

# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزاره التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار- عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA



FACULTÉ DES SCIENCES  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

Laboratoire de Biologie Animale Appliquée (L.B.A.A)

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

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie Animale

Option : Biologie et Physiologie Animale

## Intitulé

**Etude de la faune Culicidienne et associée des Ruines  
Romaines: Aspects biologique; systématique et toxicologique  
de quelques biocides.**

**Présentée par : M<sup>me</sup> Madiha BENDJEDID**

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

**Devant un jury composé de :**

**Pr. Tarek DAAS**

**Dr. Samia MESSIKH**

**Pr. Zouhir DJERROU**

**Pr. Linda AISSAOUI**

**Pr. Ali BOUAZIZ**

Président

Examinatrice

Examineur

Examinatrice

Examineur

Université Badji Mokhtar –Annaba

Université Badji Mokhtar -Annaba

Université 20 Aout 1955- Skikda

Université Farhat Abbaes- Sétif

Université Chérif Messaadia -Souk Ahras

**Année universitaire : 2023/2024**

## *Remerciements*

Mes remerciements vont en premier lieu à « **Allah** » le Tout-Puissant de m'avoir accordé la force, le courage, la santé et la patience pour pouvoir mener à terme ce travail.

Je tiens à remercier **Mr Tarek DAAS**, Professeur à l'université de Badji Mokhtar – Annaba qui m'a fait l'honneur de présider ce jury : qu'il soit assuré de ma profonde reconnaissance.

Il m'est particulièrement agréable d'exprimer ma gratitude, ma reconnaissance et mon profond respect à **Mme Bendali-Saoudi Fatiha**, professeur à l'université de Badji Mokhtar – Annaba qui m'a énormément aidée, d'avoir accepté généreusement de diriger ce travail.

J'adresse mes remerciements aux, **Mme Samia MESSIKH, Mme Linda AISSAOUI, Mr Ali BOUAZIZ & Mr Zouhir DJERROU** d'avoir accepté de juger ce modeste travail.

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

J'exprime ma profonde reconnaissance à **Mr Hamid BOUDJELIDA**. (Professeur au Département de Biologie Animale, Annaba) pour avoir bien voulu m'accueillir dans son laboratoire.

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

Enfin, je remercie chaleureusement toute **ma famille** qui m'a apporté un soutien sans faille, merci pour votre confiance, sacrifices, attention bienveillante et encouragement.

***Merci.***

---

## Table des matières

---

SOMMAIRE	P
<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Présentation de la région d'étude.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.1. Mare d'El-Gouréate .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.2. Ruines Romaines d'Hippone .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. Méthodes d'échantillonnage.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3. Tri et montage des spécimens .....</b>	<b>9</b>
<b>2.4. Identification systématique .....</b>	<b>9</b>
<b>2.5. Données climatiques.....</b>	<b>10</b>
<b>2.5.1. Température .....</b>	<b>10</b>
<b>2.5.2. Précipitations .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5.3. Vent .....</b>	<b>12</b>
<b>2.6. Matériel biologique.....</b>	<b>12</b>
<b>2.6.1. Les Culicidae .....</b>	<b>13</b>
<b>2.6.1.1. Œuf .....</b>	<b>14</b>
<b>2.6.1.2. Larve.....</b>	<b>15</b>
<b>2.6.2. La faune associée .....</b>	<b>17</b>
<b>2.6.2.1. Les Cladocères.....</b>	<b>17</b>
<b>2.6.2.2. Les Héteroptères .....</b>	<b>19</b>
<b>2.6.2.3. Les Ostracodes.....</b>	<b>20</b>
<b>2.6.2.4. Les Odonates .....</b>	<b>21</b>
<b>2.6.2.5. Les Copépodes .....</b>	<b>22</b>
<b>2.6.2.6. Les Hydracariens.....</b>	<b>23</b>
<b>2.6.2.6. Les Coléoptères aquatiques .....</b>	<b>25</b>
<b>2.6.2.7. Les Myriapodes.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.2.4. Les Ephéméroptère .....</b>	<b>28</b>
<b>2.7. Indices écologiques .....</b>	<b>29</b>
<b>2.7.1. Indices écologiques de composition.....</b>	<b>29</b>
<b>2.7.1.1. Richesse spécifique ou totale (S).....</b>	<b>29</b>

2.7.1.2. Abondance relative (C).....	29
2.7.1.3. Fréquence d'occurrence (F) .....	30
2.7.2. Indices écologiques de structure .....	30
2.7.2.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H).....	30
2.7.2.2. Indice de Simpson (D).....	31
2.7.2. 3. Equitabilité (E) .....	31
2.8. Paramètres physico-chimiques de l'eau des Ruines Romaines .....	31
2.8.1. Température .....	32
2.8.2. PH .....	32
2.8.3. Oxygène dissous (OD) .....	32
2.8.4. Conductivité électrique (COND).....	32
2.8.5. La dureté totale (Titre Hydrométrique T.H).....	33
2.8.6. L'alcalinité (Titre alcalimétrique) (TA) .....	33
2.8.7. Titre Alcalimétrique Complet (TAC) .....	33
2.8.8. La teneur en substances minérales dissoutes .....	33
2.9. Toxicité .....	34
2.9.1. Présentation de l'insecticide.....	34
2.9.2. Tests de toxicité .....	35
2.9.3. Dosage des biomarqueurs .....	36
2.9.3.1. Dosage de l'acétylcholinestérase.....	36
2.9.3.2. Dosage des glutathion S-transférases .....	37
2.10. Analyse statistiques .....	38
2.10.1. Analyse factorielle des correspondances (A.F.C).....	38
2.10.2. Classification ascendante hiérarchique (C.A.H) .....	38
2.10.3. Analyse statistique multi-variée (Analyse en composan principal « ACP ») .....	38
2.10.4. Analyse de variance.....	38
3. RESULTATS .....	40
3.1. Inventaires des macro-invertébrés benthiques.....	40
3.1.1. Inventaire au niveau de la mare El-Gouréate .....	40
3.1.1.1. Indices écologiques de composition .....	42
3.1.1.2. Indices de structures.....	44
3.1.1.3. Analyse factorielle des correspondances (AFC).....	45
3.1.2. Inventaire au niveau des Ruines Romaines .....	48

3.1.2.1. Indices écologiques de composition .....	50
3.1.2.2. Indice de structure .....	52
3.1.2.3. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) .....	53
3.1.2.5. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) .....	55
3.2. Paramètres physico-chimique de l'eau .....	57
3.2.1. Analyse multi-variée : Analyse en composant principale (ACP).....	58
3.3. Identification des espèces inventoriées .....	61
3.3.1. Les insectes .....	61
3.3.1.1. Les Culicidae .....	61
3.3.1.2. Chironomidae .....	66
3.3.1.3. Hémiptères .....	68
3.3.1.4. Coléoptères aquatiques .....	75
3.3.1.5. Odonates.....	85
3.3.1.6. Ephémères .....	87
3.3.2. Les Arachnidiae (Hydracariens) .....	88
3.3.2.1. <i>Piona alpicola</i> Neuman 1880 .....	88
3.3.2.2. <i>Piona uncata</i> Koenike 1888 .....	89
3.3.2.3. <i>Eylais hamata</i> Koenike 1897 .....	90
3.3.2.4. <i>Arrenurus novus</i> George 1884 .....	92
3.3.3. Les Crustacés .....	94
3.3.3.1. Les Cladocères .....	94
3.3.3.2. Ostracodes .....	99
3.3.4. Miryapodes .....	102
3.4. Toxicité .....	103
3.4.1. Toxicité de la Deltaméthrine à l'égard du troisième stade larvaire de <i>Culex pipiens molestus</i> .....	103
3.4.2. Toxicité de la Deltaméthrine à l'égard du quatrième stade larvaire de <i>Culex pipiens molestus</i> .....	107
3.4.3. Analyse statistique (Analyse de la variance à deux critères) .....	110
3.5. Impact de la Deltaméthrine sur les biomarqueurs .....	112
3.5.1. Effet sur l'activité spécifique de l'AChE .....	112
3.5.1.1. Effet de la CL 50 sur la faune visée <i>Culex pipiens molestus</i> .....	112
3.5.1.1. Effet de la CL 50 sur la faune visée <i>Culex pipiens molestus</i> .....	112
3.5.1.2. Effet de la CL10 et la CL25 sur la faune non visée <i>Cypris bispinosa</i> .....	113

---

3.5.2. Effet sur l'activité spécifique de la GST .....	115
3.5.2.1. Effet de la CL 50 sur la faune visée <i>Culex pipiens molestus</i> .....	115
3.5.2.2. Effet de la CL10 et la CL25 sur la faune non visée <i>Cypris bispinosa</i> .....	116
4. DISCUSSION.....	118
4.1. Etude Taxonomique.....	118
4.1.1. Les Insectes.....	120
4.1.1.1. Les Culicidae.....	120
4.1.1.2. Les Hétéroptères.....	122
4.1.1.3. Les Coléoptères.....	123
4.1.1.4. Les Odonates.....	123
4.1.1.5. Éphéméroptères .....	124
4.1.2. Hydrachnidia .....	124
4.1.3. Crustacés benthiques.....	125
4.1.4. Les miryapodes.....	126
4.2. Paramètres physicochimiques .....	126
4.3. Toxicité.....	128
4.4. Biomarqueurs .....	129
5. CONCLUSION .....	132
6. 1. RESUME .....	134
6.2. Abstract.....	136
6.3. ملخص.....	137
7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	138
PRODUCTION SCIENTIFIQUE.....	169

## Liste des figures

N°	Titre	P
<b>01</b>	Position géographique de la mare d'El-Gouréate (Nord-est de l'Algérie), positionnement des stations d'échantillonnage (S1, S2 & S3).	<b>8</b>
<b>02</b>	Cycle de développement des Culicidae	<b>14</b>
<b>03</b>	Les œufs du genre <i>Culex</i> en nacelle	<b>15</b>
<b>04</b>	Aspect général d'une exuvie larvaire du stade IV de Culicidé sous l'eau.	<b>16</b>
<b>05</b>	Schématisation générale d'un moustique adulte	<b>17</b>
<b>06</b>	Organisation générale d'un cladocère, vue latérale	<b>18</b>
<b>07</b>	Anatomie dorsale d'un hétéroptère	<b>19</b>
<b>08</b>	Anatomie d'un Ostracode vivant (femelle)	<b>20</b>
<b>09</b>	Morphologie générale de la larve d'Odonates	<b>22</b>
<b>10</b>	Morphologie générale d'un copépode	<b>23</b>
<b>11</b>	Face ventrale d'une femelle adulte <i>Limnesia</i>	<b>25</b>
<b>12</b>	Morphologie générale d'un Coléoptère	<b>26</b>
<b>13</b>	Schéma général en vue dorsale d'un myriapode	<b>27</b>
<b>14</b>	Morphologie générale de larve des Ephémères	<b>28</b>
<b>15</b>	Matériel utilisés dans la mesure des paramètres physicochimiques de l'eau	<b>33</b>
<b>16</b>	Structure chimique de la Deltaméthrine	<b>34</b>
<b>17</b>	Test de la Deltaméthrine sur les larves du troisième et quatrième stade de <i>Culex Pipiens molestus</i> (Photo originale).	<b>35</b>
<b>18</b>	Répartition en pourcentage, A : par Groupe B : par Famille des insectes inventoriés.	<b>42</b>
<b>19</b>	Abondance relative des espèces de la faune macrobenthique inventoriée par station (Avril 2017 - Mars 2018).	<b>43</b>
<b>20</b>	Abondance relative des espèces de la faune macrobenthique inventoriée par saison (Avril 2017 - Mars 2018).	<b>45</b>

<b>21:</b> Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur la texture d'abondances spatio-temporelle de la faune macrobenthique inventoriée	<b>46</b>
<b>22:</b> Dendrogramme issu de la Classification Hiérarchique Ascendante des espèces récoltées au niveau des trois stations pendant les quatre saisons (Spatio-Temporelle).	<b>47</b>
<b>23:</b> Répartition de la faune identifiée par Groupe; Famille; Genre et espèce.	<b>50</b>
<b>24:</b> Abondance relative des espèces par station de la faune macrobenthique inventoriées (Février - Juin 2019).	<b>51</b>
<b>25:</b> Abondance relative des espèces de la faune macrobenthique par mois (Février – Juin 2019).	<b>53</b>
<b>26 :</b> Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces de la faune macrobenthique inventoriée pendant cinq mois d'étude.	<b>54</b>
<b>27:</b> Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces de la faune macrobenthique inventoriée au niveau des cinq stations d'étude.	<b>55</b>
<b>28:</b> Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées selon les cinq mois.	<b>56</b>
<b>29:</b> Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées selon les cinq stations d'études.	<b>57</b>
<b>30:</b> Représentation graphique des 10 variables (température, potentiel hydrogène, conductivité électrique, dureté totale, titre alcalimétrique, titre alcalimétrique complet, demande chimique en oxygène, chlorures, calcium et magnésium) dans le cercle de corrélation du plan factoriel 1-2 obtenu à partir des données des 5 stations du site d'étude.	<b>60</b>
<b>31:</b> Analyse en Composant Principale (ACP) représentant la relation entre les paramètres Physico-Chimique de l'eau au niveau des cinq stations d'étude.	<b>60</b>
<b>32:</b> Caractéristiques de <i>Culex pipiens molestus</i> <b>A:</b> Vue céphalique antenne C1Gx10 <b>B:</b> Vue générale du siphon Gx10 <b>C:</b> Epine sous apicale 2-S du siphon Gx 40 <b>D:</b> Soie caudale 1-X Gx 40 <b>E:</b> Dent distale siphonale Gx40 <b>F:</b> Peigne de 8 <sup>ième</sup> segment Gx40	<b>62</b>
<b>33:</b> <b>A:</b> Aspect générale de l'hypopygium (Génitalia mâle) Gx4 <b>B:</b> Structure de la région basale duPhalosomeGx10 <b>C:</b> Claspette dorsale Gx10 <b>D:</b> Agrandissement de la région antérieur de la Claspette Gx40	<b>63</b>

<b>34:</b> Mentum de <i>Culex laticinctus</i> Gx100.	<b>64</b>
<b>35:</b> Allula dépourvu de la frange d'écaille d' <i>Uranotaenia unguiculata</i> G x1000	<b>65</b>
<b>36: A:</b> Morphologie générale de <i>Chironomus plumosus</i> Gx4 <b>B:</b> Région antérieur (Capsule céphalique) Gx10 <b>C:</b> Région postérieure Gx10	<b>67</b>
<b>37:</b> Vue générale de <i>Plea minutissima</i> <b>A :</b> Vue dorsale, <b>B :</b> Vue de profile de	<b>68</b>
<b>38:</b> Vue générale d'une <i>Micronecta poweri</i>	<b>69</b>
<b>39:</b> Morphologie générale de <i>Corixa punctata</i> <b>A:</b> Vue dorsale <b>B:</b> Vue de ventrale <b>C:</b> Vue de profile. <b>D:</b> Structure de la tête avec la première paire patte.	<b>71</b>
<b>41:</b> Morphologie générale de <i>Notonecta glauca.</i> <b>A :</b> Vue dorsale. <b>B:</b> Vue ventrale <b>C:</b> Structure de la tête.	<b>72</b>
<b>42 :</b> Morphologie générale de <i>Naucoris maculatus</i> <b>A:</b> Vue dorsale. <b>B:</b> Vue ventrale. <b>C:</b> Structure de la tête.	<b>74</b>
<b>43:</b> Aspect générale de <i>Ranatra linearis.</i>	<b>75</b>
<b>44:</b> Aspect générale de <i>Berosus luridus.</i> <b>A:</b> Vue dorsale. <b>B:</b> Vue ventrale. <b>C:</b> Vue dorsale antérieur.	<b>77</b>
<b>45:</b> Morphologie générale de <i>Berosus affinis.</i> <b>A :</b> Vue dorsale, <b>B:</b> Vue ventrale	<b>78</b>
<b>46:</b> Forme générale d' <i>Anacaena globules.</i> <b>A:</b> Vue ventrale <b>B:</b> Vue dorsale <b>C:</b> Vue ventrale antérieur	<b>79</b>
<b>47:</b> Structure générale de <i>Laccophilus minutus.</i> <b>A:</b> Vue dorsale Gx10 <b>B:</b> Vue ventrale Gx10	<b>81</b>
<b>48:</b> Vue générale de <i>Laccophilus poecillus</i>	<b>82</b>
<b>49 :</b> Vue générale de <i>Colymbetes fuscus.</i> <b>A:</b> Vue dorsale <b>B:</b> Vue ventrale	<b>83</b>
<b>50:</b> Vue générale de <i>Ranatus exsoletus.</i>	<b>85</b>
<b>51:</b> Aspect générale de la larve de <i>Lestes virens</i> <b>A:</b> Vue dorsale. <b>B:</b> Vue ventrale.	<b>86</b>

<b>52: A:</b> Morphologie générale de <i>Baetis pavidus</i> Gx4. <b>B:</b> Cerques. <b>C:</b> Partie antérieure Gx10. <b>D :</b> Partie postérieure avec branchies Gx10.	<b>88</b>
<b>53 :</b> Vue ventrale de <i>Piona alpicola</i> Gx4	<b>89</b>
<b>54:</b> <i>Piona uncata</i> <b>A:</b> Vue ventrale Gx4. <b>B:</b> plaque génitale de Gx10.	<b>90</b>
<b>55 :</b> Caractéristiques d' <i>Eylais hamata</i> , <b>A:</b> Vue générale Gx4. <b>B:</b> Plaque oculaire Gx10. <b>C:</b> Coxae 1 et 2 Gx10. <b>D:</b> Coxae 3 et 4Gx10	<b>91</b>
<b>56:</b> Vue d'ensemble d' <i>Arrenurus novus</i> <b>A:</b> Vue ventrale d'une Femelle Gx 4. <b>B:</b> La plaque génitale Gx10. <b>C:</b> Coxae Gx10.	<b>93</b>
<b>57:</b> Les caractères de <i>Daphnia magna</i> <b>A :</b> Vue d'ensemble Gx 4. <b>B :</b> Région céphalique Gx10. <b>C :</b> Partie post abdominale Gx10. <b>D :</b> Epine caudaleGx10.	<b>95</b>
<b>58:</b> La griffe de <i>Daphnia similis</i> Gx40.	<b>96</b>
<b>59:</b> Caractère de <i>Simocephalus vetulus</i> <b>A :</b> Vue générale Gx10 <b>B :</b> Ocelle étirée Gx40.	<b>97</b>
<b>60 :</b> les caractères de <i>Simopcephalus expinosus</i> <b>A:</b> Vue d'ensemble Gx4 <b>B:</b> Région céphalique. Gx10 <b>C:</b> Partie post abdominale Gx10	<b>98</b>
<b>61 :</b> Femelle d'un <i>cyclops fuscus</i> G x4.	<b>99</b>
<b>62:</b> <i>Cypris bispinosa</i> . <b>A:</b> Vue générale <b>B:</b> Epine	<b>100</b>
<b>63:</b> vue générale d' <i>Eucypris virens</i>	<b>101</b>
<b>64:</b> Aspect générale de <i>Lithobius forficatus</i>	<b>102</b>
<b>65:</b> La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L 3 après 24h de traitement en fonction des logarithmes décimaux des concertations ( $R_2$ = Coefficient de détermination).	<b>105</b>
<b>66:</b> La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L 3 après 48 h de traitement en fonction des	<b>106</b>

logarithmes décimaux des concertations ( $R_2$ = Coefficient de détermination).

- 
- |  |            |
|--|------------|
| <b>67:</b> La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L 3 après 72h de traitement en fonction des logarithmes décimaux des concertations ( $R_2$ = Coefficient de détermination). | <b>106</b> |
|--|------------|
- 
- |   |            |
|---|------------|
| <b>68 :</b> La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L 4 après 24h de traitement en fonction des logarithmes décimaux des concertations ( $R_2$ = Coefficient de détermination). | <b>109</b> |
|---|------------|
- 
- |   |            |
|---|------------|
| <b>70 :</b> La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L 4 après 72h de traitement en fonction des logarithmes décimaux des concertations ( $R_2$ = Coefficient de détermination). | <b>110</b> |
|---|------------|
- 
- |  |            |
|--|------------|
| <b>71:</b> Effet de la Deltaméthrine (CL50=7,21 $\mu$ g/l) sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase ( $\mu$ M/min/mg de protéine) chez les larves du quatrième stade de <i>Culex pipiens molestus</i> ( $m \pm s$ ; n=3). | <b>113</b> |
|--|------------|
- 
- |  |            |
|--|------------|
| <b>72:</b> Effet de deux doses sub-létales de Deltaméthrine (CL10=0,62 $\mu$ g/l; CL25=2,12 $\mu$ g/l) sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase ( $\mu$ M/min/mg de protéine) chez la faune non visée <i>Cypris bispinosa</i> ( $m \pm s$ ; n=3 à 4). | <b>114</b> |
|--|------------|
- 
- |  |            |
|--|------------|
| <b>73:</b> Effet de la Deltaméthrine (CL50=7,21 $\mu$ g/l) sur l'activité spécifique de la glutathion S- transférase ( $\mu$ M/min/mg de protéine) chez les larves du quatrième stade de <i>Culex pipiens molestus</i> . | <b>116</b> |
|--|------------|
- 
- |  |            |
|--|------------|
| <b>74:</b> Effet de deux doses sub-létales de Deltaméthrine (CL10=0,62 $\mu$ g/l; CL25=2,12 $\mu$ g/l) sur l'activité spécifique de la glutathion S- transférase ( $\mu$ M/min/mg de protéine) chez la faune non visée <i>Cypris bispinosa</i> ( $m \pm s$ ; n=3 à 4). | <b>117</b> |
|--|------------|
-

Liste des tableaux

N°	Titre	P
1	Températures moyennes (°C) enregistrées durant une année (Avril 2017-Mars 2018) dans la marre d'El-Gouréate région de El-Taref. Source: <a href="https://dz.freemeteo.com">https://dz.freemeteo.com</a>	10
2	Températures moyennes (°C) enregistrées durant la période pluviale (Février - Juin 2019) dans les Ruines Romaine d'Hippone Annaba Source: <a href="https://dz.freemeteo.com">https://dz.freemeteo.com</a>	11
3	Répartition mensuelle des précipitations (mm) sur une période d'une année (Avril 2017-Mars 2018) dans la région de El-Taref. Source: <a href="https://dz.freemeteo.com">https://dz.freemeteo.com</a>	11
4	Répartition mensuelle des précipitations (mm) enregistrées durant la période pluviale (Février 2019-Juin 2019) dans les Ruines Romaine d'hippone Annaba Source <a href="https://dz.freemeteo.com">https://dz.freemeteo.com</a>	11
5	La variation de la vitesse du vent (km/h) pour l'année 2017-2018. Source: <a href="https://dz.freemeteo.com">https://dz.freemeteo.com</a>	12
6	La variation de la vitesse du vent (km/h) enregistrées durant la période pluviale (Février 2019-Juin 2019) dans les Ruines Romaine d'hippone Annaba Source: <a href="https://dz.freemeteo.com">https://dz.freemeteo.com</a>	12
7	Richesse totale des espèces de la faune macrobenthiques au niveaude la mare d'El-Gouréate pendant une année (Avril 2017– Mars 2018).(Abd: Abondance, Fr. oc: fréquence d'occurrence)	41
8	indices écologiques par stationS= Species, H=Shanon index, D= Simpson index, J= Equitability.	43
9	Richesse totale des espèces de la faune macrobenthiques au niveau des Ruine Romaine pendant la période pluviale (Février – Juin 2019).	49
10	indices écologiques par stationS= Species, H=Shanon index, D= Simpson index, J= Equitability).	51
11	Moyennes des paramètres physico-chimiques enregistrés au niveau des cinq stations des Ruines Romaines.	58
12	Mortalité corrigée (%) des larves L3 de <i>Culex pipiens molestus</i> après traitement par les différentes concentrations de la Deltaméthrine (m ± SE; n= 100).	104

<b>13</b>	Toxicité de la Deltaméthrine à l'égard des larves L 3 de <i>Culex pipiens molestus</i> après 24h, 48h et 72h de traitement.	<b>105</b>
<b>14</b>	Mortalité corrigée (%) des larves L4 de <i>Culex pipiens molestus</i> après traitement par les différentes concentrations de la Deltaméthrine ( $m \pm SE$ ; $n= 100$ ).	<b>108</b>
<b>15</b>	Toxicité de la Deltaméthrine à l'égard des larves L 4 de <i>Culex pipiens molestus</i> après 24h, 48h et 72h de traitement.	<b>108</b>
<b>16</b>	Comparaison inter-doses et inter-stades à l'égard des larves de <i>Culex pipiens molestus</i> après 24 h d'exposition à la Deltaméthrine.	<b>110</b>
<b>17</b>	Comparaison inter-doses et inter-stades à l'égard des larves de <i>Culex pipiens molestus</i> après 48 h d'exposition à la Deltaméthrine)	<b>111</b>
<b>18</b>	Comparaison inter-doses et inter-stades à l'égard des larves de <i>Culex pipiens molestus</i> après 72 h d'exposition à la Deltaméthrine)	<b>111</b>
<b>19</b>	Effet de la Deltaméthrine (CL50=7,21 $\mu\text{g/l}$ ) sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéine) chez les larves du quatrième stade de <i>Culex pipiens molestus</i> ( $m \pm s$ ; $n=3$ ): Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même âge entre les différentes séries (Lettres minuscules)	<b>112</b>
<b>20</b>	Effet de deux doses sub-létales de Deltaméthrine (CL10: 0,62 $\mu\text{g/l}$ ; CL25: 2,12 $\mu\text{g/l}$ ) sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéine) chez la faune non visée <i>Cypris bispinosa</i> ( $m \pm s$ ; $n=3$ à): Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (Lettres majuscules) et pour un même âge entre les différentes séries (Lettres minuscules)	<b>114</b>
<b>21</b>	Effet de la Deltaméthrine (CL50=7,21 $\mu\text{g/l}$ ) sur l'activité spécifique de la glutathion S- transférase ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéine) chez les larves du quatrième stade de <i>Culex pipiens molestus</i> ( $m \pm s$ ; $n=3$ à 4): Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même âge entre les différentes séries (lettres minuscules)	<b>115</b>
<b>22</b>	Effet de deux doses sub-létales de Deltaméthrine (CL10: 0,62 $\mu\text{g/l}$ ; CL25: 2,12 $\mu\text{g/l}$ ) sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéine) chez la faune non visée <i>Cypris bispinosa</i> ( $m \pm s$ ; $n=3$ à 4): Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même âge entre les différentes séries (Lettres minuscules).	<b>117</b>

## Liste des abréviations

*Ur. Unguiculata* : *Uranotenia Unguiculata*

*Cs. Longiareolata* : *Culiseta Longiareolata*

*Cx. laticinctus* : *Culex laticinctus*

*Cx. pipiens molestus* : *Culex pipiens molestus*.

**CL:** concentration létale

**OMS:** Organisation mondiale de la santé

# Introduction

## INTRODUCTION

Les zones humides continentales, forment des biotopes aquatiques favorables au développement d'une biodiversité spécifique, jouant un important rôle dans le maintien de cette grande richesse spécifique, qu'elle soit faunistique ou floristique (**Mishra *et al.*, 2017; Mohan *et al.*, 2019; Chettibi, 2020 ;Yang *et al.*, 2021**). Ces zones abritent environ 10 % des espèces identifiées dans le monde, tout en occupant qu'environ 0.8 % de la surface du globe (**Dudgeon *et al.*, 2006; Strayer & Dudgeon, 2010; Min & Kong, 2020**). Au cours des cinquante dernières années, les populations d'eau douce à travers le monde ont diminué en moyenne de 84 %, soit le double du taux des écosystèmes terrestres ou marins (**Lovegren, 2022**). La composition, la distribution et l'abondance des macroinvertébrés benthiques sont influencé par les facteurs physiques, biologiques et chimiques de l'environnement (**Touaylia, 2017; Emeka *et al.*, 2020**). Ce groupe d'invertébrés benthiques constituent l'un des maillons biologiques clés, qui ont été identifiés partout par les Etats membres l'Union Européenne, pour déterminer l'état écologique des cours d'eau (**Beauger & Lair, 2014**). Cependant la constitution référentiels de données et la mise au point d'un indice biologique désormais bien calé (Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) permet de définir et d'évaluer l'état écologique du site aquatique (**AFNOR, 2009**). Par leurs sensibilités aux facteurs de stress environnementaux et leurs abondances, les invertébrés macrobenthiques sont considérés comme des marqueurs efficaces pour la santé des écosystèmes aquatiques (**Borja *et al.*, 2010; Popoola & Otalekor, 2011; Piló *et al.*, 2016; Odountan *et al.* 2019; Mahmoud & Riad, 2020**).

Les macroinvertébrés benthiques occupent de nombreuses niches et habitats dans les systèmes d'eau douce (**Obade & Moore, 2018**), possédant des tolérances différentes à la pollution (Polluotolérance & Polluosensibilité), leurs absence ainsi que leurs présence, indiquent une altération de la qualité de l'eau (**Sanogo *et al.*, 2014**). L'eau est un élément naturel indispensable au fonctionnement de la Terre, ce composant vital couvre 70% du globe terrestre, dont seulement moins d'un pour cent d'eau douce (**Strayer & Dudgeon 2006; Touhari, 2015; Min & Kong, 2020**). Il s'agit des eaux superficielles courantes ou stagnantes, permanente ou temporaire (rivières, Oued, lacs, marre et étangs...). Avec une répartition non homogène à la surface de la planète, cet élément constitue un challenge à la fois politique, économique, environnemental et stratégique (**Benkaddour, 2018**). Source d'énergie impliqué dans toutes les activités humaines (**Bhasin *et al.*, 2015**). Les écosystèmes d'eau douce procurent également des services à des milliards d'humains, dont les communautés vulnérables et pauvres (**Lynch *et al.*, 2016**). Impacté négativement par l'activité anthropique dans plusieurs secteurs

(Agriculture, industrie..) avec ces différentes formes (Eaux usées domestique et industrielle; élevage; etc...), apparentée aux processus naturels (la sécheresse et érosion des sols...) (Touhari, 2015; Bouaroudj, 2019), l'environnement (Hamida *et al.*, 2021 ; Ekperusi *et al.*, 2022). En plus, des changements climatiques, tels que la variation des précipitations et les températures élevées, peuvent être des facteurs majeurs affectant le régime hydrologique et la géomorphologie des environnements fluviaux et lacustres, affectant ainsi la diversité et l'abondance des macroinvertébrés (Dudgeon, 2006). Spécifiquement la qualité des eaux a connu une dégradation sans précédente à travers le monde. Actuellement le taux de disparition des zones humides est trois fois supérieur, par rapport à celui des forêts (Gardner & Finlayson, 2018) et les vertébrés d'eau douce sont réduits deux fois plus vite que les vertébrés terrestres ou océaniques (Grooten & Almond, 2018). En Afrique plusieurs études sur les macroinvertébrés benthiques des eaux douces ont été effectuées par différents auteurs (Nahli *et al.*, 2022; Bendary *et al.*, 2022; Raphahlelo *et al.*, 2022) et quelques travaux en Algérie (Serradj *et al.*, 2018; Mahmoudi *et al.*, 2022; Ameur *et al.*, 2022; Houmani *et al.*, 2023; Boulares *et al.*, 2023; Bouaziz *et al.*, 2023 ; Bendjedid *et al.*, 2023).

La plus part de macroinvertébrés benthiques sont des Arthropodes aquatiques qui passent l'ensemble de leurs vie ou une partie de leur cycle biologique dans l'eau (Théobalt, 1901; 1910; Bendali-Saoudi 1989; 2006; Mahmoud & Riad, 2020; Chenouf, 2021; Saidi, 2021). Parmi les Arthropodes, la famille des Culicidae, qui présente 3 600 espèces, identifiées dans le monde, cela à partir des critères anatomiques; morphologiques et chétotaxiques, facilitant l'identification systématique (Himmi, 1991; 1998; Schafner, 2001). Ces diptères sont des nuisant redoutables et responsables de la transmission de plusieurs maladies vectorielles 14% sont infectieuses dont 28 % sont émergentes, impactant la santé publique et l'économie mondiale (Jones *et al.*, 2008; Mavoungou *et al.*, 2008; Tolle, 2009; Lavaud & Dutau, 2020). Dans les pays du bassin méditerranéen, *Culex pipiens* est un moustique urbain le plus répandue dans la région. C'est le vecteur principale de la filariose Lymphatique ou Eléphantiasis; le virus West-Nile et l'encéphalites virale (Farajollahi *et al.*, 2011; Kilpatrick *et al.*, 2011). D'autre part une espèce envahissante de la région *Aedes Albopictus*, responsable de la transmission du virus Chikungunya (Thiboutot *et al.*, 2010) et de la dengue (Lambrechts *et al.*, 2010). Le paludisme se propage à l'être humain essentiellement par la piqûre du moustique du genre anophèles infectés. Comme il peut se transmettre par transfusion sanguine et par des aiguilles contaminées. Le paludisme à *P. falciparum* peut évoluer vers une affection grave voire mortelle dans les 24 heures. C'est le parasite provoquant le plus de décès et c'est aussi le plus répandu sur le continent africain. En 2021, près de la moitié de la population mondiale était exposée au

risque de paludisme: on estimait à 247 millions le nombre de cas de paludisme dans le monde. Le nombre estimé de décès imputables au paludisme s'est élevé à 619 000 en 2021, 95 % des cas et 96 % des décès dus au paludisme ont été enregistrés en Afrique. De même les enfants de moins de 5 ans représentaient 80 % environ des décès dus à cette maladie (**Sedaghat et al., 2003; OMS, 2023**). D'autre part ce genre de Culicidae et responsable de la transmission d'autre pathogènes. Le *Brugia malayi* menace plus d'un milliard de personnes, sur 120 millions de personnes affectées, plus de 40 millions sont gravement handicapées ou défigurées. Un tiers des individus touchés sont localisés en Inde, le deuxième tiers en Afrique et le reste surtout en Asie du Sud, dans le Pacifique en Amérique (**Mortelmans, 1961; Dhadialla et al., 1994; AFEPM, 2014**) Vue toutes ces conséquences néfastes sur la santé publique et vétérinaire, plusieurs méthodes de lutte anti-culicidienne se sont développées. La lutte anti-vectorielle des espèces de moustiques est généralement menée par les insecticides conventionnels (Carbamates; Organophosphorés; Pyréthrinoïdes...) (**Hamaidia & Soltani, 2014**). Les insecticides restent la principale méthode de lutte contre ces fléaux malgré ces impacts néfastes sur l'environnement. L'utilisation intensive de ces produits chimiques, entraînent des conséquences graves sur la population non ciblée (**Chidester, 1917; Zaidi & Soltani, 2013; Mamadou & Mazih, 2015; Serradj, 2022**), provoquant, notamment une toxicité dans la chaîne alimentaire et la détérioration des eaux de surface et souterraines (**Hénaut, 2011**). Pour lutter contre ces espèces nuisibles, les chercheurs ont développé d'autres méthodes, comme les inhibiteurs de la synthèse de la chitine (CSI), qui altèrent la formation de la nouvelle cuticule (**Soltani et al., 1993; Chebira et al., 2006; Sun et al., 2015; Hamaidia & Soltani, 2020**). Parmi les inhibiteurs de la chitine le produit le plus utilisé est le Benzoylphenylurées (BPUs), insecticide sélectif provoquant l'inhibition de la synthèse de chitine la mue imaginale chez les insectes (**Mulder & Gijswijt, 1973; Grosscurt & Anderson, 1980; Soltani et al., 1993; Oberlander & Silhacek, 1998**), de même les analogues de l'Hormone juvénile comme le kinoprène, molécule imitatrice de l'activité biologique et/ou de structure de l'HJ et les agonistes de l'ecdysone (**Ishaaya & Horowitz, 1998; Dhadialla et al., 2010; Hui et al., 2013**). L'utilisation de ces composés peut modérer, l'apparition du phénomène de résistance aux insecticides.

Dans le but de préserver l'environnement et de protéger les organismes bénéfiques, l'utilisation de molécule biologique dans la lutte antivectorielle est largement appliquée. Plusieurs bactéries ont été identifiées possédant un fort potentiel de lutte biologique contre les insectes nuisibles comme le *Bacillus thuringiensis israelensis* (**Bendali-Saoudi, 2006; Boudjelida et al., 2008**;

**Becker et al., 2010; Radhika et al., 2011; Tahraoui, 2012; Allouani, 2013; Mansouri et al., 2013**), et le *Bacillus sphaericus* (**Karch & Hougard, 1986; Karch et al., 1992**) le Spinosad (**Bendjedid, 2010**) et l'azadirachtine (**Sane et al., 2018**). En outre, les plantes présentent une alternative puissante, pour la lutte anti-culicidienne. Les produits à base de plante, n'engendrent aucun effet indésirable chez les organismes non ciblés et sont facilement biodégradables (**Lucia et al., 2007; Idrissi & Hermas, 2008; Eleni et al., 2009; Kemassi et al., 2010 ; 2014**) et riches en composés bioactifs à effets toxiques et larvicides (Terpénoïdes; Alcaloïdes; Flavonoïdes & Tanins);(**Zirihi, 2006; Zirihi et al., 2007; N'guessan et al., 2009; Dahchar et al., 2016; Dris et al., 2017a**). Parmi les méthodes de lutte biologique, une technique de rééquilibrage écologique, concerne l'introduction des ennemis naturels ou antagonistes afin d'éliminer les espèces indésirables (**Tréboux, 2014**). Dans le domaine de l'écologie appliquée, il y a eu de nombreuses tentatives contre des agents vecteurs, cela a été réalisé par l'introduction de nouveaux ennemis naturels comme les prédateurs, dans leurs milieux (**Arthington & Lloyd, 1989; Headrick & Goeden, 2001; Denoth et al., 2002**).

Malgré les progrès réalisés et les alternatives créées dans le cadre de la lutte antivectorielle, les méthodes les plus utilisées jusqu'à l'heure actuelle, restent les pesticides conventionnels dont la Deltaméthrine. Ce produit est le plus utilisé en Algérie, vu son efficacité (**Zubair et al., 2022**) sa rapidité d'action (**Thybaud , 1990**), facilité d'utilisation, son action neurotoxique et son coût raisonnable. Cela nous a incité à le tester sur la faune culicidienne et d'étudier son impact sur les organismes non ciblés. Notre travail s'articule en plusieurs parties:

-La première partie à concerner un inventaire systématique de la faune macrobenthique, réalisé dans la mare de Gouréate durant une année (Avril 2017 - Mars 2018).

-La deuxième partie concerne un inventaire systématique des culicidae et de la faune associée (macrobenthique) dans un site archéologique protégé par le ministère de la culture Ruine Romaine d'Hippone Annaba durant la période pluvieuse (Février – Juin, 2019) au niveau de différents plans d'eau temporaires. Afin d'acquérir une meilleure connaissance qualitative et quantitative des espèces macroinvertébrés benthiques de ces deux écosystèmes aquatiques différents.

-La distribution spatiale, temporelle, de la faune macrobenthique a été élucidée par des indices écologiques. Permettant la mise en évidence des caractéristiques structurelles et de composition de ces peuplements.

-Pour mieux comprendre la diversité biocénotique, la préserver des impacts de changement climatique et de la promouvoir dans le cadre d'une approche de développement, on a déterminé

les caractéristiques physico-chimiques des plans d'eau de surface du second site archéologique (Ruines Romaines).

- La dernière partie a été consacrée à l'évaluation toxicologique de la Deltaméthrine à l'égard du troisième et le quatrième stade larvaires de *Culex pipiens molestus*.

- D'autre part, on a déterminé l'effet toxique de la CL 50 sur les biomarqueurs (l'Acétyl choline estérase AChE, Glutathion-S-transférase GST) de la faune visée (*Culex pipiens molestus*) et les CL 10 et CL25 sur les biomarqueurs (l'Acétyl choline estérase AChE, Glutathion- s- transférase GST) de la faune non visée.

