 2014.** Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global ecology and Biogeography*, 23(1), 40-51.

**Courrat A., Lepage M., Pérez-Domínguez R., Raykov V. & Uriarte A. 2010.** Deliverable D4. 4-2, part 2 The ecological status assessment of transitional waters: an uncertainty analysis for the most commonly used fish metrics in Europe.

**Cowgill U. M., Takahashi I. T. & Applegath S. L. 1985.** A comparison of the effect of four benchmark chemicals on *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia dubia*-affinis tested at two different temperatures. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 4(3), 415-422.

**Cutler D. R., Edwards Jr T. C., Beard K. H., Cutler A., Hess K. T., Gibson J. & Lawler J. J. 2007.** Random forests for classification in ecology. *Ecology*, 88(11), 2783-2792.

**Daget P. 1976.** Les modèles mathématiques en écologie. (ed). Masson. Paris, 172.

**Dagnelie P. 2009.** Statistiques descriptives et bases de l'inférence statistique. Bruxelles université. DE BOECK et LARCIER, 511p.

**Dahchar Z. 2017.** Inventaire des Culicidae de la région Ouest de la ville d'Annaba. Etude bio-écologique, systématique des espèces les plus abondantes. Lutte biologique anti larvaire par les extraits aqueux de quelques plantes (Médicinales et toxiques) et le *Bacillus thuringiensis israelensis* H14. Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba. Algérie.

**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.

**Dajoz R. 1971.** Précis d'écologie. (ed). Dunod. Paris, 434.

**Dajoz R. 1982.** Coléoptères de Madagascar, VI, Quelques espèces nouvelles de Tenebrionidae. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 87(3), 73-77.

**Dajoz R. 2000.** *Insects and forests: the role and diversity of insects in the forest environment*. Intercept Limited.

**Daly C., Taylor G. H. & Gibson W. P. 1997.** The PRISM approach to mapping precipitation and temperature. In *Proc., 10th AMS Conf. on Applied Climatology* (pp. 20-23).

**David P. 1926.** Les filtres électriques: théorie construction, applications. Gauthiers-Villars & Cie.

**De Barjac H. & Sutherland D. J. 1990.** Bacterial control of mosquitoes and black flies. Rutgers Univ. Press. New Brunswick, N.J. 1: 3 - 217.

**De belair G. 1990.** Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustre et marécageux (El-Kala Est Algérien). Thèse de doctorat. Univ Montpellier II.276P.

**Dethier M. & Baugnée J. Y. 2002.** Estimation des modifications récentes de la faune des Hétéroptères de Belgique: approche méthodologique. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique*, 72, 119-123.

**Dethier M. 1985.** Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. 6. Hétéroptères aquatiques et ripicoles. Genres et principales espèces. *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*, 54 (10), 250-261.

**Dethier M. 1986.** Hétéroptères aquatiques et ripicoles. Genres et principales espèces (suite). *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*, 55(1), 11-40.

**Dethier M. N. 1981.** Heteromorphic algal life histories: the seasonal pattern and response to herbivory of the brown crust, *Ralfsia californica*. *Oecologia*, 49, 333-339.

**Dhadialla T. S., Retnakaran A. & Smagghe G. 2010.** Insect growth-and development-disrupting insecticides. In *Insect control: biological and synthetic agents* (pp. 121-181). Academic Press.

**Di Sabatino A., Gerecke, R., & Martin P. 2000b.** The biology and ecology of lotic water mites (Hydrachnidia). *Freshwater biology*, 44(1), 47-62.

**Di Sabatino A., Smit H., Gerecke R., Goldschmidt T., Matsumoto N. & Cicolani B. 2008.** Global diversity of water mites (Acari, Hydrachnidia; Arachnida) in freshwater. *Freshwater Animal Diversity Assessment*, 303-315.

**Djabri L. 1996.** Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la sybouse origines géologiques industrielles agricoles et urbaines (Doctoral dissertation, Annaba).

**Djebar F. 2009.** Bioécologie des moustiques de la région de Tébessa et évaluation de deux régulateur de croissance ( halofenozide et methoxyfenozide ) a l'égard de deux espèces de moustiques *Culex pipiens* et *Culiseta longiarolata*: toxicologie , morphométrie , biochimie et reproduction . Doc .es . Sciences, Université d'Annaba 170 p.

**Djeddar H., Boudjelida H. & Arroussi D. E. R. 2021.** New alternative for culicidian fauna control using *Borago officinalis* and *Drimia maritima* plant extracts. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22 (12).

**Djeghader N. E. H., Aïssaoui L., Amira K. & Boudjelida H. 2014.** Impact of a chitin synthesis inhibitor, Novaluron, on the development and the reproductive performance of mosquito *Culex pipiens*. *World Applied Sciences Journal*, 29(7), 954-960.

**Djehader 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.

**Djouama H., Louadi K. & Scheuchl E. 2016.** Preliminary inventory of the genus *Andrena* (Hymenoptera: Apoidea, Andrenidae) from some Saharan localities of eastern Algeria. In *Annales de la Société entomologique de France (NS)* (Vol. 52, No. 5, pp. 300-310). Taylor & Francis. DOI : [10.1080/00379271.2017.1279571](https://doi.org/10.1080/00379271.2017.1279571).

**Dreux. 1980.** Précis d'écologie. Ed. Press universitaires de France, Paris.431 p.

**Du Chatenet G. 2005.** *Coléoptères d'Europe: carabes, carabiques et dytiques*. Nap.

**Duchâteau G., Florkin M. & Jeuniaux C. 1959.** Composante aminoacide des tissus, chez les crustacés. I. Composante amino-acide des muscles de *Carcinus maenas* L. lors du passage de l'eau de mer à l'eau saumâtre et au cours de la mue. *Archives Internationales de Physiologie et de Biochimie*, 67(3).

**Duchaufour P. 1976.** Dynamics of organic matter in soils of temperate regions: its action on pedogenesis. *Geoderma*, 15(1), 31-40.

**Duchet C., Caquet T., Franquet E., Lagneau C. & Lagadic L. 2010.** Influence of environmental factors on the response of a natural population of *Daphnia magna* (Crustacea: Cladocera) to spinosad and *Bacillus thuringiensis israelensis* in Mediterranean coastal wetlands. *Environmental Pollution*, 158(5), 1825-1833.

**Dussart B. 1967.** Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale. Tome I: Calanoïdes et Harpacticoïdes. Boubée et Cie.

**Dussart B. 1980.** Les crustacés Copépodes d'Afrique: catalogue et biogéographie. *Hydrobiologia* 72: 165-170.

**Duvallet G. & Chabasse D. 2020.** Moustiques et pathogènes. *Revue Francophone des Laboratoires*, 2020(524), 34-43.

**Edwards F. W. 1941.** Mosquitoes of the Ethiopian Region, part III: Culicinae adults and pupae, *Brit. Mus. Nat. Hist.*, London, 449 p.

**Ekperusi O. H., Ekperusi A. O. & Olomukoro J. O. 2022.** Assessment of Anthropogenic Influences on the Benthic Invertebrate Community of Oghan River in Edo State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 26(8), 1423-1431.

**EL hraiki A., Marouane A., Akchour M., Abdelmoutaleb T., Bengoumi D., Imane T. A. H. A. & Bengoumi M. 2021.** Qualité de l'eau de boisson en élevage avicole au Maroc: Mise au point bibliographique. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 9(3).

**El ouali lalami A, Cherigui M., Ibsouda Koraichi S., Maniar S., EL Maimouni N. & Rhajaoui M. 2009.** Le paludisme importé dans le Centre Nord du Maroc entre 1997 à 2007.

- Elkaim B. 1972.** Contribution a l'etude ecologique d'un estuaire atlantique marocain: l'estuaire du bou regreg. I.
- 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.
- Enserink E. L., Kerkhofs M. J. J., Baltus C. A. M. & Koeman J. H. 1995.** Influence of food quantity and lead exposure on maturation in *Daphnia magna*; evidence for a trade-off mechanism. *Functional Ecology*, 175-185.
- Esen Y., Pešić V. & Erman O. 2013.** Water mites of the genus *Brachypoda* (Acari: Hydrachnidia: Aturidae) in Turkey. *Zootaxa*, 3686(3), 326-334.
- Esteva L., Rivas G. & Yang H. M. 2006.** Modelling parasitism and predation of mos-quitoes by water mites, *J. Math. Biol.*, 53, 540-555.
- Farnesi L. C., Brito J. M., Linss J. G., Pelajo-Machado M., Valle D. & Rezende G. L. 2012.** Physiological and morphological aspects of *Aedes aegypti* developing larvae: effects of the chitin synthesis inhibitor novaluron. *PLoS One*, 7(1), e30363.
- Federici G., Loarte A. & Strohmayer G. 2003.** Assessment of erosion of the ITER divertor targets during type I ELMs. *Plasma physics and controlled fusion*, 45(9), 1523.
- Fontoura N. G., Bellinato D. F., Valle D. & Lima J. B. P. 2012.** The efficacy of a chitin synthesis inhibitor against field populations of organophosphate-resistant *Aedes aegypti* in Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 107, 387-395.
- Furumivuz T. & Rudnick A. 1978.** Laboratory studies of *Toxorhynchites splendens* (Diptera : Culicidae) : Biological observations. *Ann. entomol. Soc. Atn.*,71: 670-673.
- 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.
- Gacem H., Bendali-Saoudi F. & Soltan N. 2013.** Ecological study of some species of water mites (Acari; Hydrachnidia) newly identified harvested at the extreme North-eastern Algeria. *Annals of Biological Research*, 4 (6): 230-235.
- Gaud J., Holstein M., Doby J. M. & Laurent P. 1953.** Notes et informations. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 28(4), 326-332.
- Gauthier H. 1928.** Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de Tunisie. Thèse Doctorat, Alger : 149p. 59 figs., 3 pls., 5 cartes.
- Geist J. 2011.** Integrative freshwater ecology and biodiversity conservation. *Ecological Indicators*. 11: 1507–1516. DOI:[10.1016/j.ecolind.2011.04.002](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.002).

**Geller W. & Müller H. 1981.** The filtration apparatus of Cladocera: filter mesh-sizes and their implications on food selectivity. *Oecologia*, 316-321.

**Gerstle V., Manfrin A., Kolbensschlag S., Gerken M., Islam A. M. U., Entling M. H., ... & Bruehl C. A. 2023.** Benthic macroinvertebrate community shifts based on Bti-induced chironomid reduction also decrease Odonata emergence. *Environmental Pollution*, 316, 120488.

**Ghaouaci S., Amarouayache M., Sinev A. Y., Korovchinsky N. M. & Kotov A. A. 2018.** An annotated checklist of the Algerian Cladocera (Crustacea: Branchiopoda). *Zootaxa*, 4377(3), 412-430.

**Ghazali D. & Zaid A. 2013.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknès-Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (12).

**Ghodbani T. & Amokrane K. 2013.** La zone humide de la Macta: un espace à protéger sur le littoral ouest de l'Algérie. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, (Volume 7), 139-155.

**Ghodbani T., Milewski A. & Bellal S. A. 2015.** Un écosystème littoral fragile menacé sur la rive sud de la Méditerranée. La région côtière de Terga et ses zones humides (ouest de l'Algérie). *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens/Journal of Mediterranean geography*, (125), 153-164.

**Ghoneim K., Tanani M., Hamadah K., Basiouny A. & Waheeb H. 2015.** Bioefficacy of Novaluron, a chitin synthesis inhibitor, on survival and development of *Spodoptera littoralis* (Boisd.)(Lepidoptera: Noctuidae). *Journal: Journal of Advances in Zoology*, 1(1).

**Gill S. S., Cowles E. A. & Pietrantonio P. V. 1992.** The mode of action of *Bacillus thuringiensis*  $\delta$ -endotoxins. *Ann. Rev. Entomol.*, 37: 615-636.

**Goldberg L. J. & Margalit J., 1977.** A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against *Anopheles sergentii*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univittatus*, *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. *Mosquito News*, 37: 355-358.

**Goldsworthy G. J., Mordue W. & Guthkelch J. 1972.** Studies on insect adipokinetic hormones. *General and Comparative Endocrinology*, 18(3), 545-551.

**Gors H. 1904.** Sur un acarien parasite des amoplèles, C. R. Scia. C. Soc. Bio.56, 57 p.

**Grames E. M., Montgomery G. A., Boyes D. H., Dicks L. V., Forister M. L., Matson T. A. ... & Elphick C. S. 2022.** A framework and case study to systematically identify long-term insect abundance and diversity datasets. *Conservation Science and Practice*, 4(6), e12687.

**Gras R., Iltis A. & Saint-Jean L. 1972.** Biologie des Crustacés du lac Tchad. II. Régime alimentaire des Entomostracés planctoniques. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. *Hydrobiol.*, 5, 314 : 285-296.

- Green J. & Kling G. W. 1988.** The genus *Daphnia* in Cameroon, West Africa. *Hydrobiologia*, 160, 257-261.
- Green N. M. 1963.** Avidin. 3. The nature of the biotin-binding site. *Biochemical Journal*, 89(3), 599.
- Guellaf A., Bennas N., El Haissoufi M., L'Mohdi O. & Kettani K. 2021.** New data on the biodiversity and chorology of aquatic insects (Odonata, Coleoptera and Hemiptera) of Martil Basin (northwestern Morocco). *Graellsia*, 77(2), 1-23.
- Guerchicoff A., Ugalde R. A. & Rubinstein C. P. 1997.** Identification and characterization of a previously undescribed cyt gene in *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *Applied and environmental microbiology*, 63(7), 2716-2721.
- Guignot F. 1931.** Sur la systematique des *Agabus*. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 36(13), 201-203.
- Guignot F. 1933.** Les Hydrocanthares de France. 1057 pp. *Douladoure, Toulouse*.
- Guy Y. 1959.** Les Anopheles du Maroc. Mém. Soc. Sc. Nat. Phys. Maroc, Zool., Nouv. Série,
- 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.
- Hadas O., Bachrach U., Kott Y. & Cavari B. Z. 1983.** Assimilation of *E. coli* cells by *Daphnia magna* on the whole organism level. *Hydrobiologia*, 102, 163-169.
- Hafsi N. E. H., Hamaidia K., Barour C. & Soltani N. 2021.** A survey of Culicidae (Insecta Diptera) in some habitats in Souk-Ahras province (Northeast Algeria). *Biodivers J* 12 (1): 3-16. DOI: 10.31396/Biodiv.Jour.2021.12.1.3.16.
- Hafsi N. E. H., Hamaidia K. & Soltani N. 2022.** Chemical screening, insecticidal and reprotoxic activities of *Tecoma stans* ethanolic leaf extract against the vector mosquito *Culex pipiens*. *Physiological Entomology*, 47(3), 176-187.
- Hamadah K., Tanani M., Ghoneim K., Basiouny A. & Waheeb H. 2015.** Effectiveness of Novaluron, chitin synthesis inhibitor, on the adult performance of Egyptian cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Research Studies in Zoology*, 1(2), 45-55.
- Hamaidia H. & Aguib S. 2020.** Etude de la bioécologie de la structure du peuplement culicidien et biotypologie des gîtes larvaires des moustiques (Diptera-culicidae) dans la region nord-Est de l'Algerie (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1).
- Hamaidia H. & Berchi S. 2018.** Systematic and ecological study of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Souk-Ahras region (Algeria). *Faunistic Entomology-Faunistic Entomology*. DOI: 10.25518/2030-6318.4052.