Matériel  
et  
méthodes

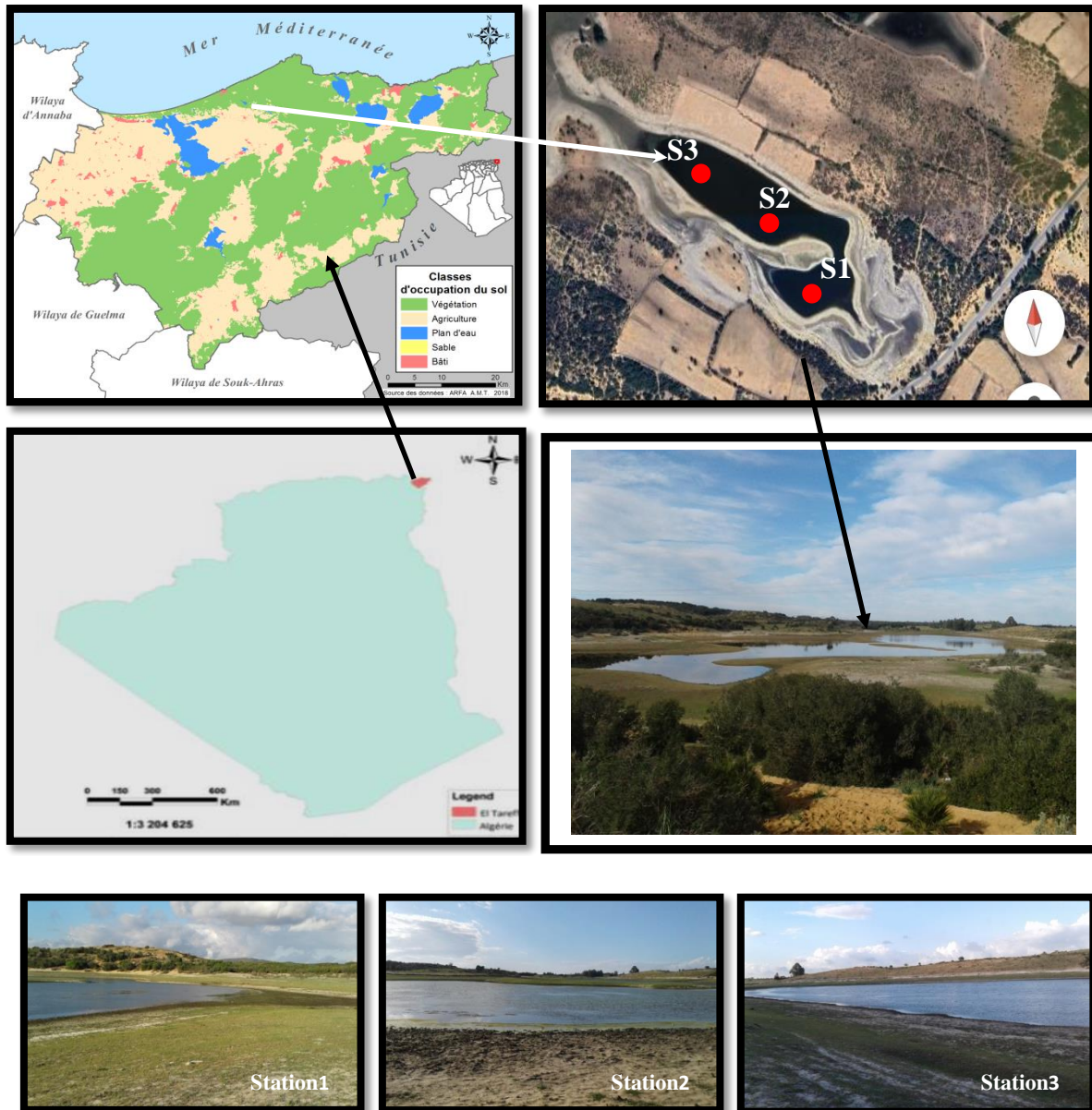
## **2. MATERIEL ET METHODES**

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

Le travail a été mené dans 2 zones différentes: la première est épiquée, permanente, une mare endoréique d'El-Gouréate Wilaya d' El-Taref et la deuxième zone s'agit des Ruines Romaines d'Hippone mare temporaire, hypogé, archéologique, site protégé par le Ministère de la Culture au niveau de la Wilaya d'Annaba.

#### **2.1.1. Mare d'El-Gouréate**

A proximité de Route N 84 A, situé dans les dunes recouverte de maquis à chêne Kermes, Calycotome et lentisque Situé à 36° 50' 45,6" N, 08° 10' 30" E, d'altitude de 23 m, correspond à l'exurgence de la nappe dunaire (Arfa *et al.*, 2019) avec une superficie au alentour de 06 ha et d'une profondeur comprise entre 0,6 à 1 m (**Figure 1**). Le plan d'eau divisé en 3 stations dépend entièrement des caractères climatologiques connaissant quelques assèchements complets.

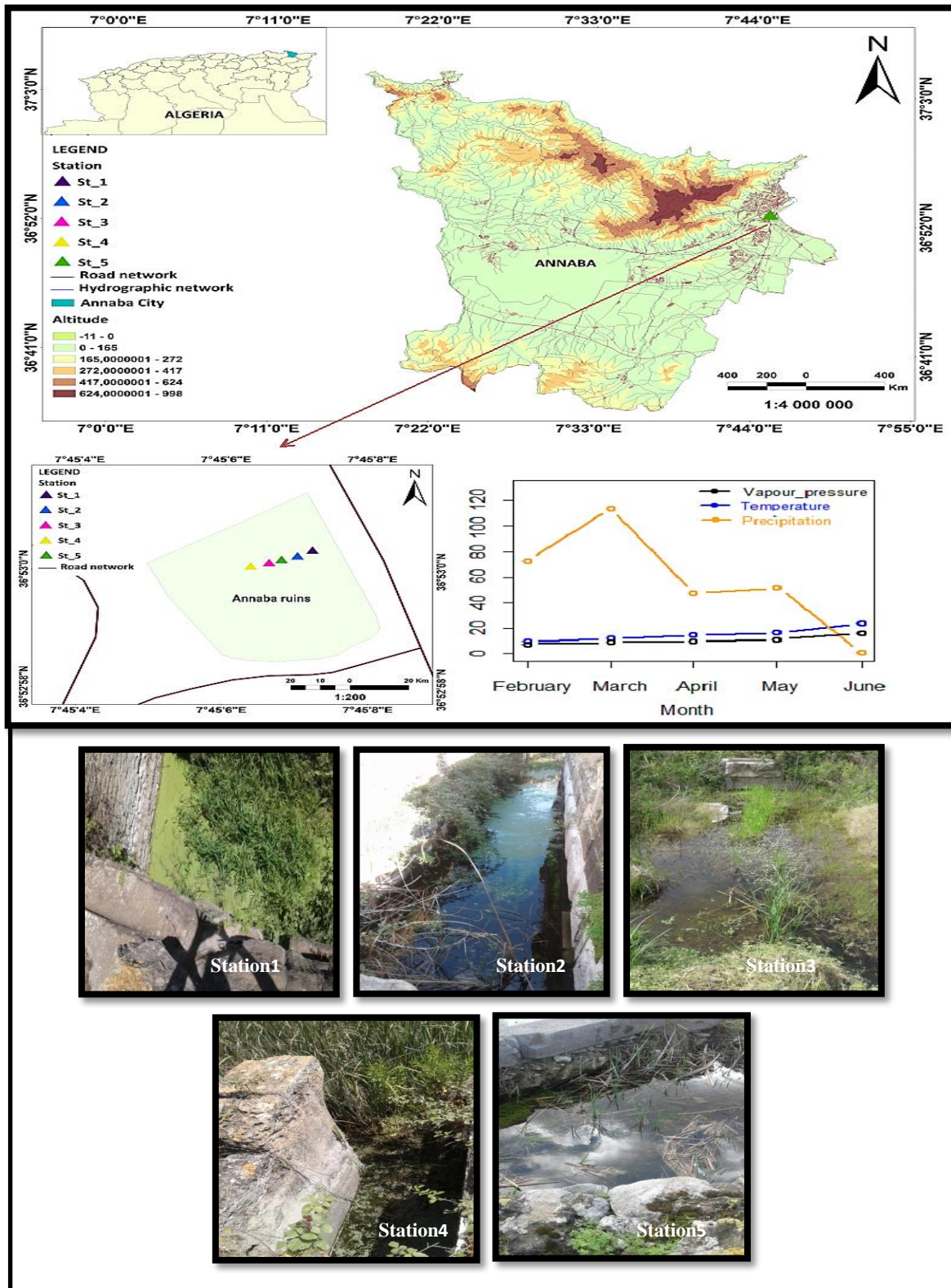


**Figure 1:** Position géographique de la mare d’El-Gouréate (Nord-est de l’Algérie), positionnement des stations d’échantillonnage (S1, S2 & S3) (Avril 2017- Mars 2018).

### 2.1.2. Ruines Romaines d’Hippone

La ville d’Annaba se situe sur la rive Sud du bassin méditerranéen, au Nord-est de l’Algérie, à 600 km de la capitale Alger et à 80 km de la frontière Tunisienne. Le site antique d’Hippone situé au Sud-ouest d’Annaba, à 3 km environ du Centre-ville de la Wilaya. Il se trouve dans la plaine, entre deux cours inférieurs de l’Oued Boudjema, au Nord-ouest et de l’Oued Seybouse au Sud-est. Les Ruines sont d’une superficie d’environ 9 Hectares (**Figure 2**). Ce site abrite une végétation très riche, ainsi qu’une diversité faunistique dans les stagnations d’eau formées par les murs des ruines lors des saisons pluvieuses (**Dahmani, 1993**). Les positions

géographiques des stations (vestiges) sont: station 1 (7°45'7.37"E. ; 36°53'0. 36"N.); station 2 (7°45'7.16"E. ; 36°53'0. 26"N.); station 3 (7°45'6.78"E. ; 36°53'0.14"N.); station 4 (7°45'6.52"E. ; 36°53'0.08"N.); station 5 (7°45'6.94"E., 36°53'0.19"N.)



**Figure 1:** Localisation géographique du site d'étude, positionnement des stations et les caractéristiques climatiques (**Ruines Romaine d'Hippone**) (Février-Juin 2019).

## **2.2. Méthodes d'échantillonnage**

L'échantillonnage qualitatif et quantitatif pour le site d'El-Gouréate a été mené dans 3 stations appartenant à un même plan d'eau, pendant une année d'Avril 2017 à Mars 2018. Concernant le second site, les Ruines divisé en 5 stations (vestiges, plan d'eau séparés). L'échantillonnage a été réalisé pendant la période pluviale qui dure de cinq mois (Février – Juin, 2019). Pour le prélèvement des spécimens on a utilisé la technique de dipping en utilisant un filet dont l'émail est de 0,5 mm de diamètre. Le filet une fois immerger dans l'eau, selon un mouvement uniforme sera déplacé de façon à éviter les remous, cela concerne les stations accessibles. Pour les stations inaccessibles on a utilisé, un seau attaché à une corde que l'on plonge dans les vestiges profonds. Les prélèvements sont répétés au niveau de chaque station et l'eau prélevée est filtrée à travers une passoire à email de 0,5mm de diamètre. Les spécimens récoltés seront disposés dans des récipients hermétiquement fermés et étiquetés (Date de sortie & Station) par la suite transportés au laboratoire. Le tri et la conservation des spécimens ont été effectués pour déterminer l'identification systématique des spécimens (**Bendali-Saoudi, 2006**).

## **2.3. Tri et montage des spécimens**

Les échantillons récoltés, sont conservés dans des flacons contenant de l'alcool à 70% et étiquetés avec les informations nécessaires (Date de sortie; Station & Taxon). Concernant les cladocères, les diptères et les hydracariens l'identification a été réalisée après éclaircissement des spécimens, dans une solution de NaOH à 10% pendant 48 h. Ces derniers seront rincés à l'eau distillée dans trois bains consécutifs, pendant 2 à 3 minutes. Ensuite, on procède au montage sur lame, qui s'effectue en déposant le spécimen dans une goutte de glycérine et qui sera recouvert d'une lamelle, fixé à l'aide du vernis à ongle puis conservés dans des boites de collection (**Bendali-Saoudi, 1989; 2006**).

## **2.4. Identification systématique**

Les spécimens récoltés, ont été transportés au laboratoire, triés par observation oculaire puis dénombrés et identifiés systématiquement. Le nombre des individus de certain taxons dépassant largement 100, sera estimé, selon **Hecq (1976)**: à partir de 1000 ml d'eau de gîte et après homogénéisation et agitation on prélève 20 ml d'eau et on dénombre les individus. Cela a concerné, les Cladocères et les Culicidae. L'identification systématique a été déterminée selon les clés dichotomiques appropriées : les Cladocères selon **Perrier, (1979)** et **Amoros (1984)**; les Hétéroptères selon **Poisson(1957)**; les Culicidae selon **Himmi, (2007)** et le

logiciel de **Schaffner et al., (2001)**; les Hydracariens selon **Smith, (2020)**. L'identification des Ostracodes a été réalisée selon **Meisch, (2000)**; les Odonates selon les ouvrages thématiques de **Gerken & Sternberg, (1999)**; **Heidemann & Seidenbusch, (2002)**; **Cham, (2007)** enfin les Coléoptères selon les clés de **Picard, (1929)** et **Rose, (1933)**.

## **2.5. Données climatiques**

Les variations climatiques, tels que les changements de précipitation et les températures élevées, peuvent être des facteurs majeurs influençant le régime hydrologique et la géomorphologie des environnements aquatiques, affectant ainsi la diversité et l'abondance des invertébrés macro-benthiques (**Dudgeon, 2000**).

### **2.5.1. Température**

La température varie en fonction de l'altitude, l'éloignement de la mer et de la position topographique (**Toubal-Boumaza, 1986; Chabi, 1998**). En Afrique, il est prévu que la température moyenne de la surface terrestre, peut dépasser probablement la hausse de la température moyenne mondiale, pendant toutes les saisons (**Cordonier & Agbanrin, 2021**). Dans la région d'El- Gouréate (site1), la température moyenne est inférieure à la moyenne annuelle de Novembre à Avril et supérieure à cette dernière de Mai à Octobre. La moyenne mensuelle la plus forte et la plus chaude est atteinte aux mois de Juillet et Août, ce qui est généralement la conséquence de la fréquence du sirocco, partageant l'année en un semestre froid et un autre chaud, contrairement aux moyennes les plus froides marquées en Janvier et Février (**Raachi, 2007**). Le mois de Février enregistre la moyenne de température la plus faible avec une valeur moyenne de 12°C pour la mare d'El- Gouréate (**Tableau 1**), ainsi pour le site 2 des Ruines d'une valeur de 15,96. La température la plus élevée est marquée au mois de Juillet 27,7 C° pour Gouréate et le mois de Juin par 28,4 C° pour les Ruines (**Tableau 2**).

**Tableau 1** : Températures moyennes (°C) enregistrées durant une année (Avril 2017-Mars 2018) dans la marre d'El-Gouréate région de El-Taref. Source: <https://dz.freemeteo.com>.

Mois	Avr.	Mai.	Juin	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mar.
Température (°C)	15	19,7	24,0	27,7	28,4	22,7	19,3	15,3	13,8	13,5	12	14,5

**Tableau 2 :** Températures moyennes (°C) enregistrées durant la période pluviale (Février - Juin 2019) dans les Ruines Romaine d’Hippone Annaba Source: <https://dz.freemeteo.com>.

Mois	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Température (°C)	15	19,7	24,0	27,7	28,4

### 2.5.2. Précipitations

Les précipitations constituent l’élément le plus important du climat, pour l’ensemble du globe terrestre et la biocénose, représentant ainsi toutes les ressources en eaux superficielles ou souterraines. Les changements des précipitations estivales totales ou moyennes dans de nombreux pays d’Afrique, peuvent être affectés (Le début et la durée des précipitations saisonnières ; La fréquence des périodes de sécheresse & L’intensité des précipitations) (Cordonier & Agbanrin, 2021). Pour le site 1 les précipitations atteignent la valeur maximale en Décembre avec 205,3 mm suivie du mois de Novembre (Tableau 3). En outre concernant le deuxième site, la valeur minimale des pluies était nulle. Au mois de Mai, la forte précipitation a été marquée au mois de Mai avec 19,8 mm et la minimale a été enregistrée au mois de Février avec 16 mm (Tableau 4).

**Tableau 3 :** Répartition mensuelle des précipitations (mm) sur une période d’une année (Avril 2017-Mars 2018) dans la région de El-Taref. Source: <https://dz.freemeteo.com>

Mois	Avr.	Mai.	Juin	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mar.
Précipitations (mm)	57,8	0	28,1	2,9	0,5	74,1	103	172,3	205,3	102,7	104	6,8

**Tableau4:** Répartition mensuelle des précipitations (mm) enregistrées durant la période pluviale (Février 2019-Juin 2019) dans les Ruines Romaine d’Hippone Annaba Source: <https://dz.freemeteo.com>.

Mois	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Précipitations (mm)	15	16	19	19,8	21

### 2.5.3. Vent :

Les vents jouent un rôle très important, par leur fréquence, leur vitesse et leur direction intervenant dans la pluviométrie. Ils s'affaiblissent pendant la saison chaude et se renforcent pendant la saison froide. La vitesse du vent la plus élevée est marquée au mois de Janvier avec une valeur de 31,35km/h et la plus faible au mois d'Aout, cela concerne la mare d'El - Gouréate (**Tableau 5**). Par contre le deuxième site présente la valeur la plus forte en Mai avec 29,23 km/h et la valeur minimale a été enregistré au mois de Juin (**Tableau 6**).

**Tableau 5:** La variation de la vitesse du vent (km/h) pour l'année 2017-2018. Source: <https://dz.freemeteo.com>

Mois	Avr.	Mai.	Juin	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mar.
<b>Vent km/h</b>	26,5	26,21	20,69	28,11	21,80	23,5	23,76	26,76	25,76	31,35	24,62	27,55

**Tableau 6:** La variation de la vitesse du vent (km/h) enregistrées durant la période pluviale (Février 2019-Juin 2019) dans les Ruines Romaine d'Hippone Annaba Source: <https://dz.freemeteo.com>

Mois	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
<b>Vent km/h</b>	28,87	27,42	27,4	29,23	26,96

## 2.6. Matériel biologique

Notre travail a porté sur la population des macro-invertébrées aquatiques, qui est constamment soumise à la variabilité spatio-temporelle de l'environnement. Les modifications observées dans la structure et la composition de ces peuplements dépendent, des variations des caractéristiques environnementales. L'étude apparentée à la composition taxonomique et la bioécologie du peuplement d'une part, et la description des conditions physiques du milieu d'autre part, permettant la compréhension de certains mécanismes. Cela explique la présence ou l'absence, de différents groupes d'espèces et ainsi la prédiction de l'évolution des peuplements aquatiques. Les macro-invertébrés sont caractérisés par de nombreux indices écologiques, pour la plupart basés sur l'abondance ou la rareté d'un certain nombre de groupes taxonomiques (**Tachet et al., 2000**). Ce groupe permet une compréhension précise, des modifications des conditions aquatiques par rapport aux données

chimiques et microbiologiques, qui présentent plutôt des fluctuations à court terme (**Ghasemi & Kamali, 2014**).

### **2.6.1. Les Culicidae**

Les Culicidae appartiennent à l'Embranchement Arthropoda, Ordre Diptera, Classe Insecta, Famille Culicidae et Groupe Nematocera, sont communément appelés moustiques. Ce sont des insectes, holométabole offrant à tous stades de développement une indiscutable richesse de détails structurels, anatomiques et morphologiques. Les adultes mâles et femelles ainsi que les larves, tous procurent le maximum de caractères, impliqués dans la détermination systématiques des espèces (**Rodhain & Perez, 1985; Bendali-Saoudi, 2006; Himmi, 2007**). Cette famille de Culicidae, présentent le plus important groupe de vecteurs d'agents pathogènes transmissibles à l'Homme et aux animaux, à ce jour plus de 3 300 espèces sont décrites. Elle présente deux phases de développement, la première phase, comporte des stades pré-imaginaux aquatique (Œufs; Quatre stades larvaire & Nymphé). La deuxième phase est aérienne consiste l'adulte ou l'imago (**Cléments, 2023**) (**Figure 3**). Le repas nutritifs des individus mâle et femelles, est composé de nectar de fleur participent ainsi à la pollinisation des plantes (**Jolivet, 1980**). Seulement la femelle a besoin d'un repas sanguin (Hématophage) pris au crépuscule, contenant les protéines indispensables à la maturation des œufs (Cycle gonadotrophique) (**Neveu-Lemaire, 1923**). Au cours de la prise du repas sanguin (Pique) la femelle injecte de la salive anticoagulante, provoquant chez l'Homme une réaction inflammatoire plus ou moins importante selon les individus (**Reinert, 2000**), et peut transmettre des plasmodiums, des microfilaires ou des arbovirus (**Murgue et al., 2001; Adja et al., 2011**).

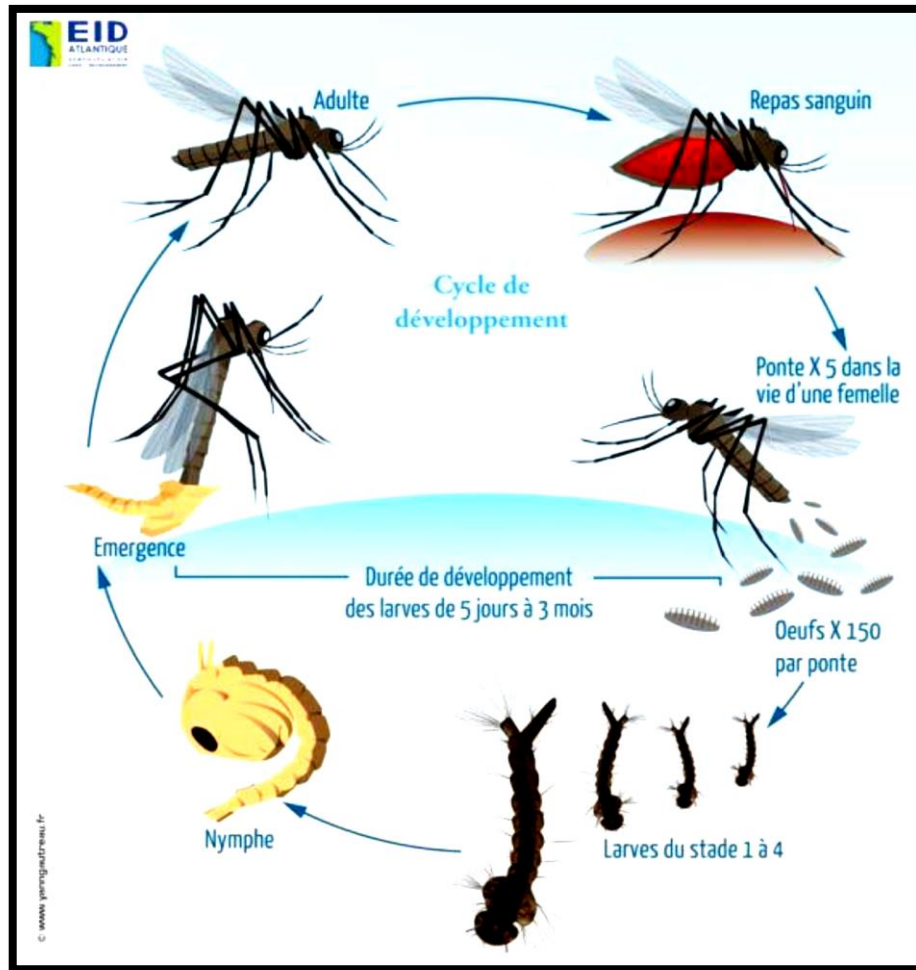


Figure 2: Cycle de développement des Culicidae (Beaudrouet, 2018).

### 2.6.1.1. Œuf

Après l'accouplement et le repas sanguin, les femelles gravides pondent leurs œufs dans différents milieux. Pour l'*Aedes* les œufs sont généralement déposés un par un sur un substrat humide à interface air/eau. Le genre *Culex* les œufs sont déposés généralement agglomérés, sous forme de barquettes ou nacelles à la surface de l'eau (Figure 4), alors pour les *Anopheles* et l'*Aedes*, les œufs sont pondus individuellement, à la surface de l'eau. Selon les espèces le nombre d'œufs pondus peut atteindre les 300 œufs (Urquhart *et al.*, 1996) et l'éclosion aura lieu après 24 à 48 heures (Ripert, 2007). L'incubation est de 2 à 3 jours après de la ponte selon la température, période nécessaire au développement embryonnaire (Bendali-Saoudi, 1989; Himmi *et al.*, 1995).



**Figure 3** : Les œufs du genre *Culex* en nacelle (Anonyme, 1).

#### **2.6.1.2. Larve**

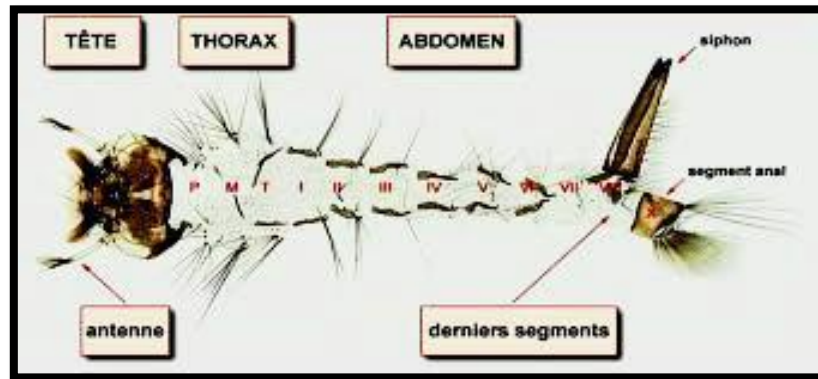
La durée du stade larvaire varie en fonction de l'espèce Culicidienne, la température du milieu, la densité larvaire ainsi que la disponibilité en nourriture, elle s'alimente de divers micro-organismes (particules végétales, bactéries et levures) (Andreo, 2003). Les larves respirent par l'intermédiaire de siphon respiratoire situé à l'extrémité de l'abdomen. Elles se mobilisent par saccades. Les larves de Culicidae sont nématocères, on distingue quatre stades larvaires dont seulement le dernier présente des caractères taxonomiques précis, rendant la dichotomie facile. Ces larves sont clairement constituées de trois parties: tête, thorax et abdomen (Figure 5), (Rioux, 1958).

**Tête** : La tête est bien dégagée du thorax, capable d'effectuer une rotation de 180° autour de son axe qui lui permet de se nourrir à la surface de l'eau (Brunhes *et al.*, 2000). Formée de 3 plaques chitineuses: Une plaque dorso-médiane unique et deux plaques latérales symétriques : elle porte dorsalement une paire d'antennes et deux paires d'yeux.

**Thorax** : fait suite au cou formé de 3 segments soudés : le prothorax, le mésothorax, le métathorax. Les faces ventrales et dorsales sont ornementées de soies dont les plus utilisées pour la diagnose (Brunhes *et al.*, 2000).

**Abdomen** : Allongé sub-cylindrique, est composé des neuf segments dont le huitième sur lequel repose le majeur en taxonomie (Sinerge, 1974), ainsi que le sixième et le septième

segment abdominal. Le siphon structure respiratoire dont la présence dépend de l'espèce. A terme de la période larvaire se traduit la métamorphose en nymphe (Rhodain & Perez 1985).



**Figure 4 :** Aspect général d'une exuvie larvaire du stade IV de Culicidé sous l'eau (Brunhes *et al.*, 2000).

### 2.6.1.3. Nymphe

Ce compose d'une masse globuleuse, le céphalothorax et d'une partie postérieure effilée et recourbée qui donne à la forme générale de la nymphe, la forme d'une virgule (Rodhain & Perez, 1985). Le stade nymphal va subir de profonds changements, permettant à l'insecte d'achever l'état aquatique et de passer à l'état aérien adulte mâle ou femelle (Ripert, 2007). La nymphe est extrêmement sensible et plonge dans l'eau au moindre mouvement perçu (Urquhart *et al.*, 1996; Cachareul, 1997; Wall, 1997) pendant ce stade qui dure 24 à 48h en s'abstenant de toute nourriture, elle épuise les réserves stockées au stade larvaire (Rodhain & Perez, 1985). Les distinctions taxonomiques sont fondées sur les caractères des trompettes respiratoires, la chétotaxie et les caractères des palettes natatoires.

### 2.6.1.4. Adulte

L'émergence de l'adulte provoque une cassure au niveau de la tête de la nymphe et sort à la surface de l'eau. Le moustique adulte a un corps allongé, de 5 à 20 millimètres (Rodhain & Perez, 1985). Le corps est composé de trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen (Figure 6). La maturité sexuelle est acquise au bout d'un jour pour les mâles alors que les femelles au bout d' 1 à 2 jours, ces dernières sont plus grandes que les mâles issus d'une même émergence (Clements, 1999). Grâce au stockage du sperme des mâles par la femelle dans une spermathèque, la fécondation s'effectue au moment de la ponte (Clements, 1999).

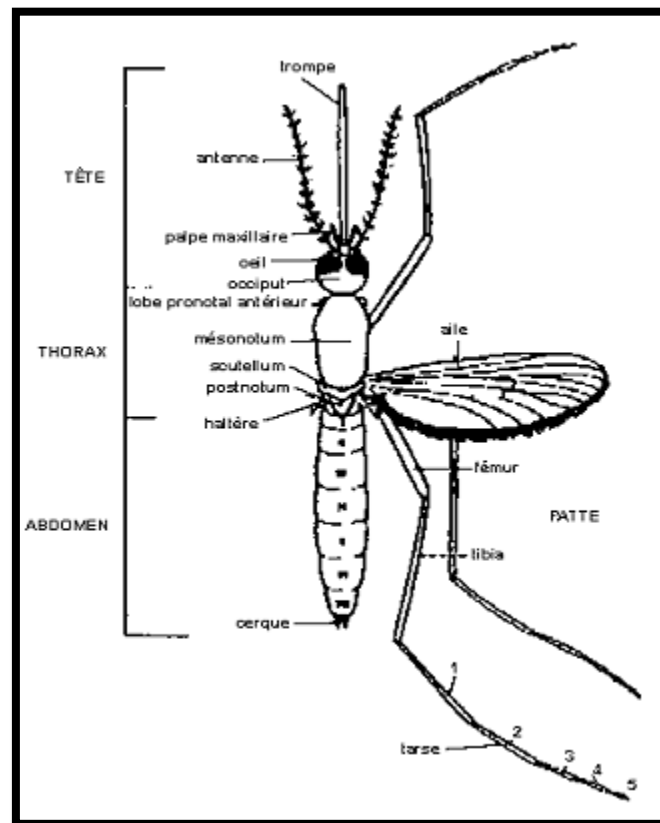


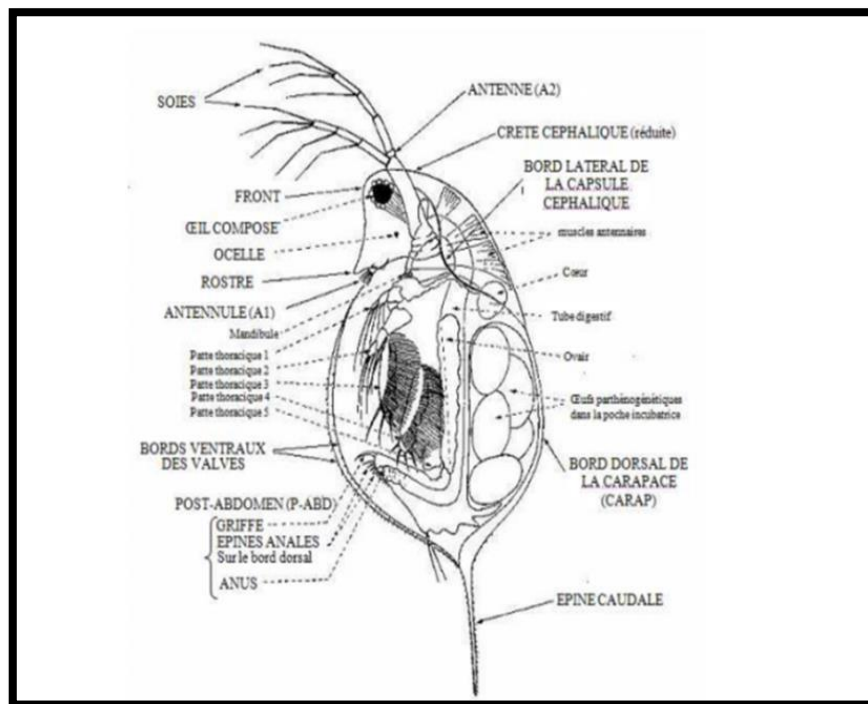
Figure 5: Schématisation générale d'un moustique adulte (O.M.S, 1973).

## 2.6.2. La faune associée

### 2.6.2.1. Les Cladocères

Ce sont de petits crustacés abondant en eau douce et moins répandus en milieu marin. Les plus célèbres sont sans doute les daphnies ou puces d'eau, visibles à l'œil nu et qui peuvent être abondamment présentes dans les plans d'eau à certains moments de l'année. Ils sont moins cosmopolites que les Rotifères. Les Cladocères se rencontrent depuis les régions arctiques (Lamoot & Dumont, 1974; Green & Kling, 1988) jusqu'aux régions tropicales du globe terrestre. Espèces phytophages mais aussi bactériophages ou détritivores à excepté les prédateurs tels *Leptodora* ou *Polyphemusse* nourrissant de Protozoaires, Rotifères, ou de petits Crustacés. Les Sididae, Daphnidae et Moinidae sont pratiquement filtreurs alors que Macrothricidae & Chydoridae peuvent à l'aide de leurs premiers appendices, prendre les particules nutritives au niveau du substrat (Gras *et al.*, 1972). Appart les Leptodoridae et les Polyphemidae qui ne sont pas signalés en Afrique, tous les Cladocères ont les caractères morphologiques suivants : segmentation typique disparu ; la tête et le corps, souvent séparés

par un sinus cervical marqué; le corps est bordé par une carapace chitineuse bivalve transparente, un thorax portant 5 à 6 paires d'appendices, l'abdomen très court, prolongé par un post-abdomen où s'ouvre l'anus. Généralement la carapace est bien développée, enfermant entièrement l'ensemble du corps de l'animal (Calyptomères) ou parfois seulement la cavité incubatrice dorsale (Gymnomères : Leptodoridae, Polyphemidae) (Rey & Saint-Jean, 1980) (Figure 7).



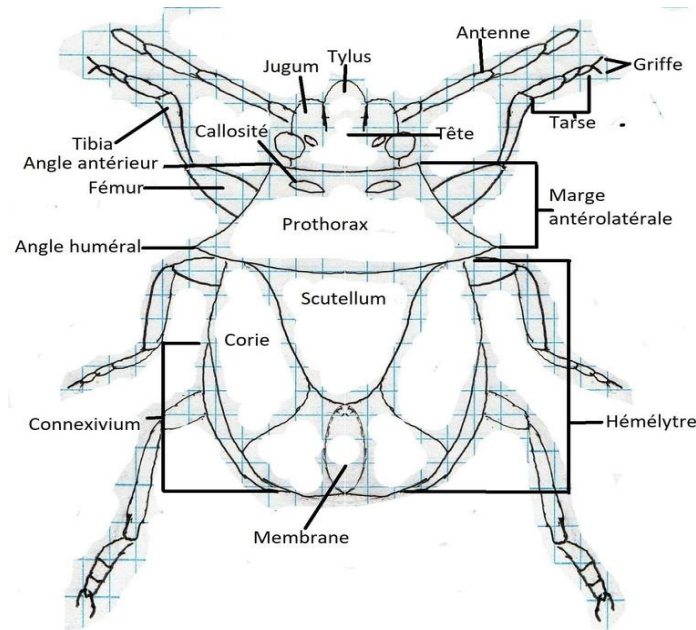
**Figure 6:** Organisation générale d'un cladocère, vue latérale (Amoros, 1984).

**Cycle de vie:** La reproduction est parthénogénétique en conditions favorables. La femelle adulte produit une ponte d'œufs parthénogénétiques diploïdes, le développement des œufs est direct et s'effectue immédiatement dans la cavité incubatrice. L'éclosion aura lieu après un jour mais restent dans la poche incubatrice pour continuer leur développement. Le nombre d'œufs varie selon les espèces, spécialement la taille étant un facteur limitant. Après trois jours de développement, les jeunes daphnies sont libérées par flexions ventrales. Les nouveaux nés sont morphologiquement semblables aux adultes, excepté la chambre incubatrice qui n'est pas développée. Lorsque les conditions de vie deviennent défavorables (assèchement, refroidissement..). La production d'œufs provenant des femelles parthénogénétiques baisse, puis cesse. Quelques œufs pondus donnent des mâles et les femelles produisent aussi des œufs haploïdes, plus foncés, dotés d'une enveloppe plus épaisse, qui seront fécondés, ce sont les œufs de durée ou éphippie. Après la fécondation une

transformation touchant principalement la poche incubatrice qui s'épaissit, prend une coloration foncée et donne une éphippie qui se détachera de l'exuvie à la mue suivante (Goulden, 1968).

### **2.6.2.2. Les Héteroptères**

Les Héteroptères aquatiques sont des punaises aquatiques, 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 de type labial (Piqueur-suceur) (Polhemus & Herring, 1970). Les Héteroptères possèdent d'une part un caractère de la première paire d'ailes dont la partie basale est durcie, ces ailes, appelées *hémélytres*, formant une carapace quand elles sont rabattues sur l'abdomen; d'autre part la présence fréquente d'une ou de deux glandes odoriférantes métathoraciques (Suscitant l'odeur de Punaise) (Slater & Baranowski, 1978; Déthier, 1981). Concernant la reproduction, les œufs sont déposés sur un support immergé, à l'éclosion, apparaît des individus hémimétaboles qui passent par cinq stades larvaires, avant d'aboutir à l'adulte. Certains sont zoophages, d'autres sont phytophages (Slater & Baranowski, 1978). Les Insectes appartenant à cet ordre (Considéré aussi comme Sous-ordre des Hémiptères) possèdent une tête libre, mais très peu mobile, avec des antennes de 1 à 5 articles, un thorax bien visible, surtout le pronotum et le mésonotum qui se prolonge vers l'arrière par un scutellum. Les pattes souvent d'égale longueur, portent des tarsi de 1 à 3 articles, munis de 1 ou 2 griffes, un abdomen comportant 10 segments et un orifice génital s'ouvrant sur le 9<sup>ème</sup> segment pour le mâle et le 8<sup>ème</sup> pour la femelle (Poisson, 1957; Déthier, 1981); (Figure 8).

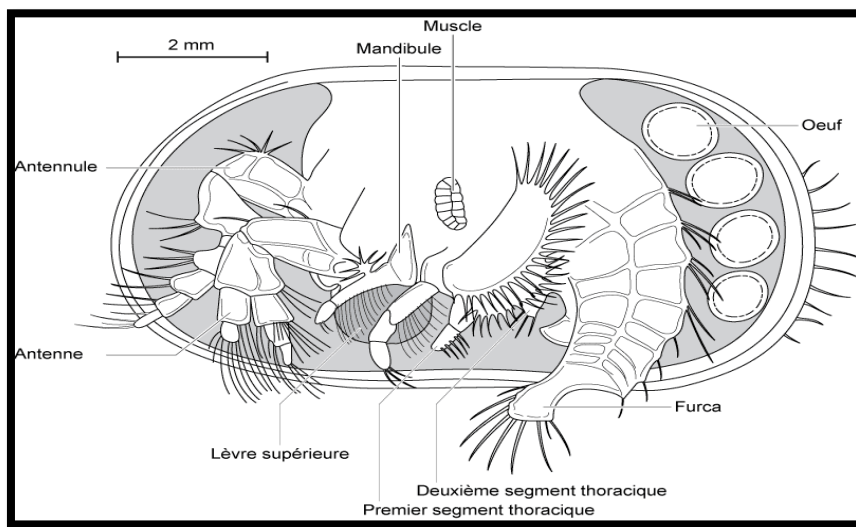


**Figure 7:** Anatomie dorsale d'un hétéroptère (**Anonyme 2**).

### 2.6.2.3. Les Ostracodes

Les Ostracodes (Ostracoda) font partie de la classe des crustacés, de taille microscopique, certaines espèces sont utilisées comme bioindicateurs de leur environnement actuel ou passé (paléo environnement) (**Benson, 1975; Bodergat, 1983**). Près de 7 000 espèces ont été décrites, beaucoup d'autres ont existé et disparu, ces fossiles étant encore d'excellents indicateurs stratigraphiques. Leur taille est comprise entre 0,3 mm à environ 5 cm (0,5–3 mm pour la majorité des espèces). Le corps des ostracodes est entièrement enfermé dans une carapace constituée de deux valves, le plus souvent calcaires, articulées dorsalement. Seulement les extrémités de certains appendices, sortent ventralement de cette carapace, au moment du déplacement de ces animaux, sur le substrat, ou quand ils nagent dans la colonne d'eau (**Figure 9**). Les ostracodes occupent tous les milieux aquatiques (Marins & Eau douce). On les trouve dans les sources, aux sédiments profonds (**Forester, 1991**). Leur cycle biologique est généralement direct, le stade nauplien équivalent de l'étape embryonnaire. Parfois, à la belle saison, il y a succession de générations de femelles parthénogénétiques. Par contre la détérioration des conditions environnementales, entraîne l'apparition de mâles. La femelle pond 1 ou 2 œufs fécondés, puis entrent en diapause, sous la protection des parois épaisses pigmentés de la cavité incubatrice; ce sont les ephippies les "œufs de résistance", destinés à franchir la mauvaise saison. Dans les mares importantes Il peut y avoir un seul

cycle de ce type par an, ou plusieurs cycles dans les petits plans d'eau. Au contraire, dans les grands lacs, la parthénogenèse pourrait être continue (**Danielopol & Vespremeanu, 1964**).