- 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.
- Hamaidia K. 2014.** Biodiversity of mosquitoes in the Souk-Ahras region and chemical fight: ecological, morphometric, biochemical and toxicological aspects (Doctoral dissertation, Doctoral thesis in Animal Biology, University Annaba, Algeria).
- Hamaidia K. & Soltani N. 2021.** New report of *Aedes albopictus* in Souk Ahras, Northeast Algeria. *Biodiversitas* 22 (7): 2901-2906. DOI: 10.13057/biodiv/d220742.
- Hamel T. & Boulemtafes A. 2017.** Découverte d'une endémique tyrrhénienne *Soleirolia soleirolia* (Urticaceae) en Algérie (Afrique du Nord). *Flora mediterranea*, 27: 185-193. DOI: 10.7320/flmedit 27.185.
- Hamida Z. C., Farine J. P., Feveur J. F. & Soltani N. 2021.** Pre-imaginal exposure to Oberon disrupts fatty acid composition, cuticular hydrocarbon profile and sexual behavior in *Drosophila melanogaster* adults. *Comp Biochem Physiol* 243 (2): 108981. DOI: 10.1016/j.cbpc.2021.108981.
- Hamzaoui D. 2009.** Impact des changements climatiques sur la répartition de la macrofaune benthique de l'Oues Saoura (wilaya de Béchar) (Doctoral dissertation, Alger).
- Haney J. F. & Buchanan C. 1987.** Distribution and biogeography of *Daphnia* in the arctic. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol*, 45, 77-105.
- Harbach R. E. & Knight K. L. 1980.** Taxonomists' glossary of mosquito anatomy. Plexus Publishing Inc.
- Harbach R. E. 1995.** Deux nouvelles espèces du sous-genre *Peytonulus* de Sabethes (Diptera : Culicidae) de Colombie. *Mémoires de l'Institut Oswaldo Cruz*, 90, 583-587.
- Harrat A. & Moussi A. 2007.** Inventaire de la faune acridienne dans deux biotopes de l'est Algérien. *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*, 99-105.
- Hassaine K. 2002.** Biogéographie et biotypologie des Culicidae (Diptera: 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.
- Hecq J. H. 1976.** Annual cycle of zooplankton in Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais) 1970-1971: Holoplankton. Bulletin of the Royal Society of Sciences of Liège, Boulogne.
- Himmi O. 2007.** Les Culicidae (Insectes, Diptères) au Maroc: Systématique, écologique et études épidémiologiques pilotes.
- 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. Hist. Nat. Afrique Nord, 7 (20) : 57-60.

**Höfte H. & Whiteley H. 1989.** Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiological reviews*, 53(2), 242-255.

**Horn B. W. 2003.** Ecology and population biology of aflatoxigenic fungi in soil. *Journal of Toxicology: Toxin Reviews*, 22(2-3), 351-379.

**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.

**Ijumba J. N., Mtana R. R. & Suya T. B. 2010.** Bio-efficacy of novaluron, a chitin synthesis inhibitor against larval stages of *Culex quinquefasciatus* and *Anopheles gambiae* SensuLato. *European Journal of Scientific Research*, 47(3), 484-493.

**Ismail A. H. & Adnan A. A. 2016.** Zooplankton Composition and Abundance as Indicators of Eutrophication in Two Small Man-made Lakes, Trop Life Sci. Res. 27 (suppl. 1):31-38. [Doi: 10.21315/TLRSR2016.27.3.5](https://doi.org/10.21315/TLRSR2016.27.3.5).

**Jacobe F. & Mond J. 1961.** Genetic regulator mechanism in the synthesis of protéins. *J.Biol.Med* n°3, pp :318-321.

**Jambulingam P., Sadanandane C., Nithiyanthan N., Subramanian S. & Zaim M. 2009.** Efficacy of novaluron against *Culex quinquefasciatus* in small-and medium-scale trials, India. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 25(3), 315-322.

**Jeppesen E., Jensen J. P., Søndergaard M., Fenger-Grøn M., Bramm M. E., Sandby K. ... & Rasmussen H. U. 2004.** Impact of fish predation on cladoceran body weight distribution and zooplankton grazing in lakes during winter. *Freshwater Biology*, 49(4), 432-447.

**Kamminga K. L., Davis J. A., Stock S. P. & Richter A. R. 2012.** First report of a mermithid nematode infecting *Piezodorus guildinii* and *Acrosternum hilare* (Hemiptera: Pentatomidae) in the United States. *Florida Entomologist*, 95(1), 214-217.

**Karch S. & Hougard J. M. 1986.** Comparative study in the laboratory of the development of the active ingredient and spores of *Bacillus sphaericus* strain 2362 and *Bacillus thuringiensis* serotype H 14 in aqueous medium. *Cahiers ORSTOM, Entomologie Médicale et Parasitologie*, 24(3), 175-179.

**Karch S., Asidi N., Manzambi Z. M. & Salaun J. J. 1992.** Efficacy of *Bacillus sphaericus* against the malaria vector *Anopheles gambiae* and other mosquitoes in swamps and rice fields in Zaire. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 8(4), 376-380.

**Karus K., Paaverb T., Agasilda H. & Zingela P. 2014.** The effects of predation by planktivorous juvenile fish on the microbial food web. *European Journal of Protistology*. 50(2):109121. [Doi: 10.1016/j.ejop.2014.01.006](https://doi.org/10.1016/j.ejop.2014.01.006).

**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.

**Kettle D. S. 1995.** *Medical and Veterinary Entomology*, 2<sup>o</sup> edition, Wallingford: CAB international, p725.

**Khelifa R., Youcefi A., Kahlerras A., Alfarhan A. H., Al-Rasheid K. A. & Samraoui B. 2011.** L'odonatofaune (Insecta: Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: intérêt pour la biodiversité du Maghreb. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 66(1), 55-66.

**Khelil N., Larid M., Grimes S., Leberre I. & Peuziat I. 2019.** Challenges and opportunities in promoting integrated coastal zone management in Algeria: Demonstration from the Algiers coast. *Ocean & Coastal Management*. 168: 185-196. DOI: [10.1016/j.ocecoaman.2018.11.001](https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.11.001).

**Kielak E., Sempruch C., Mioduszewska H., Klocek J. & Leszczyński B. 2011.** Phytotoxicity of Roundup Ultra 360 SL in aquatic ecosystems: Biochemical evaluation with duckweed (*Lemna minor* L.) as a model plant. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 99(3), 237-243.

**Kirkpatrick T. W. 1925.** Preliminary Notes on the Determination of Egyptian Mosquitos, with Descriptions of three Species new to Science. *Bulletin de la Societe Entomologique d'Egypte*, 17.

**Kjanijou M., Jiraungkoorskul K., Kosai P. & Jiraungkoorskul W. 2012.** Effet de *Murraya paniculata* Extrait de feuille contre *Culex quinquefasciatus* larve. *Asian Journal of Biological Sciences*, 5: 201-208.

**Knigt K. L. 1 Stone A. 1977.** A catalogue of the mosquitoes of the world (Diptera: Culicidae), 2<sup>e</sup> éd. *Thomas Say Foundation*, 6: 611p.

**Köthe A. & Benndorf J. 1994.** Top-down impact of *Daphnia galeata* on pelagic heterotrophic flagellates in a whole-lake biomanipulation experiment. *Marine microbial food webs*, 8(1-2), 325-335.

**Kumar A. N., Murugan, K., Shobana K. & Abirami D. 2013.** Isolation of *Bacillus sphaericus* screening larvicidal, fecundity and longevity effects on malaria vector *Anopheles stephensi*. *Academic Journals. Sci. Res. Essays*, 8(11): 425-431.

**Lacoursière J. & Boisvert J. 2004.** *Le Bacillus thuringiensis israelensis et le contrôle des insectes piqueurs au Québec*. Environnement Québec.

**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). *Journal of Applied Biosciences*.79: 6887-6895.aires. Doi: 10.4314/jab.v79i1.13.

**Lambert B. & Peferoen M. 1992.** Insecticidal promise of *Bacillus thuringiensis*. *BioScience*, 42(2), 112-122.

**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.

**Lamoot E. & Dumont H. J. 1974.** *Moina reticulata* (Daday, 1905)(Cladocera, Moinidae) found in the Ivory Coast, West Africa. *Crustaceana*, 29-32.

**Lamotte M. 1971.** Problems of Ecology: Sampling Animal Populations in Aquatic Environments. Masson, Paris.

**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.

**Larid M. 2015.** L'apport du retour d'expérience au processus de gestion intégrée des zones côtières. Application à la zone humide littorale de Réghaia (Algérois). Méditerranée. *Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean Geography*. 125 : 141-152. DOI: [10.4000/mediterranee.8091](https://doi.org/10.4000/mediterranee.8091).

**Lavaud F. & Dutau G. 2020.** Hypersensibilité aux morsures d'arthropodes hématophages. *Revue Française d'Allergologie*, 60 (6-7), 498-506.

**Lohmeyer K. H., Davey R. B. & Pound J. M. 2012.** Therapeutic and residual efficacy of a pour-on formulation of novaluron against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) on infested cattle. *Journal of entomological science*, 47(3), 238-246.

**Louadi K. 1999.** Contribution à la connaissance des genres *Halictus* et *Lasioglossum* de la région de Constantine (Algérie) (Hymenoptera, Apoidea, Halictidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 104(2), 141-144.

**Louah A., Ramdani M., Saoud Y. & Mahjour J. 1995.** Biotypologie de la faune culicidienne de la péninsule tingitane. *Bulletin Institut Scientifique de Rabat*, 18, 93-102.

**Loucif K., Neffar S., Menasria T., Maazi M. C., Houhamdi M. & Chenchouni H. 2020.** Physicochemical and bacteriological quality assessment of surface water at Lake Tonga in Algeria. *Environ Nanotechnol, Monit Manag* 13: 100284. DOI: 10.1016/j.enmm.2020.100284.

**Lounaci A. 2005.** Recherches sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie) (Doctoral dissertation, Tizi-Ouzou).

**Lounaci Z & Doumandji S. 2012.** Biodiversité des Culicidae (Diptera, Nematocera) d'intérêt médical et vétérinaire du marais de Réghaia et Tizi Ouzou (Algérie).

**Lounaci Z & Doumandji S. 2012.** Biodiversité des Culicidae (Diptera, Nematocera) d'intérêt médical et vétérinaire du marais de Réghaia et Tizi Ouzou (Algerie).

**Lounaci Z., Doumandji S., Doumandji-Mitiche B & Berrouane F. Z. 2014.** Dipterans biodiversity of agricultural and medico veterinary interest in the marsh of Reghaia (Algeria). *International Journal of Zoology and Research (IJZR)*, 4: 71-82.

**Loxdale H. D. 2016.** Insect science-a vulnerable discipline. *Entomol Exp Appl* 159 (2): 121-134. DOI: 10.1111/eea.12421.

**Lucas P. H. 1849.** Exploration scientifiques pendant les années 1840-1841-1842. Sciences Physique, Zoologie: Histoire Naturelle des animaux articulés. Vol. 1, Premières partie: Crustacés, Arachnides, Myriapodes et Hexapodes. Paris, Imprimerie Royale, p396.

**Lynch M. & Ennis R. 1983.** Resource availability, maternal effects, and longevity. *Experimental gerontology*, 18(2), 147-165.

**Macfie J. W. S. & Ingram A. 1922.** On the genital armature of the female mosquito. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 16(2), 157-188.

**Mackintosh T. J., Davis J. A. & Thompson R. M. 2015.** The influence of Urbanization on Macroinvertebrate Biodiversity in Constructed Stormwater Wetlands, *Science of the Total Environment*, 536: 527–537. [Doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.07.066](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.066).

**Mahamane A. A. & Guel B. 2015.** Caractérisations physico-chimiques des eaux souterraines de la localité de Yamtenga (Burkina Faso). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(1), 517-533.

**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., 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., Smaghe G., Kilani-Morakchi S., Bendjedid M. & Soltani N. 2013.** Sublethal effects on reproduction and biomarkers by spinosad and indoxacarb in cockroaches *Blattella germanica*. *Bull. Insectol.*, 66 (1): 11-20.

**Malher H. & Gordes F. 1968.** Biological chemister, Harper and Row.

**Malik D. S., Sharma A. K., Sharma A. K., Thakur R. & Sharma M. 2020.** A review on impact of water pollution on freshwater fish species and their aquatic environment. *Advances in Environmental Pollution Management: Wastewater Impacts and Treatment Technologies. 1:* 10-28. DOI: 10.26832/aesa-2020-aepm-02.

**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. Université Badji Mokhtar-Annaba, Algérie.

**Mansouri M. T., Naghizadeh B., Ghorbanzadeh B., Farbood Y., Sarkaki A. & Bavarsad K. 2013.** Gallic acid prevents memory deficits and oxidative stress induced by intracerebroventricular injection of streptozotocin in rats. *Pharmacology biochemistry and behavior*, 111, 90-96.

**Marquardt W. C. 2005.** Biology of disease vectors, second edition. Clin. Infect. Dis., 41 (11): 1692-1693.

**Mailles A., Zeller H., Durand J.P., Zientara S., Goffette R., Gloaguen C., Armengaud A., Schaffner F., Hars J., Chodorge E. & Barbas J. 2003.** Human and equine West Nile virus infections in France August- September 2003. *Eurosurveillance*, 7 (3).

**Martinez-Haro M., Beiras R., Bellas J., Capela R., Coelho J.P., Lopes I., Moreira-Santos M., Reis-Henriques A. M., Ribeiro R., Santos M. M. & Marques J. C. 2015.** A review on the ecological quality status assessment in aquatic systems using community-based indicators and ecotoxicological tools: What might be the added value of their combination. *Ecol Indicators* 48: 8-16. DOI: 10.1016/j.ecolind.2014.07.024.

**Massarin S. 2010.** Etude des effets de l'uranium sur le budget énergétique et la dynamique de population de *Daphnia magna* (Doctoral dissertation, Aix-Marseille 2).

**Matile L. 1993.** Les Dipteres d'Europe Occidentale. Introduction, techniques d'étude et morphologies. Nematocères, Brachycères, Orthorraphes et Aschizes. Ed. Boubée, Paris.

**Mattingly P. F. 1965.** Feeding behaviour and brain acetylcholinesterase in bream (*Abramis brama* L).

**Mattingly P. F. 1951.** Insecticide resistance genes mosquitoes: their mutation, migration, and selection in field population. *Journal of Heredity*, 86: 432-436.

**Mattingly P. F. 1971.** *Contributions to the Mosquito Fauna of Southeast Asia XII: Illustrated Keys to the Genera of Mosquitoes (Diptera, Culicidae)*. Defense Technical Information Center.

**Médail F. & Myers N. 2004.** Mediterranean basin. Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions, 144-147.

**Melghit M., Afri-Mehennaoui F. Z. & Sahli L. 2015.** Impact of wastewaters on the physico-chemical quality of waters: case study of the Rhumel river, Hammam Grouz and Beni Haroun dams. *Journal of Environmental Science and Engineering*. B4:625-630. DOI: 10.17265/2162-5263/2015.12.001.

- Mena M. & Chouaib R. A. 2020.** évaluation de la biodiversité des peuplements de coléoptères dans trois types d'habitats forestiers (quercus suber, quercus canariensis, forêt mixte) de la forêt de ouled bechih, n... *Bull. Soc. zool. Fr*, 145(1), 11-33.
- Merabeti B. & Ouakid M. L. 2011.** Contribution à 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*, pp.185-189.
- Merabti B., Boumaza M., Ouakid M. L., Carvajal T. M. & Harbach R. E. 2021.** An updated checklist of the mosquitoes (Diptera: Culicidae) present in Algeria, with assessments of doubtful records and problematic species. *Zootaxa*, 5027(4), 515-545.
- Merzendorfer H. 2013.** Chitin synthesis inhibitors: old molecules and new developments. *Insect science*, 20(2), 121-138.
- 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. & Benyacoub S. 2015.** Research on the Ecology of Water Mites (Acari: Hydracarina) in North-East of Algeria (Wetland Complex of El-Kala National Park). *Annual Research & Review in Biology*, 238-245.
- 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.
- Minjas J. N. & Sarda R. K. 1986.** Laboratory observations on the toxicity of *Swartzia madagascariensis* (Legumimosal) extract to mosquito larvae. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 80 (3), 460 – 461.
- Mkindi M. G. 2017.** Effect of insect pollinators and natural enemies on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth and yield in Arusha, Tanzania (Doctoral dissertation, NM-AIST).
- NAVAS L. 1929.** Insectes Névroptères et voisins Barbarie. Septième série. *Bull. Soc.*
- Moubayed Z. 1986.** *Recherches sur la faunistique, l'écologie et la zoogéographie de trois réseaux hydrographiques du Liban: l'Assi, le Litani et le Beyrouth* (Doctoral dissertation, Toulouse 3).