**Figure 8** : Anatomie d'un Ostracode vivant (femelle) (**Mathieu et al., 2011**).

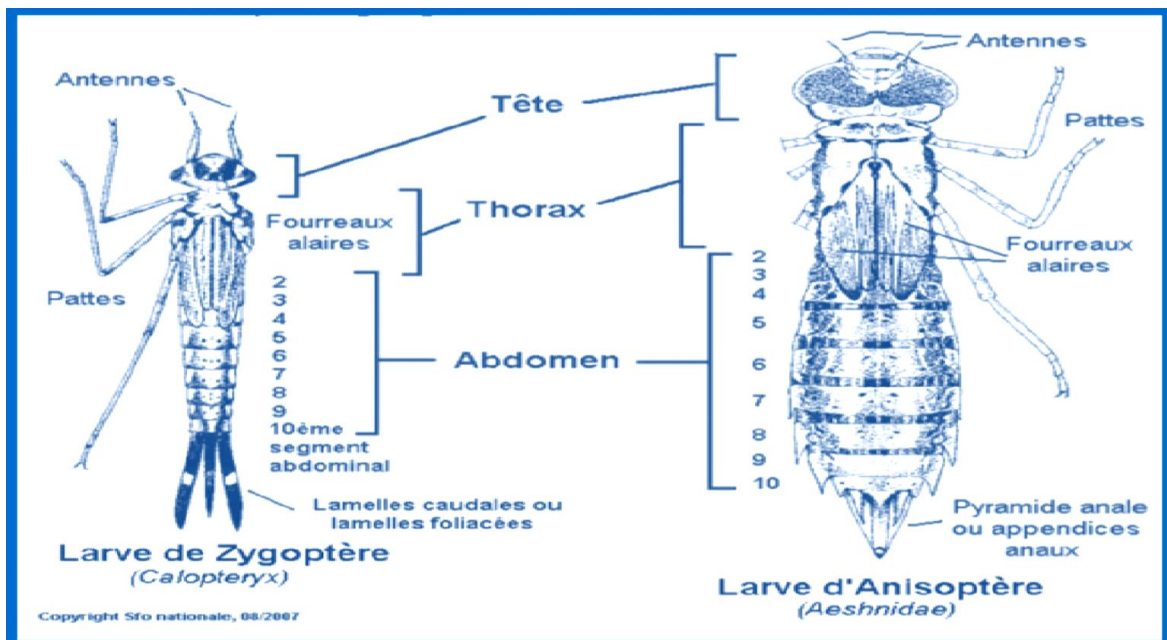
#### **2.6.2.4. Les Odonates**

Les libellules ou demoiselles, constituent un Ordre important des Insectes qui forme l'une des grandes classes du règne animal. Leur nom scientifique «Odonates» provient du grec et signifie « mâchoires dentées », la larve et l'adulte sont des prédateurs carnivores. Les Odonates sont très caractéristiques et facilement identifiables par leur morphologie. Le corps des adultes est divisé en trois grandes parties : Tête, Thorax et Abdomen (**figure 10**) (**Grand & Boudot, 2006**). Les Odonates sont répartie en deux Sous-ordres: les Zygoptères (demoiselles) environ 2 700 espèces et les Anisoptères (libellules) comprenant 2900 espèces (**Souache, 1993**). Reconnus comme un maillon environnemental essentiel au bon fonctionnement des zones humides, leur présence est un indice de richesse faunistique des eaux douces (**D'aguilar & Domanget, 1998**). On dénombre en Afrique du Nord, 83 espèces (**Boudot, 2010**). Le cycle biologique, composé de trois phases:

**Les Œufs:** Selon les espèces cette phase peut durer de quelques jours à plusieurs mois. Pondus directement dans l'eau sur des tissus vivants ou morts des végétaux aquatiques ou riverains, voire même quelques fois sur des substrats exondés (**Roché et al., 2008; Lambret et al., 2015**). Suite à la ponte, l'embryon se développe jusqu'à l'éclosion donnant naissance à une première larve, appelée prolarve (**Grand & Boudot, 2006**).

**La larve** : la phase la plus longue du cycle de vie des libellules, peut durer de quelques semaines à plusieurs années selon les espèces et les conditions disponibles (**Heidemann & Seidenbuch, 2002; Kriska, 2013**). Lorsque leur taille et les conditions environnementales l'autorisent, ces dernières vont quitter le milieu aquatique, pour se métamorphoser en adultes « émergence ».

**L'adulte**: La phase terrestre et aérienne est assez courte, généralement chez les libellules. Elle est comprise, entre quelques semaines et plusieurs mois selon les taxons et les conditions environnementales. Les adultes nouvellement métamorphosés, achèvent leur maturation sexuelle, peut durer deux jours à cinq mois, pour assurer la reproduction et la dissémination de l'espèce. Les adultes s'alimentent essentiellement d'insectes volants (diptères, etc.) (**Berquier, 2015**).

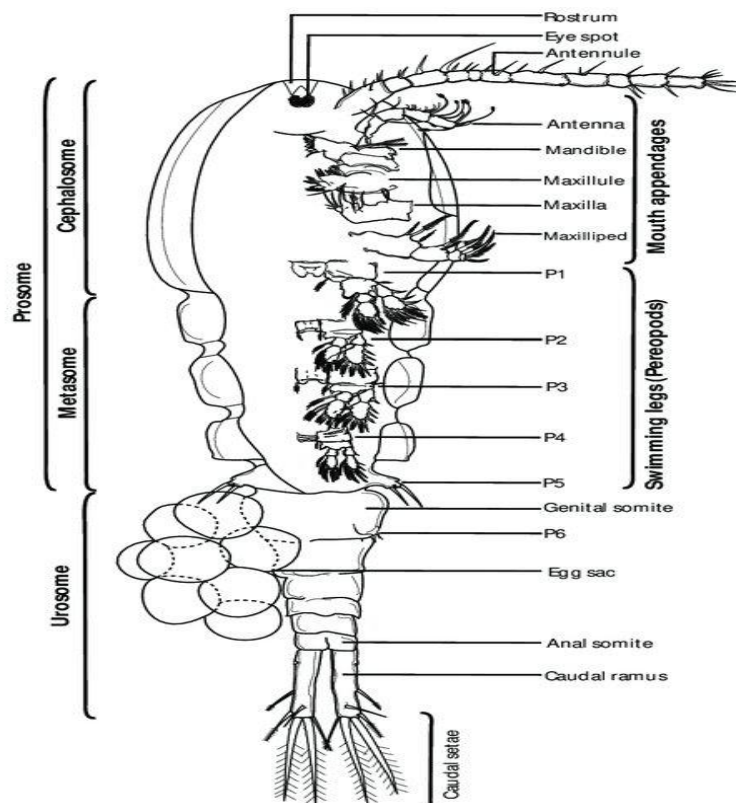


**Figure 9:** Morphologie générale de la larve d'Odonates (**Bouchard, 2004 in Zebso, 2016**).

### 2.6.2.5. Les Copépodes

Parmi les groupes qui composent le zooplancton, les Crustacés. C'est le Sous-embranchement qui présente la plus grande diversité d'espèces et la plus forte biomasse. Cependant la Sous-classe des Copépodes en représente la majeure partie (**Devreker et al., 2012**). Selon l'estimation de **Humes (1994)** 11 500 espèces de copépodes ont été décrites à la fin des années 1993. Cette sous classe comporte 10 ordres, 200 familles et 1 650 genres, on estime que seules 15% des espèces existantes sont connues. Certains ordres sont adaptés à des types

d'habitats spécialisée (Devreker *et al.*, 2012). La carapace chitineuse des Copépodes ne présente jamais de duplication formant la coquille, donc ce sont des Crustacés Entomostracés. Le corps est principalement constitué par onze segments. Très souvent le corps peut être formé par deux régions distinctes (Lapartie antérieure & La partie postérieure) (Rose, 1933). Le corps fusiforme est composé de trois parties: le céphalosome, le thorax et l'abdomen. Le mâle adulte est filiforme avec deux antennules géniculées (Dussart, 1967) et les soies fucales sont courtes. La femelle, plus large, porte deux sacs ovigères contenant chacun une dizaine d'œufs (Aka-Koffi, 2003; Razouls *et al.*, 2020). Concernant le cycle biologique, le dimorphisme sexuel est si prononcé et parfois considérable (Les copépodes parasites). Le cycle de vie est assez complexe, constitué par 6 stades larvaires appelés nauplius, une fois le développement embryonnaire est à terme, les œufs éclosent libérant les nauplii 1. Cinq stades juvéniles appelés copépodites morphologiquement très différents (C1-C5) et le stade adulte reproducteur où la différenciation morphologique des sexes, peut être visible au niveau de l'appendice génital. Les femelles fécondées procureront des œufs, portés dans un sac ovigère. La femelle attire le mâle via ses phéromones sexuelles, sécrétées dans le milieu (Katona, 1973; Lonsdale *et al.*, 1998) (Figure 11). Puis elle pourra reformer un nouveau sac ovigère, directement, ou après une re-fécondation (Devreker *et al.*, 2012).



**Figure 10:** Morphologie générale d'un copépode (Anonyme 3).

### **2.6.2.6. Les Hydracariens**

Sont des Arthropodes Chélicérates de la classe des Arachnides, de l'ordre des Acariens sont adaptés un peu plus, aux eaux douces, qu'aux milieux saumâtres ou marins, existant dans tous les continents du globe terrestre, ils vivent sous toutes les latitudes (**Bernard, 2017**). Ce sont des Acariens spécialement aquatiques, ils représentent 6 000 espèces décrites (**Walter et al., 2009**). Téguments généralement mous et vivement colorés en orange, jaune et rouge, apparemment en raison de sécrétions nocives, excrétées à partir de glandes dermiques (**Walter & Proctor, 1999**). La taille microscopique allant de 0,5 mm à 5 mm, les parties du corps sont fusionnés intimement à segmentation inapparente. La région buccale se compose d'une paire de chélicères et une paire de pédipalpes (**Figure 12**). La classification la plus récente a été donnée par **Proctor & Walter, (1999)**, qui subdivisent les Acariens en 4 groupes: Prostigmata, Astigmata, Gribatida, Mesostigmata. Concernant le cycle biologique le développement se fait par stases, le développement larvaire est souvent conditionné par un hôte invertébré d'insecte aquatique ou semi-aquatique, pour accomplir leur cycle vitale (**Smith & Cook, 1991**). Leurs développement ontogénétique est ancestral à six stades (Prélarve; Larve; Protonympe; Deutonympe; Tritonympe & Adultes). Le passage d'un stade à l'autre se fait obligatoirement par une mue, précédée chacune par une période d'immobilité (**Peyrusse & Bertrand, 2001**).

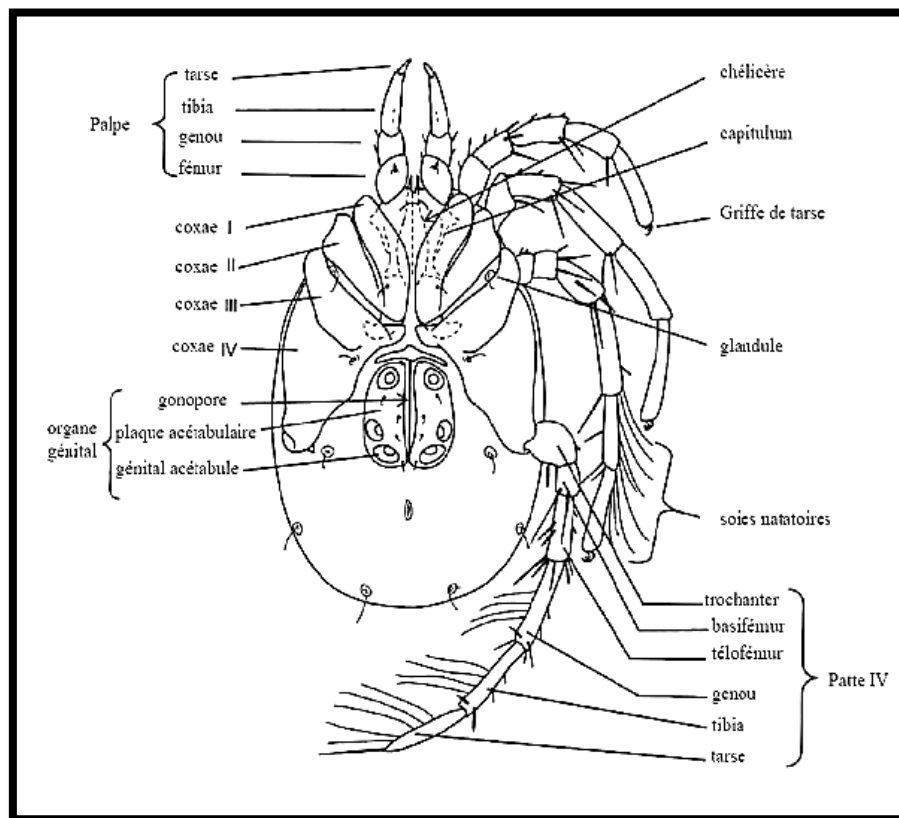
**L'Œuf** : La femelle fécondée pond 30 à 50 œufs de formes sphériques fixés sur un support qui est un substrats flottants, en surface de l'eau (Branches; Feuilles ou Roches) (**Peyrusse & Bertrand, 2001; Smith et al., 2001**)

**Phase larvaire** : Les œufs évoluent en larves hexapodes, aériennes. Après éclosion, la plupart des hydracariens cherchent des larves d'insecte ou des chrysalides, à vie semi-aquatique à l'émergence ils s'attachent aux adultes au niveau des pattes, du pronotum ou des ailes. Les hydracariens passent par un stade larvaire tant qu'ectoparasite, ce mode de vie est appelé phorésie (**Ewing 1949; Robaux, 1974; Smith & Oliver, 1986; Smith, 1988; Smith & Cook, 1991; Shatrov, 2000; Smith et al., 2001; Shatrov & Kudryashova, 2006**), ce phénomène tend à la dissémination des hydracariens (**Gledhill, 1985**).

**Deutonympe**: La phase nymphale est caractérisée par trois stases (Protonympe & Tritonympes) sont des «Calyptostases» donc immobiles. Cependant la Deutonympe, présente la phase libre et active, elle se développe en taille, ayant un potentiel prédateur et morphologiquement semblable à l'adulte, sans maturité sexuelle (**Peyrusse &**

**Bertrand, 2001).** La deutonymphe se transforme en Tritonymphe puis en adulte, avec acquisition de la maturité sexuelle.

**Adulte:** L'adulte assurant la reproduction; appareil génital bien développé; dimorphisme sexuel net chez les groupes les plus évolués comme exemple : la famille des Arrenuridae et celle des Pionidae (**Pyrusse & Bertrand, 2001**).



**Figure11:** Face ventrale d'une femelle adulte Limnesia (**Proctor, 2006**).

### 2.6.2.6. Les Coléoptères aquatiques

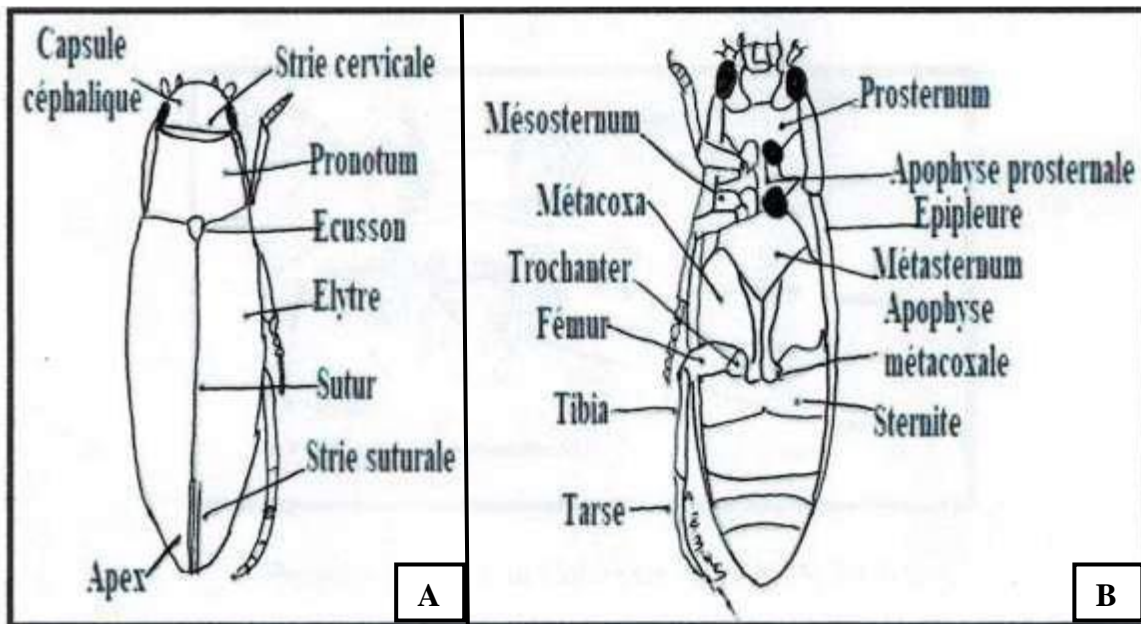
Les Coléoptères sont des insectes Holométaboles, constituent le groupe le plus riche avec près du tiers des espèces décrites (**Ribera et al., 2002**). Cet Ordre compte 176 familles, 29 500 genres et 386 500 espèces (**Taşar, 2018**), formant un ensemble considérable, très diversifié, systématiquement incomplet (**Pierre, 1995**). Les coléoptères aquatiques forment l'un des groupes d'insectes aquatiques les plus abondants au monde (**Short, 2018**), ils sont d'excellent indicateurs de la biodiversité des écosystèmes aquatiques d'eau douce, répondant à la plupart des critères des taxons indicateurs. Morphologiquement très homogènes, avec un corps

segmenté en trois tagmes (**Figure 13**): tête possédant une paire d'antennes, une paire d'yeux composés mais sans ocelles et des pièces buccales de type broyeur. Thorax pourvu de deux paires d'ailes, de trois paires de pattes articulées et un large prothorax; un mésothorax et un métathorax soudés en un ptérothorax, lui-même soudé à l'abdomen. L'abdomen dépourvu d'appendices, formé de neuf segments chez les femelles et de dix chez les mâles. Ils sont caractérisés par un pronotum développé allant à la base des élytres. La première paire d'ailes sclérotinisées, sans nervures et très colorées, correspond aux élytres recouvrant et protégeant le ptérothorax et l'abdomen, la deuxième paire, les ailes membraneuses métathoraciques, servent au vol (**Pierre, 1995**).

**Cycle biologique:** Les coléoptères se métamorphosent complètement (Holométabole). Le développement passe par quatre étapes (Œuf; Larve; Nymphe & Imago). La larve et l'adulte sont très voraces se nourrissant d'invertébrés aquatiques (**Dommanget, 1981**).

**Œuf:** Une femelle peut produire entre une dizaine d'œufs à plusieurs milliers durant sa vie. Les œufs pondus sont accolés à un substrat, les œufs sont pondus en masse sur le feuillage ou posés individuellement. D'autres pondent à l'intérieur des racines à l'aide d'un ovipositeur spécialisé (**Powell Jerry, 2009**).

**Larve:** C'est généralement à ce stade que l'insecte s'alimente. La phase larvaire est très variable selon les espèces et les conditions environnementales. La tête des larves de coléoptères est sclérifiée, la présence de pièces buccales du type broyeur et l'absence de pseudopode. Leur thorax est difficilement distinguable de leur abdomen. Les larves sont très aplaties et sont spécialement mobiles (**Gilliot & Cedric, 1995**).



**Figure 12:** Morphologie générale d'un Coléoptère (Tache *et al.*, 2000).

**A :** Vue dorsale.

**B :** vue ventrale.

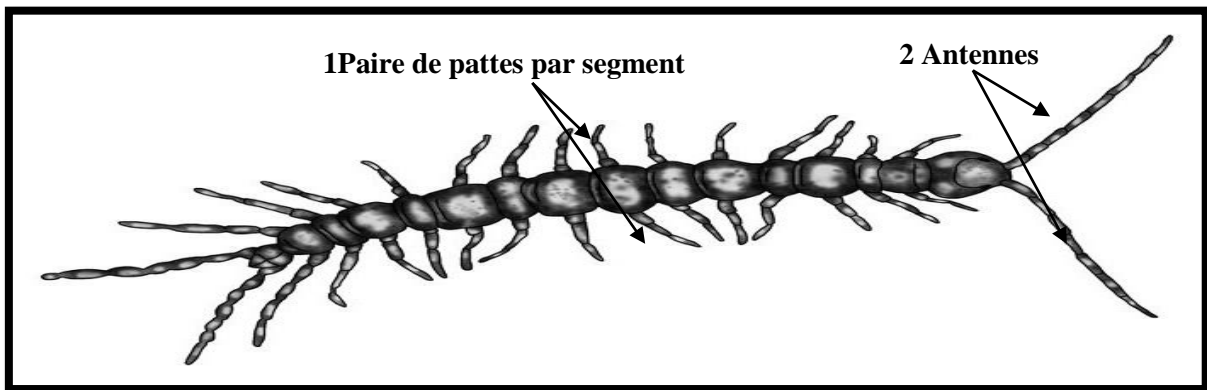
### 2.6.2.7. Les Myriapodes

Les Myriapodes sont des Invertébrés, Arthropodes à corps segmenté, comportant un exosquelette (Demange, 1981). Les Myriapodes possèdent des antennes et des mandibules comme les insectes, mais ils se distinguent aisément grâce à leurs corps non divisés (Perrier 1970). Le grand myriapodologiste Brölemann (1930) ajoute que sous la dénomination de Myriapodes on comprenait autrefois des Arthropodes qui présentent en commun le caractère d'avoir un grand nombre de paires de pattes articulées (Figure 14). Selon la position des orifices génitaux la classe des Myriapodes renferme deux groupes, selon lesquels sont répartis les quatre Ordres

**Groupe 1 Progoneate:** L'orifice génital est situé dans les segments antérieurs. Ce groupe contient 3 Ordres: les Symphyles, les Pauropodes et les Diplopodes avec les deux familles prédominantes des Iulidés et des Glomeridés.

**Groupe 2 Opisthgoneate:** l'orifice génital est situé à la face ventrale du dernier segment du tronc pour quatrième ordre des Chilopodes. Ce groupe réunit les Anamorphes (selon la position des orifices génitaux) et les Epimorphes (par les Scolopendromorphes et les Géophilomorphes).

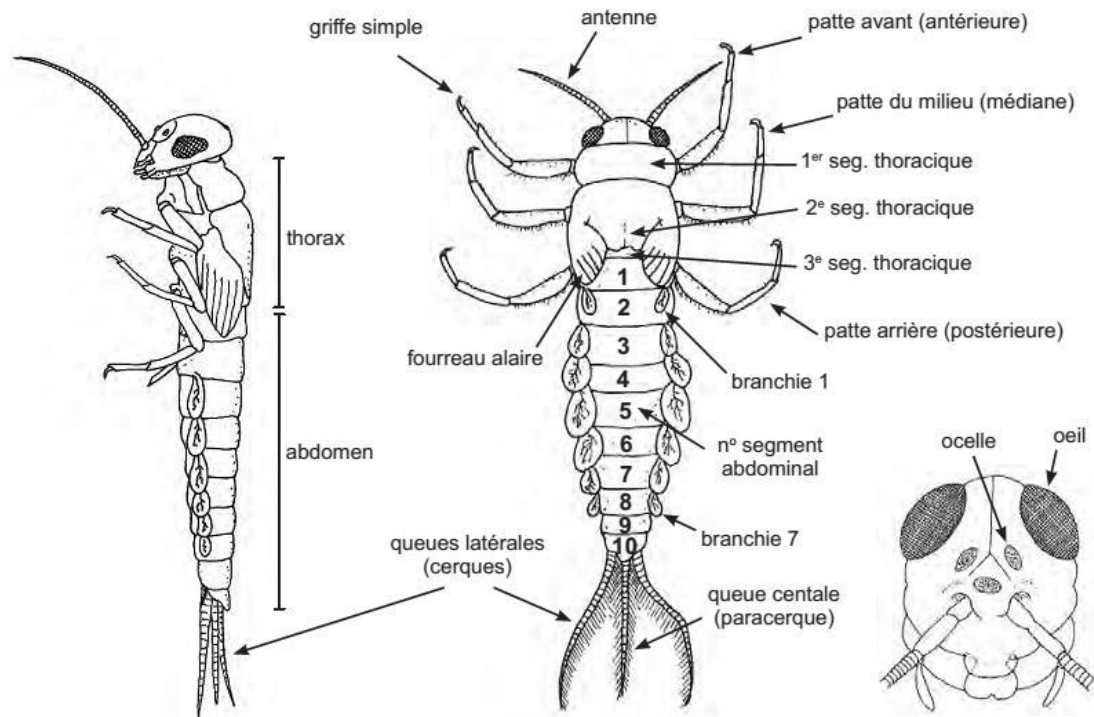
Les sexes sont séparés (**Boué & Chanton, 1978**), la fécondation est indirecte et externe, le mâle produit les spermatophores. L'accouplement n'existe que chez les Diplopodes (**Iorio, 2002a**). Selon **Demange, (1956)**, le Printemps et l'Automne sont les saisons favorables à la formation des couples, cependant certaines espèces sont parthénogénétiques comme *Lamycte semarginatus* (**Easan, 1982**). On reconnaît deux sortes de développement Epimorphose (La larve naît avec un nombre de segments pédifères fixés dès l'éclosion); anamorphose (Le plus fréquent au cours duquel les segments sont acquis au fur et à mesure du développement jusqu'au stade adulte).



**Figure13:** Schéma général en vue dorsale d'un myriapode(**Anonyme 4**).

#### **2.4.2.4. Les Ephéméroptère**

Ces insectes appelé éphémères, à cause de la brève vie imaginale, voire très brève, et consacrée uniquement à la reproduction (**El Alami, 2002**). Environ 2 000 espèces répertoriées à travers le monde. Les larves sont très abondantes dans les divers sites de développement aquatiques. L'exigence écologique stricte de ce groupe, lui confère une grande valeur bioindicatrice (**Alba-Tercedor et al., 1995; El Alami, 2002**). Les larves d'éphémères sont généralement phytophages, comme elles peuvent être aussi détritivores et carnivores. Leurs pièces buccales sont broyeuses et fonctionnelles. Les adultes sont dotés d'une large tête, d'une paire d'aile verticale fixée sur le thorax composé de trois segments (Prothorax ; Mésothorax & Métathorax) chaque segment porte une paire de pattes. L'abdomen est formé de dix segments qui s'amincissent généralement vers l'arrière et se termine en deux ou trois longues cerques (**Kraiem, 1986**); (**Figure 15**).



**Figure 14:** Morphologie générale de larve des Ephémères (Moisan, 2010).

**Cycle biologique:** La larve des éphémères, est aquatique et l'imago est aérien, ce sont des insectes hétérométaboles, (Kraiem, 1986) qui vivent trois années à l'état de larve, puis éclosent (El Alami, 2002), passant par environ douze à quarante mues successives avant l'émergence pour se métamorphoser en adulte capable de se reproduire. La vie larvaire varie selon les espèces peut durer de quelques semaines à deux ans, par contre l'adulte ne vivra que quelques jours. La période de reproduction est principalement en été, mais pour certaines espèces cela peut être au printemps ou en automne. Le premier stade de sub-imago varie de quelques minutes à une trentaine d'heures suivant l'espèce. A la mue suivante, la maturité sexuelle est acquise et l'imago ne vivra que de quelques heures à deux ou trois jours maximum. Le processus de métamorphose constitue le passage de la larve aquatique à l'adulte aérien: l'éphémère ailés, avec des cerques, les pattes sont faibles rendant le déplacement délicat, l'appareil buccal s'atrophie, empêchant l'alimentation de l'imago, les antennes sont beaucoup plus petites qu'au stade larvaire. En fin de journée, les éphémères entament un vol nuptial très caractéristique. Le mâle meurt peu de temps après l'accouplement, tandis que la femelle ira pondre ses œufs (Gagneur et al., 1991).

## **2.7. Indices écologiques**

L'étude écologique de notre thèse a comporté l'utilisation de plusieurs indices écologiques : les indices écologiques de composition (Richesse spécifique; Abondance Relative & Fréquence d'Occurrence).

Les indices écologiques de structure (Indice de Shannon-Waever; Indice de Simpson, Indice de Hill & Indice d'équirépartition).

### **2.7.1. Indices écologiques de composition**

#### **2.7.1.1. Richesse spécifique ou totale (S)**

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

#### **2.7.1.2. Abondance relative (C)**

**Dajoz (1971)** indique que, l'abondance relative C correspond à la participation d'une espèce en termes d'individus n, par rapport au total des individus N. Elle permet d'étudier la distribution d'une espèce dans un espace donné et de dire si elle est commune, rare ou très rare, calculée par la formule suivante :

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

**ni:** nombre d'individus de l'espèce i

**N:** nombre total d'individus relevés

- 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

#### **2.7.1.3. Fréquence d'occurrence (F)**

D'après **Dajoz, (1971)** cet indice présente le rapport exprimé sous forme de pourcentage du nombre de relevés, contenant l'espèce i, pris en considération par rapport au nombre total de relevés, s'exprimant de la manière suivante :

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

**Pi:** nombre de relevés contenant l'espèce

**N:** nombre total de relevés effectués

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

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

## **2.7.2. Indices écologiques de structure**

### **2.7.2.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H)**

Conformément à **Daget (1976)**,  $H'$  est la quantité d'information apportée par un échantillon sur les structures du peuplement d'où provient l'échantillon et sur la façon dont les individus y sont répartis entre diverses espèces, on le calcule comme suit:

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

**H'** : Diversité spécifique

**ni** : Effectif de l'espèce i

**N** : Effectif total du peuplement.

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

### **2.7.2.2. Indice de Simpson (D)**

Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés appartiennent à la même espèce :

$$D = \frac{\sum n_i (n_i - 1)}{N (N - 1)}$$

D'où :  $n_i$  : nombre d'individu d'une espèce donné

**N**: nombre total d'individus.

**D = 0** indique le maximum de diversité

**D = 1** indique le minimum de diversité

### **2.7.2. 3. Equitabilité (E)**

Appelé aussi équirépartition constitue une seconde dimension principale de la diversité (**Ramade, 1984**). C'est le rapport entre la diversité spécifique (H') et la diversité maximale (Hmax), calculée par la formule suivante :

$$E = H' / H \text{ max avec } H' \text{ max} = \text{Log}_2 S \text{ (S la richesse spécifique)}$$

L'équitabilité compare les structures des peuplements. La valeur de E varie de 0 à 1; quand elle tend vers 0 veut dire que les différentes populations ne sont pas en équilibre entre elles; et lorsque la plus part des effectifs sont concentré sur une espèce, elle tend vers 1 lorsqu' il existe un équilibre entre les populations et lorsque toutes les espèces ont une même abondance (**Ramade, 1984**).

## **2.8. Paramètres physico-chimiques de l'eau des Ruines Romaines**

Les prélèvements des échantillons d'eau ont été effectués pendant la période pluviale de Février à Juin 2019, au niveau des cinq stations du site des Ruines, les analyses physico-chimiques ont concernées les paramètres suivant: T°C, pH, Conductivité électrique, Alcalinité (TA, TAC), Dureté totale (TH), Chlorures, Calcium, Magnésium. Ces paramètres servent à définir les caractérisations de chaque station étudiée et d'évaluer l'influence de la qualité de l'eau sur l'abondance et la répartition de la faune macrobenthique.

### **2.8.1. Température**

La température des eaux de surface est conditionnée par le climat et les conditions atmosphériques. Ce facteur révèle un impact direct sur le développement et le cycle biologique de la majorité des insectes aquatiques. Selon **Rodier, (2009)** la température influence en particulier la durée des différents stades larvaire.

### **2.8.2. pH**

Le pH exprime l'acidité ou l'alcalinité suivant qu'il se trouve dans la fourchette de 0 à 7 ou de 7 à 14, le pH 7 est la neutralité du milieu. Le pH est indissociable de la température de l'oxygène dissous, de la minéralisation totale. La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un pH-MÈTRE (**Figure 16**) où un comparateur colorimétrique approprié est tout à fait valable pour déterminer la concentration de l'ion d'hydrogène et l'ion d'hydroxyde (**Chapman et al., 1996**).

### **2.8.3. Oxygène dissous (OD)**

Indispensable pour les poissons et pour de plusieurs autres formes de vie aquatique. Provenant de l'oxygène en surface, du mouvement de l'eau aussi de la photosynthèse. L'OD varie en fonction du degré de la température, il a tendance à être plus faible lorsque la température de l'eau est élevée. L'OD est mesuré en milligrammes d'oxygène par litre d'eau (mg/l) (**Chapman et al., 1996**).

### **2.8.4. Conductivité électrique (COND)**

La conductivité électrique est la résistance qu'oppose l'eau au passage d'un courant électrique, exprimée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . C'est un paramètre d'appréciation des concentrations des matières en solution (Eléments ionisés dissous) dans l'eau. La conductivité donne une idée sur la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de son origine. Elle dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation, également avec le phénomène d'évaporation concentrant ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé. La conductivité permet donc d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau (**RFEA, 2009**).

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

Ce paramètre caractérise une eau, par les sels de magnésium et de calcium qu'elle contient. On a une dureté carbonatée, correspondant à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg et une dureté non carbonatée qui est produite par les autres sels. La dureté est mesurée en °F (Degré français); 1°F est égale à 10 mg de carbonate de Calcium dans 1 litre d'eau. La dureté totale provient essentiellement du contact des eaux souterraines avec les roches: le calcium résulte de l'attaque du CO<sub>2</sub> dissout par les roches calcaires (dolomies) ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. D'après **Belghiti et al., (2013)** la dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés.

### **2.8.6. L'alcalinité (Titre alcalimétrique) (TA)**

Ce titre témoigne de l'alcalinité d'une eau, tout en prenant en compte la concentration en Carbonates et en bases fortes. Cette technique se fait en présence de Phénolphtaléine qui vire de l'incolore au rose-fuchsia à un pH de 8,2. Ce paramètre 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**).

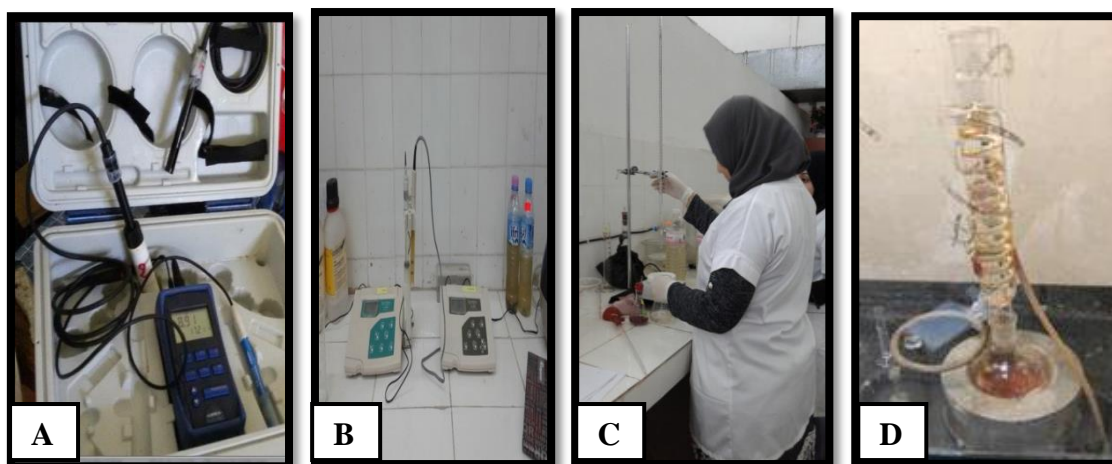
### **2.8.7. Titre Alcalimétrique Complet (TAC)**

Selon **Goudjil & Bencheikh, (2011)**, l'alcalinité est causée par un nombre de différents ions mais elle est toujours liée à la présence des Bicarbonates; Carbonates et Hydroxydes.

### **2.8.8. La teneur en substances minérales dissoutes**

**Chlorure:** La mesure du chlorure est effectuée par la méthode titrimétrie Afnor (NF iso 9297). La concentration en chlorures dans une eau provient de plusieurs origines : proximité d'eau salée, rejets domestiques ou industriels et la nature du terrain qu'elle traverse. Ce paramètre donne une bonne indication du degré d'eutrophisation des cours d'eau. Un excès de chlorures est généralement dû à une pollution urbaine ou industrielle particulière (**Bremont & Vuichard, 1973**).

**Calcium (mg/l):** C'est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires. Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA (Acide Ethylénediaminetétracétique) comme complexant. On précipite le magnésium sous forme de  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  préalablement pour obtenir un  $\text{PH} = 12$ , par addition de la soude, l'indicateur utilisé est sensible aux seuls ions de calcium, c'est le Murixide qui répond à cette condition (**Belghiti et al., 2013**).



**Figure 16:** Matériel utilisés dans la mesure des paramètres physicochimiques de l'eau.

**A:** Multi paramètre (WTW Multi 340i).

**B:** Conductimètre et pH mètre.

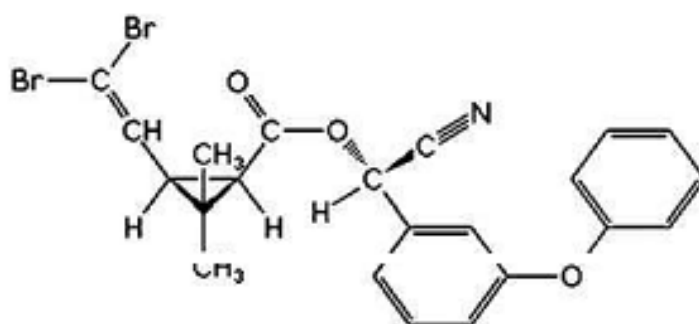
**C:** les méthodes volumétriques (TA,TAC)

**D:** Le dosage de DCO

## 2.9. Toxicité

### 2.9.1. Présentation de l'insecticide

La formule commercial de l'insecticide est Deltaméthrine DECIS 25 EC (Concentré emulsionnable) 25g/L, faisant partie de la famille des pyrétrinoïdes de formule chimique  $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$  (**Figure 17**), commercialisé dans notre région. Pour la préparation de la solution mère, on a dissous 1ml de Deltaméthrine dans 1000 ml d'eau distillée.



**Figure 16:** Structure chimique de la Deltaméthrine

### 2.9.2. Tests de toxicité

Les bioessais ont été réalisés selon la technique normalisée par l'Organisation Mondiale de la Santé et adopté pour tester la sensibilité des insecticides utilisés dans la lutte contre les larves de moustiques (OMS, 1963). Le modèle biologique testé, il s'agit de *Culex pipiens molestus* Collecté à partir des caves des immeubles situés dans une zone urbaine (Commune de Sidi Amar; Wilaya d' Annaba). Cette espèce a été choisie vue son abondance, sa nuisance et sa faculté d'effectuer la première ponte sans repas sanguin (Autogène).

Les essais toxicologiques ont été réalisés à partir de la solution mère de la Deltaméthrine, après des tests préliminaires cinq concentrations (2 µg/l; 4 µg/l; 8 µg/l; 12 µg/l & 16 µg/l) ont été effectués à l'égard des larves du troisième et quatrième stade de *Culex pipiens molestus* (Figure 18). Les différentes concentrations, ont été appliquées sur des séries témoins et traitées des deux stades larvaires. On a utilisé cinq répétitions pour chaque concentration, dans des récipients comportant chacun 20 larves. Le test a été réalisé sous les conditions du laboratoire (Température de 25 C° ± 2; Photopériode Journalière de 14 :10). Les taux de mortalité ont été évalués après 24h, 48h et 72h.



**Figure 17 :** Test de la Deltaméthrine sur les larves du troisième et quatrième stade de *Culex pipiens molestus* (Photo personnelle, 2023).

### 2.9.3. Dosage des biomarqueurs

Concernant le dosage des biomarqueurs (l'acétylcholinestéras (AChE); Glutathion S-transférases (GST) de *Culex pipens molestus*, traité à la concentration létale moyenne (CL50), obtenue à partir des résultats de l'étude toxicologique sur le quatrième stade larvaires de la même espèce (*Culex pipens molestus*) (Faune visée). D'autre part on a procédé aux dosages de ces deux enzymes par les doses sub-létales CL10 et CL25 sur l'espèce *Cypris bispinosa* (Faune non visée) après 24h, 48h et 72h de traitement.

#### 2.9.3.1. Dosage de l'acétylcholinestérase

Selon la méthode d'Ellman *et al.*, (1961) le taux de l'acétylcholinestérase (AChE) est quantifié, consistant à fournir à l'enzyme un substrat, l'acétylthiocholine (ASCh) dont l'hydrolyse entraîne la libération de la thiocholine (SCh) et de l'acide acétique. La thiocholine, avec le DTNB (acide 5, 5'-dithio-bis-2-nitrobenzoïque) produit un complexe de couleur jaune dont l'intensité est lue, à une longueur d'onde de 412 nm.

Les séries témoins et traitées à la Deltaméthrine parla CL50 (*Culex pipiens molestus*) et CL25 pour *Cypris bispinosa* pendant 3 jours (24 h; 48 et 72) sont homogénéisées dans 1 ml de solution détergente [38,03 mg éthylène glycol tris beta aminoethyl éther (EGTA); 1ml de Triton X 100 %; 5,845 g de chlorure de sodium (Na Cl) et 80 ml tampon Tris 10 mM, pH 7] puis centrifugées (5000 trs/mn). Le surnageant résultant servira de source d'enzyme.