- Moubayed-Breil J. & Lounaci A. 2013.** Orthocladius (Euorthocladius) kabylianus sp. n., a crenophilous element inhabiting karstic helocrenes and temporary streams in Algeria [Diptera: Chironomidae]. *Ephemera*, 14(1), 25-34.
- Moubayed-Breil J. 2007.** New records of Chironomidae (Diptera) from continental France. *CHIRONOMUS Journal of Chironomidae Research*, (20).
- Mück P. & Lampert W. 1984.** An experimental study of the importance of food conditions for the relative abundance of calanoids copepods and cladocerans. *Arch. Hydrobiol*, 66, 157-179.
- Mugel M. & Férard J. F. 1978.** *Elaboration d'un modèle de chaîne trophique dulçaquicole et application à une étude écotoxicologique du cadmium* (Doctoral dissertation, Université Paul Verlaine-Metz).
- Muthukrishna S., Merzendorfer H., Arakan Y. & Kramer K. J. 2012.** Chitin metabolism in insects. *Comprehensive Molecular Insect Science* (ed. L.I. Gilberts), pp. 193-235. Academic Press, London.
- Myers N. & Cowling R. M. 1999.** Mediterranean basin. Hotspots–Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions, 254-267.
- Nechad I., Fadil K. & Fadil F. 2014.** Qualité physicochimique des eaux des sources ain regrab et ain Sidi Bouali dans la région de Sefrou (moyen atlas, Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (20).
- Neveu-Lemaire M. 1952.** Précis de Parasitologie vétérinaire, Maladies Parasitaires des animaux domestiques, 3<sup>e</sup> Edition, Vigot frères, 1952.
- Neveu-Lemaire M. 1923.** L'évolution de la classification des Culicidæ.
- Niazi S. 2007.** Evaluation des impacts des changements climatiques et de l'élévation du niveau de la mer sur le littoral de Tétouan (Méditerranée occidentale du Maroc): Vulnérabilité et Adaptation. Nord. Thèse Doctorat, Université de Paris ( Zool), 11 : 258p.
- Nwankwo E. N., Okonkwo N. J., Ozumba N. A. & Okafor E. G. 2011.** Comparative studies on the larvicidal action of novaluron (Mosquiron® 100EC) and Moringa oliefera (LAM) Seed Oil against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. *African Research Review*, 5(1).
- OMS. 1973.** Lutte antivectorielle en santé internationale. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, 156 pp.
- OMS. 1999.** La lutte antivectorielle, méthode à usage individuel et communautaire. 449p.
- Orr B. K. & Resh V. H. 1992.** Influence of *Myriophyllum aquaticum* cover on *Anopheles* mosquito abundance, oviposition, and larval microhabitat. *Oecologia*, 90, 474-482.

**Oudainia W. 2015.** Etude bioécologique et systématique des Culicidae de la région d'Oum El Bouaghi. Effet de la température sur l'agressivité et la biologie de *Culex pipiens*. Thèse de Doctorat L.M.D (3ème cycle) en Ecologie Animale. Option : Biologie des Populations. Département de Biologie. Faculté des Sciences. Université Badji Mokhtar Annaba.

**Oussad N., Aouar\_Sadli M. & Benali Z. L. A. 2021.** Diversity of Mosquitoes (Diptera, Culicidae) and Physico-Chemical Characterization of Their Larval Habitats in Tizi-Ouzou area, Algeria. *Zoodiversity*, 55(5).

**Paoletti M. G., Dufour D. L., Cerda H., Torres F., Pizzoferrato L. & Pimentel D. 2000.** The importance of leaf-and litter-feeding invertebrates as sources of animal protein for the Amazonian Amerindians. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 267(1459), 2247-2252.

**Parmar T. K., Rawtani D. & Agrawal Y. K. 2016.** Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Front Life Sci* 9 (2): 110-118. DOI: 10.1080/21553769.2016.1162753.

**Patrick M. S., Jean-Marie T. M. & Lulendo M. 2015.** Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality: a case-study of urban Funa Stream (in Kinshasa, Democratic Republic of Congo). *Open journal of water pollution and treatment*. 1:8-24. DOI: 10.15764/WPT.2015.01002.

**Pavela R. 2009.** Larvicidal property of essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Industrial Crops and Products*, 30: 311–315.

**Pener M. P. & Dhadialla T. S. 2012.** An overview of insect growth disruptors; applied aspects. *Advances in insect physiology*, 43, 1-162.

**Pennak R. W. 1989.** Fresh-water invertebrates of the United States. Protozoa to mollusca.

**Perrier R. 1979.** The fauna of France illustrated II Arachnidae and Crustacea. Printed in Belgium - JOS ADAM Brussels, Paris.

**Peyrusse V. & Bertrand M. 2001.** Les acariens aquatiques de France. *Insectes* 123, 4: 3-6.

**Picard F. 1929.** Coleoptera Cerambycidae. Paris Paul Le chevalier.

**Poisson R. 1957.** Aquatic Heteroptera. In: Le chevalier P (eds.) Faune de France. Paris 61: 264.

**Polhemus J. T. & Herring J. L. 1970.** Ergebnisse der österreichischen neukaledonien Expedition. Aquatic and semiaquatic Hemiptera. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 72(2), 179-187.

**Potier A. & Rousselet D. 1973.** Conductivité électrique et diffusion du proton dans le perchlorate d'oxonium. *Journal De Chimie Physique*, 70, 873-878.

**R Core Team. 2019.** R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Accessed 27 November 2019. [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.

**Ramade F. 1984.** Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill. Paris, 397p.

**Ramade F. 2009.** *Eléments d'écologie: Ecologie fondamentale-4e édition*. Dunod.

**Ramade F. 2011.** Introduction à l'écochimie: Les substances chimiques de l'écosphère à l'homme. Lavoisier.

**Raman S. K. & Geetha G. 2005.** Correlation analysis and prediction of characteristic parameters and water quality index of ground water. *POLLUTION RESEARCH*, 24(1), 197.

**Rehi R. & Gaid A. 1987.** Optimisation du traitement physico-chimique d'une eau de surface. Cas de l'Oued Kessir alimentant la ville de Jijel (Est Algérien). *TSM. Techniques sciences méthodes, génie urbain génie rural*, (4), 169-172.

**Rehimi N., Alouani A. & Soltani N. 2011.** Efficacy of Azadirachtin against Mosquito Larvae *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) under Laboratory Conditions. *European Journal of Scientific Research*, 57, 223-229.

**Reid H. & Swiderska K. 2008.** *Biodiversité, changement climatique et pauvreté*. International Institute for Environment and Development.

**Reid J. 2006.** *Robert Louis Stevenson, Science, and the Fin de Siècle*. Springer.

**Rejsek F. 2002.** Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques CRDP d'Aquitaine. Bordeaux (France). Republic Of Korea. *Journal of Freshwater Ecology*, 35(1), 323-347. doi:10.1080/02705060.2020.1815599.

**Rhodain F. & Perez C. 1985.** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Maloine .S A Editeur 27, Rue de l'école médecine 75006, Paris ; 443p.

**Richoux N. B., Levings C. D., Lu L. & Piercey G. E. 2006.** Preliminary survey of indigenous, non-indigenous and cryptogenic benthic invertebrates in Burrard Inlet, Vancouver, British Columbia. *Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1183, 1-20.

**Rioux J. A. 1958.** Les Culicides du Midi Méditerranéen. P. Lechevalier, édit., 303p.

**Rodier J., Bazin J. P. & Chambon P. 1996.** *L'analyse de l'eau*. Dunod.

**Rodier J., Geoffray C. & Rodi L. 1984.** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer: chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie.

- Rodier J., Legube B. & Merlet N. 2009.** L'analyse de l'eau, 9e édition. *Dunod (éditeur)*, Paris, France.1579 p.
- Roh J. Y., Choi J. Y., Li M. S., Jin B. R. & Je Y. H. 2007.** *Bacillus thuringiensis* as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. *Journal of microbiology and biotechnology*, 17(4), 547-559.
- Rose M. & Vaissière R. 1952.** Catalogue préliminaire des Copépodes de l'Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 43, 164-176.
- Rose M. 1933.** Pelagic copepods. *Fauna France* 26: 1-374.
- Roth M. C., Weatherly G. C. & Miller W. A. 1980.** The temperature dependence of the mechanical properties of aluminum alloys containing low-melting-point inclusions. *Acta Metallurgica*, 28(7), 841-853.
- Saidi K. 2021.** Étude taxonomique et toxicologique des moustiques dans les régions de Magra et Ain khadra (M'sila) (Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf-M'sila). Algérie.
- Samraoui B., Bouhala Z., Garcia A. R., Márquez-Rodríguez J., Ferreras-Romero M., El-Serehy H. A. & Samraoui F. 2020.** Trichoptera and Plecoptera of the Seybouse River, northeast Algeria: Distribution, phenology and new records. *Zootaxa*-4845. DOI: [10.11646/zootaxa.4845.4.5](https://doi.org/10.11646/zootaxa.4845.4.5) PMID: 33056756.
- Samraoui B., Márquez-Rodríguez J., Ferreras-Romero M., Sartori M., Gattolliat J. L. & Samraoui F. 2021.** Life history and ecology of the Maghrebian endemic Choroterpes atlas Soldán & Thomas, 1983 (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). *Limnologica*. 89:125887. Doi:10.1016/j.limno.2021.125887.
- San Martín G. 2005.** Exogoninae (Polychaeta: Syllidae) from Australia with the description of a new genus and twenty-two new species. *Records of the Australian Museum*, 57(1), 39-152.
- 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 [Inventory and spatio-temporal distribution of macroinvertebrate bioindicators in three water bodies of the Volta basin in Burkina Faso]. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 8(3):1005–1029. French.
- Saoudi M., Tadjine A., Guerfi S. & Necer A. 2018.** A preliminary survey of water physico-chemical characteristics and aquatic macroinvertebrate communities in El Mekhada marsh, north-eastern Algeria. *Zoology and Ecology*. 28(2):109–116. doi:10.1080/21658005.2018.1462926.

**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.

**Schnepf E., Crickmore N., Van Rie J., Lereclus D., Baum J., Feitelson J. ... & Dean D. 1998.** Bacillus thuringiensis et ses protéines cristallines pesticides. *Revue de microbiologie et de biologie moléculaire*, 62 (3), 775-806.

**Seghier H., Tine-Djebbar F., Loucif-Ayad W. & Soltani N. 2020.** Lavicidal and Pupicidal Activities of *Petroselinum crispum* Seed Essential Oil on *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata* Mosquitoes. *Transylvanian Review*, 47, 14669-14677.

**Seghier M. & Djazouli Z. E. 2018.** Ecological diversity of the stand of beetles in two saharan biotopes in Béchar's region (Algeria). *AgroBiologia*, 8(1), 832-844.

**Séguy E. 1921.** Description d'un nouveau moustique français du groupe de l'*Aedes mariaae* et synopsis des espèces de ce groupe. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 26(13), 192-195.

**Seguy E. 1951 b.** Atlas d des Diptères de France. Boubée Ed.N., Cie, Paris, 175 p.

**Seguy E. 1951.** Nouvelle Atlas d'entomologie des Diptères de France, Belgique et Suisse. Tomes 1 et 2.Ed.N.Boubée, PP 19-83, 67 et 84-109.

**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.

**Seguy E. 1924.** Les Culicidae de l'Afrique mineur, de l'Egypte et la Syrie. Encyclopidie entomologique. Inst. Ed. Paul Le chevalier, Paris, 257 p.

**Sehili N., Arif S., Touati H. & Bensouilah M. 2020.** The influence of environmental factors on the seasonal dynamics of Cladoceran community in the Oubeira Lake (Algeria). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24(3), 193-212.

**Sekhi S. 2010.** *Recherches sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés des cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (wilaya de Naâma)* (Doctoral dissertaton, Alger).

**Sekkoum S. & Maachou H. M. 2018.** Le parc national de Tlemcen (Algérie): Un potentiel touristique sous-exploité. *Études caribéennes*. (39-40). DOI:[10.4000/etudescaribeennes.12450](https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.12450).

**Sellam N., Viñolas A., Fatah Z. & Moulai R. 2017.** L'utilisation des Coleoptera, Ephemeroptera et Diptera comme bioindicateurs de la qualite des eaux de quelques Oueds en Algérie. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 47-56.

**Seltezer P. 1946.** Le climat de l'Algérie. La typo. Lith. 220 p.

**Senevet G. & Andarelli L. 1956.** The Anophelines of North Africa and the Mediterranean Basin. *The Anophelines of North Africa and the Mediterranean Basin*.

**Senevet G. & Andarelli L. 1966.** Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III: Les Aedes 2ème partie : Description des espèces du sous genre Ochlerotatus, groupe H. Arch. Inst. Pasteur. Algérie, 44: 51 - 74.

**Senevet G. & Andarelli L. 1959.** Un nouveau caractère pour la diagnose des larves de Culex. Arch. Inst. Pasteur, Algérie, 37 (3): 447- 461.

**Senevet G. & Andarelli L. 1960.** Contributions à l'étude de la biologie des moustiques en Algérie et dans le Sahara Algérien Arch. Inst. Pasteur, Algérie, (2): 305 - 326.

**Senevet G. & Andarelli L. 1954.** Le genre Culex en Afrique du Nord, III: Les adultes. Arch. Inst. Pasteur. Algérie, 32 (1): 36 - 70.

**Senevet G. & Andarelli L. 1954.** Présence d'Aedes punctor en Algérie. Arch. Inst. Pasteur.

**Senevet G. & Andarelli L. 1956.** Les Anophèles et du bassin méditerranéen. Encyl. Entomol., Le chevalier, Paris. (ed.). 33: 280 p.

**Senevet G. & Andarelli L. 1956.** Présence en Algérie de Theobaldia litorea (SHUTE). Arch. Inst. Pasteur, Algérie, 34: 400 - 402.

**Senevet G. & Andarelli L. 1958.** Le genre Aedes en Afrique du Nord, II: Les nymphes. Arch.

**Senevet G. & Andarelli L. 1959a.** Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen : Les genres Culex, Uranotaenia, Theobaldia, Orthopodomyia et Mansonia. Encyl. Entomol. Lechevalier, Paris, 37: 384 p.

**Senevet G. & Andarelli L. 1963b.** Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III: Les Aedes 2ème partie : Description des espèces du sous genre Ochlerotatus, groupe B. Arch. Inst. Pasteur. Algérie, 41: 142 - 172.

**Senevet G. & Andarelli L. 1964a.** Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III: Les Aedes 2ème partie: Description des espèces du sous genre Ochlerotatus, groupe E. Arch. Inst. Pasteur. Algérie, 42: 94 - 144.

**Senevet G. & Andarelli L. 1964b.** Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III: Les Aedes 2ème partie: Description des espèces du sous genre Ochlerotatus, groupe G. Arch. Inst. Pasteur. Algérie, 42: 145 - 192.

**Sergent E. & Sergent E. T. 1904.** Sur une hémogrégarine, parasite de *Testudo mauritanica*. *CR Soc. Biol*, 56, 130-131.

**Serradj N., Bendali-Saoudi F. & Soltani N. 2018.** Inventory of the invertebrate fauna at the level of the Lake of Birds (North-east-Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6 (5), 98-106.