Le dosage de l'activité AChE est réalisé sur une fraction aliquote de 100 µl à laquelle on ajoute 100 µl de DTNB [39,6 mg DTNB, 15 mg CO<sub>3</sub>HNa (bicarbonate de sodium), 10 ml tampon tris (0,1 M, pH 7)] et 1 ml de tampon tris (0,1 M, pH 7). Après 3 à 5 minutes, 100 µl de substrat acétylthiocholine [23,6 mg ASCh, 1 ml eau distillée] sont additionnés. L'essai est conduit avec 3 répétitions comportant chacune 20 individus avec une série témoin pour les deux espèces. La lecture des absorbances réalisées toutes les 4 mn pendant 20 minutes à une longueur d'onde de 412 nm contre un blanc dont la solution détergente remplace le surnageant. L'activité spécifique est déterminée selon la formule suivante :

$$X = \frac{\Delta Do / mn}{1,36 \times 10^4} \times \frac{Vt}{Vs} \quad \text{mg de protéines}$$

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

**$\Delta\text{Do}$** : pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

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

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

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

**Mg de protéines** : quantité de protéines exprimée en mg.

### 2.9.3.2. Dosage des glutathion S-transférases

Le dosage du glutathion S-transférases (GST) est effectué selon la méthode de **Habig et al., (1974)**. Qui se base sur la réaction de conjugaison entre la GST et un substrat, le CDNB (1-chloro 2, 4 dinitrobenzène) en présence d'un co-facteur, le glutathion (GSH) est mesuré dans un spectrophotomètre visible /UV à une longueur d'onde de 340 nm.

L'ensemble du corps des séries témoins et traitées à la Deltaméthrine par la  $\text{CL}_{50}$  (4<sup>ème</sup> stade larvaire de *Culex pipiens molestus*) et  $\text{CL}_{25}$  pour *Cypris bispinosa* pendant 3 jours (24h; 48 & 72) sont homogénéisées dans 1 ml de tampon phosphate (0,1 M ; pH 6). L'homogénat est centrifugé à 1400 trs/ mn pendant 30 mn et le surnageant résultant servira de source d'enzyme.

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

L'activité spécifique est calculée à partir la formule suivante :

$$\mathbf{X} = \frac{\Delta \text{Do}/\text{mn}}{9,6} \times \frac{\text{Vt}}{\text{Vs}} / \text{mg de protéines}$$

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

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

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

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

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

**Mg de protéines** : quantité de protéines exprimée en mg

## **2.10. Analyse statistiques**

La statistique s'insinue pratiquement dans tous les domaines d'application, sans exception; elle permet l'analyse et l'exploration des données qualitatives et quantitatives. Dans ce cadre nos analyses statistiques ont été réalisées par le logiciel **R**, version 4.0.1 (**Core, 2020**); créé par Ross Ihaka et Robert Gentleman (**Ihaka & Gentleman, 1996**). C'est un outil vigoureux et très complet, spécialement bien adapté à la mise en œuvre informatique de méthodes statistiques.

### **2.10.1. Analyse factorielle des correspondances (A.F.C)**

C'est un mode de représentation graphique des tables de contingences (**Delagarde, 1983**). D'après **Legendre (1984)**, l'analyse factorielle des correspondances est une technique descriptive qui aide au traitement des variables qualitatives. Donc, fournissant d'une part une analyse de la variable et d'autre part une analyse de la répartition des individus.

### **2.10.2. Classification ascendante hiérarchique (C.A.H)**

La Classification Ascendante Hiérarchique est appliqué afin de former des groupes homogènes d'objets (classes) sur la base de leur description par un ensemble de variables ou à partir d'une matrice décrivant la similarité ou la dissimilarité entre les objets. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du le logiciel **R**, version 4.0.1

### **2.10.3. Analyse statistique multi-variée (Analyse en composant principal « ACP »)**

L'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP) est comme une approche descriptive préliminaire, cependant aussi exploratoire qui a permis la visualisation de la

structuration de la variation spatio-temporelle (**Dagnelie, 1986; Palm, 1998**). Au niveau des Ruines Romaines en fonction d'un ensemble de variables biotiques (faune macrobentique) et abiotiques (paramètres physicochimiques de l'eau) mesurées. L'ACP a permis, de rechercher l'existence d'éventuelles similitudes entre les différents mois et stations d'une part, et de modéliser et de pouvoir synthétiser les relations linéaires existantes entre les variables biotiques et abiotiques d'autre part. Il est à mentionner, que, les paramètres abiotiques sont utilisés comme variables quantitatives explicatives, tandis que, les abondances des espèces macrobentiques sont traitées comme des variables a expliquée (supplémentaires) dans la réalisation de l'ACP. Les résultats de l'ACP sont exprimés par des plans factoriels pour le facteur "station" d'une part et d'autre part, par le cercle de corrélation de nos 10 variables quantitatives avec les 5 stations et les 3 premiers axes de l'ACP.

#### **2.10.4. Analyse de variance**

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du programme Graphpad Prisme version 8. Les résultats obtenus ont été représentés sous forme de moyenne  $\pm$  écart-type. La signification entre les différents échantillons a été vérifiée en utilisant l'analyse de variance « ANOVA » à un et deux critères de classification suivi d'un test post-hoc (HSD) de Tukey's.

# Résultats

### 3. RESULTATS

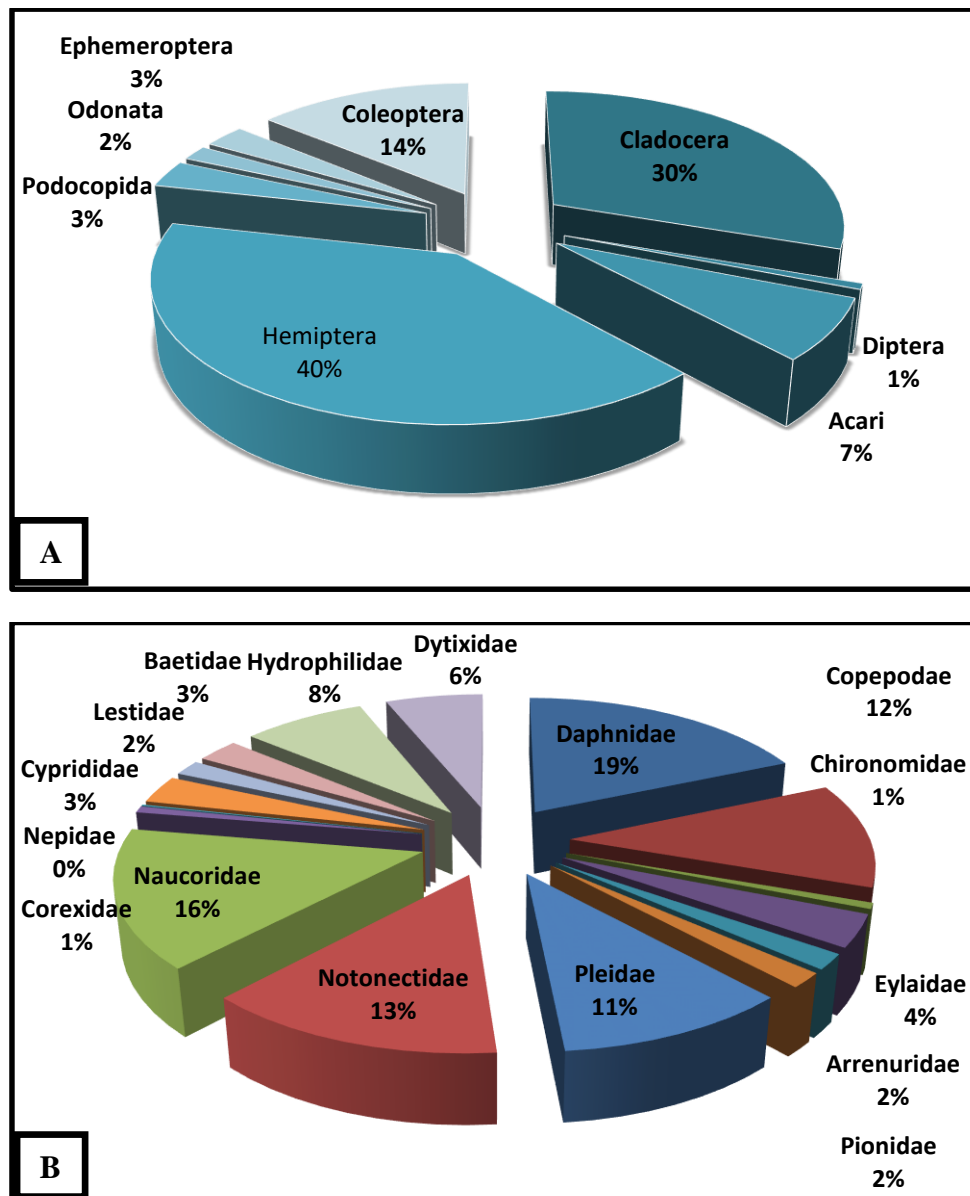
#### 3.1. Inventaires des macro-invertébrés benthiques

##### 3.1.1. Inventaire au niveau de la mare El-Gouréate

L'identification systématique de la faune macrobenthique, collectée à partir de la mare d'El-Gouréate se résumé dans le **Tableau 7** et la **Figure 18**. Les espèces identifiées étaient au nombre de 1490 individus subdivisés en 8 groupes, appartenant à 16 familles: Daphnidae (18,51%); Chironomidae (0,67%); Cyprididae ( 3,15%); Copepoda (11,81%); Leistidae; (1,74%); Baetidae (2,68%); Naucoridae (15,5%) Notonectidae (13,48%); Corexidae (0,73%); Nepidae (0,13%); Dytiscidae (6,17%); Hydrophilidae (7,78%); Pleidae (10,53 %); Pionidae (1,67%); Eylaidae (3,62%); Arrenuridae (1,7%). Le groupe Hemiptera est le plus abondant avec 602 individus, suivis par le groupe Cladocera avec 452, puis Coleoptera et Acari avec 208 et 105 respectivement, alors que le reste des groupes ne dépassent pas 47 individus chacun, dans un ordre décroissant compris entre 47- 10 individus (Hephemeroptera; Odonata; Podocopida & Diptera).

**Tableau 7:** Richesse totale des espèces de la faune macrobenthiques au niveau de la mare d'El-Gouréate pendant une année (Avril 2017– Mars 2018).(Abd: Abondance, Fr. oc: fréquence d'occurrence)

Groupes	Familles	Espèces	Abd	Fr.oc [%]	Stations		
					S1	S2	S3
Cladocera Latreille 1829	Daphnidae Straus 1820	<i>Daphnia magna</i> Straus 1820 ( <i>D.mag</i> )	129	25	-	70	59
		<i>Simocephalus vetulus</i> Müller 1776 ( <i>S.vet</i> )	48	25	-	30	18
		<i>Simocephalus expinosus</i> koch 1841( <i>S.exp</i> )	99	25	-	61	38
	Copepoda Milne- Edwards 1840	<i>Cyclops fuscus</i> Jurine 1820 ( <i>Cy.fus</i> )	176	50	58	62	56
Diptera Linnaeus 1758	Chironomidae Newman 1834	<i>Chironomus plumosus</i> Linnaeus 1758 ( <i>C.plu</i> )	10	25	10	-	-
Acari Leach 1817 (Hydrachnidia)	Eylaidae Leach 1815	<i>Eylais hamata</i> Koenike 1897( <i>E.ham</i> )	54	50	17	27	10
	Arrenuridae Thor 1900	<i>Arrenurus novus</i> George 1884 ( <i>A. nov</i> )	26	50	2	18	6
	Pionidae Thor 1900	<i>Piona alpicola</i> Neuman 1880 ( <i>P.apl</i> )	25	50	8	14	3
Hemiptera Linnaeus 1775	Pleidae Fieber 1851	<i>Plea minutissima</i> Leach, 1817 ( <i>P.min</i> )	157	50	77	52	28
	Notonectidae Latreille 1802	<i>Notonecta glauca</i> Linnaeus, 1758 ( <i>Nt. gl</i> )	201	75	34	102	65
	Naucoridae Fallen 1814	<i>Naucoris maculatus</i> Fabricius, 1798 ( <i>N.mac</i> )	231	50	90	97	44
	Corexidae Leach 1815	<i>Corixa punctata</i> Illiger 1807( <i>Cr.Pun</i> )	11	5	-	-	11
	Nepidae Linnaeus 1775	<i>Ranatra linearis</i> Linnaeus 1758 ( <i>R.lin</i> )	2	5	1	-	1
Podocopida Sars 1866	Cypridae Baird 1845	<i>Cypris bispinosa</i> Lucas 1849( <i>C.bis</i> )	47	25	-	32	15
Odonata Fabricius 1793	Lestidae Calvert 1901	<i>Lestes virens</i> Charpentier 1825( <i>L.vir</i> )	26	5	-	-	26
Ephemeroptera Hyatt&Arms 1891	Baetidae Leach 1815	<i>Baetis pavidus</i> Grandi, 1949 ( <i>B.pav</i> )	40	5	31	3	6
Coleoptera Linnaeus 1758	Hydrophilidae Latreille 1802	<i>Berosus luridus</i> Linnaeus 1761( <i>B.lur</i> )	116	25	54	59	3
	Dytixidae Leach 1815	<i>Laccophilus minutus</i> Linnaeus, 1758( <i>Lc. mn</i> )	5	25	3	-	2
		<i>Laccophilus poecillus</i> Klug 1834( <i>Lc. pc</i> )	2	5	-	2	-
		<i>Colymbetes fuscus</i> Linnaeus, 1758( <i>Col.fs</i> )	67	50	18	42	7
		<i>Ranatus exsoletus</i> Forster 1771 ( <i>R.exo</i> )	13	25	13	-	-



**Figure 18** : Répartition en pourcentage,  
**A** : par Groupe **B** : par Famille des insectes inventoriés.

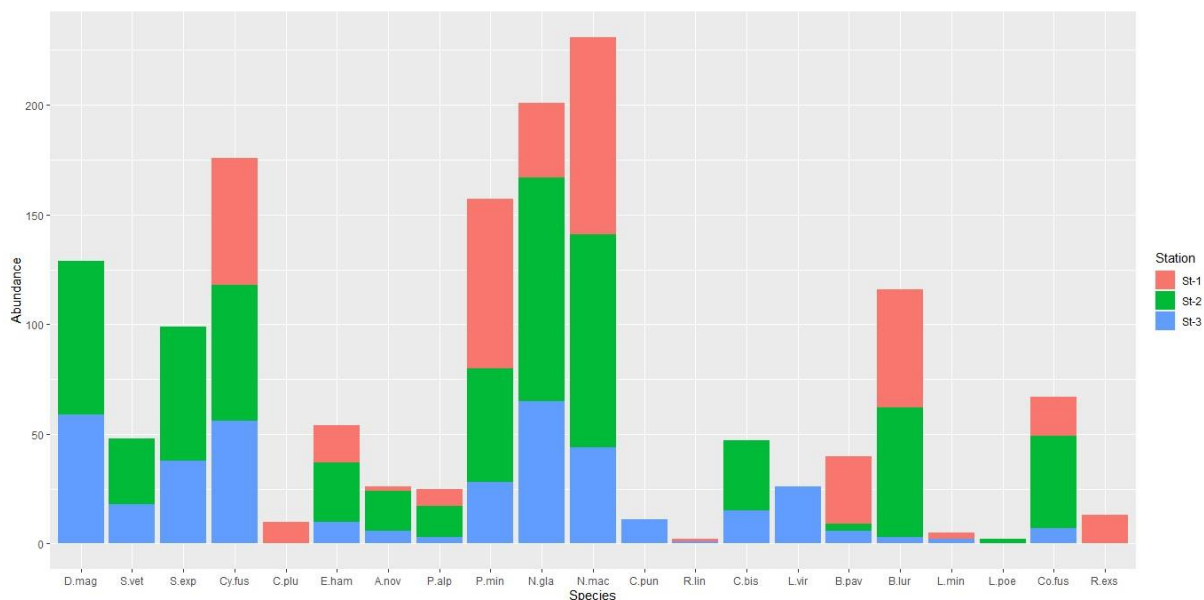
### 3.1.1.1. Indices écologiques de composition

**Composition spatiale:** Le **Tableau 8** montre la richesse totale du site, elle varie en fonction des stations. Cette richesse est importante au niveau de la deuxième station avec 16 espèces, et ce dégrade, au niveau de la première, troisième station avec respectivement 15 espèces pour chaque station. Pour le nombre total d'individus et la richesse moyenne sont respectivement: dans la station 2 on a enregistré la valeur la plus élevée avec 681 individus et 56,75 respectivement, suivis par la première station avec 450 individus et 37,5; la valeur minimale a été enregistré dans la station 3 avec 359 individus et 29,91.

**Tableau 8:** indices écologiques par station S= Species, H=Shanon index, D= Simpson index, J= Equitability

Station	S	H	D	J
St_1	15	2,198	0,8649	0,8327
St_2	16	2,458	0,9036	0,9076
St_3	15	2,456	0,8952	0,8496

**Abondance relative ou fréquence centésimale:** Pour l'abondance relative, des macroinvertébrés benthiques, les résultats obtenus montrent que l'espèce *Naucoris maculatus* se trouve en première position avec 231 individus, soit 15,50 %, suivi par *Notonecta glauca* avec 201 individus de 13,48 % et en troisième lieu se positionne *Cyclops fuscus* avec 176 individus, soit 11,81% (**Figure 19**). L'espèce *Notonecta glauca* appartient à la Catégorie constante, tandis que *Naucoris maculatus*, *Plea minutissima*, *Eylais hamata*, *Piona alpicola* & *Arrenurus novus* font partie de la Catégorie Régulière. *Laccophilus minutus*, *Ranatus exsoletus*, *Berosus luridus*, *Chironomus plumosus*, *Cypris bispinosa*, *Daphnia magna*, *Simocephalus vetulus* et *Simocephalus expinosus* font partie de la Catégorie Accessoire, le reste des taxa appartient à la Catégorie Accidentelle (**Tableau 8**).

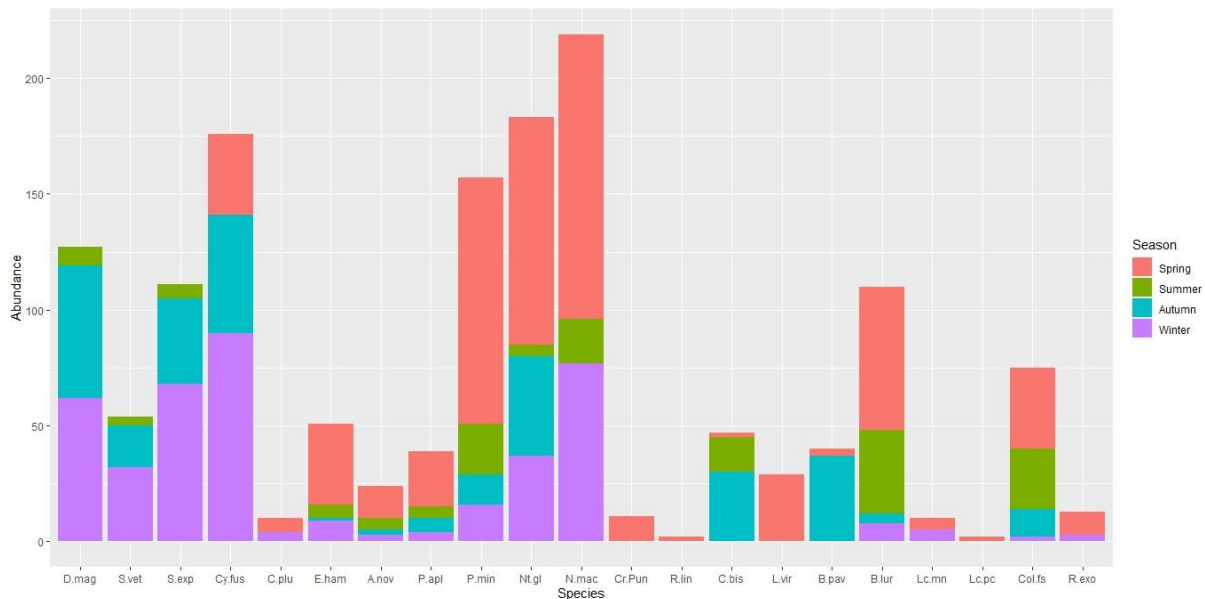


**Figure 19 :** Abondance relative des espèces de la faune macrobenthique inventoriée par station (Avril 2017 – Mars 2018).

### 3.1.1.2. Indices de structures

**Indice de diversité et équitabilité:** L'échantillonnage réalisé au niveau des trois stations pendant l'année d'étude, a enregistré un effectif total de 1490 individus. La richesse totale est considérable présentée par 21 espèces. Le **Tableau 8**, récapitule les valeurs de l'indice de diversité de Shanon & Weaver (H'); la diversité maximale (H' max) et l'équirépartition (E). L'indice de diversité révèle des valeurs variant entre 2,198 pour la première station à 2,458 pour la deuxième station riche en espèces (16 espèces). Toutefois, l'indice de Simpson des trois stations varie entre 0,8649 - 0,9036. Dans l'ensemble la diversité selon SIMPSON peut être donc considérée comme faible au niveau des différentes stations. Concernant l'équitabilité permet de comparer les structures des peuplements, elle enregistre des valeurs entre 0,8327 et 0,9076 dans les trois stations, ce qui montre que les populations sont équilibrées.

**Abondance relative ou fréquence centésimale des espèces identifiées par saison:** Concernant l'abondance relative de la faune macrobenthique, au niveau de la mare d'El-Gouréate, l'espèce *Naucoris maculatus* se trouve en première position avec 231 individus, soit 15,50 %, suivi par *Notonecta glauca* avec 201 individus de 13,48 % et en troisième lieu se positionne *Cyclops fuscus* avec 176 individus, soit 11,81%. (**Figure 20**). L'espèce *Notonecta glauca* appartient à la Catégorie constante, tandis que *Naucoris maculatus*, *Plea minutissima*, *Eylais hamata*, *Piona alpicola* & *Arrenurus novus* font partie de la Catégorie Régulière. *Laccophilus minutus*, *Ranatus exoletus*, *Berosus luridus*, *Chironomus plumosus*, *Cypris bispinosa*, *Daphnia magna*, *Simocephalus vetulus* et *Simocephalus expinosus* font partie de la Catégorie Accessoire, le reste des taxa appartient à la Catégorie Accidentelle



**Figure 20:** Abondance relative des espèces de la faune macrobenthique inventoriée par saison (Avril 2017 – Mars 2018).

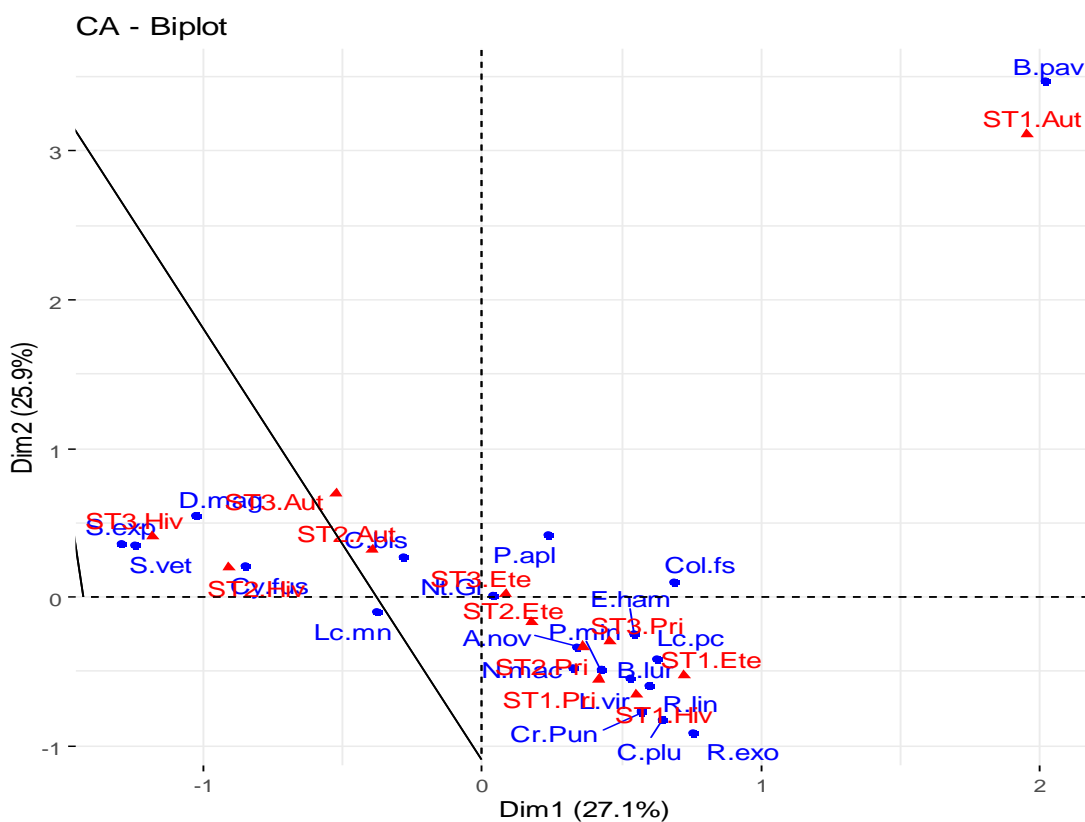
### 3.1.1.3. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

Cette analyse (AFC) a été appliquée afin de résumer et visualiser la relation entre les taxons (espèces inventoriés) et les paramètres environnementaux (**Figure 21**). Cette analyse montre nettement dans l'espace, les deux facteurs significatifs F1 (axe 1) & F2 (axe 2). Les associations entre les stations et les saisons d'une part et la densité et/ou répartition des espèces taxonomiques, d'autre part, l'ensemble des caractéristiques et les enjeux environnementaux (abiotiques). Cette analyse a permis de visualiser la densité des espèces taxonomiques, vis-à-vis à la variation spatio-temporelle, représentée par un ensemble de 21 espèces (stations-saisons). Elle montre que 53% de l'inertie totale (variance) de la matrice de variables qualitatives biotiques et abiotiques est expliqué par deux composantes principales, l'axe 1 (27.1%) et l'axe 2 avec 25.9%.

En effet, le graphique montre:

- L'espèce *Daphnia magna* est associée le plus, à la troisième station pendant l'Hiver.
- Les espèces *Simocephalus vetulus*, *Simocephalus expinosus*, *Cyclops Fuscus* sont associés le plus à la deuxième et troisième station en Hiver.
- L'espèce *Chironomus plumosus* est associée le plus souvent à la station 1 pendant le Printemps et l'Hiver.
- Les espèces *Elyas hamata*; *Arrenurus novus*, *Notonecta glauca*, *Naucoris maculatus* sont associées le plus souvent à la station 2 pendant le Printemps.

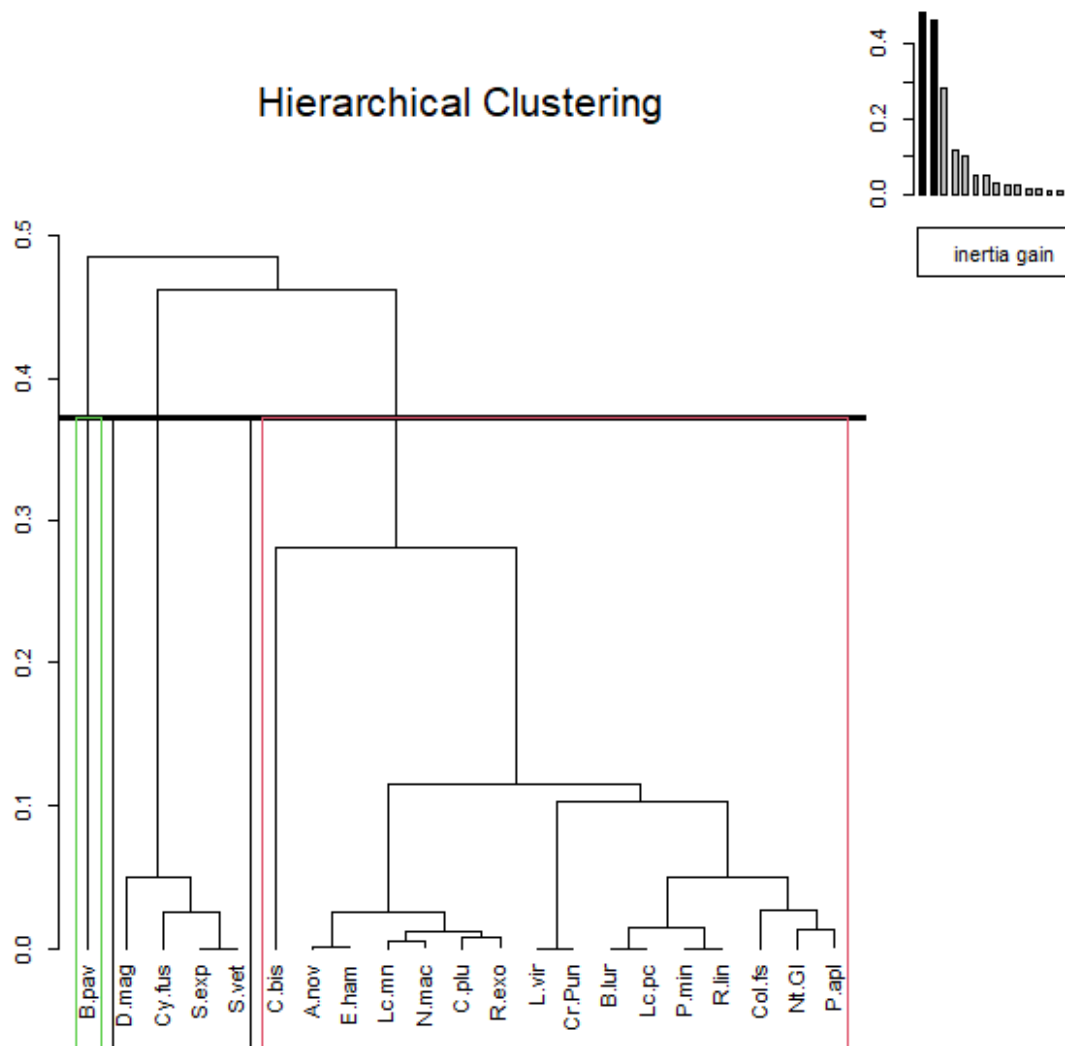
- Les espèces *Corexa punctata* et *Lestes virens* sont associées le plus à la station 1 pendant le Printemps.
- L'espèce *Cypris bispinosa* est associée le plus à la station 2 pendant l'Automne.
- L'espèce *Baitespaavidus* est associée le plus à la station 1 pendant l'Automne.
- L'espèce *Berosus luridus* est associée le plus aux stations 1 et 2 pendant le Printemps.
- L'espèce *Colymbete fuscus* est associée le plus à la station 2 pendant le printemps et l'Eté.
- Le reste des espèces sont proches du barycentre, ce qui est en fait un type "standard", sans appartenance géographique particulière.



**Figure 21 :** Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur la texture d'abondances spatio-temporelle de la faune macrobenthique inventoriée

### 2.1.1.4. Classification Ascendante Hiérarchique

Le dendrogramme issu de la CAH appliqué aux taxons pendant les saisons, par rapport aux stations, nous a permis d'obtenir trois groupes à répartition inégale. En effet le groupe 1 regroupe un seul taxon *Baites pavidus*, le groupe 2 regroupe quatre taxons (*Daphnia magna*, *Cyclops fuscus*, *Simocephalus expinosus*, *Simocephalus vetullus*), le groupe 3 regroupe le reste de taxons (**Figure 22**).



**Figure 22 :** Dendrogramme issu de la Classification Hiérarchique Ascendante des espèces récoltées au niveau des trois stations pendant les quatre saisons (Spatio-Temporelle).

### **3.1.2. Inventaire au niveau des Ruines Romaines**

L'identification systématique de la faune macrobenthique, récoltée à partir du site protégé (Ruine Romaine Annaba) par le Ministère de la Culture se résume dans le **Tableau 9** et la **Figure 23**. Les spécimens ainsi identifiés étaient au nombre 14 890 individus subdivisés en 8 groupes, appartenant à 11 familles: Daphnidae (Daphn.:65,6%); Culicidae (Culici.: 29,36%); Lithobidae (Lithob.: 2,1%); chironomidae (chiron.: 0,24%); Cyprididae (Cypri.: 1,7%); Copepodae (Copep.: 0,41%); Leistidae (Leist.: 0,13%); Micronectidae (Micro.: 0,11%); hydrophilidae (hydrop.: 0,094%); Pleidae (Plei.: 0,008 %); Pionidae (Pioni.: 0,006%). Le groupe Cladocera est le plus abondant avec 9828 individus, suivis par le groupe Diptera avec 4409, puis Lithobiomorpha et Podocopida avec 313 et 266 respectivement, alors que le reste des groupes ne dépassent pas 30 individus chacun, dans un ordre décroissant compris entre 29- 11 individus (Hémiptères; Odonates; Coléoptères &Acarien).

**Tableau 9:** Richesse totale des espèces de la faune macrobenthiques au niveau des Ruine Romaine pendant la période pluviale (Février – Juin 2019).

Groupes	Familles	Espèces	Abd	Fr.oc [%]	Stations				
					S1	S2	S3	S4	S5
Cladocera Latreille 1829	Daphnidae Straus 1820	<i>Daphnia magna</i> Straus 1820 ( <i>D.mag</i> )	4	F ≤ 4	-	4	-	-	-
		<i>Daphnia similis</i> Claus 1876 ( <i>D.sim</i> )	185	F ≤ 4	-	185	-	-	-
		<i>Simocephalus vetulus</i> Müller 1776 ( <i>S.vet</i> )	3262	5	2935	63	110	63	91
	<i>Simocephalus expinosus</i> koch 1841 ( <i>S.exp</i> )	6316	25	5865	94	254	34	69	
	Copepodae Milne- Edwards 1840	<i>Cyclops fuscus</i> Jurine 1820 ( <i>Cy.fus</i> )	61	F ≤ 4	36	5	-	18	2
Diptera Linnaeus 1758	Chironomidae Newman 1834	<i>Chironomus plumosus</i> Linnaeus 1758 ( <i>C.plu</i> )	37	F ≤ 4	3	4	24	2	4
	Culicidae Meigen 1818	<i>Uranotaenia unguiculata</i> Edwards 1993 ( <i>Ur.ung</i> )	10	F ≤ 4	-	10	-	-	-
		<i>Culiseta longiareolata</i> Macquart 1838 ( <i>C.rio</i> )	4356	25	47	-	4309	-	-
		<i>Culex laticinctus</i> Edwards 1913 ( <i>C.lat</i> )	6	F ≤ 4	-	-	6	-	-
Lithobiomorpha Pocock 1895	Lithobiidae Newport 1844	<i>Lithobius forficatus</i> Linnaeus 1758 ( <i>L.for</i> )	313	F ≤ 4	260	-	11	42	-
Acari Leach 1817 (Hydrachnidia)	Pionidae Thor 1900	<i>Piona uncata</i> Koenike 1888 ( <i>Pi.unc</i> )	11	F ≤ 4	5	1	5	-	-
Hemiptera Linnaeus 1775	Pleidae Fieber 1851	<i>Plea minutissima</i> Leach 1817 ( <i>P.min</i> )	12	F ≤ 4	2	8	-	2	-
	Micronectidae Jaczewski 1924	<i>Micronecta poweri</i> Douglas & Scott 1869 ( <i>M.pow</i> )	17	F ≤ 4	12	5	-	-	-
Podocopida Sars 1866	Cyprididae Baird 1845	<i>Cypris bispinosa</i> Lucas 1849 ( <i>C.bis</i> )	237	F ≤ 4	149	49	14	25	-
		<i>Eucypris virens</i> Jurine 1820 ( <i>E.vir</i> )	29	F ≤ 4	-	8	20	1	-
Odonata Fabricius 1793	Lestidae Calvert 1901	<i>Lestes virens</i> Charpentier 1825 ( <i>L.vir</i> )	20	F ≤ 4	3	12	-	5	-
Coleoptera Linnaeus 1758	Hydrophilidae Latreille 1802	<i>Anacaena globulus</i> Paykull 1798 ( <i>A.glo</i> )	9	F ≤ 4	-	4	2	3	-
		<i>Berosus affinis</i> Brullé 1835 ( <i>B.aff</i> )	5	F ≤ 4	3	-	2	-	-

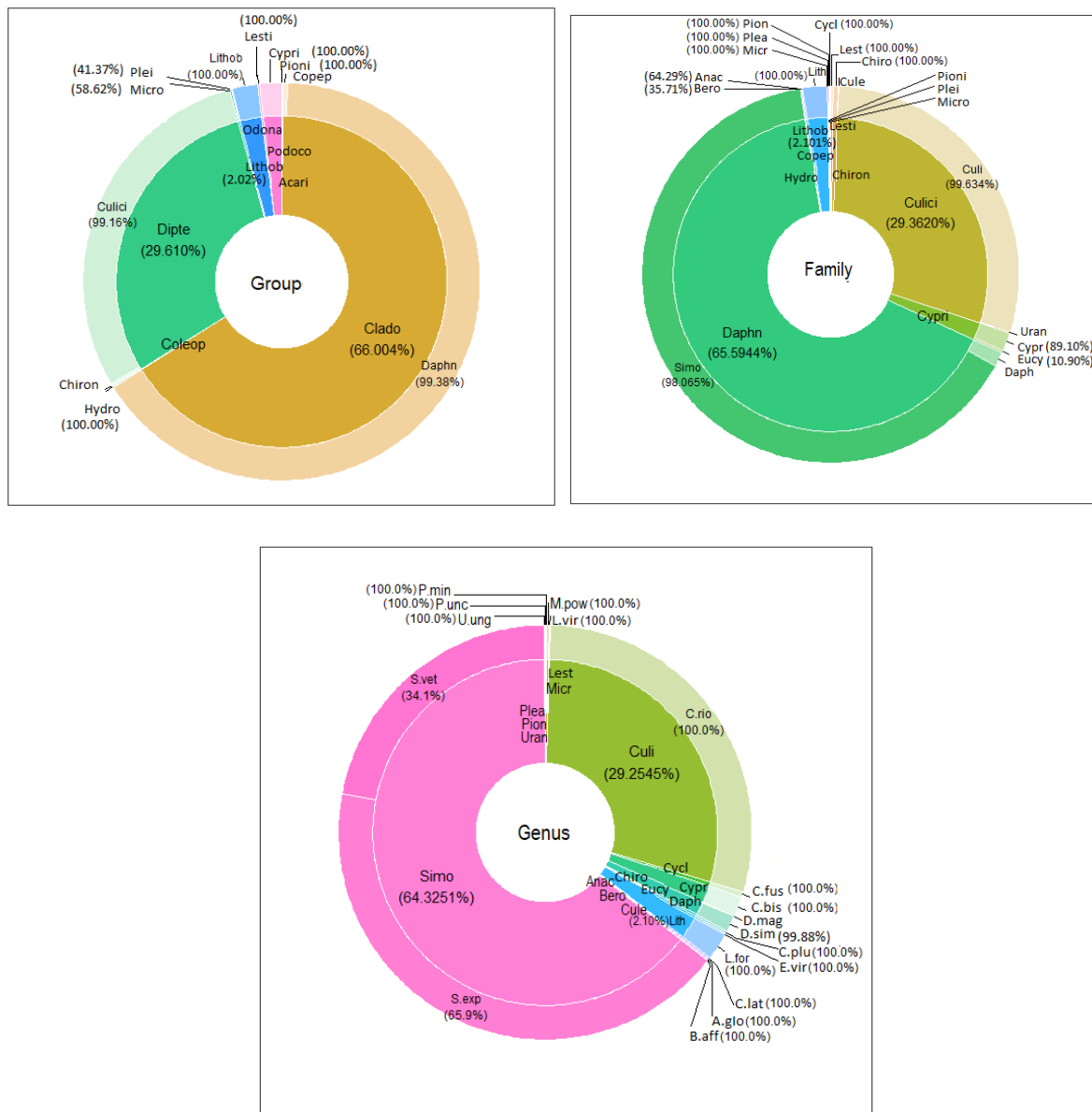


Figure 23: Répartition de la faune identifiée par Groupe; Famille; Genre et espèce.