**Sherif A. & Elamamy M. M. 1985.** Effects of an Elodea extract on immature stage of *Culex quinquefasciatus* say. *Journal of the Florida Anti - Mosquito Associated*, 56 (2), 82 – 85.

**Shibko S., Koivistoinen P., Tratnyneck C., Newhall A., & Freidman L. 1966.** A method for the sequential quantitative separation and glycogen from a single rat liver homogenate or from a sub cellular fraction. *Anal. Biochem*, 19, 415-428.

**Silvie P. J., Gomez V. A., Aberlenc H. P., Bonfils J., Cardozo R. & Michel B. 2014.** Diversité des Arthropodes rencontrés en culture cotonnière au Paraguay. 1. Insectes et acariens phytophages. *Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology*.

**Slater J. A. & Baranowski R. M. 1978.** *How to know the true bugs (Hemiptera-Heteroptera)*. William C. Brown Co..

**Ślipinski A. 2007.** Australian Ladybird Beetles (Coleoptera: Coccinellidae) Their biology and classification. Australian Biological Resources Study.

**Smirnov N. N. 1966.** The taxonomic significance of the trunk limbs of the Chydoridae (Cladocera). *Hydrobiologia*, 27(3-4), 337-343.

**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 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. 1983.** Description of larvae of *Neocarus occidentalis* (Acari: Arrenuroidea: Neocaridae). *Can. Ent.*, 115(3): 221-226.

**Smith H. & Gerecke R. 2010.** A checklist of the water mites of France (Acari: Hydrachnidia). *Acarologia*., 50(1): 21–91.

**Smith H. 2012.** New records of the water mite family Arrenuridae from the Afrotropical region, with the description of 11 new species and two new subspecies (Acari: Hydrachnidia). *Zootaxa*., 3187: 1–31.

**Smith H. 2014.** Australian water mites of the genus *Hydrachna* Müller, with the description of five new species (Acari: Hydrachnidia: Hydrachnidae). *Zootaxa*, 3827 (2): 170–186.

**Smith I. 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.

**Sokolov S. N. & Shatny A. N. 1977.** *Physical equivalence of three forms of relativistic dynamics and addition of interactions in the front and instant forms* (No. IFVE-OTF--77-140). Gosudarstvennyj Komitet po Ispol'zovaniyu Atomnoj Ehnergii SSSR.

**Soltani N., Larham B. & Boudejlida H. 2010.** Lutte chimique contre les moustiques: Evaluation d'un insecticide sélectif a l'égard des larves de *Culex pipiens*. *Actes de la CIFE VI, Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat*, 47, 177-182.

**Soulama S., Kadeba A., Nacoulma B. M., Traoré S., Bachmann Y. & Thiombiano A. 2015.** Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique. *J Appl Biosci* 87: 8047-8064. DOI: 10.4314/jab.v87i1.6.

**Southwood K. E. 1978.** Substantive theory and statistical interaction: Five models. *Am J Sociol* 83 (5):1154-1203. DOI: 10.1086/226678.

**Stella E. 1982.** Calanoidi (Crustacea, Copepoda, Calanoida). *Impresa della Stamperia valdonesa* 14, 67 p.

**Sunitha P., Rao G. R. & Rao P. A. 2005.** Bio-efficacy of certain eco-friendly insecticides against sucking pests on okra *Abelmoschus esculentus* (Linn.). *Journal of Applied Zoological Researches*, 16(2), 186-187.

**Tachet H., Richoux P. & Bournaud M. 2006.** Usseglio-Polatera P2006: Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie. *CNRS 2eme Editions, Paris*, 588.

**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.

**Taverny C., Elie P. & Boët P. 2009.** *La vie piscicole dans les masses d'eau de transition: proposition d'une grille qualité pour la température, l'oxygène dissous, la salinité et la transparence* (Doctoral dissertation, irstea).

**Tetreau G., Bayyareddy K., Jones C. M., Stalinski R., Riaz M. A., Paris M. ... & Després L. 2012.** Larval midgut modifications associated with Bti resistance in the yellow fever mosquito using proteomic and transcriptomic approaches. *BMC genomics*, 13, 1-15.

**Thakur R. K., Jindal R., Singh U. B. & Ahluwalia A. S. 2013.** Plankton diversity and water quality assessment of three Freshwater Lakes of Mandi (Himachal Pradesh, India) with Special Reference to planktonic indicators. *Environ Monit Assess* 185 (10): 8355-8373. DOI: 10.1007/s10661-013-3178-3.

**Tine-Djebba F., Larhem A. B. & Soltani N. 2012.** Enzyme immune assay measurements of the molting hormone in different post-embryonic stages of two mosquito species, *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. *African Journal of Biotechnology.*, 10 (67): 15195-15199.

**Tine-Djebbar F. 2009.** Bioecology of mosquitoes in the Tébessa 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.

**Tine-Djebbar F., Bouabida H. & Soltani N. 2016.** Répartition spatio-temporelle des Culicidés dans la région de Tébessa.

**Tine-Djebbar F., Rehim N. & Soltani N. 2011.** Enzyme immunoassay measurements of ecdysteroids in the last larval stage of *Culex pipiens* L. (Diptera, Culicidae): Hormonal profile and correlation with cuticle secretion. *African Journal of Biotechnology.*, 11 (20): 4693-4698.

**Touaylia S. 2017.** Thoughts on water beetles in a Mediterranean environment. *Insect physiology and ecology. IntechOpen. London*, 3-23.

**Touaylia S., Garrido J., Bejaoui M. & Boumaiza M. 2011.** Altitudinal distribution of aquatic beetles (Coleoptera) in northern Tunisia: relationship between species richness and altitude. *The Coleopterists Bulletin*, 65(1), 53-62.

**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. 3ème cycle.111p.

**Toubal O., Boussehaba A., Toubal A. & Samraoui B. 2014.** Mediterranean biodiversity and global changes: case of the Guerbès-Senhadja wetland complex (Algeria). *Physio-Geo. Physical geography and environment.* 8: 273-295. DOI: [10.4000/physio-geo.4217](https://doi.org/10.4000/physio-geo.4217).

**Trari B. 1991.** Culicidae (Diptera): Catalogue raisonné des peuplements du Maroc et études typologiques de quelques gîtes du Gharb et de leurs communautés larvaires. *Rabat: Université Mohamed V, Faculté des Sciences*.

**Tshijik J. K., Ifuta S. N., Mbaya A. N. & Pwema V. K. 2015.** Influence du substrat sur la répartition des macroinvertébrés benthiques dans un système lotique: cas des rivières Gombe, Kinkusa et Mangengenge. *International Journal of Biological and Chemical Sciences.*9(2): 970-985.DOI: [10.4314/ijbcs.v9i2.33](https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.33).

**Urbanelli S., Coluzzi bartoccioni C. M., Petrarca V. & Bullini L. 1980.** Differenziamento genetico in popolazioni italiane di *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae). In *Atti XII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia* (Vol. 2, pp. 273-280).

**Vermeil C., Cottin M. & Masanet J. 1967.** Vacuum UV photochemistry of light and heavy water vapours, *The Chemistry of Ionization and Excitation* GRA Johnson, G. Scholes, 69–76.

- Viets K. O. 1987.** Die Milben des Susswassers (Hydrachnellae und Halacaridae [part.], Acari), 2: Katalog. *Sonderbande Des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg*, 8, 1-1012.
- Villeneuve B., Souchon Y., Usseglio-Polatera P., Ferréol M. & Valette L. 2015.** Can we predict biological condition of stream ecosystems? A multi-stressors approach linking three biological indices to physico-chemistry, hydromorphology and land use. *Ecological Indicators*. 48: 88-98. DOI:10.1016/j.ecolind.2014.07.016.
- Wall R. & Shearer D. 1997.** *Veterinary entomology: Arthropod ectoparasites of veterinary importance*. Springer Science & Business Media.
- Walter C. 1924.** Hydracariens d'Europe orientale. *Buletinul Societatii de Stiinte din Cluj*, 2(2), 93-95.
- Walter C. 1925a.** Hydracariens de l'Algerie et de la Tunisie (Collections de M. H. Gauthier), Première liste. *Bull. Soc. Hist. natur. Afrique Nord, Alger*, 16: 189- 238.
- Walter C. 1940.** Hydracarina of Algeria. *Ann. Mag. Natur. Hist., London* (s. 11), 5: 513-518.
- Walter D. E., Lindquist E. E., Smith I. M., Cook D. R. & Krantz G. W. 2009.** Order Trombidiformes. *In : Krantz & Walter*, 233-420.
- Wiens A. W. & Gilbert T. 1968.** Regulation of carbohydrate mobilization utilization in *leucophaeamaderae* . *J .insect.Physiol*, 13: 779-794.
- Winner R. W., Keeling T., Yeager R. & Farrell M. P. 1977.** Effect of food type on the acute and chronic toxicity of copper to *Daphnia magna*. *Freshwater Biology*, 7(4), 343-349.
- Yasri N. 2009.** Diversité, écologie et biogéographie des macroinvertébrés de quelques affluents du Mazafran (Doctoral dissertation, Alger).
- Yasri N., Vinçonn G. & Lounacin A. 2013b.** A Review of the Algerian Leuctridae with the description of *Leuctra dhyae* sp. n. from central Algeria (Plecoptera: Leuctridae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft. Bull. Soc. Entomol. Suisse*, 86: sous-presse.
- Yasri n N., Vinçonn G. & Lounacin A. 2013a.** A new *Amphinemura* from Central Maghreb (Algeria, Tunisia): *A. berthelemyi* sp. n. (Plecoptera: Nemouridae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft. Bull. Soc. Entomol. Suisse*, 86: 25–33, 2013.
- Yasri-Cheboubi N., Vinçon G. & Lounaci A. 2016.** The Nemouridae from Algeria (Insecta: Plecoptera). *Zoosystema*, 38(3), 295-308.
- Young H. S., McCauley D. J., Galetti M. & Dirzo R. 2016.** Patterns, causes, and consequences of Anthropocene de faunation. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 47 (1): 333-358. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-112414-054142.

**Zaidi N. & Soltani N. 2011.** Environmental risks of two chitin synthesis inhibitors on *Gambusia affinis* chronic effects on growth and recovery of biological responses. *Biological control* 59 (2011) 106-113.

**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 León R., Palomino Salcedo M., Brogdon W. G. & Devine G. J. 2009.** Adaptation and evaluation of the bottle assay for monitoring insecticide resistance in disease vector mosquitoes in the Peruvian Amazon. *Malaria journal*, 8(1), 1-11.

**Zawal A. 2010.** Water mites (Hdychnidia) of small water reservoirs in the Neighbourhood of Swinoujscie (NW Poland). *Atura Montanegrina, Rodgorica*, 9(3): 441- 449.

**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.

**Zerguine K., Bensakhri Z., Bendjeddou D. & Khaladi O. 2018.** Diversity and distribution of Chironomidae (Insecta: Diptera) of the Oued Charef basin, NorthEastern Algeria. *Annales de la Société Entomologique de France (NS)* 54 (2): 141-155 DOI: 10.1080/00379271.2018.1435306.

**Zerguine K., Samraoui B. & Rossaro B. 2009.** A survey of Chironomids from seasonal ponds of Numidia, northeastern Algeria. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, 41(3), 167-174.

**Zinsou H. L., Attingli A. H., Gnohossou P., Adandedjan D. & Laleye P. 2016.** Caractéristiques physico-chimiques et pollution de l'eau du delta de l'Oueme au Bénin. *Journal of applied Biosciences*.97: 9163-9173.DOI: [10.4314/jab.v97i1.3](https://doi.org/10.4314/jab.v97i1.3) .

**Zinsou H. L., Attingli A. H., Gnohossou P., Adandedjan D. & Laleye P. 2016.** Physicochemical characteristics and water pollution of the Oueme delta in Benin. *J Appl Biosci* 97: 9163-9173. DOI: 10.4314/jab.v97i1.3.

**Zinsou L. H., Agadjihouédé H., Gnohossou P. & Lalèyè P. 2017.** Analyse et Illustration de la valeur indicatrice des espèces macrobenthiques du Delta De l'Ouémé au Bénin. *EuropeanScientific Journal*. 13(5): 333-351. Doi: 10.19044/esj.2017.v13n5p333.

**Zongo J. O., Vincent C. & Stewart R. K. 1993.** Parasitism of sorghum shoot fly larvae, *Atherigona soccata* Rondani (Diptera: Muscidae) by *Neotrichoporoides nyemitawus* Rohwer (Hymenoptera: Eulophidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 14(5-6), 637-64.

**Zoubiri S. & Baaliouamer A. 2011.** Chemical composition and insecticidal properties of some aromatic herbs essential oils from Algeria. *Food Chemistry*, 129(1), 179-182.

## **WEBOGRAPHIES**

**Anonyme 1:** [horizon.documentation.ird.fr/exldoc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_6/.../00562.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exldoc/pleins_textes/pleins_textes_6/.../00562.pdf).

**Anonyme 2:** [https://fr.wikipedia.org/wiki/Communes\\_de\\_la\\_wilaya\\_d%27El\\_Tarf](https://fr.wikipedia.org/wiki/Communes_de_la_wilaya_d%27El_Tarf).

**Anonyme 3:** <https://www.insectes-net.fr>.

**Anonyme 4:** [news-29194-bonnes-pratiques-lutte-antivectorielle-moustique](#).

**Anonyme 5:** <https://www.eid-med.org/les-moustiques/cycle-de-vie-biologie>.

**Anonyme 6:** <http://www.pinsdaddy.com/copepod-life->.

**Anonyme 7:** Corixidae (famille) [doris.ffessm.fr](http://doris.ffessm.fr).

**Anonyme 8:** [https://fr.wikipedia.org/wiki/Bacillus\\_thuringiensis](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bacillus_thuringiensis).

**Anonyme 9:** <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Novaluron>.

**Anonyme 10:** <http://www.france-animaux.org/pages/insectes/diptera/culiseta-annulata.html>.

**Anonyme 11:** <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>.

# *ANNEXES*

## 8. ANNEXES

### Production scientifique

#### Publications:

**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). DOI: 10.13057/biodiv/d240131

#### Communications:

**HOUMANI Mounira, SERRADJ Nassima, BENDALI-SAOUDI Fatiha, SOLTANI Nouredine.** Inventaire de la faune culicidienne dans le Nord- est Algerien.

**HOUMANI Mounira, SERRADJ Nassima, BENDALI-SAOUDI Fatiha, Chaabna Sihem, SOLTANI Nouredine.** Effet du Novaluron sur les populations non ciblées d'invertébrés dans le Nord- est Algerien.

**HOUMANI Mounira, BENMALEK Louiza, BENDALI-SAOUDI Fatiha, SOLTANI Nouredine.** Effet de *Bacillus Thuringiensis* sur les populations non ciblées d'invertébrés dans le nord est Algerien.

SERRADJ Nassima, **HOUMANI Mounira, BENDALI-SAOUDI Fatiha, SOLTANI Nouredine.** Etude des capacités prédatrices de *Notonecta glauca* (Hétéroptères aquatiques) à l' egard de *Culex modestus* (Diptera, Culicidae).

SERRADJ Nassima, Dahchar Zeineb, **HOUMANI Mounira, BENDALI-SAOUDI Fatiha, SOLTANI Nouredine.** Abondance et biodiversité de la faune ciblé et non ciblé du lac des oiseaux (Wilaya d'El Taref Algerie).

Gueddouche Malika, **HOUMANI Mounira, CHAABNA Sihem, FARTAS Adila, BENDALI-SAOUDI Fatiha.** Le potentiel prédateur d'une espèce d'hydracariens *Piona uncata* (Koenike 1988) a L'égard de quatre stades larvaires de *Culex pipiens*.

*ARTICLE*

*SCIENTIFIQUE*