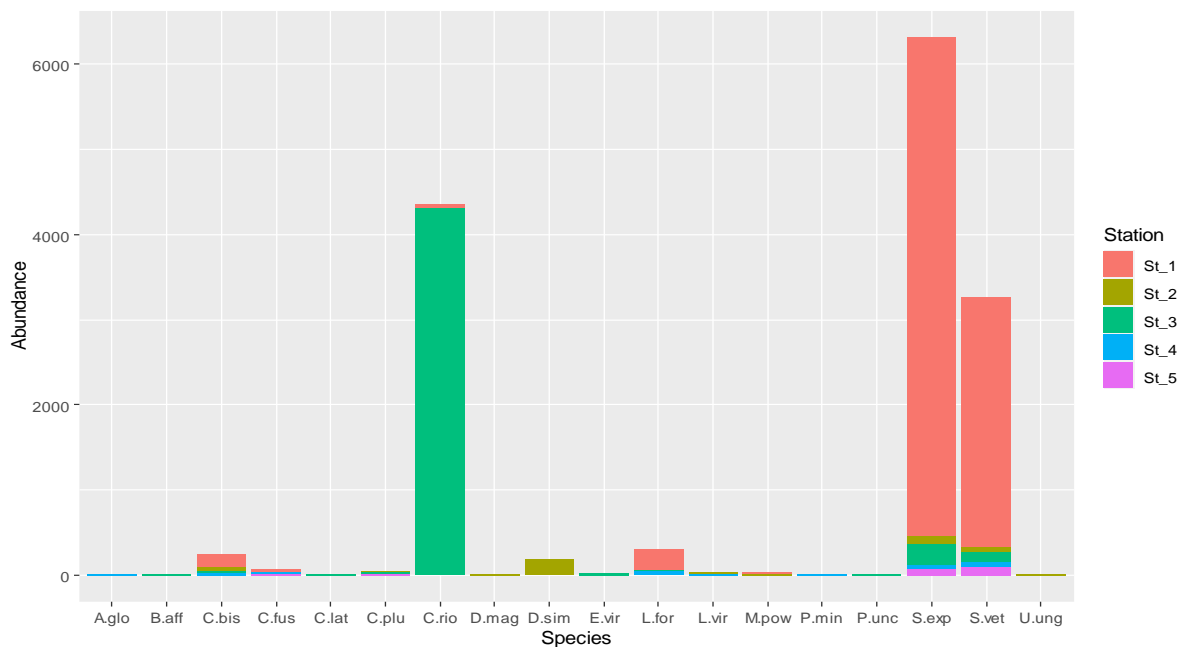
### 3.1.2.1. Indices écologiques de composition

**Composition spatiale:** Le Tableau 10 montre la richesse totale du site, elle varie en fonction des stations. Cette richesse est importante au niveau de la deuxième station avec 14 espèces, et ce dégrade, au niveau de la première, troisième et quatrième station avec respectivement 12, 11 et 10 espèces et même au niveau de la cinquième station, elle chute à 4. Pour le nombre total d'individus et la richesse moyenne sont respectivement: dans la station 1 on a enregistré la valeur la plus élevée avec 9320 individus et 1864 respectivement, suivis par la troisième station avec 4 757 individus et 951,4; la valeur minimale a été enregistré dans la station 5 avec 166 individus et 33,2.

**Tableau 10:** indices écologiques par station **S**= Species, **H**=Shanon index, **D**= Simpson index, **J**= Equitability)

Station	S	H	D	J
St_1	12	0,891	0,504	0,202
St_2	14	1,769	0,756	0,286
St_3	11	0.436	0,176	0,073
St_4	10	1,763	0,793	0,344
St_5	4	0,837	0,526	0,379

**Abondance relative ou fréquence centésimale:** Pour l'abondance relative, des macro invertébrés benthiques, les résultats obtenus indiquent que l'espèce *Simocephalus expinosusse* trouve en première position avec 6 316 individus, soit 42, 41%, suivi par *Culiseta longiariolata* avec 4356 individus de 29,25% et en troisième lieu se positionne *Simocephalus vetelus* avec 3262 individus, soit 21.9%. L'espèce *Simocephalus expinosus* et *Culiseta logiariolata* font partie de la Catégorie Accessoire et *Simocephalus vetelus* appartient à la Catégorie Accidentelles et le reste des taxa sont de la Catégorie Rare (**Figure 24**).



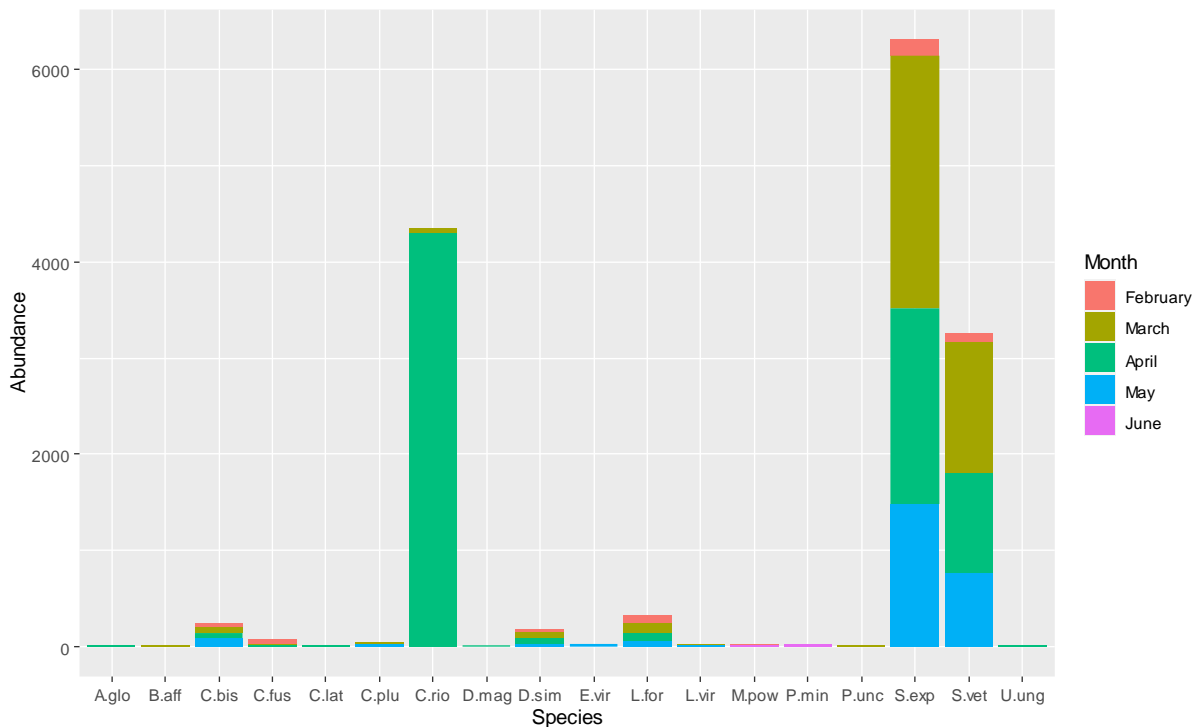
**Figure 24:** Abondance relative des espèces par station de la faune macrobenthique inventoriées (Février – Juin 2019).

### **3.1.2.2. Indice de structure**

**Indice de diversité et équitabilité:** L'échantillonnage réalisé au niveau des cinq stations pendant les cinq mois d'étude, a enregistré un effectif total de 14890 individus. La richesse totale est considérable présentée par 18 espèces. Le **Tableau 10**, récapitule les valeurs de l'indice de diversité de Shanon & Weaver (H'); la diversité maximale (H' max) et l'équirépartition (E). L'indice de diversité révèle des valeurs variant entre 0,436 pour la troisième station à 1,796 pour la deuxième station riche en espèces (14 espèces). Cependant, l'indice de Simpson des cinq stations varie entre 0,17 - 0,79. Dans l'ensemble la diversité selon SIMPSON peut être donc considérée comme forte au niveau des différentes stations. L'équitabilité permet de comparer les structures des peuplements, elle enregistre des valeurs entre 0, 0,73 et 0,37 dans les cinq stations, ce qui montre que les populations ne sont pas équilibrées.

#### ***Abondance relative ou fréquence centésimale des espèces identifiées par mois:***

Concernant l'abondance relative de la faune macrobenthique au niveau des Ruines, l'espèce *Simocephalus expinosus* se trouve en première position avec 6316 individus, soit 42,41%, suivi par *Culisetalo giariolata* avec 4356 individus de 29,25% et en troisième lieu se positionne *Simocephalus vetelus* avec 3262 individus, soit 21,9%. Donc *Simocephalus expinosus* et *Culiseta logiariolata* font partie de la catégorie Accessoire et *Simocephalus vetelus* appartient à la Catégorie Accidentelles et le reste des taxa sont de la Catégorie Rare (**Figure 25**).



**Figure 25:** Abondance relative des espèces de la faune macrobenthique inventoriée par mois (Février – Juin 2019).

### 3.1.2.3. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)

Cette analyse (AFC) a été appliquée afin de résumer et visualiser l'information du tableau de contingence [Densité de 18 espèces de la faune macroinvertébrés benthique (colonnes) X mois (ligne)] et [Densité de 18 espèces de la faune inventoriée (colonnes) X station (ligne)]. Les résultats exprimés sous forme de plan factoriel Dim1 vs Dim2 pour les deux facteurs "Stations", "Mois" (**Figure 26, 27**).

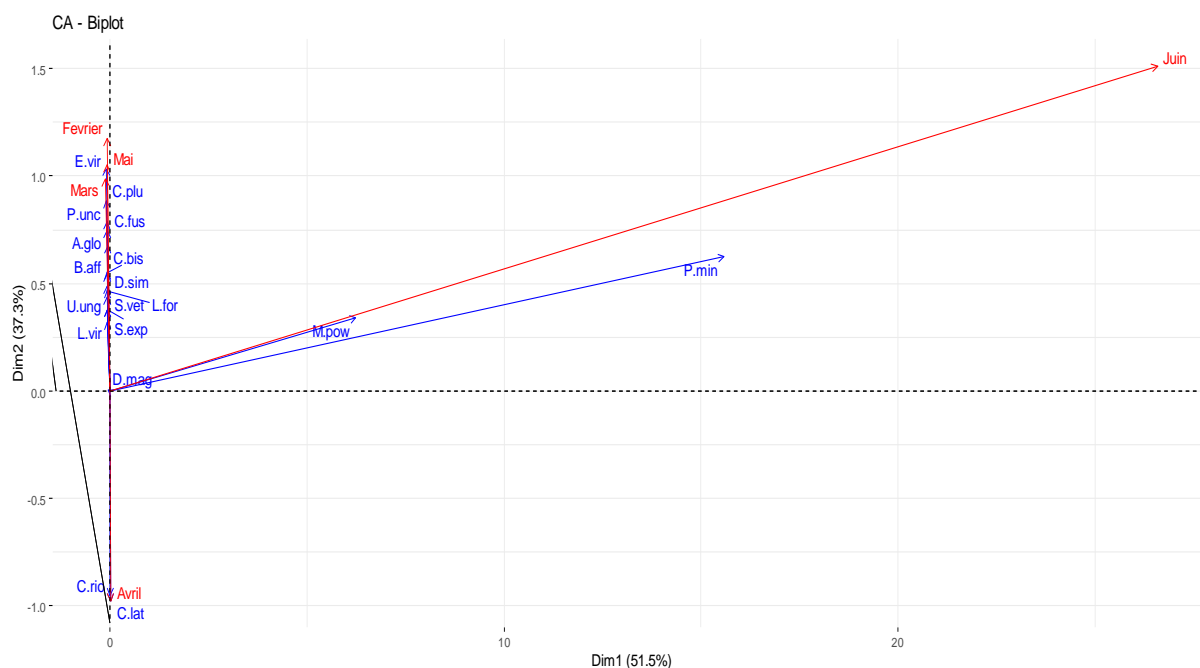
**Répartition mensuelle:** Les dimensions 1 et 2 expliquent respectivement 51,5% et 37,31% de l'inertie totale. Cela correspond à un total cumulé de 88,81% de l'inertie totale retenue par ces 2 dimensions. En effet, le graphique de la Figure 7 indique:

Le premier axe est principalement défini par *Plea minutissima* et *Micronecta poweri* qui présentent une contribution importante à son niveau. Tandis que les espèces *Culiseta longiareolata*, *Simocephalus expinosus* et *Simocephalus vetulus* ont une forte contribution de l'axe 2, donc l'axe 2 est principalement définie par ces espèces.

Les espèces : *Cypris bispinosa*, *Berosus affinis*, *Uranotaenia unguiculata*, *Lithobius forficatus*, *Piona uncata*, *Cyclops fuscus*, *Anacaena globulus* et *Daphnia magna* ont une mauvaise qualité de représentation ( $\cos^2 < 40\%$ ). Cependant, les espèces: *Chironomus*

*plumosus*, *Lestes virens*, *Eucypris virens* et *Daphnia similis* ont montré une moyenne qualité de représentation. Le reste d'espèce a une bonne qualité de représentation

Les espèces : *Micronecta poweri* et *Plea minutissima* sont associés au mois de Juin. Cependant *Culiseta longiareolata* et *Culex laticinctus* sont associés au mois d'Avril. Alors que le reste d'espèces sont associés le plus au mois de Mars et Mai. Toutefois, l'espèce *Daphnia magna* est proche du barycentre, ce qui est en fait un type "standard", sans appartenance temporelle particulière



**Figure 26 :** Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces de la faune macrobenthique inventoriée pendant cinq mois d'étude.

**Répartition spatiale:** Les dimensions 1 et 2 expliquent respectivement 60.2% et 34.3% de l'inertie totale. Cela correspond à un total cumulé de 94.5% de l'inertie totale retenue par ces 2 dimensions. En effet, le graphique de la **Figure 27** montre :

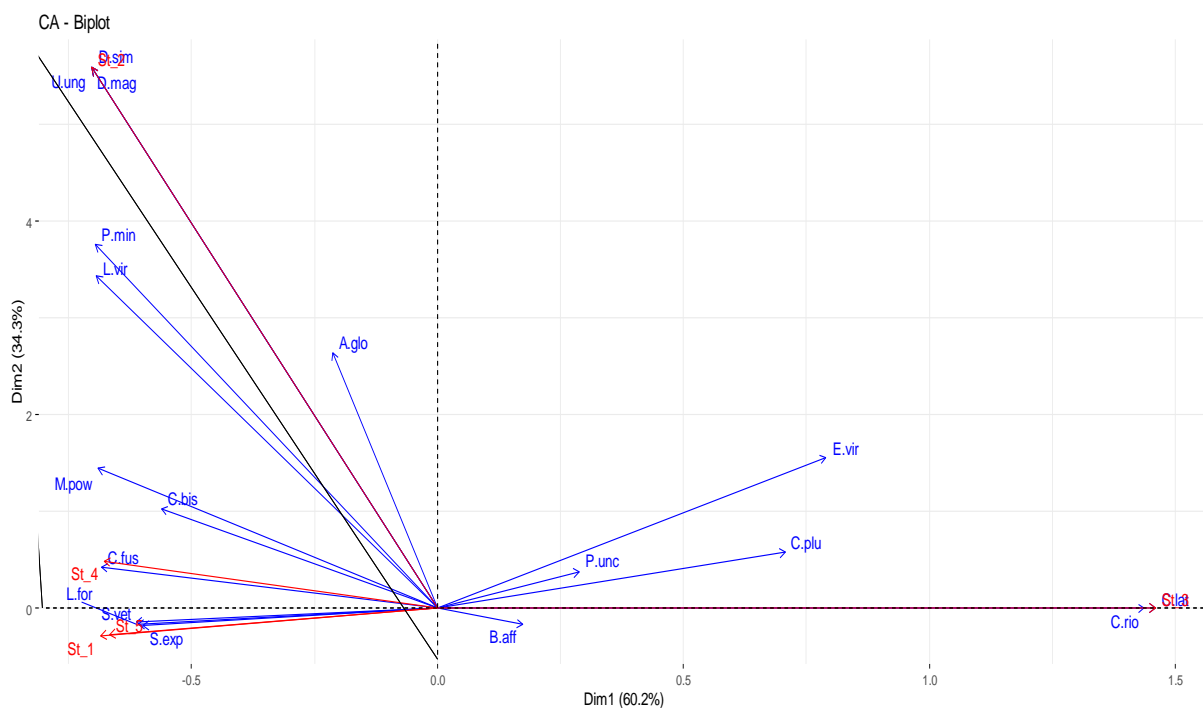
-Les *Culiseta longiareolata*, *Simocephalus expinosus* et *Simocephalus vetulus* ont une importante contribution au premier axe, donc l'axe 1 est principalement défini par ces espèces. Alors que *Daphnia similis*, a une forte contribution à l'axe 2 alors l'axe 2 est principalement défini par cette espèce.

-Les espèces *Cyclops fuscus* & *Lithobius forficatus* ont une mauvaise qualité de représentation ( $\cos^2 < 40\%$ ). Tandis que les espèces *Anacaena globulus*, *Chironomus plumosus* ont une

moyenne qualité de représentation. Le reste des espèces ont une bonne qualité de représentation.

-Les espèces *Simocephalus expinosus*, *Simocephalus vetulus* sont associés à la station 1. Les espèces *Lithobius forficatus* et *Cyclops fuscus* sont associés aux stations 1 et 4. *Daphnia similis*, *Daphnia magna* et *Uranotaenia unguiculata*, *Plea minutissima*, *Lestes virens* sont associés à la station 2. Les espèces *Micronecta poweri*, *Cypris bispinosa* sont associées aux stations 1, 2. Les espèces *Culiseta longiareolata* et *Culex laticinctus*, *Eucypris virens* et *Chironomus plumosus* sont associés à la station 3. L'espèce *Anacaena globulus* est associée aux stations 2, 3, 4

-Les espèces *Piona uncata*, *Berosus affinis* sont proches du barycentre, ce qui est en fait un type "standard", sans appartenance géographique particulière.

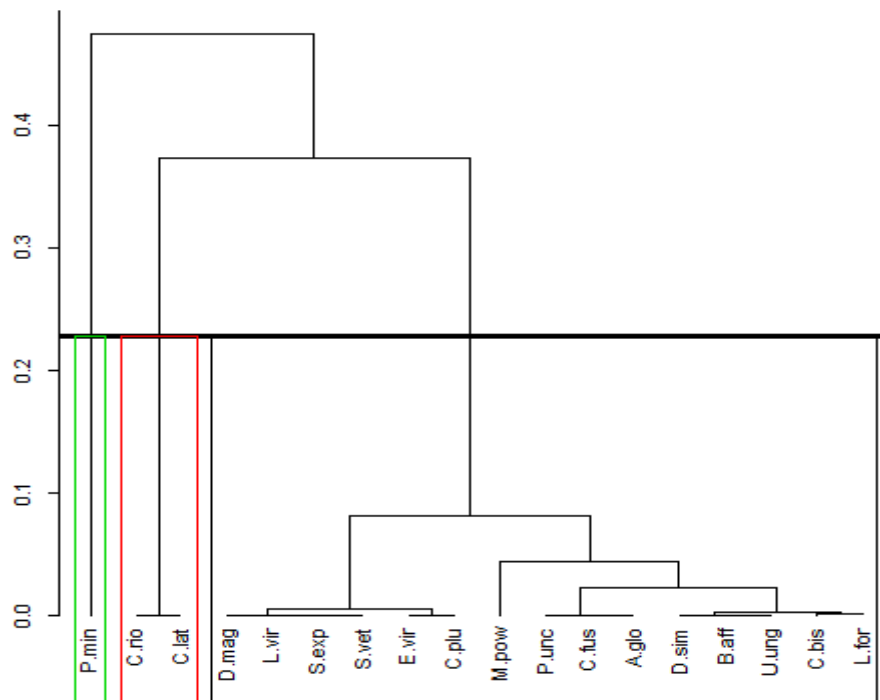


**Figure 27:** Analyse factoriel des correspondances (AFC) sur les données d'abondances des espèces de la faune macrobenthique inventoriée au niveau des cinq stations d'étude.

### 3.1.2.5. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

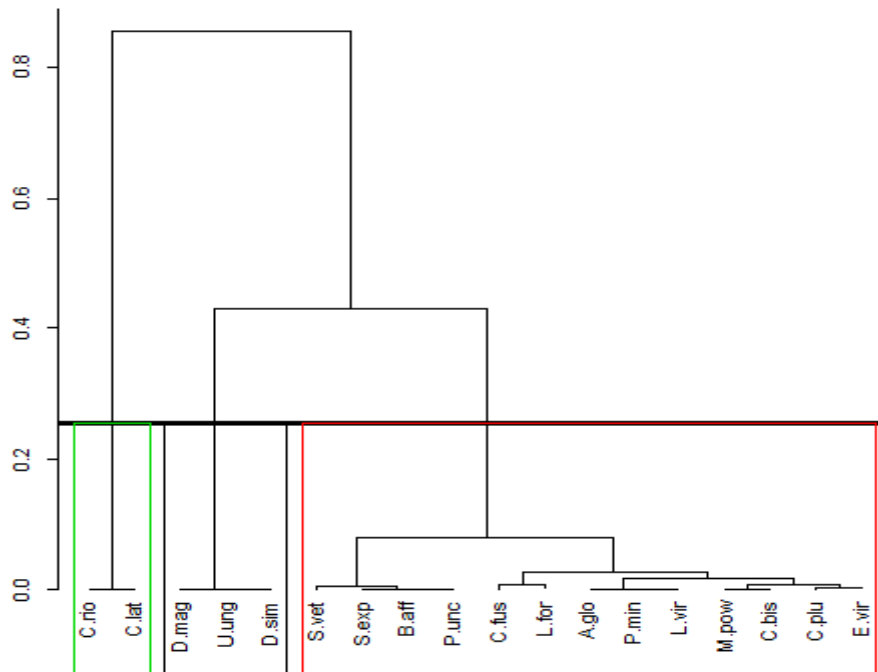
**Classification mensuelle:** Le dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique par moi indique que les 18 espèces se répartissent en 3 principaux groupements. Le premier est formé de *Plea minutissima*; le deuxième groupe est constitué de *Culiseta longiareolata* et

*Culex laticinctus*. Cependant le troisième groupe est composé du reste des taxa: *Daphnia magna*, *Lestes virens*, *Simocephalus expinosus*, *Simocephalu svetulus*, *Eucypris virens*, *Chironomus plumosus*, *Micronecta poweri*, *Piona uncata*, *Cyclops fuscus*, *Anacaena globulus*, *Daphnia similis*, *Berosus affinis*, *Uranotaenia unguiculata*, *Cypris bispinosa*, *Lithobius forficatus* (Figure 28).



**Figure 28:** Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées selon les cinq mois.

**Classification spatiale:** Le dendrogramme de la CAH par station a marqué 3 principaux groupes à partir de 18 taxa. Le groupe 1 constitué de *Culiseta longiareolata* et *Culex laticinctus*, le groupe 2 est composé de *Daphnia magna*, *Uranotaenia unguiculata*, *Daphnia similis* enfin le groupe 3 est formé de: *Simocephalus vetulus*, *Simocephalus expinosus*, *Berosus affinis*, *Piona uncata*, *Cyclops fuscus*, *Lithobius forficatus*, *Anacaena globulus*, *Pleaminutissima*, *Lestes virens*, *Micronecta poweri*, *Cypris bispinosa*, *Chironomus plumosus*, *Eucypris virens* (Figure 29).



**Figure 29:** Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante des espèces récoltées selon les cinq stations d'études.

### 3.2. Paramètres physico-chimique de l'eau

Pour mieux comprendre ces écosystèmes nous avons évalué l'impact de dix paramètres physico-chimiques (Température; pH; Conductivité électrique; Alcalinité (TA, TAC); Dureté totale (TH); Demande Chimique en Oxygène; Chlorures; Calcium & Magnésium) sur les invertébrés macro-benthiques au niveau des cinq stations (vestiges) des Ruines Romaines. Le **tableau 11** résume les résultats qui révèlent: que l'ensemble des paramètres sont dans la norme excepté la conductivité électrique qui montre une légère augmentation.

**Tableau 11:** Moyennes des paramètres physico-chimiques enregistré au niveau des cinq stations des Ruines Romaines

Paramètres Physico-Chimiques										
Stations	Hydrogen potential [pH]	Conductivity [COND] ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Temperature [T] ( $^{\circ}\text{C}$ )	Total Hardness [TH] ( $^{\circ}\text{F}$ )	Calcium [Ca <sup>2+</sup> ] (mg/l)	Alkalimetric Title [TA] ( $^{\circ}\text{F}$ )	Complete Alkalimetric Title [TAC] ( $^{\circ}\text{F}$ )	Chloride [Cl] (mg/l)	Chemical Oxygen Demand [DCO] (mg/l)	Magnesium [Mg <sup>2+</sup> ] (mg/l)
1	6.8±0.49	2500 ±110	23±2	44±3.63	33±2.6	0	46±6.8	227.2±48.53	27±5.5	11±0.65
2	7.63±0.08	2320±40	23±2	39.7±0.33	30±1.66	0	56±4.5	310.6±13.56	40±0.33	9.7±0.3
3	7.46±0.33	2290±60	23±2	37.4±3.53	28±2.33	0	56.4±4.7	291±23.37	6±3	9.4±0.8
4	7.66±0.31	2320±70	23±2	41±2.13	30±1.86	0	56.8±5.8	319.5±18	40±0.6	11±0.4
5	7.63±0.35	2210±90	23±2	44.4±1.7	32.2±2.8	0	47±2.6	333.7±7.1	38±1.55	12.2±0.6

### 3.2.1. Analyse multi-variée : Analyse en composant principale (ACP)

L'analyse multi-variée vise à examiner la structuration physico-chimique et biologique des stations. Dans la présente étude on a examiné l'influence des paramètres physico-chimiques, sur la distribution de la faune macrobentique. Toutefois, les paramètres abiotiques (Température; pH; Conductivité électrique; Alcalinité (TA, TAC); Dureté totale (TH); Demande Chimique en Oxygène; Chlorures; Calcium & Magnésium) sont utilisés comme variables quantitatives explicatives, tandis que, les abondances des espèces macrobentiques sont traitées comme des variables supplémentaires (A expliquée). En effet, l'application de l'ACP a montré que 81.1% de la variabilité (inertie) totale de notre matrice des variables biotique et abiotiques est expliqué par les deux premières composantes principales (**Figure 30**).

Le 1<sup>er</sup> axe d'ACP a expliqué à lui seul 48.3% de la variabilité totale, il est corrélé positivement avec: le Calcium (Ca) ( $r= 0.97$ ;  $\cos^2= 0.93$ ), Dureté totale (TH) ( $r= 0.91$ ;  $\cos^2= 0.83$ ), Magnésium (Mg) ( $r= 0.68$ ;  $\cos^2= 0.46$ ), Conductivité (COND) ( $r = 0.56$ ;  $\cos^2= 0.31$ ),

Par contre cet axe est corrélé négativement avec Alcalinité (TAC) ( $r=-0.92$ ;  $\cos^2= 0.85$ ), pH ( $r=-0.72$ ;  $\cos^2= 0.52$ ) et Chlorures Cl ( $r= -0.56$ ;  $\cos^2= 0.31$ ).

Cependant, le 2<sup>ème</sup> axe, a expliqué à lui seul 32.8 % de la variation totale, il est corrélé positivement avec DCO ( $r= 0.74$  ;  $\cos^2=0.55$ ), chlorure (Cl) ( $r= 0.83$  ;  $\cos^2=0.69$ ) et pH ( $r=0.69$  ;  $\cos^2 = 0.48$ ). En revanche cet axe est corrélé négativement avec la conductivité électrique (COND) ( $r= -0.72$  ;  $\cos^2=0.51$ ) (**Figure 30**).

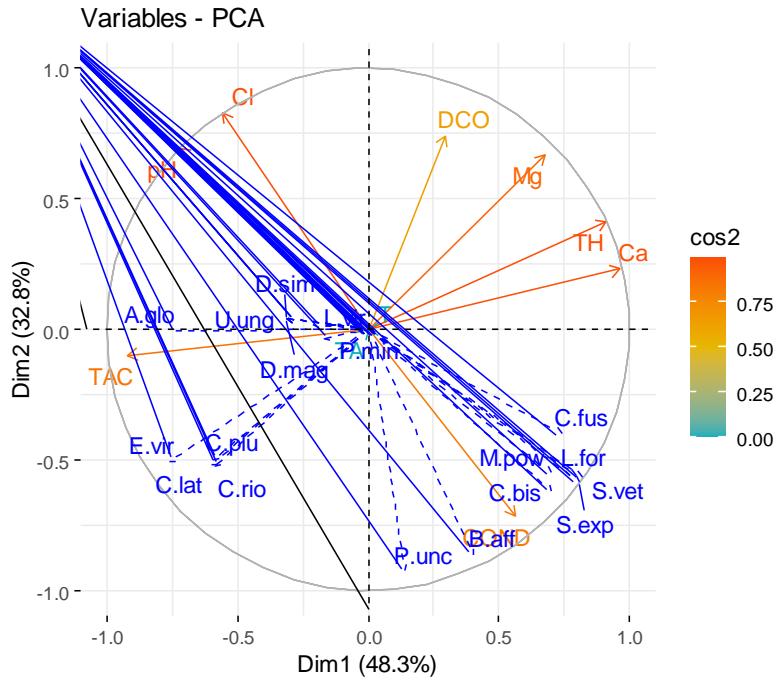
En revanche, l'analyse de la composante principale a révélé qu'à partir de l'axe 1 :

-TH, Ca, COND et Mg influencent positivement la distribution de : *Cyclops fuscus*, *Simocephalus vetulus*, *Simocephalus expinosus*, *Lithobius forficatus*, *Micronecta poweri* et *Cypris bispinosa*, par contre ils influencent négativement la distribution de : *Eucypris virens*, *Anacaena globulus*, *Chironomus plumosus*, *Culiseta longeariolata* et *Culex laticinctus*.

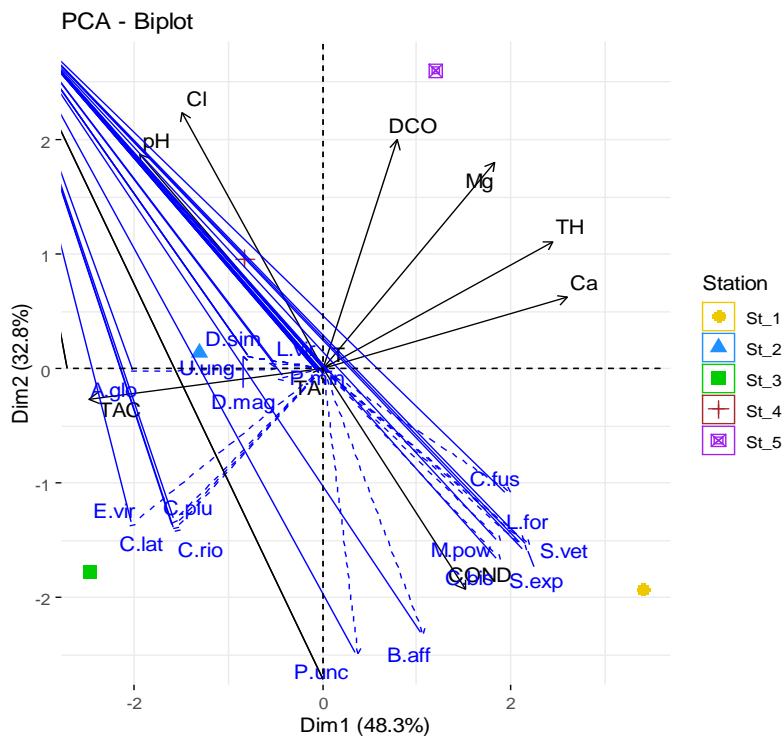
-pH, Cl et COND influencent positivement la distribution de : *Eucypris virens*, *Anacaena globulus*, *Chironomus plumosus*, *Culiseta longeariolata* et *Culex laticinctus*, mais ils influencent négativement la distribution de : *Cyclops fuscus*, *Simocephalus vetulus*, *Simocephalus expinosus*, *Lithobius forficatus*, *Micronecta poweri* et *Cypris bispinosa*

Cependant l'axe 2 a montré que COND influence positivement la distribution de *Piona uncata*, *Eucypris virens* et *Berosus affinis*, ainsi que Mg, pH et Cl influencent négativement la distribution de *Piona uncata*, et *Berosus affinis*.

L'analyse approfondie de l'ACP pour le facteur "station» a montré qu'à partir du 1<sup>er</sup>axe, deux groupes ont été constatés: le premier groupe regroupe la station 1 et la station 5, elles sont caractérisées par des taux élevés de TH, Ca, Mg et DCO, avec une forte abondance de *C.fus*, *Simocephalus vetulus*, *Simocephalus expinosus*, *Lithobius forficatus*, *Micronecta poweri* et *Cypris bispinosa*. Tandis que le 2<sup>ème</sup> groupe regroupe les stations 2; 3 et 4, elles sont caractérisées par des taux élevés de pH, Cl et TAC, avec une forte abondance d' *Eucypris virens*, , *Anacaena globulus*, *Chironomus plumosus* , *Culiseta longeariolata* et *Culex laticinctus*. Toutefois, le 2<sup>ème</sup> axe a révélé que les stations 1 et 3 sont riches en *Piona uncata*, et *Berosus affinis* par rapport à leurs présence au niveau des autres stations( **Figure 31**).



**Figure 30 :** Représentation graphique des 10 variables (température, potentiel hydrogène, conductivité électrique, dureté totale, titre alcalimétrique, titre alcalimétrique complet, demande chimique en oxygène, chlorures, calcium et magnésium) dans le cercle de corrélation du plan factoriel 1-2 obtenu à partir des données des 5 stations du site d'étude.



**Figure 31 :** Analyse en Composant Principal (ACP) représentant la relation entre les paramètres Physico-Chimique de l'eau au niveau des cinq stations d'étude.

### 3.3. Identification des espèces inventoriées

#### 3.3.1. Les insectes

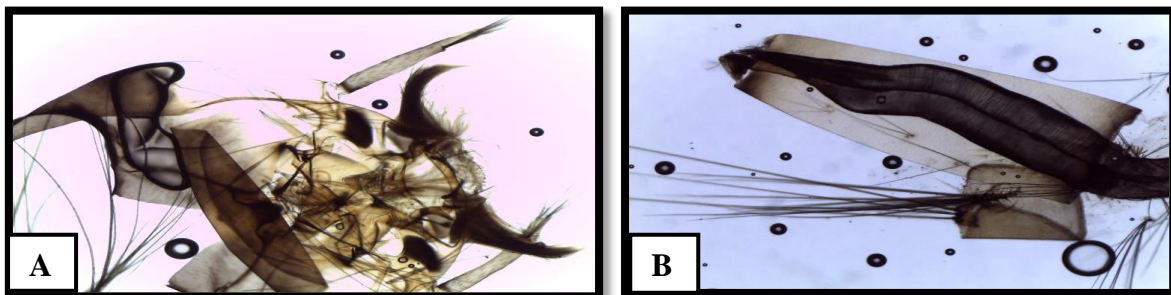
##### 3.3.1.1. Les Culicidae

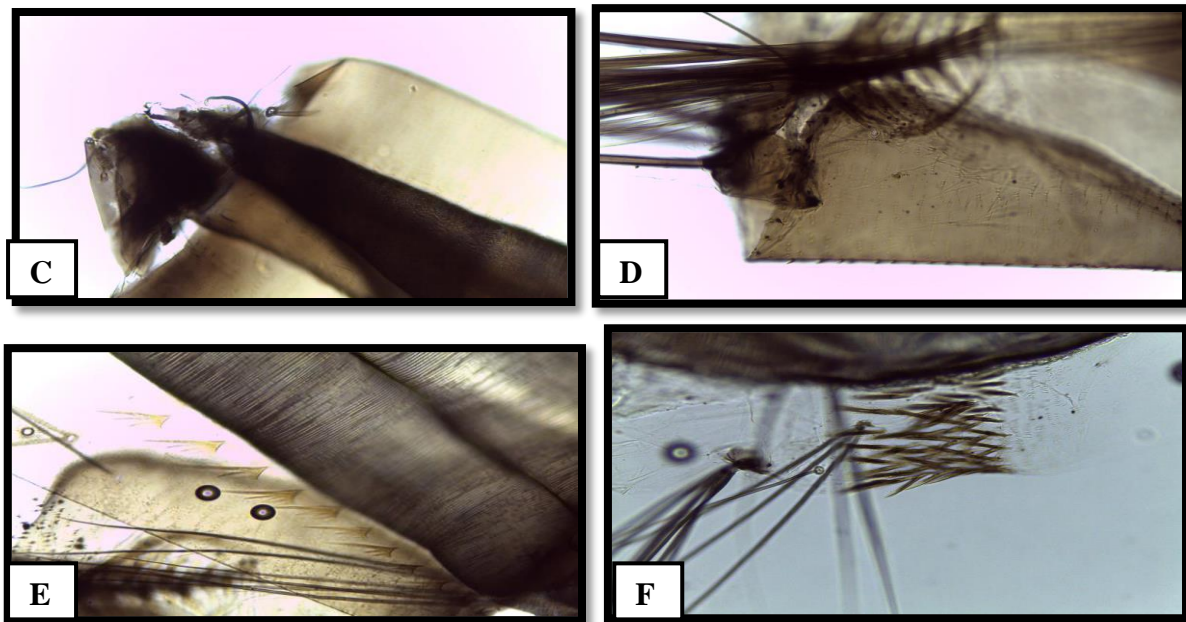
*Espèce 1: Culex pipiens molestus* Linnaeus 1758

#### Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecta
Ordre	Diptera
Famille	Culicidae
Genre	Culex
Espèce	<i>Culex pipiens molestus</i> Fosckal 1775.

**Description:** Cette espèce a été utilisée comme modèle biologique dans les tests toxicologiques. Elle appartient au complexe *Culex pipiens*, son étude systématique repose exclusivement sur la structure de l'hypopygium (Génitalia mâle) déterminées sous microscope. La femelle hématophage, pique l'Homme ou d'autres espèces d'animaux à sang chaud. Elle est munie de biocapteurs qui lui permettent de détecter la température, le CO<sub>2</sub> et certaines odeurs, ainsi repérer sa proie. Dans certaines circonstances, elle semble également, être attirée par la lumière. Les antennes, sont fines et glabre chez la femelle, et plumeuses chez le mâle. Le corps est long de 5 à 7 mm. Les ailes, sont couvertes, bordées d'écailles, dépassent légèrement l'abdomen brun et annelé (**Figure 32**).





**Figure 32:** Caractéristiques de *Culex pipiens molestus* (Photos personnelle, 2023)  
**A:** Vue céphalique antenne C1Gx10      **B:** Vue générale du siphon Gx10  
**C:** Epine sous apicale 2-S du siphon Gx 40      **D:** Soie caudale 1-X Gx 40  
**E:** Dent distale siphonale Gx40      **F:** Peigne de 8<sup>ème</sup> segment Gx40

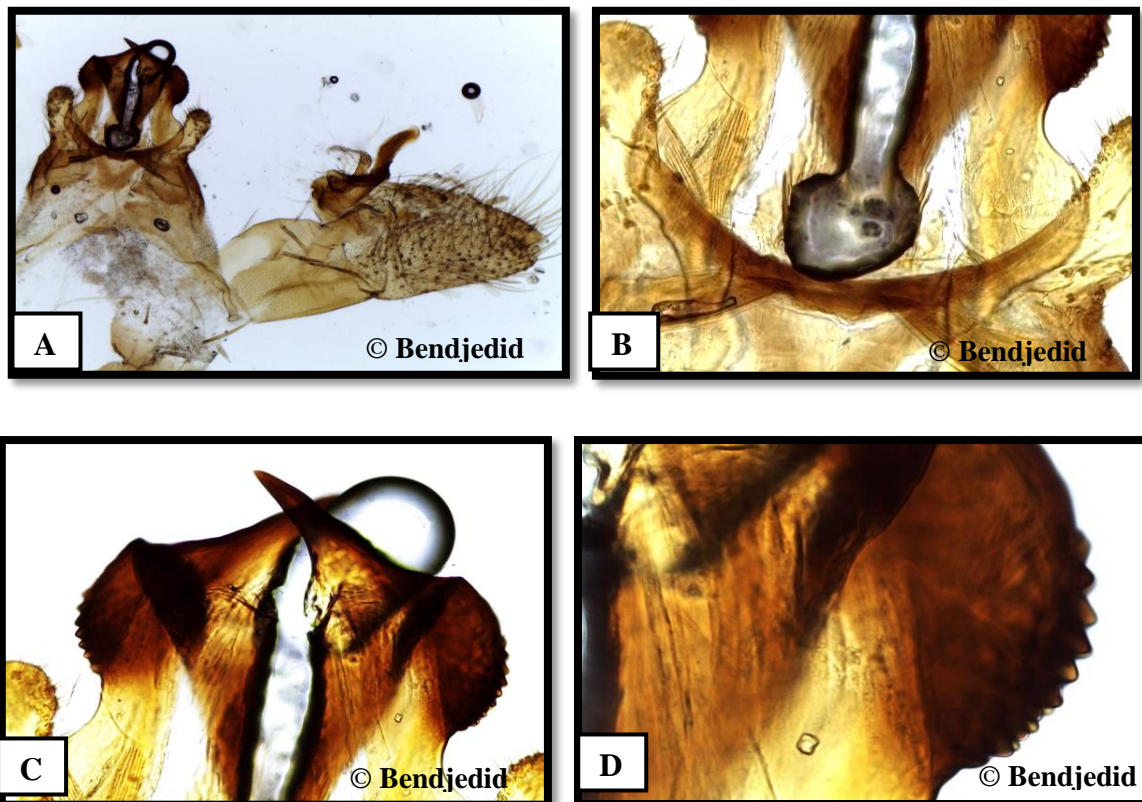
**Espèce 2: *Culiseta longiareolata* Macquart 1838**

**Position systématique**

<b>Règne</b>	<b>Animalia</b>
<b>Embranchement</b>	Arthropodes
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	Culiseta
<b>Espèce</b>	<i>Culiseta longiareolata</i> <b>Macquart 1838.</b>

**Description:** *Culiseta longiareolata* est multivoltine, sténogame et autogène. Les gîtes larvaires sont très variés (Bassins, puits abandonnés, trous de rocher, mares..ect) avec une eau toujours stagnante et principalement riche en matières organiques. Les femelles piquent

spécialement les oiseaux et rarement les humains; pénétrant occasionnellement dans les maisons. Cette espèce est considérée comme un vecteur de Plasmodiums chez les oiseaux, aussi elle peut transmettre expérimentalement le virus West Nile (Schaffner *et al.*, 2001). La larve est caractérisée par une antenne courte, une touffe siphonale basale. On observe la présence de trois tâches d'écaillés sombres sur l'aile, chez l'adulte. Plus trois bandes blanches longitudinales sur le thorax et le tiers distal du fémur est garnie avec des alignements de tâches blanches (Brunhes *et al.*, 1999) (Figure 33).



**Figure 33:** A: Aspect générale de l'hypopygium (Génitalia mâle) Gx4  
B: Structure de la région basale du Phallosome Gx10 C: Claspette dorsale Gx10  
D: Agrandissement de la région antérieure de la Claspette Gx40

**Espèce 3: *Culex laticinctus* Edwards 1913**

**Position systématique**

<b>Règne</b>	<b>Animalia</b>
<b>Embranchement</b>	Arthropodes
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	<i>Culex</i>
<b>Espèce</b>	<i>Culex laticinctus</i> <b>Edwards 1913</b>

**Description:** La larve se développe dans de l'eau stockée (Citernes; Bassins & Puits), aussi dans des trous de rocher, ainsi les puits des sources et les mares temporaires. Généralement l'eau des gîtes est douce, comme elle peut être légèrement saumâtre (**Schaffner et al., 2001**). Les dents du mentum (Mâchoire larvaire) comptent 8 dents sur le côté droit et 9 sur le côté gauche (**Figure 34**). Les femelles sont généralement absentes des habitations et ne piquent pas l'Homme, elles sont sans importance médicale.



**Figure 34:** Mentum de *Culex laticinctus* Gx100.

**Espèce 4: *Uranotaenia unguiculata* Edwards 1913:**

**Position systématique**

<b>Règne</b>	<b>Animalia</b>
<b>Embranchement</b>	Arthropodes
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Famille</b>	Culicidae
<b>Genre</b>	<i>Uranotaenia</i>

**Espèce** *Uranotaenia unguiculata* **Edwards 1913**

**Description:** Les œufs de cette espèce sont effilés à une extrémité, légèrement élargis et concaves. Le segment VIII de la larve ne porte qu'une seule rangée de dents, aux formes variables néanmoins qui sont implantées sur une plaque sclérifiée. Le siphon développé portant un peigne avec une seule soie insérée distalement, la selle du segment anal forme un anneau complet. L'adulte est un petit moustique (4 mm). Les femelles ne piquent ni l'humain ni les mammifères et semblent autogènes, elle est sans importance médicale (**Schaffner et al., 2001**). L'absence de la frange d'écaille (**Figure 35**) constitue le critère le plus important chez cette espèce avec la couleur sombre du tarsomère 5 de la patte 3.



**Figure 35:** Allula dépourvu de la frange d'écaille d'*Uranotaenia unguiculata* G x1000

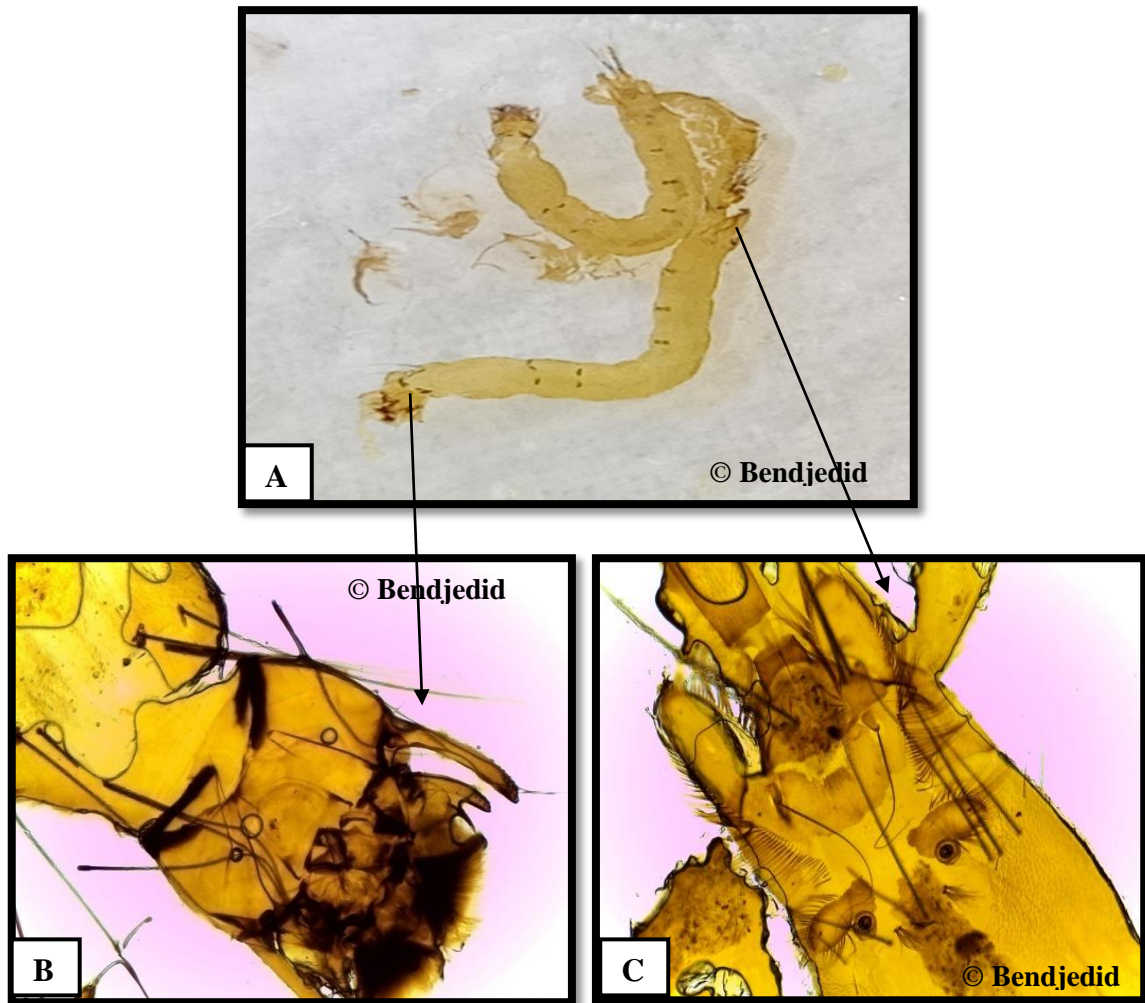
**3.3.1.2. Chironomidae**

***Chironomus plumosus* Linnaeus 1758**

**Position systématique**

<b>Règne</b>	<b>Animalia</b>
<b>Embranchement</b>	Arthropodes
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Diptera
<b>Famille</b>	Chironomidae
<b>Genre</b>	Chironomus
<b>Espèce</b>	<i>Chironomus plumosus</i> <b>Linnaeus 1758</b>

**Description:** Les larves sont souvent dite ver de vase de taille environ 5 mm, d'une couleur caractéristique rouge comme le sang (Présence d'hémoglobine) alors que les adultes sont de couleur verdâtre(**Figure 36**). Les larves comportent trois parties: la capsule céphalique, le thorax et l'abdomen. La capsule céphalique est sclérifiée et très bien dégagée du thorax. Le thorax est subdivisé en trois segments alors que l'abdomen comporte neuf. Le dernier segment abdominal porte au niveau de la partie dorsale une paire de tubercules sétigères, appelés segments pré-anaux (procercus), orné de soies et ventralement deux à trois paires de papilles anales (Tubuli anaux), ce sont des branchies situées autour de l'orifice anal. Cet appareil branchial postérieur est achevé chez quelques larves, par une paire de papilles courtes insérées de façon latérale à l'angle postérieur du septième segment. Le premier segment thoracique et le neuvième segment abdominal contient des pseudopodes, ce sont les organes locomoteurs. Ces pseudopodes sont ornés de crochets qui permettent aux larves de s'agripper.



**Figure 36:** A: Morphologie générale de *Chironomus plumosus* Gx4  
B: Région antérieure (Capsule céphalique) Gx10 C:Région postérieure Gx10

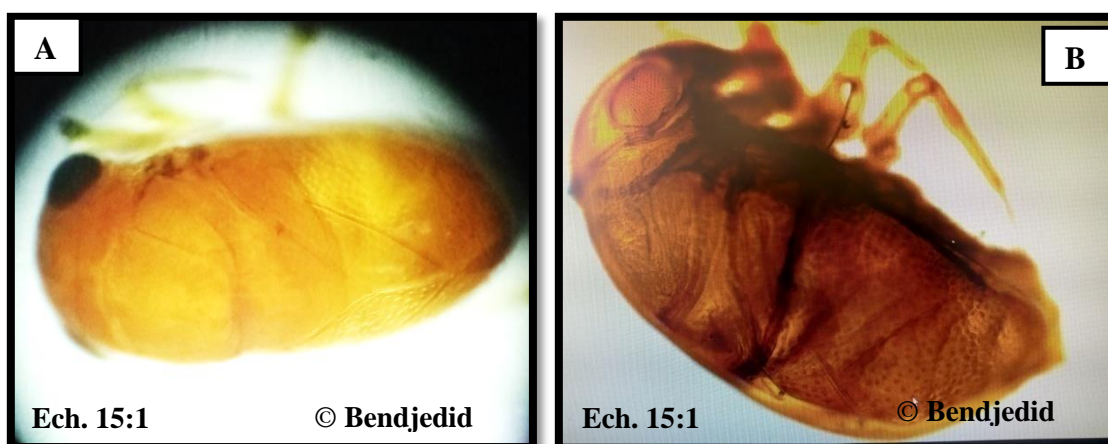
### 3.3.1.3. Hémiptères

#### Espèce 1: *Plea minutissima* Leach 1817

#### Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordre	Hemiptera
Famille	Pleidae
Genre	Plea
Espèce	<i>Plea minutissima</i> Leach 1817

**Description:** Cette espèce à corps fortement convexe auquel la tête et le prothorax sont partiellement fusionné (**Poisson, 1957**). Les antennes formées de 3 articles et les pattes de type ambulatoire avec des prétarses munis d'une paire de griffes. Les tibias et tarses postérieurs sont équipés de deux rangées de soies. Les hémélytres sont très sclérifiés, subtriangulaires avec clavus et corium, seuls, bien définis. Il existe des glandes odorifère et une pigmentation blanchâtre ou grisâtre. Le pronotum et les Hémélytres sont profondément ponctués. Un trait médian ferrugineux sur le vertex, le scutellum est peu ponctué. Parfois une vague tache oblique se situe au niveau de l'extrémité de l'hémélytre (**Figure 37**).



**Figure 37:** Vue générale de *Plea minutissima*  
**A :** Vue dorsale, **B :** Vue de profile de

**Espèce 2: *Micronecta poweri* Douglas & Scott 1869**

**Position systématique**

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Hemiptera
<b>Famille</b>	Micrinectidae
<b>Genre</b>	<i>Micronecta</i>
<b>Espèce</b>	<i>Micronecta poweri</i> Douglas & Scott 1869

**Description:** Cet Hétéroptères de petite taille, d'une longueur de 2 mm quelque peu aplatis dorso-ventralement. Pronotum et hémélytres souvent ornés de lignes plus ou moins régulières, alternativement jaunes et brun noirâtre et le ventre clair. La tête courte large triangulaire et très mobile, recouvrant en partie le pronotum avec de gros yeux à contour triangulaire de couleur foncée (**Figure 38**). Les corises sont proches des notonectes, elles nagent face ventrale vers le bas de manière saccadée. La nage est assurée par la troisième paire de pattes, transformée en palette natatoire. Les corises émettent un son strident assez fort pour être entendu, jusqu'à plusieurs mètres d'où le nom de la corise chantante. Le son est produit par les mâles à l'aide d'une capsule chitineuse au niveau du pénis, laquelle frotte à haute fréquence sur deux structures latérales également chitineuses (**Anonyme 5**).

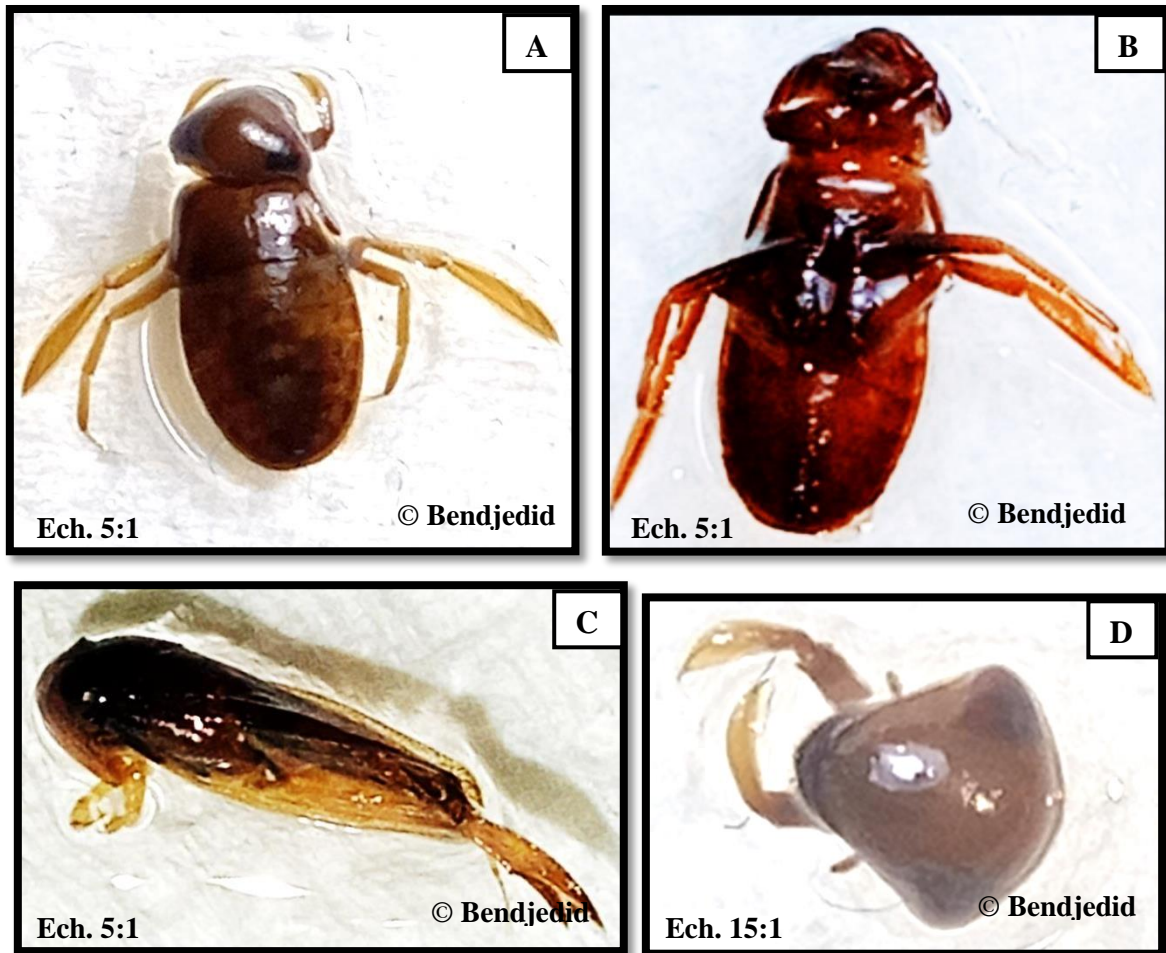


**Figure 38:** Vue générale d'une *Micronecta poweri* (**Anonyme 6**)

**Espèce 3: *Corixa punctata* Illger 1807****Position systématique**

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Hemiptera
<b>Famille</b>	Corixidae
<b>Genre</b>	Corixa
<b>Espèce</b>	<i>Corixa punctata</i> <b>Illger 1807</b>

**Description:** La détermination systématique de cette espèce réalisée selon la clé de **Poisson, (1957)**, dont les caractéristiques sont les suivantes: Pronotum et hémélytres bruns, brillants et lisses. Sur le pronotum une quinzaine de lignes transverses pâles, les premières presque régulières, les autres interrompues. Les Hémélytres parsemés uniformément de tâches pâles en zigzag, partiellement confluentes en lignes transverses à l'extrême de la base du clavus. 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 fémurs postérieurs présentant sur leur face externe, apicale, une rangée de courtes épines groupées par deux, trois ou quatre. Les griffes des pattes intermédiaires sont plus courtes que les tarse. Le corps est de couleur sombre, avec de longues pattes postérieures servant à nager à la surface de l'eau; ces puissantes pattes sont recouvertes de micro-poils les aident à se propulser très rapidement (**Figure 39**).



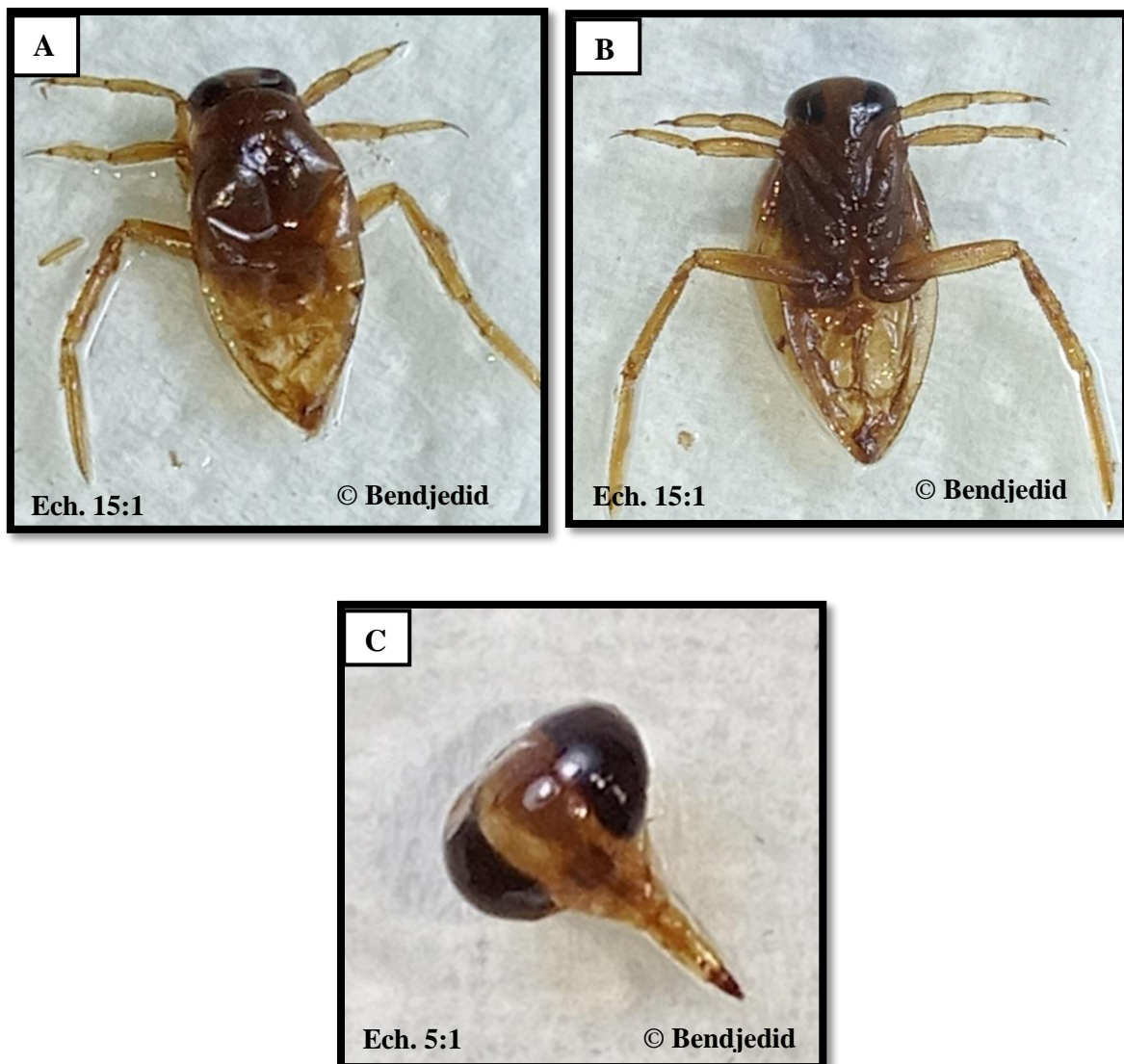
**Figure 39:** Morphologie générale de *Corixa punctata*  
**A:** Vue dorsale **B:** Vue de ventrale **C:** Vue de profile.  
**D:** Structure de la tête avec la première paire patte.

**Espèce 4: *Notonecta glauca* Linnaeus 1758**

**Position systématique**

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

**Description:** La systématique de *Notonecta* a été réalisée selon **Poisson (1957)**. Les différents critères spécifiant l'espèce portant sur les Hémélytres jaunâtres, ornementé de petites taches brunes le long de la marge. Le métanotum et la région dorsale de l'abdomen sont de couleur noir. Les ailes postérieures possèdent des nervures brunes à la base. La face ventrale de l'abdomen est presque noire. La tête est un peu convexe; le vertex est court et large en avant. La marge latérale du pronotum est peu concave et légèrement divergentes, l'angle latéral antérieur émoussé, enclave peu l'œil correspondant. Le pronotum est plus foncé que la tête et les élytres (Ailes antérieures durcies) peuvent être une gamme de couleurs beiges. Les yeux sont grands et de couleur rouge foncé. Les adultes mesurent environ 16 mm (**Reynaldi et al., 2011**) (**Figure 41**).



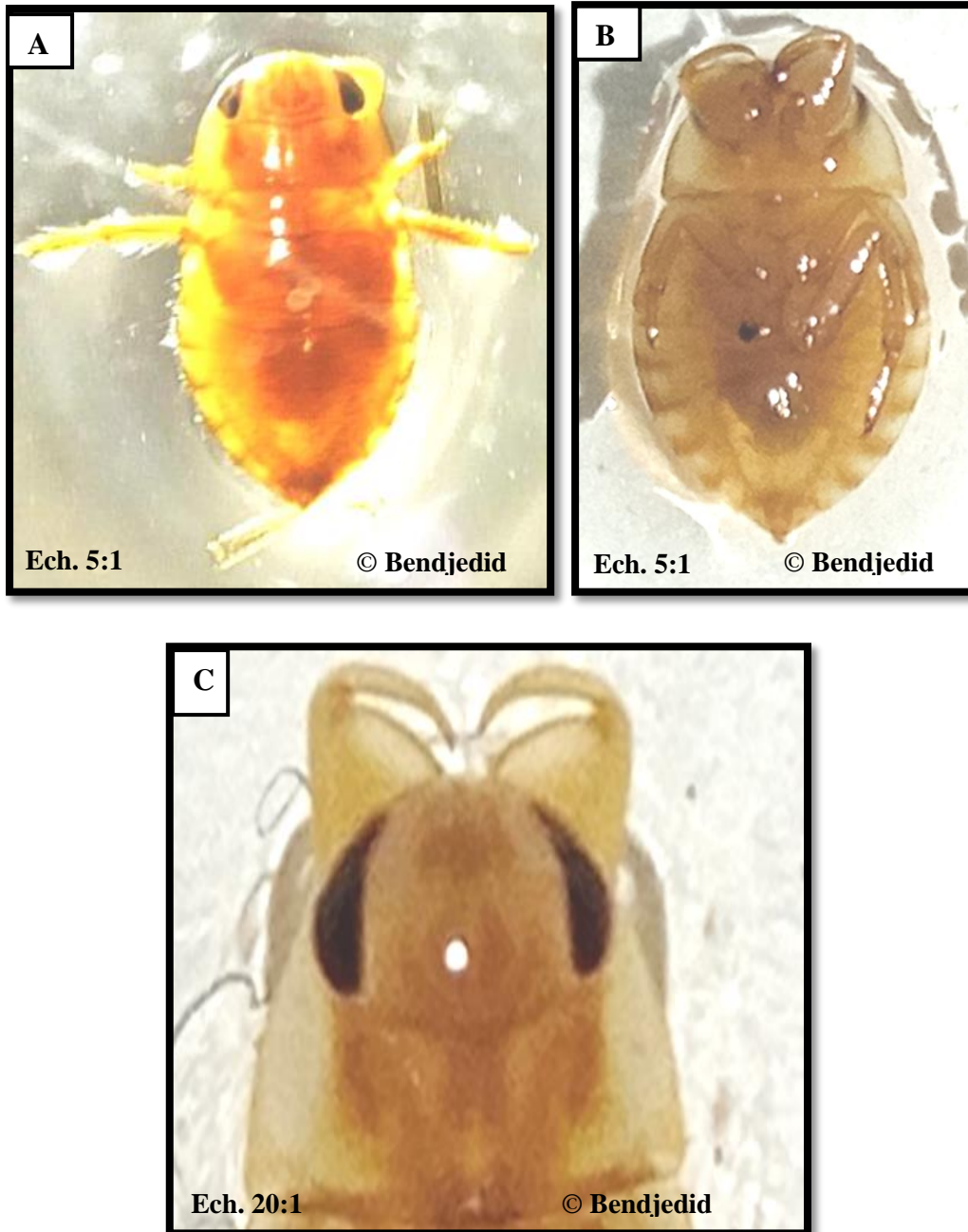
**Figure 41:** Morphologie générale de *Notonecta glauca*.  
A : Vue dorsale. B : Vue ventrale C: Structure de la tête.

**Espèce 5 : *Naucoris maculatus* Fabricius 1798**

**Position systématique**

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

**Description:** Cette espèce se caractérise par un élargissement considérable de l'abdomen, surtout chez la femelle (**Figure 42**). Au niveau de la tête, deux lignes fines médianes de points bruns, confluentes antérieurement dont chacune s'élargissant en une tache quadrangulaire brune et au contact de la partie postérieure du vertex. De part et d'autre, deux autres taches qui convergent sur les côtés vers le milieu du vertex. Le disque du pronotum est légèrement rugueux, ses marges larges de couleur jaune flave, sans taches, bornées intérieurement d'une bande brune. Le scutellum et l'hémélytres possèdent des taches confluentes et nébuleuses, de couleur brun olivâtre. Les *Naucoris maculatus* sont de très bons nageurs, timides qui se cachent dans les plantes aquatiques. En baignade ressemblent à des coléoptères aquatiques, par un dos sombre, une face inférieure aux reflets argentés. Les pattes postérieures ont de larges franges de poils qui donnent plus de puissance pour la natation. En outre les griffes de l'espèce ne sont pas creuses, utilisant son bec de rasoir, pour poignarder la proie, alors la salive toxique digestive est injectée dans la plaie, puis les parties du corps dissous sont aspirés. La ponte des œufs s'effectue isolément sur les végétaux aquatiques immergés (**Poisson, 1957**).



**Figure 42 :** Morphologie générale de *Naucoris maculatus*  
**A:**Vue dorsale. **B:** Vue ventrale. **C:**Structure de la tête.

**Espèce 6: *Ranatra linearis* Linnaeus 1758****Position systématique**

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Hemiptera
<b>Famille</b>	Nepidae
<b>Genre</b>	<i>Ranatra</i>
<b>Espèce</b>	<i>Ranatra linearis</i> <b>Linnaeus 1758</b>

**Description:** Son corps mesure 30 à 40 mm et on rajoute la longueur du siphon respiratoire caudal mesurant environ 25 à 35 mm. Le corps très long et fin, de couleur brune. Les pattes sont longues et grêles (**Figure 43**). La Hanche mesure 7 à 8 mm. Les tergites abdominaux sont rouges. La tête est petite et triangulaire, est un peu moins étroite que le prothorax. Les yeux globuleux et bien visibles. Les antennes sont courtes et composées de trois articles. Le rostre est court du genre piqueur-suceur. Le prothorax est très long fin et cylindrique. Les pattes antérieures sont préhensiles servant à la prédation. Les hanches très bien développées et le fémur renflé est pourvu d'une rainure. La gouttière de la cuisse contient de petites excroissances, pour empêcher l'échappement de la proie lors de la capture. Le fémur antérieur plus long que le tibia. Le tarse composé d'un seul article dépourvu de griffes. La ranatre n'est pas une bonne nageuse car ses pattes intermédiaires et postérieures sont dépourvues de soies natatoires, ces pattes servent à grimper sur la végétation aquatique. (**Sohier & Corolla, 2020**).



Figure 43: Aspect générale de *Ranatra linearis*.

### 3.3.1.4. Coléoptères aquatiques

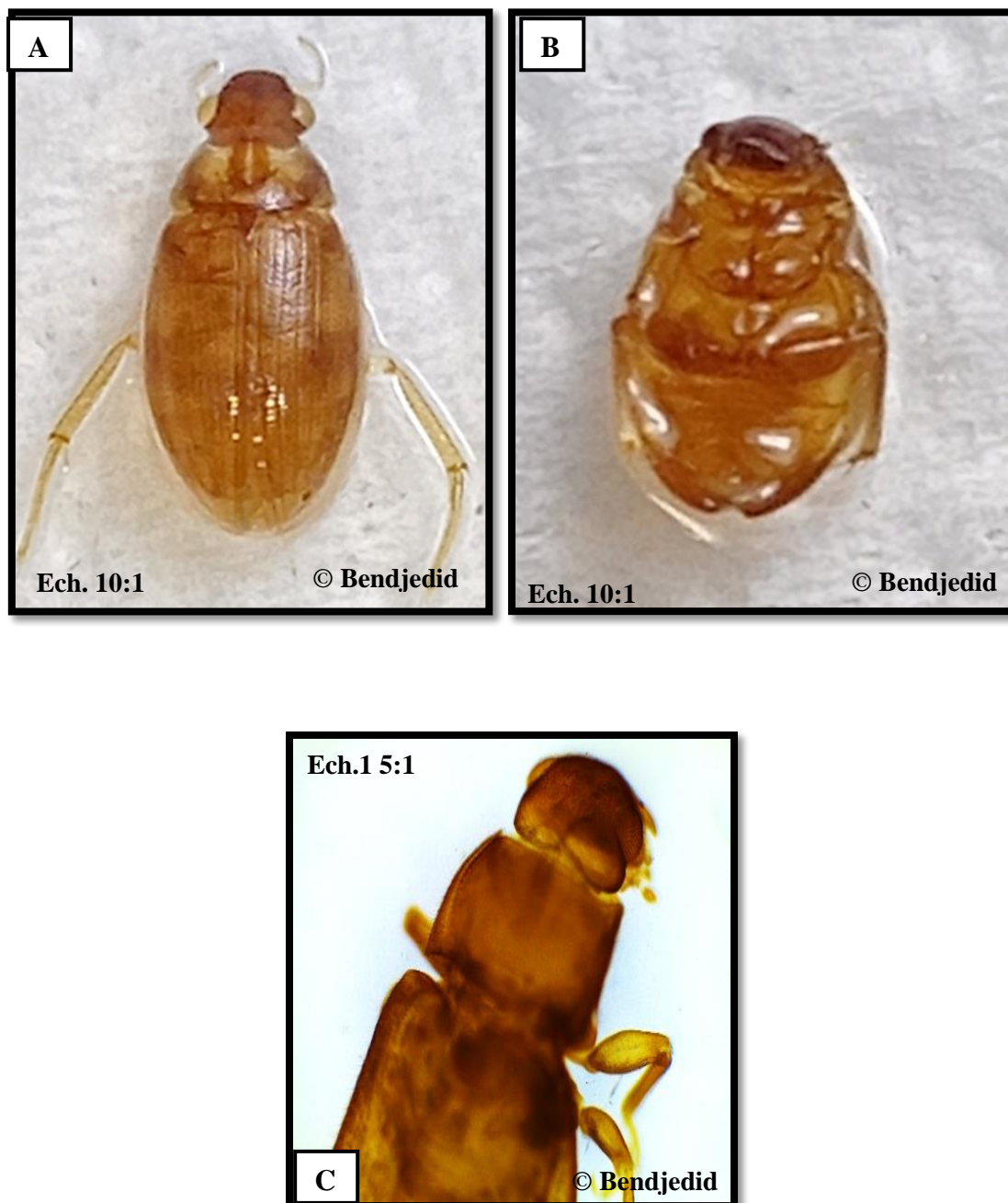
**Espèce 1:** *Berosus luridus* Linnaeus1761

#### Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordre	Coleoptera
Famille	Hydrophilidae
Genre	Berosus
Espèce	<i>Berosus luridus</i> Linnaeus1761

**Description:** Les Coléoptères du genre *Berosus* sont particulièrement des espèces de taille moyenne. Avec un corps allongés et fortement convexe, constituant les caractéristique de la famille des Hydrophilidae. Se sont de forts nageurs munis de longues soies aux pattes. Le corps est d'une longueur de 4,5 mm d'un jaune roux en dessus et d'un brun noirâtre en

dessous. Ses palpes, ses antennes et ses pattes sont de couleur jaune un peu roussâtre. La tête est d'un vert brillant, ornementée de taches cuivreuses sur le front. Au milieu de son corselet il présente une tâche verte de forme ovale, laissant voir la ligne du milieu, et les élytres sont marqués par quelques tâches. Le corps est couvert de points enfoncés nombreux sur la tête, sur le corselet un peu moins, et plus rares sur les élytres, où ils se disposent en séries presque régulières, séparées par des stries profondes où se voient des points très rapproché (**Figure 44**).



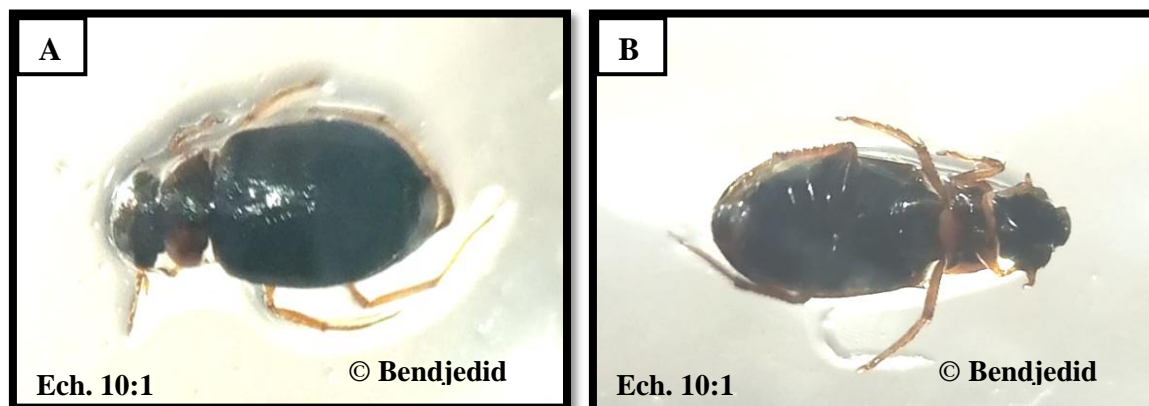
**Figure 44:** Aspect générale de *Berosus luridus*.  
A: Vue dorsale. B: Vue ventrale. C: Vue dorsale antérieure.

**Espèce 2: *Berosus affinis* Brullé 1835**

**Position systématique**

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

**Description:** Le corps brunâtre présente des taches ou de macules sombres sur leur pronotum ou sur les élytres (**Figure 45**). La tête est sombre, avec des reflets vert métallisé. Le pronotum est jaune à brun, en plus de deux grandes taches en forme de larges rayures métalliques avec un reflet vert. Les élytres contenant des taches, légèrement sombre. La quille méso sternale est très basse, principalement fine dentée, facilement distinguable par son bas mésosternal la quille et les adéages (Organe reproducteur des insectes mâles) sont plus longs. Ils sont de forts nageurs dotés de longues soies sur les pattes (**Aouad, 1998**).



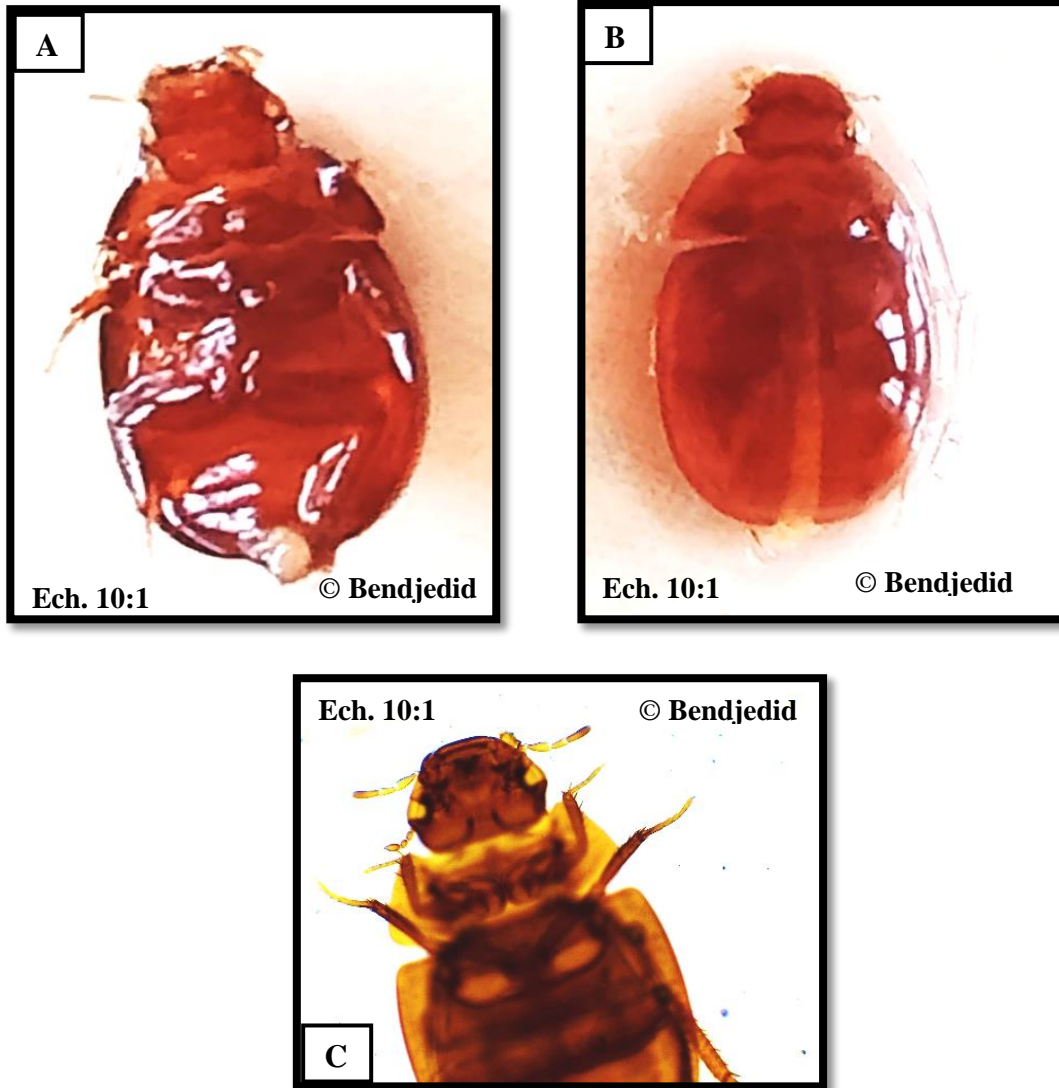
**Figure 45:** Morphologie générale de *Berosus affinis*.  
**A :** Vue dorsale, **B:** Vue ventrale

**Espèce 3: *Anacaena globulus* Paykull 1798**

**Position systématique**

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Coleoptera
<b>Famille</b>	Hydrophilidae
<b>Genre</b>	<i>Anacaena</i>
<b>Espèce</b>	<i>Anacaena globulus</i> <b>Paykull 1798</b>

**Description:** *Anacaena globulus* est un petit Hydrophilidae aquatique de taille comprise entre 2,2 et 3,3 mm (adulte) de couleur noir brillant, privé de reflet métallique, éclairci sur les côtés. De forme ovale, court et convexe avec un contour presque continu entre pronotum et élytres, ceux-ci profondément ponctués, sans rangées de points, avec une strie suturale abrégée en avant. Les palpes maxillaires sont roux, au sommet l'article apical assombri; apophyse mésoventrale réduite à un petit bourrelet imprécis en avant des hanches intermédiaires. La région non pubescente des métafémurs est oblique, limitée au tiers apical et abritant le bord postérieur du fémur jusque vers le tiers basal des tarses de 5 articles (Anonyme7) (Figure 46).



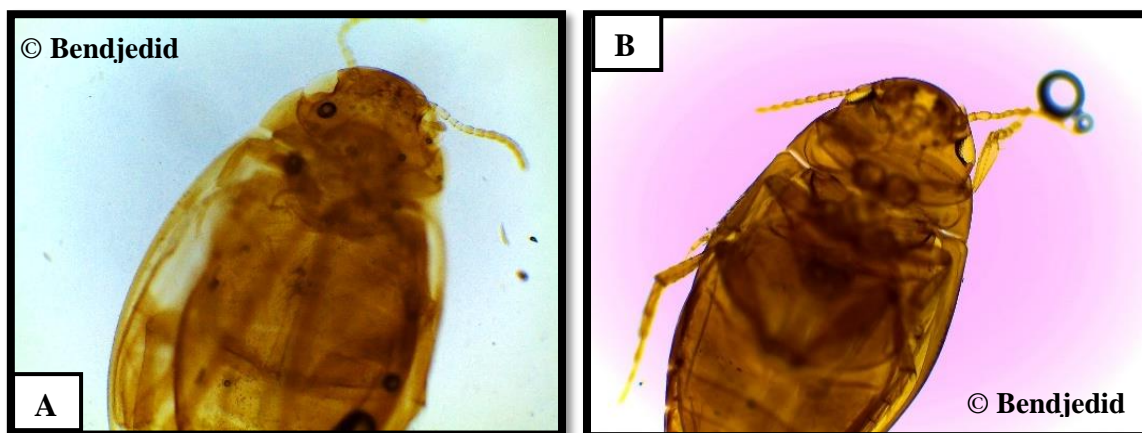
**Figure 46:** Forme générale d'*Anacaena globulus*.  
A: Vue ventrale B: Vue dorsale C: Vue ventrale antérieur

**Espèce 4: *Laccophilus minutus* Linnaeus 1758**

**Position systématique**

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Coleoptera
<b>Famille</b>	Dytixidae
<b>Genre</b>	<i>Laccophilus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Laccophilus minutus</i> <b>Linnaeus1758</b>

**Description:** Le corps est d'une longueur comprise entre 4,2-4,8 mm. D'une forme ovale, à peine atténué en arrière, avec une extrémité arrondi, une large tête, d'un testacé verdâtre, la couleur des yeux est noir glauque; avec des antennes et des palpes jaunâtres. Des angles antérieurs peu saillants, et peu aigus, les postérieurs sont presque droits. Les élytres sont assez ovalaires, légèrement atténuées en arrière, arrondies et déprimées à l'extrémité, elles sont de couleur brun verdâtre, avec de petites taches irrégulières situées le long du bord externe et à la base, ces taches sont un peu plus pâles que le fond, à peine visibles et souvent disparaissent complètement; elles offrent encore en arrière, le long du bord externe, des poils blonds sortant de petits points foncés; la partie réfléchiée est verdâtre. La partie inférieure du corps est d'un testacé plus ou moins rougeâtre avec des pattes vertes plus ou moins claires (**Aubé, 1838**) (**Figure 47**)



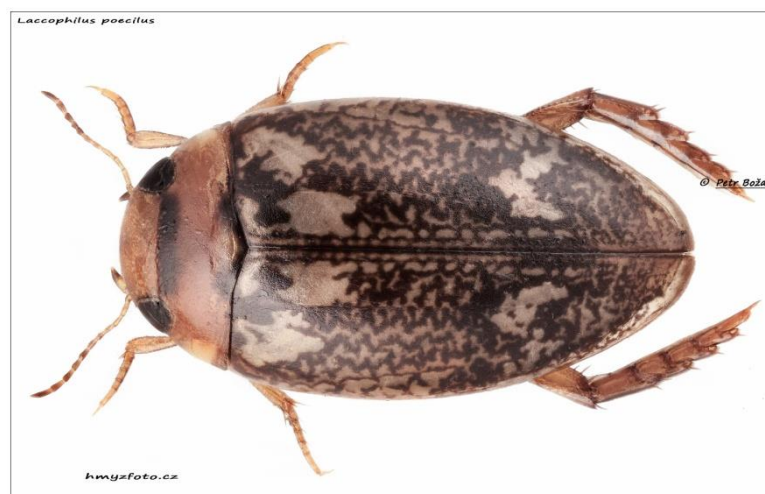
**Figure 47:** Structure générale de *Laccophilus minutus*.  
**A:** Vue dorsale Gx10 **B:** Vue ventrale Gx10

**Espèce 5: *Laccophilus poecillus* Klug 1834**

**Position systématique**

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Coleoptera
<b>Famille</b>	Dytixidae
<b>Genre</b>	<i>Laccophilus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Laccophilus poecillus</i> <b>Klug 1834</b>

**Description:** Le corps est de 4 mm de longueur, largement ovale, atténuée à peine en arrière, fauve roussâtre, avec un pronotum munie au bord antérieur d'une tache transversale brune noir, et d'une seconde tâche double (bilobée) situé à la base. Les élytres ornés d'irrorations ou marbrures brunes qui rendent le bord latéral indemnes, ainsi une bande sus-basale fort irrégulière, une large lunule post-médiane (**Bégimbart, 1895**) (**Figure 48**).



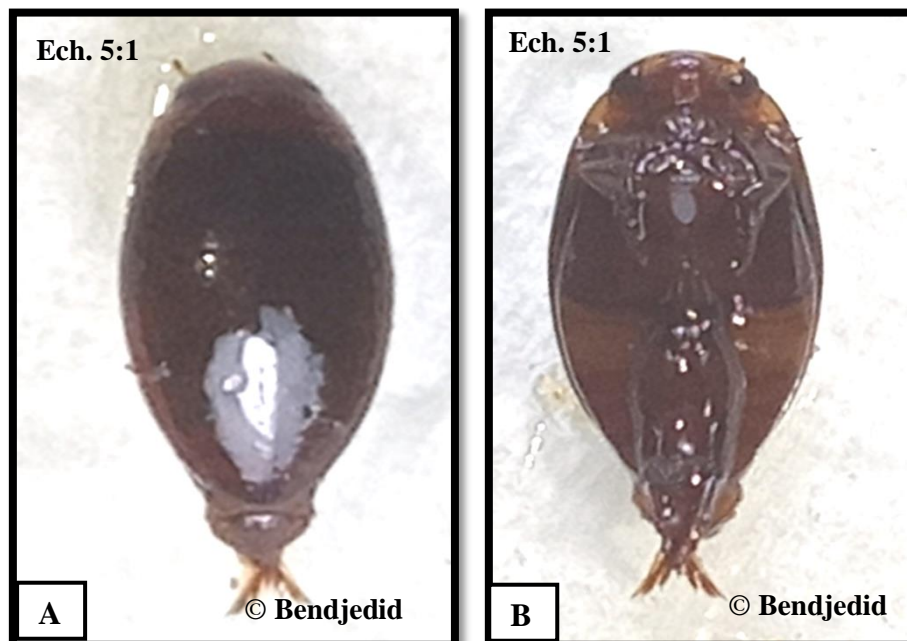
**Figure 48:** Vue générale de *Laccophilus poecillus* (**Anonyme 8**)

**Espèce 6: *Colymbetes fuscus* Linnaeus1758**

**Position systématique**

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Coleoptera
<b>Famille</b>	Dytixidae
<b>Genre</b>	<i>Colymbetes</i>
<b>Espèce</b>	<i>Colymbetes fuscus</i> <b>Linnaeus1758</b>

**Description:** Un grand Coléoptère plongeur (L : 17 mm). Bien que cette espèce puisse sembler sombre, les élytres sont brun paille clair et, en y regardant de près, ils présentent un réseau de rainures transversales noires. Il présente souvent des reflets irisés verts. Le dessous du Coléoptère est d'un brun plus foncé. La tête et le bouclier du cou sont également bruns (Anonyme 9)(Figure 49).



**Figure 49 :** Vue générale de *Colymbetes fuscus*.

**A:**Vue dorsale **B:**Vue ventrale

**Espèce 7: *Ranatus exsoletus* Forster 1771**

**Position systématique**

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordre</b>	Coleoptera
<b>Famille</b>	Dytixidae
<b>Genre</b>	<i>Ranatus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Ranatus exsoletus</i> <b>Forster 1771</b>

**Description:** La longueur du corps est de 9,0 à 10,2 mm. Facilement identifiable les élytres ont une microsculpture irrégulière faible qui tend à s'allonger et qui est souvent faible vers la base. Tête noire avec des taches pâles sur le vertex et devant les yeux. Des spécimens largement sombres ou pâles peuvent être observés. Les yeux sont excisés à l'avant. Les palpes sont pâles mais toujours assombris à l'extrémité. Les antennes sont pâles avec les segments 5-11 foncés apicalement. Le pronotum de couleur pâle avec une bande foncée au centre de la base et parfois aussi derrière le bord apical, ces bandes tendent à être diffuses ou indistinctes. Le scutellum est de couleur sombre, comme la cuticule qui l'entoure. Les élytres sont pâles avec de nombreuses petites marques sombres qui s'étendent presque jusqu'au bord latéral. Celles-ci varient de sorte que les spécimens peuvent paraître très sombres de surface lisse et sans stries. La surface ventrale est d'un brun pâle ou brun orangé avec tout au plus les marges meso- et métasternales et une tache diffuse vers les marges latérales des sternites noires. Les pattes sont d'un brun pâle (**Anonyme 10**). Les mâles se distinguent des femelles par la présence de soies pâles sur les faces inférieures des premiers et troisièmes segments des tarsi antérieurs et moyens. De plus, les griffes antérieures et médianes du mâle sont souvent très développées (**Foster &Friday, 2011**) (**Figure 50**).



Figure 50: Vue générale de *Ranatus exsoletus* (Anonyme 11).

### 3.3.1.5. Odonates

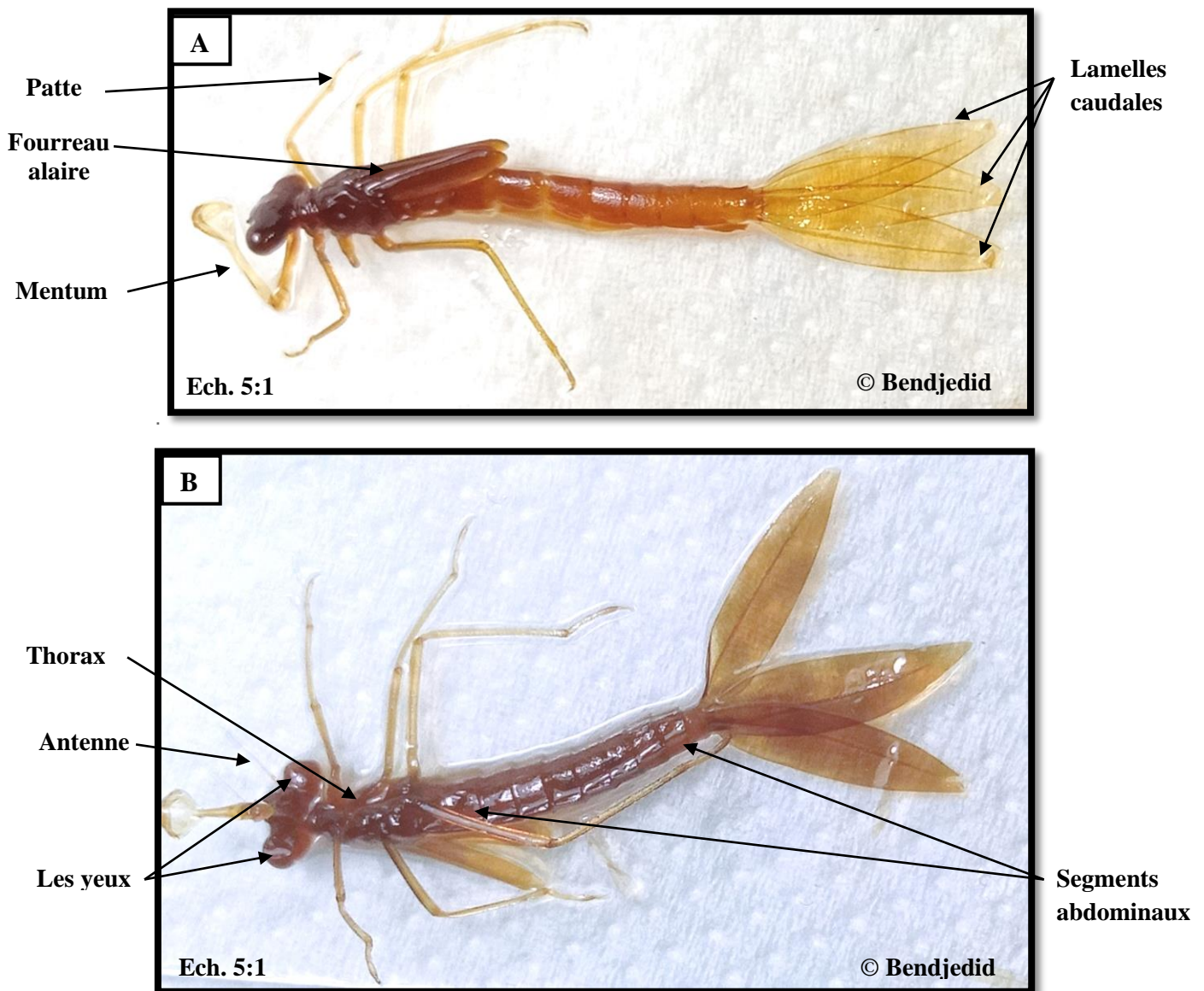
#### *Lestes virens* Charpentier 1825

#### Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordre	Odonata
Famille	Lestidae
Genre	<i>Lestes</i>
Espèce	<i>Lestes virens</i> Charpentier 1825

**Description :** Les larves de la famille des Lestidae se caractérisent par une petite fissure au milieu du bord antérieur du mentum. Le masque est très long et étroit, « pétiolé », chez les espèces du genre *Lestes*, le bout des lamelles caudales, est arrondi. Elles vivent dans les eaux stagnantes à lentes

et sont de taille moyenne, elles mesurent jusqu'à 32 mm (dont 8 à 10 mm pour les lamelles). La durée de vie est de quelques mois, pas d'hivernage de couleur très variable, brun-jaune (Soihier *et al.*, 2021). L'adulte est caractérisé par son occiput bicolore ses ptérostigmates avec au plus, le tiers externes plus clair. Les mâles ont le cerque relativement court, rectiligne et à extrémité arrondie. Au niveau du thorax, se trouve un trait clair dorso-latéral des sutures thoraciques humérales larges, atteignant la base des ailes (Anonyme12) (Figure 51).



**Figure 51:** Aspect générale de la larve de *Lestes virens*

**A :** Vue dorsale. **B:** Vue ventrale.

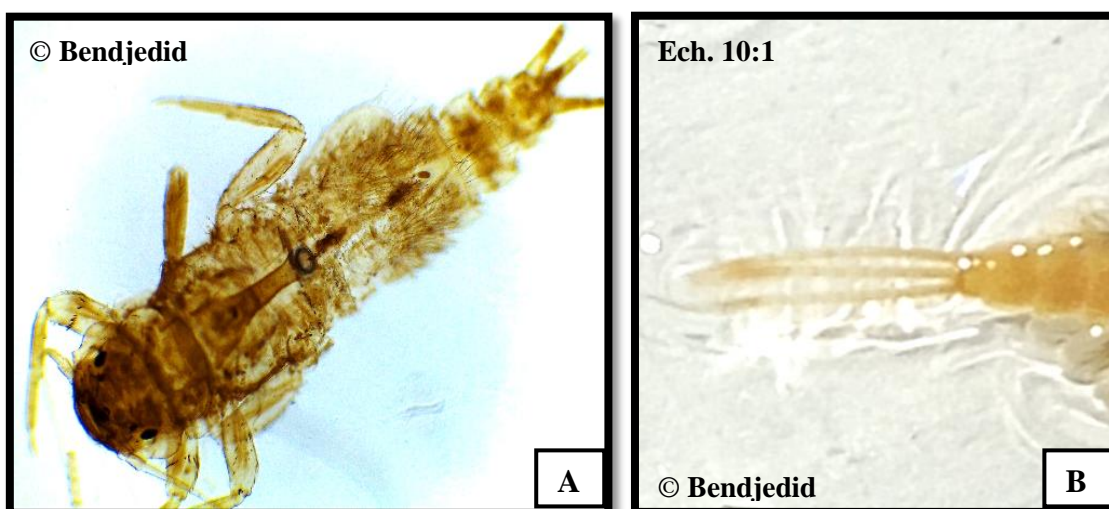
### 3.3.1.6. Ephémères

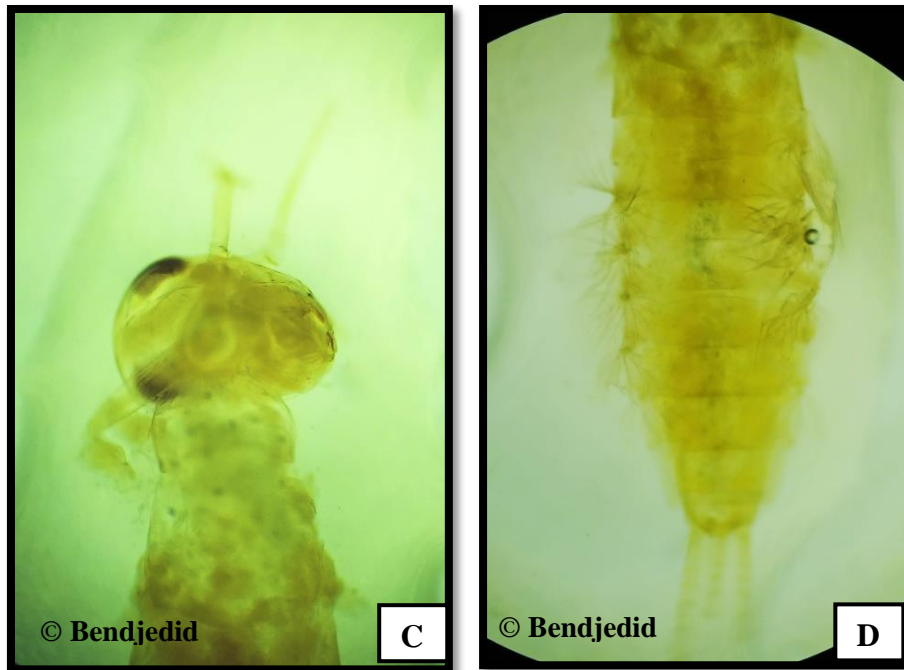
#### *Baetis pavidus* Grandi 1949

#### Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordre	Ephemeroptera
Famille	Baetidae
Genre	Baetis
Espèce	<i>Baetis pavidus</i> Grandi 1949

**Description:** Cette espèce possède des canines des mandibules droite et gauche non fusionnées et ne formant pas une dent en forme de lame. Un bord costal des branchies dentelé mais sans setae en forme d'épine ; un bord distal des tergites avec des épines triangulaires ou quadrangulaires mais sans spatules. Remarques. Comme pour le genre, le sous-genre nominal *Baetis* est principalement défini par l'absence de caractères uniques (pièces buccales et pattes non modifiées *pavidus* (Grandi, 1949) (Figure 52).





**Figure 52:** A: Morphologie générale de *Baetis pavidus* Gx4. B: Cerques. C: Partie antérieure Gx10. D : Partie postérieure avec branchies Gx10.

### 3.3.2. Les Arachnidiae (Hydracariens)

#### 3.3.2.1. *Piona alpicola* Neuman 1880

##### Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Arachnida
Ordre	Trombidiforme
Famille	Pionidae
Genre	Piona
Espèce	<i>Piona alpicola</i> Neuman 1880

**Description:** Le corps de l'adulte est d'environ 1,4 mm de longueur, de forme ovale un peu tronquée au niveau de l'extrémité postérieure, de couleur orange vive et des yeux bruns foncés. Le palpe épais à la base et les coxa sont bien écartés. On trouve chez les femelles, la

région génitale particulière portant 12 acetabula de part et d'autre de l'orifice génital. Les jambes sont équipées de grand nombre de soies, particulièrement le cinquième segment (tibia) de la troisième jambe. Les œufs pondus en rangées de façon ordonnée qui contenant généralement de 5 à 200 œufs environ (**Figure 53**).



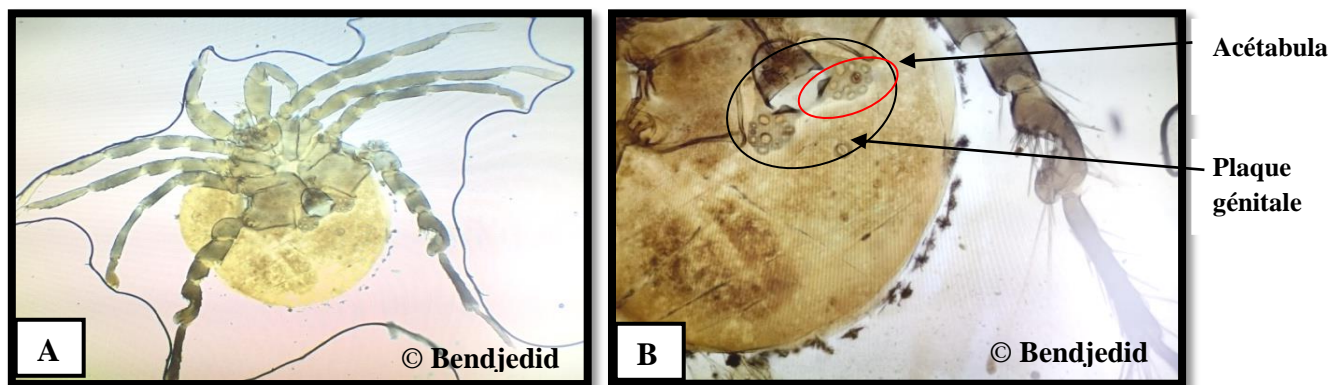
**Figure 53** : Vue ventrale de *Piona alpicola* Gx4 (**Anonyme 13**).

### 3.3.2.2. *Piona uncata* Koenike 1888

#### Position systématique :

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Arachnida
<b>Ordre</b>	Trombidiforme
<b>Famille</b>	Pionidae
<b>Genre</b>	<i>Piona</i>
<b>Espèce</b>	<i>Piona uncata</i> <b>Koenike 1888</b>

**Description :** Le corps est de forme sphérique, de couleur verte à jaune ornés de taches noires, de taille variant entre 1 et 3 mm, les yeux se situent dans la région dorsale antérieure du corps et sont séparés. Cette espèce possède des coxae qui spécifient le genre de *Piona*, par leur disposition serrée du côté de la partie antérieure de la face ventrale. La quatrième paire de coxae est de forme triangulaire, pointue vers le bas. D'une couleur marronne, les pattes sont équipées de nombreuses soies. La plaque génitale est particulière, et le nombre d'acétabula est de douze à treize situés dans deux plaques disposées de part et d'autre de l'orifice génital (l'opistosoma) (**Figure 54**). La famille des Pionidae est considérée parmi les prédateurs voraces de larves de moustiques (**Smith, 1983 ; Peyrusse & Bertrand, 2001**).



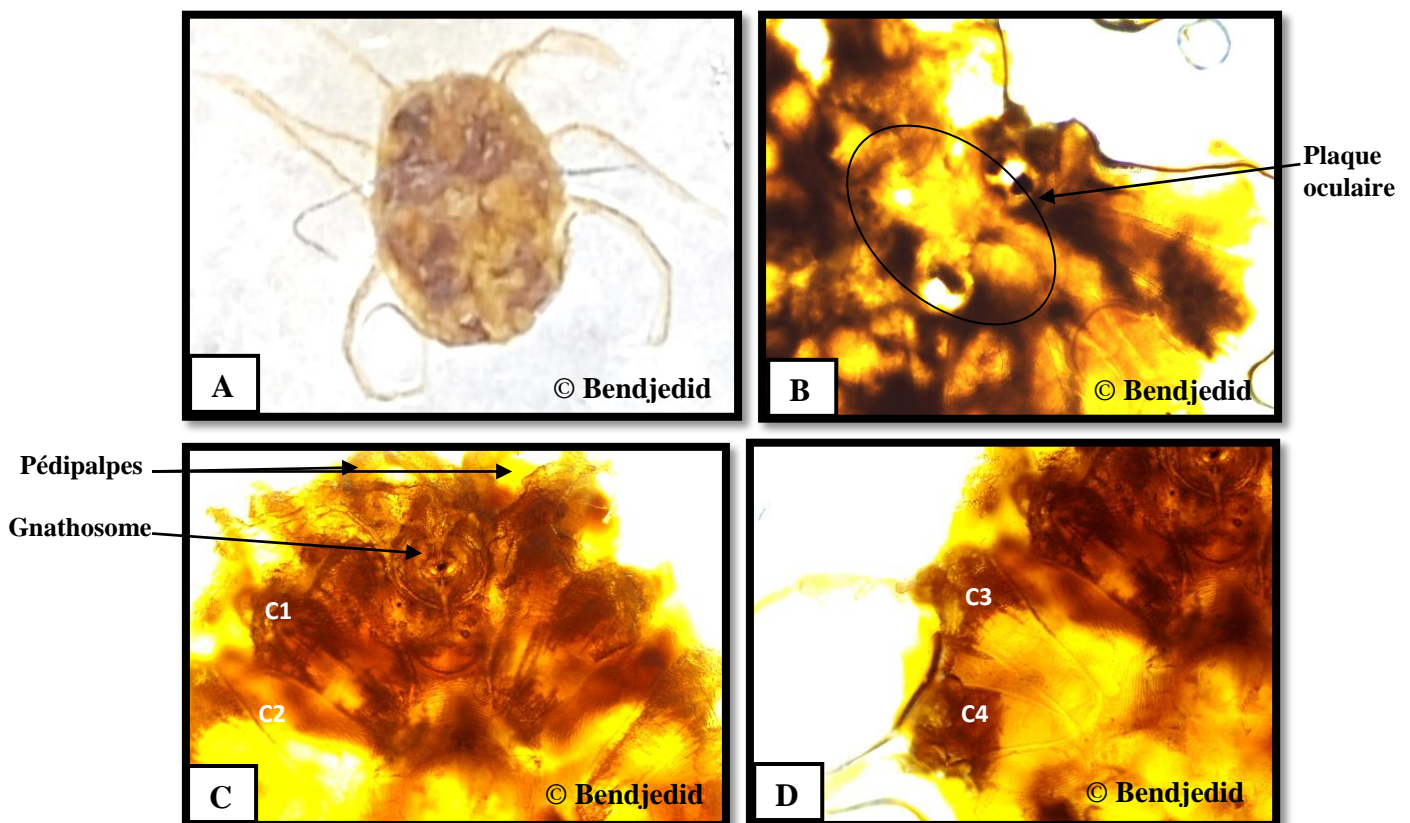
**Figure 54:** *Piona uncata*  
**A:** Vue ventrale Gx4. **B:** plaque génitale de Gx10.

### 3.3.2.3. *Eylais hamata* Koenike 1897

#### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Arachnida
<b>Ordre</b>	Trombidiforme
<b>Famille</b>	Eylaidae
<b>Genre</b>	Eylais
<b>Espèce</b>	<i>Eylais hamata</i> <b>Koenike 1897</b>

**Description:** Parmi les grandes espèces d'hydracariens, la femelle peut atteindre 7 mm de longueur. Ils sont spécifiés par leur couleur rouge brune dû à la présence des caroténoïdes (Czeczuga & Czerpabk, 1968). Le pont oculaire d'*Eylais hamata* est restreint et ça longueur dépasse la largeur de la capsule de l'œil (environ la moitié de la capsule), des sinus non régulières entours se pont, avec deux soies situées sur les deux extrémités du pont approximativement des capsules. Généralement la femelle est plus grande que le mâle, ainsi, la forme de la plaque oculaire peut différencier les deux sexes. La plaque génitale est dépourvue de ventouses. Cette espèce se caractérise par une forme particulière des Coxae, dont la première paire est disposé d'une façon encollée à la seconde paire qui est large et dirigé vers l'arrière, les deux dernières coxa se distinguent par un allongement de la quatrième paire donnant la forme d'un triangle. Autre spécificité de cette espèce, présentée par sa dernière paire de patte qui est plus longue par rapport aux autres paires, lui offrant une locomotion propre. Les paires de pattes sont garnies de soies natatoires (Figure 55).



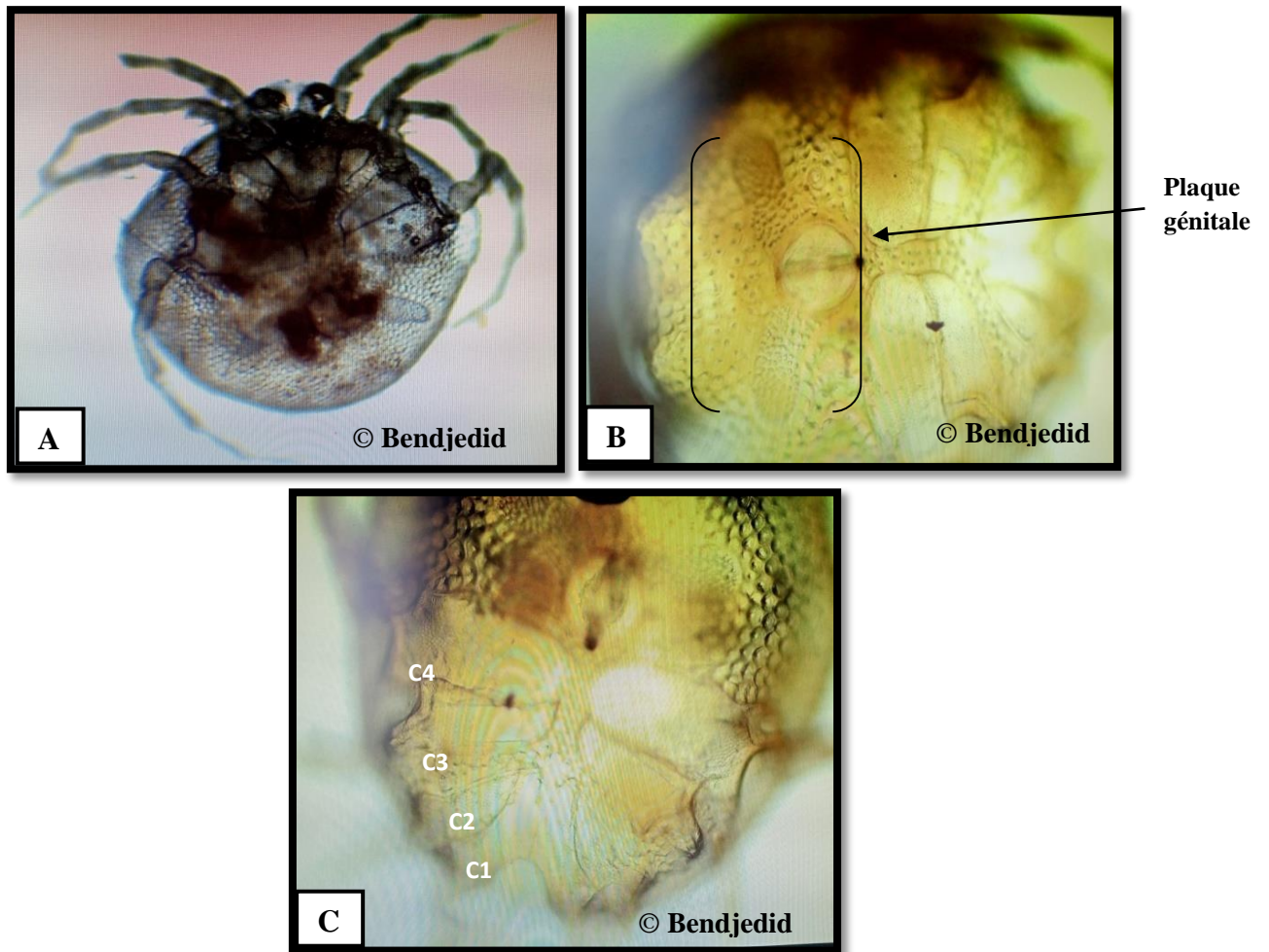
**Figure 55 :** Caractéristiques d'*Eylais hamata*,  
**A:** Vue générale Gx4. **B:**Plaque oculaire Gx10.  
**C:** Coxae 1 et 2Gx10. **D:** Coxae 3 et 4Gx10

### 3.3.2.4. *Arrenurus novus* George 1884

#### Position systématique

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Arachnida
<b>Ordre</b>	Trombidiforme
<b>Famille</b>	Arrenuridae
<b>Genre</b>	<i>Arrenurus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Arrenurus novus</i> <b>George 1884</b>

**Description:** Cette espèce est marquée par la présence de carapace dorsale qui recouvre les tiers de l'ensemble du corps; de forme ovale, avec de courts poils sur le deuxième segment du palpe. Les plaques génitales sont longues et portent des acetabula distinctes. Concernant les mâles, la partie postérieure présente un pétiote spécifique (**Figure 56**).



**Figure 56:** Vue d'ensemble d'*Arrenurus novus*

**A:** Vue ventrale d'une Femelle Gx 4. **B:** La plaque génitale Gx10. **C:** Coxae Gx10.

### 3.3.3. Les Crustacés

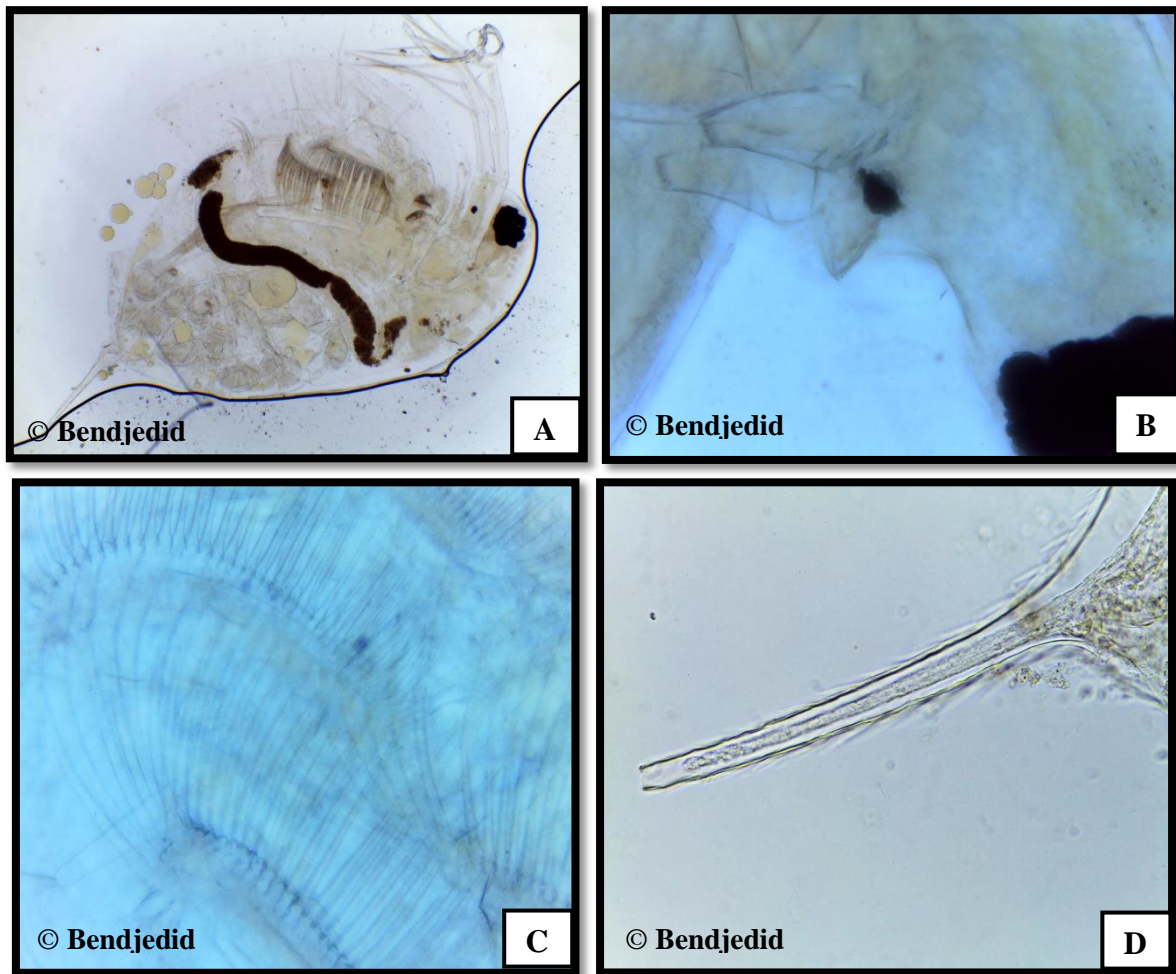
#### 3.3.3.1. Les Cladocères

##### Espèce 1: *Daphnia magna* Straus 1820

##### Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropodes
Sous- Embranchement	Crustacés
Classe	Branchiopodes
Sous -ordre	Cladocères
Famille	Daphnidae
Genre	Daphnia
Espèce	<i>Daphnia magna</i> Straus 1820

**Description:** Cette espèce microcrustacé est largement distribuée dans les eaux douces non courantes des zones climatiques tempérées, avec une taille variant entre 3 et 5 mm à l'âge adulte (**Figure57**). Subdivisée en 2 parties : la tête et le corps. La tête comporte les yeux, la bouche et 2 antennes qui servent à la locomotion. Le corps est protégé par une carapace transparente qui est changée lors des mues. Cette carapace est terminée par une épine apicale. Le tube digestif traverse tout le corps de la daphnie et se termine au niveau de la griffe post-abdominale.



**Figure 57:** Les caractères de *Daphnia magna*  
**A :** Vue d'ensemble Gx 4.      **B :** Région céphalique Gx10.  
**C :** Partie post abdominale Gx10.      **D :** Epine caudale Gx10.

**Espèce 2: *Daphnia similis* Claus 1876**

**Position systématique**

<b>Règne</b>	<b>Animalia</b>
<b>Embranchement</b>	Arthropodes
<b>Sous- Embranchement</b>	Crustacés
<b>Classe</b>	Branchiopodes
<b>Sous -ordre</b>	Cladocères
<b>Famille</b>	Daphnidae
<b>Genre</b>	Daphnia
<b>Espèce</b>	<i>Daphnia similis</i> Claus1876

**Description:** *Daphnia similis* présente les mêmes caractéristiques et les mêmes conditions de vie que celles de *Daphnia magna*. Seulement il existe une structure qui fait la différence entre ces deux espèces, c'est bien la forme de la griffe post abdominale (**Figure 58**).



**Figure 58 :** La griffe de *Daphnia similis* Gx40.

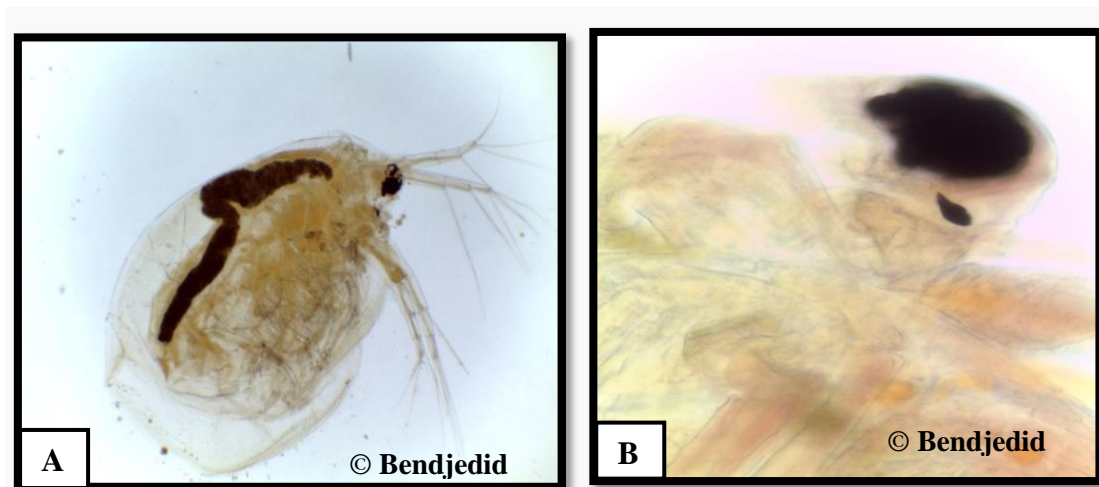
### **Espèce 3 : *Simocephalus vetulus* Müller 1776**

#### **Position systématique**

<b>Règne</b>	<b>Animalia</b>
<b>Embranchement</b>	Arthropodes
<b>Sous- Embranchement</b>	Crustacés
<b>Classe</b>	Branchiopodes
<b>Sous -ordre</b>	Cladocères
<b>Famille</b>	Daphnidae
<b>Genre</b>	Simocephalus
<b>Espèce</b>	<i>Simocephalus vetulus</i> <b>Müller 1776</b>

**Description:** Le Front est arrondi; l'ocelle très allongé comme étiré ; griffe distale du post-abdomen munie d'une rangée de fines soies réparties sur toute la longueur de la griffe (**Figure 59**). 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, se déplacent peu en eau libre, c'est une espèce commune (Amoros, 1984).



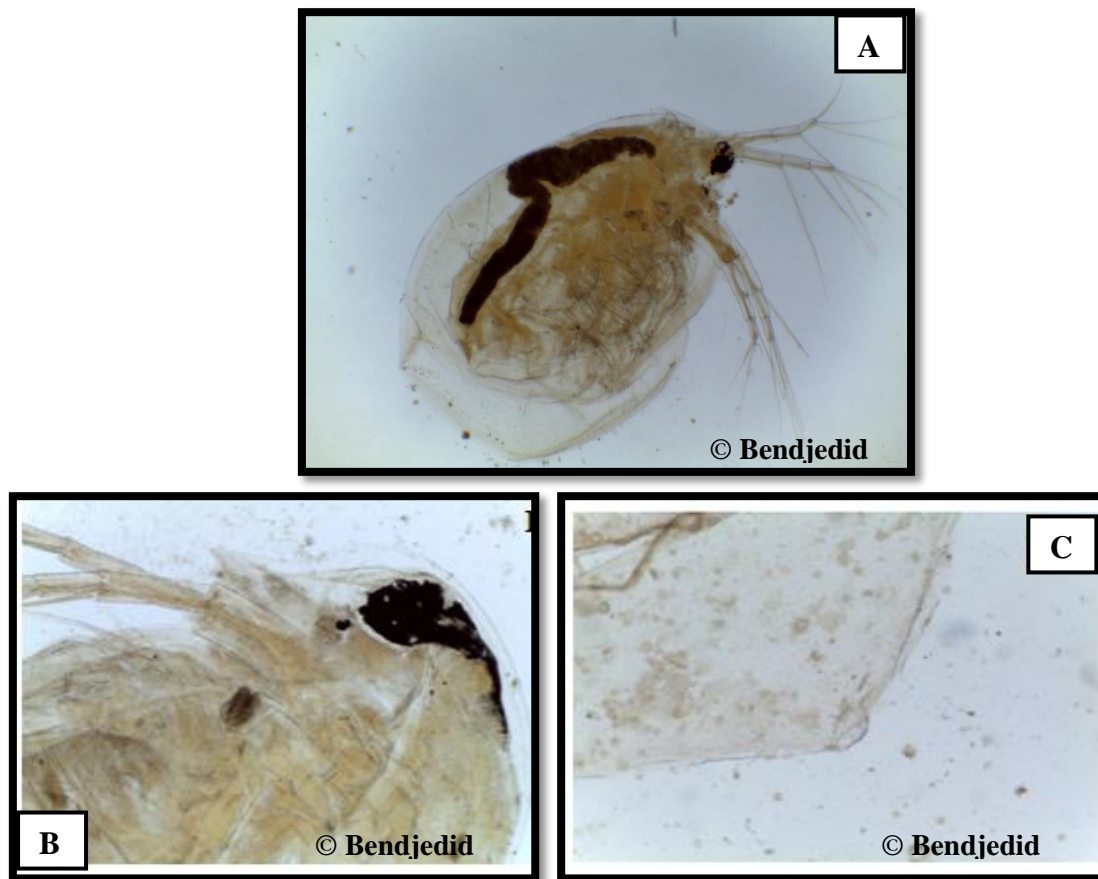
**Figure 59:** Caractère de *Simocephalus vetulus*  
**A :** Vue générale Gx10    **B :** Ocelle étirée Gx40.

#### *Espèce 4: Simocephalus expinosus koch 1841*

##### Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropodes
Sous- Embranchement	Crustacés
Classe	Branchiopodes
Sous -ordre	Cladocères
Famille	Daphnidae
Genre	Simocephalus
Espèce	<i>Simocephalus expinosus koch 1841</i>

**Description:** Le front est arrondi, sans épine ; l'ocelle rhomboidal. La griffe distale du post-abdomen est pourvue d'une rangée de fines soies réparties sur toute au long de la griffe, et d'une série de soies plus fortes formant comme un peigne à la base de la griffe (**Figure 60**).L'angle dorso-postérieur de la carapace est de forme arrondi. Leur biotope favorable de petites dimensions, riches en macrophytes comme les étangs, mares, marais et ils sont très rares dans les eaux courantes, oligotrophes ou très acides (Amoros, 1984).



**Figure 60** : les caractères de *Simopcephalus expinosus*

**A:** Vue d'ensemble Gx4 **B:** Région céphalique. Gx10 **C:** Partie post abdominale Gx10

### *Cyclops fuscus* Jurine 1820

#### Position systématique

<b>Règne</b>	<b>Animalia</b>
<b>Embranchement</b>	Arthropode
<b>Sous- Embranchement</b>	Crustacés
<b>Classe</b>	Maxillopoda
<b>Famille</b>	Cyclopidae
<b>Genre</b>	Cyclops
<b>espèce</b>	<i>Cyclops fuscus</i> <b>Jurine 1820</b>

**Description:** Les antennes sont moyennement longues (**Figure 61**), composées de 10 à 17 articles, sans dépasser la longueur du tronc. Les pattes sont rudimentaires pour les deux sexes, Les deux antennes pouvant se couder chez le mâle. Les deux sacs ovigères chez la

femelle facilite la détermination, basée sur la forme du réceptacle séminal, visible par transparence dans l'anneau génital. L'article terminal de l'antennule est dentelé, plus finement dans sa moitié terminale. La furca porte 4 soies bien développées. La coloration est assez vive, brun-rouge ou verte. Les œufs sont 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 (Aka-Koffi, 2003).



**Figure 61** : Femelle d'un *cyclops fuscus* G x4.

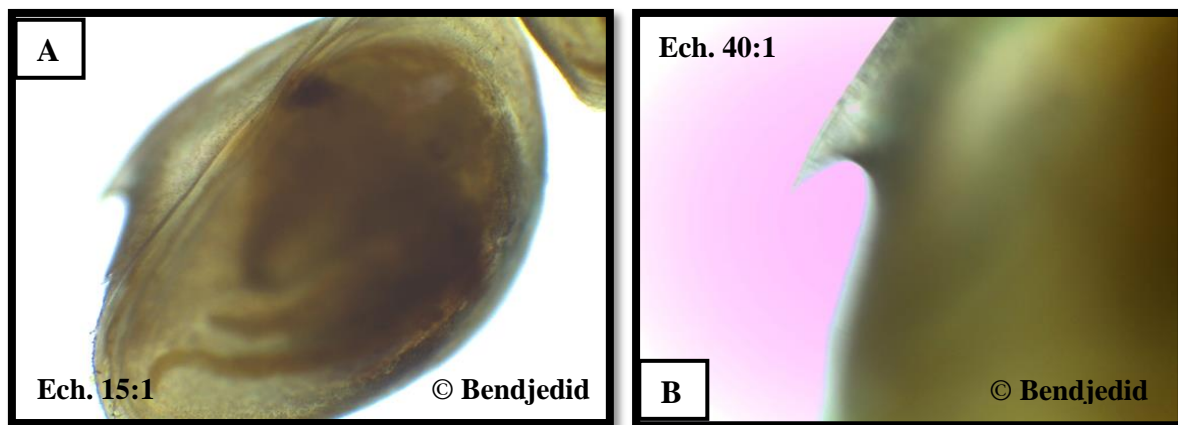
### 3.3.3.2. Ostracodes

*Espèce 1: Cypris bispinosa* Lucas 1849

#### Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Ostracoda
Ordre	Podocopida
Famille	Cyprididae
Genre	Cypris
Espèce	<i>Cypris bispinosa</i> Lucas 1849

**Description:** *Cypris bispinosa* est un crustacé qui préfère les mares temporaires d'eau douce ou peu salée. C'est un animal de grande taille dont les valves varient de 2,5 à 3,2 mm de longueur. L'espèce est, de couleur vert-clair à sombre, ornée de taches foncées irrégulières. Chaque valve de la carapace est munie d'une projection latérale en forme d'épine visible fixée à l'arrière de la coquille du côté ventral. Par cette forte épine conique dirigée vers l'arrière, la belle espèce s'identifie facilement à la loupe et ne peut être confondue avec aucune autre. Les marges antérieures et postérieures des deux valves sont pourvues d'une rangée de minuscules épines (**Figure 62**). En vue dorsale, la carapace est de forme approximativement triangulaire, très large et l'extrémité antérieure est nettement en forme de bec. Mâles et femelles sont très semblable (**Vimpère & Colin, 2003**).



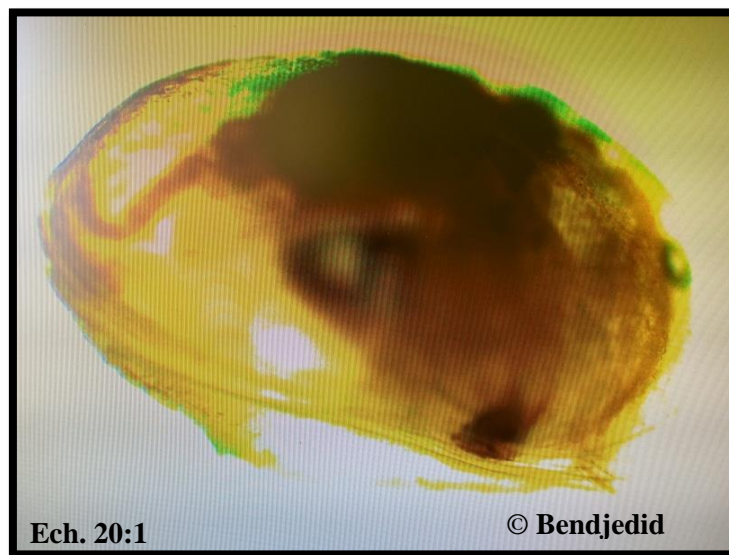
**Figure 62:** *Cypris bispinosa*. **A:**Vue générale **B:**Epine

**Espèce 2 : *Eucypris virens* Jurine 1820**

**Position systématique**

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Ostracoda
<b>Ordre</b>	Podocopida
<b>Famille</b>	Cyprididae
<b>Genre</b>	<i>Eucypris</i>
<b>Espèce</b>	<i>Eucypris virens</i> <b>Jurine 1820</b>

**Description:** La présence de tubercules sur les bords des valves, détermine le genre *Eucypris* et qui fait la différence avec le genre *Cyprinotus*. En vue latérale la carapace, qui recouvre le corps, est subtriangulaire, la marge dorsale est arquée. Les marges antéro-dorsale et postéro-dorsale forment un angle obtus, dans la partie dorsale centrale. La marge ventrale présente une sinuation ventrale centrale et une petite convexion dans la région antéro-ventrale. Le bord antérieur est arrondi. Le bord postérieur est aussi largement arrondi et forme un angle obtus au niveau de sa jonction avec le bord postéro-dorsal. La plus grande hauteur est supérieure à la moitié de la longueur. La surface des valves peut être ponctuée ou lisse. Les canaux poreux normaux sont nombreux et simples (**Anonyme 14**) (**Figure 63**).



**Figure 63:** vue générale d'*Eucypris virens*

### 3.3.4. Miryapodes

#### *Lithobius forficatus* Linnaeus 1758

#### Position systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Chilopoda
Ordre	Lithobimorpha
Famille	Lithobiidae
Genre	Lithobius
Espèce	<i>Lithobius forficatus</i> Linnaeus 1758

**Description:** La longueur du corps est de 18 à 32 mm et la largeur de 2,80 à 4 mm. Coloration fauve, généralement peu rembrunie, la tête presque rougeâtre et les membres souvent plus clairs. Le corps à côtés parallèles, non étranglé en arrière de la tête. Les téguments sont parsemés de ponduations, aussi bien sur la tête que sur les forcipules. La tête est ordinairement un peu plus large que longue, à bord caudal rectiligne ou très faiblement échancré. Le bourrelet marginal est un peu élargi en arrière, mais sans sinuosité caractéristiques. Les antennes relativement courtes, ne dépassant guère le tiers du corps, formées de 28 à 53 articles et en moyenne: 39 à 43 articles, dont le dernier est environ double du précédent. Les ocelles sont très distincts, nombreuses et condensées, de 20 à 24, sur 5 à 8 rangées (**Figure 64**) (**Brolemann, 1930**).



**Figure 64:** Aspect générale de *Lithobius forficatus* (**Anonyme15**).

### 3.4. Toxicité

Dans le but de mieux connaître l'effet larvicide et l'effet toxique de la Deltaméthrine sur la faune visée et non visée, des essais toxicologiques à l'égard des larves du 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> stade de *Culex pipiens molestus* ont été réalisés. Les résultats sont récapitulés dans l'ensemble des figures et tableaux ci - dessous. La toxicité de la Deltaméthrine est exprimée par la mortalité enregistrée après 24h, 48h et 72 heures. La concentration létale CL<sub>50</sub> et sub-létales CL<sub>10</sub> et CL<sub>25</sub> estimées à partir des essais toxicologiques du 4<sup>ème</sup> stade larvaire de *Culex pipiens molestus* font par la suite l'objet d'une étude des biomarqueurs (AChE & GST) des larves du quatrième stade de l'espèce de moustique *Culex pipiens molestus* (Faune visée) et l'espèce *Cypris bispinosa* (Faune non visée).

#### 3.4.1. Toxicité de la Deltaméthrine à l'égard du troisième stade larvaire de *Culex pipiens molestus*

Les larves du 3<sup>ème</sup> stade de *Culex pipiens molestus* ont été exposées aux différentes concentrations de la Deltaméthrine (2µg/l ; 4µg/l ; 8 µg/l; 12µg/l & 16 µg/l) après 24h, 48h et 72 h et les mortalités observées au différentes séries d'expérience (Témoins & Traitées), corrigées par la formule d'Abotte sont mentionnées dans le **tableau 12**. Les mortalités corrigées affichent des taux variant entre 3,11 % pour la première concentration (2 µg/l) et 29,9 % pour la dernière concentration (16 µg/l) après 24 h de traitement. Le deuxième jour les mortalités variaient entre 22,21% et 65,78% respectivement pour la première et la dernière concentration. Pour le dernier jour (72h) du test, les taux de mortalités sont compris entre 72,08 % pour la plus faible concentration et 91,11% pour la plus forte concentration. Une transformation angulaire des mortalités corrigées a été effectuée pour normaliser les données obtenues et permettre ainsi d'effectuer l'analyse statistique (ANOVA).

L'analyse statistique à un seul critère de classification révèle un effet très hautement significatif ( $P < 0,001$ ) de la Deltaméthrine au différents temps. Les droites de régression ont été déterminées (**Figures 65; 66 & 67**) ainsi les équations, après transformation des moyennes de mortalité corrigée en probits et les concentrations en logarithmes décimaux. Les valeurs du coefficient de corrélation de ces droites ( $R^2 = 0,94$  à 24h;  $R^2 = 0,93$  à 48 h &  $R^2 = 0,96$  à 72h) révèlent une très forte liaison positive entre les probits et les logarithmes décimaux des concentrations testées. Les concentrations létales après 24h (CL<sub>50</sub> & CL<sub>90</sub>) estimées à partir de l'équation de la droite de régression sont : la CL<sub>50</sub> est de 33,12 µg/l avec un intervalle de confiance de 20,1µg/l à 14,7 µg/l et la CL<sub>90</sub> est de 176,4 µg/l avec un intervalle de confiance

de 43,9µg/l à 629,7µg/l et les concentrations sub-létales CL10 et CL25 sont :CL10=6,22µg/l avec intervalle de confiance de 2,82 µg/l à 9,85 µg/l et laCL25=14,35µg/l et l'intervalle est de 11,45 µg/l à 24,3 µg/l (**Tableau 13**).

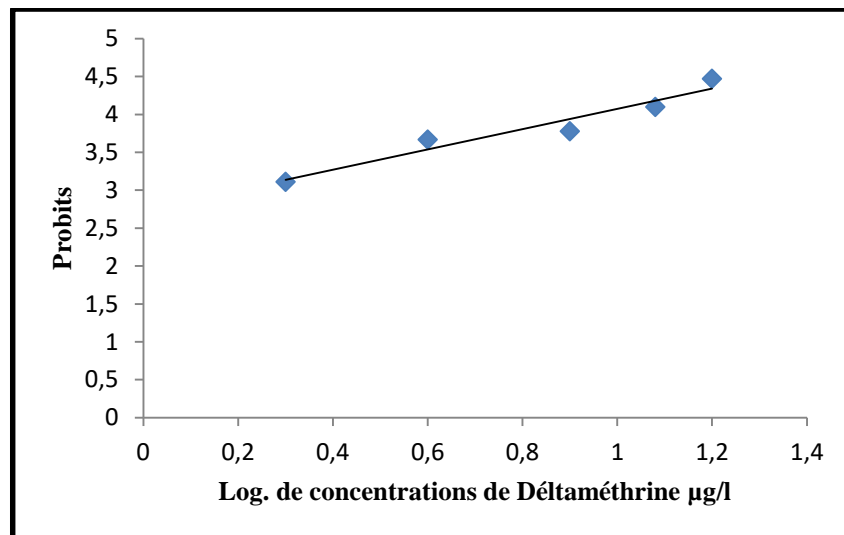
Après 48h, les concentrations létales CL50 et CL90 estimées à partir de l'équation de la droite de régression sont :CL50= 9,33µg/l avec un intervalle de confiance de 6,29µg/l à 16,7 µg/l et CL90=145µg/l avec un intervalle de confiance de 44 ,9 µg/l à 469, µg/l et les concentrations sub- létales CL10 et CL25 sont : CL10=0,6 µg/l avec intervalle de confiance de 0,03 µg/l à 1,8 µg/l et CL 25=2,37 µg/l et l'intervalle est de 0,59 µg/l à 4,31µg/l (**Tableau 13**).Les concentrations létales après 72 h, CL50 et CL90 estimées à partir de l'équation de la droite de régression sont :CL50=0,37 µg/l avec un intervalle de confiance de0,08 µg/l à 0,75µg/l et CL90=19,77 µg/l avec un intervalle de confiance de 11 ,9 µg/l à 46,68 µg/l et les concentrations sub- létales CL10 et CL25 sont: CL10= 0,007 µg/l avec intervalle de confiance de 0,0001 µg/l à 0,04 µg/l et CL25=0,05 µg/l de 0,003 µg/là 0,17 µg/l (**Tableau 13**).

**Tableau 12:** Mortalité corrigée (%) des larves L3 de *Culex pipiens molestus* après traitement par les différentes concentrations de la Deltaméthrine (m ± SE; n= 100).

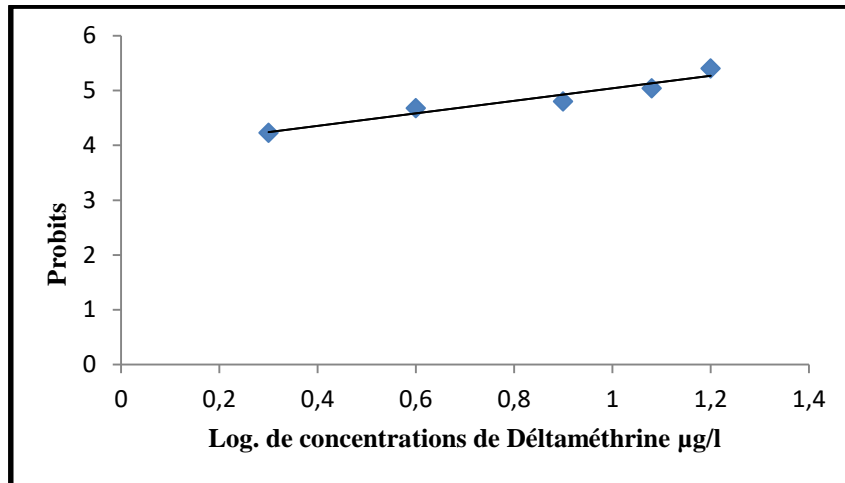
Concentrations Temps	2 µg/l	4 µg/l	8 µg/l	12 µg/l	16 µg/l
<b>24 h</b>	3±4	9,15±4,63	11,26±4,7	18,58±5,3	29,9±5,6
<b>48h</b>	22,21±7,3	37,47±7,6	42,12±7,7	51,62±8,1	65,78±6,5
<b>72h</b>	72 ,08 ±11	78 ,64±5,4	83,52±3,1	85,93±5,0	91,11±5,8

**Tableau 13:** Toxicité de la Deltaméthrine à l'égard des larves L 3 de *Culex pipiens molestus* après 24h, 48h et 72h de traitement.

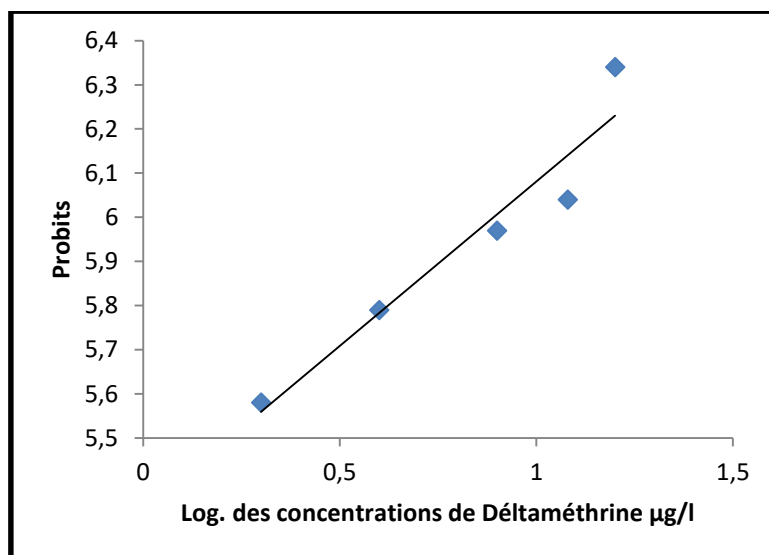
Temps (Heurs)	Equation	R <sup>2</sup>	Slope	CL10 (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL25 (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL50 (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL90 (µg/l) Intervalle de confiance (95%)
24	$y=1,338x+2,733$	0,94	1,31	$2,82 \leq 6,22 \leq 9,85$	$11,45 \leq 14,35 \leq 24,3$	$20,1 \leq 33,12 \leq 14,7$	$43,9 \leq 176,4 \leq 629,7$
48	$y=1,142x+3,897$	0,93	0,8	$0,03 \leq 0,6 \leq 1,8$	$0,59 \leq 2,37 \leq 4,31$	$6,29 \leq 9,33 \leq 16,7$	$44,9 \leq 145 \leq 469,4$
72	$y=0,746x+5,335$	0,96	0,55	$0,0001 \leq 0,007 \leq 0,04$	$0,003 \leq 0,05 \leq 0,17$	$0,08 \leq 0,37 \leq 0,75$	$11,9 \leq 19,77 \leq 46,68$



**Figure 65 :** La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L 3 après 24h de traitement en fonction des logarithmes décimaux des concertations (R<sup>2</sup>= Coefficient de détermination).



**Figure 66:** La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L 3 après 48 h de traitement en fonction des logarithmes décimaux des concertations ( $R^2$ = Coefficient de détermination).



**Figure 67:** La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L 3 après 72h de traitement en fonction des logarithmes décimaux des concertations ( $R^2$ = Coefficient de détermination).

### **3.4.2. Toxicité de la Deltaméthrine à l'égard du quatrième stade larvaire de *Culex pipiens molestus***

Les larves du 4<sup>ème</sup> stade de *Culex pipiens molestus* ont été exposées aux différentes concentrations de la Deltaméthrine testée (2 µg /l, 4 µg /l, 8µg /l, 12µg /l et 16 µg/l) après 24h, 48h et 72 h et les mortalités observées au différentes séries d'expérience (témoins et traitées), corrigé par la formule d'Abotte es mentionnée dans le **tableau 14**. Les taux de mortalités corrigées varient entre 4,1 % pour la première concentration (2 µg/l) et 31,31 % pour la dernière concentration (16 µg/l) cela après 24 h de traitement. Après 48hde traitement les mortalités variaient entre 12% et 51,5% respectivement pour la première et la dernière concentration. Le dernier jour du test les taux de mortalités sont compris entre 23,1 % pour la plus faible concentration et 70 ,44% pour la plus forte concentration. Une transformation angulaire des mortalités corrigées a été effectuée, pour normaliser les données obtenues et permettre ainsi d'effectuer l'analyse statistique (ANOVA).

L'analyse statistique à un seul critère de classification révèle un effet très hautement significatif ( $P < 0,001$ ) de la Deltaméthrine au différents temps. Les droites de régression ont été déterminées (**Figure 68, 69 & 70**) ainsi les équations, après transformation des moyennes des mortalités corrigées en probits et les concentrations testées en logarithmes décimaux. Les valeurs du coefficient de détermination de ces droites ( $R^2 = 0,94$  à 24h;  $R^2 = 0,97$  à 48h &  $R^2 = 0,97$  à 72h) révèlent une très forte liaison positive entre les probits et les logarithmes décimaux des concentrations testées.

Les concentrations létales après 24h, CL50 & CL90 estimées à partir de l'équation de la droite de régression sont: CL50=40,86 µg/l avec un intervalle de confiance de 23,82µg/l à 98,35µg/l et CL90=440 ,3 µg/l avec un intervalle de confiance de 98,35µg/l à 1494,9µg/l et les concentrations sub- létales CL10 et CL25 sont: CL10= 3,79µg/l avec intervalle de confiance est de 1,5µg/l à 6,4µg/let CL25=12,45µg/let l'intervalle de confiance est de 9,6 µg/là 19,14µg/l(**Tableau 15**). Après 48h, les concentrations létales CL50 et CL90 estimées à partir de l'équation de la droite de régression sont: CL50=16,6 µg/l avec un intervalle de confiance de 13,11µg/l à 24,8 µg/l et CL90=166,4 µg/l avec un intervalle de confiance de 71,9 µg/l à 748,9µg/l et les concentrations sub- létales CL10 et CL25 sont: CL10=1,65µg/l et avec intervalle de confiance de 0,68µg/là 2,92µg/l et CL25=5,24µg/l avec un intervalle de confiance de 3,66µg/l à 6,84µg/l (**Tableau15**). Les concentrations létales après 72h, CL50 & CL90 estimées à partir de l'équation de la droite de régression sont: CL 50=7,21 µg/l avec un intervalle de confiance de 5,72 µg/l à 9,18 µg/l et CL 90= 83, 2 µg/l avec un intervalle de

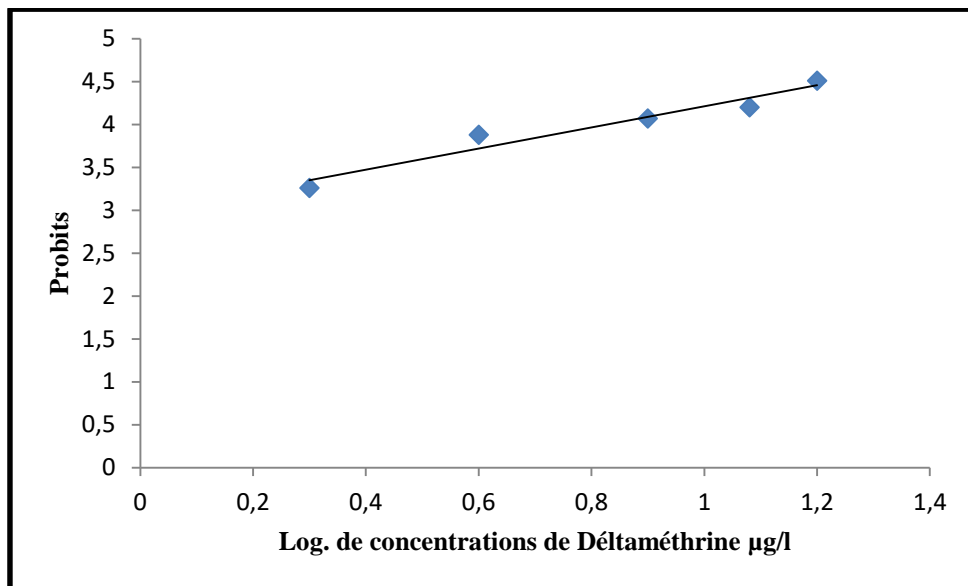
confiance de 43µg/l à 267,2 µg/l et les concentrations sub- létales CL10 et CL25 sont: CL10=0,62 µg/l avec intervalle de confiance de 0,59µg/l à 1,2µg/l et CL25=2,12 µg/l avec intervalle de confiance de 1,3µg/l à 3,4µg/l (**Tableau 15**).

**Tableau 14:** Mortalité corrigée (%) des larves L4 de *Culex pipiens molestus* après traitement par les différentes concentrations de la Deltaméthrine (m ± SE; n= 100).

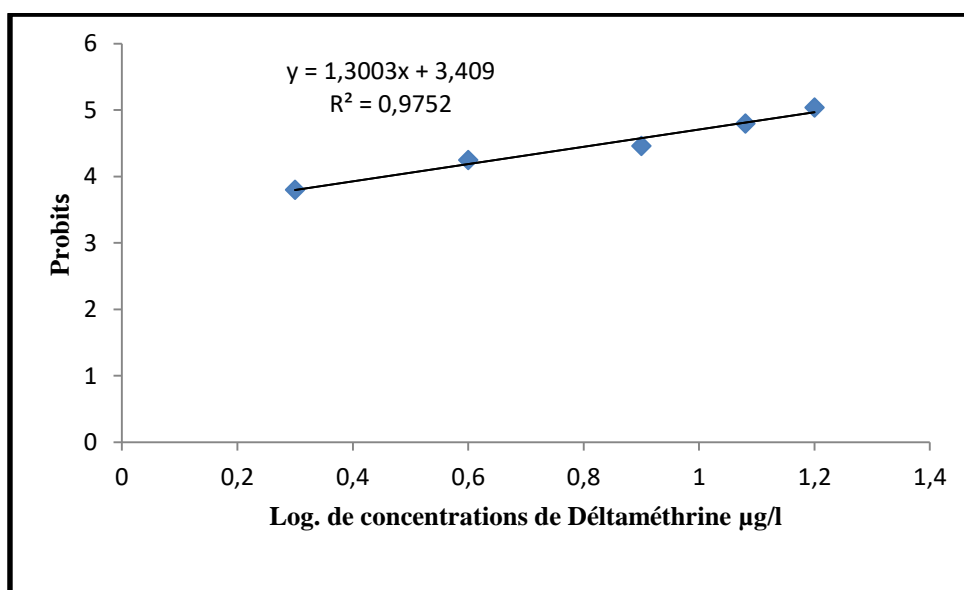
Concentrations (µg/l) Temps (h)	2 µg/l	4 µg/l	8 µg/l	12 µg/l	16 µg/l
24 h	4,1±0,36	13,31±4,3	17,72±5,6	21,83±4,1	31,13±6,73
48h	12±4,83	22,88±7,8	29,5±6,8	42,07±11	51,05±10,3
72h	23 ,1±5,7	39 ,33±4,04	51,1±6,8	57,55±4,03	70,44±11,9

**Tableau 15 :** Toxicité de la Deltaméthrine à l'égard des larves L 4 de *Culex pipiens molestus* après 24h, 48h et 72h de traitement.

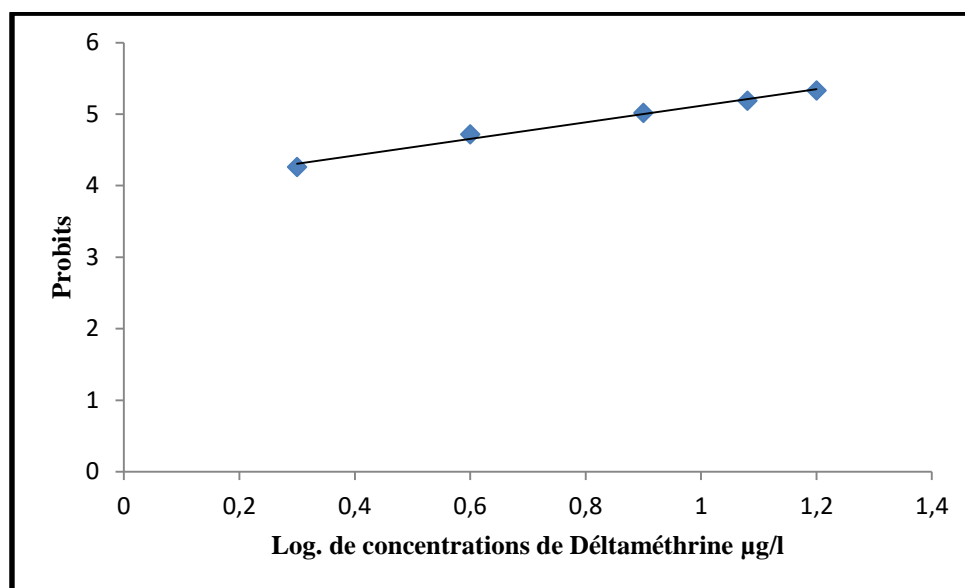
Temps (Heurs)	Equation	R <sup>2</sup>	Slope	CL10 (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL25 (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL50 (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL90 (µg/l) Intervalle de confiance (95%)
24	y=1,233x+2,977	0,94	1,58	1,5≤3,79≤6,4	9,6≤12,45≤19,14	23,82≤40,86≤98,35	98,35≤ 440 ,3≤1494,9
48	y=1,300x+3,409	0,97	0,95	0,68≤1,65≤2,92	3,66≤5,24≤6,84	13,11≤16,6≤24,8	71,9≤166,4 ≤748,9
72	y=1,155x+3,96	0,97	0,89	0,59≤0,62≤1,2	1,3≤ 2,12≤ 3,4	5,72≤7,21≤9,18	43≤83,2 ≤267,2



**Figure 68 :** La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L 4 après 24h de traitement en fonction des logarithmes décimaux des concertations ( $R^2$ = Coefficient de détermination).



**Figure 69:** La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L 4 après 48h de traitement en fonction des logarithmes décimaux des concertations ( $R^2$ = Coefficient de détermination).



**Figure 70:** La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L 4 après 72h de traitement en fonction des logarithmes décimaux des concertations ( $R^2$ = Coefficient de détermination).

### 3.4.3. Analyse statistique (Analyse de la variance à deux critères)

Le **Tableau 16** résume les résultats obtenus de la comparaison de la toxicité de la Deltaméthrine après **24h** de traitement pour chacune des 5 doses utilisées (2µg /l, 4µg /l, 8µg /l, 12µg /l et 16 µg /l) pour les deux stades larvaires, à l'égard de *Culex pipiens molestus* par le test de l'ANOVA. L'analyse de l'ANOVA à deux facteurs (Doses & Stades) a révélé un effet très hautement significatif concernant les doses ( $F=25,19$ ;  $P<0,0001$ ).

**Tableau 16:** Comparaison inter-doses et inter-stades à l'égard des larves de *Culex pipiens molestus* après 24 h d'exposition à la Deltaméthrine.

	<b>Ddl</b>	<b>CM</b>	<b>F obs</b>	<b>P</b>	<b>Observation</b>
<b>Interaction</b>	4	11,6	0,284	0,88	Ns
<b>Doses</b>	4	1028	25,19	<b>0,000</b>	***
<b>Stades</b>	1	132,5	3,247	0,07	Ns

Les résultats de la comparaison de la toxicité de la Deltaméthrine après **48h** de traitement pour chacune des 5 doses testées (2µg /l, 4µg /l, 8µg /l, 12 µg /l & 16 µg /l) et pour les deux stades larvaires à l'égard de *Culex pipiens molestus* par le test ANOVA (**Tableau 17**). Les

données toxicologiques ont été soumises à un test ANOVA à deux facteurs (Doses & Stades), un effet très hautement significative a été signalée concernant les doses ( $F=26$ ;  $P<0,0001$ ) et les stades larvaires ( $F=19,86$ ;  $P<0,0001$ ).

**Tableau 17:** Comparaison inter-doses et inter-stades à l'égard des larves de *Culex pipiens molestus* après 48 h d'exposition à la Deltaméthrine).

	<b>Ddl</b>	<b>CM</b>	<b>F obs</b>	<b>P</b>	<b>Observation</b>
<b>Interaction</b>	4	14,46	0,15	0,96	Ns
<b>Doses</b>	4	2493	26	<b>0,000</b>	***
<b>Stades</b>	1	1904	19,86	<b>0,000</b>	***

Les résultats de la comparaison de la toxicité de la Deltaméthrine après **72h** de traitement pour chacune des 5 doses utilisées (2 $\mu$ g /l, 4 $\mu$ g /l, 8 $\mu$ g /l, 12 $\mu$ g /l & 16  $\mu$ g /l) et pour les deux stades larvaires à l'égard de *Culex pipiens molestus* comparé par le test ANOVA (**Tableau 18**). Les données toxicologiques de la Deltaméthrine à l'égard de *Culex pipiens molestus* ont été soumises à une ANOVA à deux facteurs (Doses & Stades), il y avait un effet très hautement significatif pour les doses ( $F=27,91$ ;  $P<0,0001$ ) et pour les stades larvaires ( $F=250,8$  ;  $P<0,0001$ ) et un effet hautement significatif pour interaction doses stades ( $F= 4,88$ ;  $P<0,0027$ )

**Tableau 18:** Comparaison inter-doses et inter-stades à l'égard des larves de *Culex pipiens molestus* après 72 h d'exposition à la Deltaméthrine).

	<b>Ddl</b>	<b>CM</b>	<b>Fobs</b>	<b>P</b>	<b>Observation</b>
<b>Interaction</b>	4	228	4,881	0,002	**
<b>Doses</b>	4	1616	27,91	0,000	***
<b>Stades</b>	1	14521	250,8	0,000	***

### 3.5. Impact de la Deltaméthrine sur les biomarqueurs

La concentration létale CL<sub>50</sub> a été appliquée sur des larves du quatrième stade de *Culex pipiens molestus* nouvellement exuviées. Cependant les concentrations sub-létales CL 10 et CL 25 ont été appliquées sur l'espèce *Cypris bispinosa*. L'effet de la Deltaméthrine a été évalué à différentes périodes (24h, 48h & 72 h). L'effet de ce pyréthroïde a été évalué sur un biomarqueur de neurotoxicité l'acétylcholinestérase. Comme il a été déterminé sur un biomarqueur de détoxification la glutathion S-transférases. Les résultats obtenus de l'activité spécifique de l'AChE et GST sont exprimés en micromoles par minute et par milligramme de protéines (μM/min/mg de protéines).

#### 3.5.1. Effet sur l'activité spécifique de l'AChE

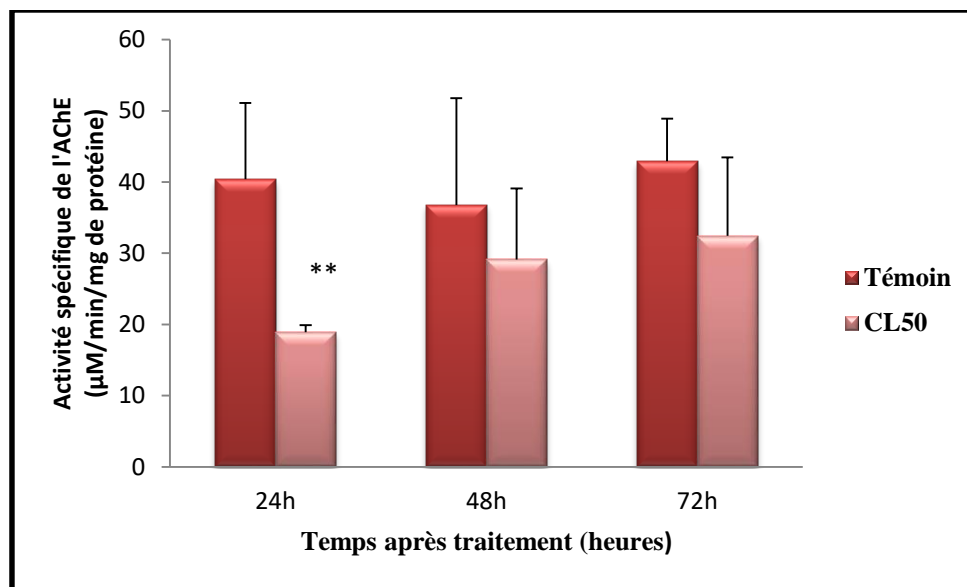
L'activité spécifique de l'Acétylcholinestérase (AChE) a été considérée chez les séries témoins et traitées par application de la formule d'Ellman *et al.* (1961). Les résultats relatifs à cette activité, sont exprimés en micromoles par minutes et par milligramme de protéines (μM/min/mg de protéines).

##### 3.5.1.1. Effet de la CL 50 sur la faune visée *Culex pipiens molestus*

L'activité spécifique de l'AChE enregistrée chez les témoins montre des valeurs comparables entre 24h et 72 h, de même pour la série des traitées à la Deltaméthrine. La comparaison entre les séries témoins et traités, révèle une diminution significative dans l'activité spécifique de l'AChE après 24h (P=0,014) (Tableau 19; Figure 71).

**Tableau 19:** Effet de la Deltaméthrine (CL<sub>50</sub>=7,21 μg/l) sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (μM/min/mg de protéine) chez les larves du quatrième stade de *Culex pipiens molestus* (m±s; n=3): Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même âge entre les différentes séries (Lettres minuscules).

Temps	Témoins	CL50
24h	40,4±10,07 A a	18,9 ±1 A b
48h	36,78 ±15 A a	29,11±10 A a
72h	42,62±6 A a	32,44±5,8 A a



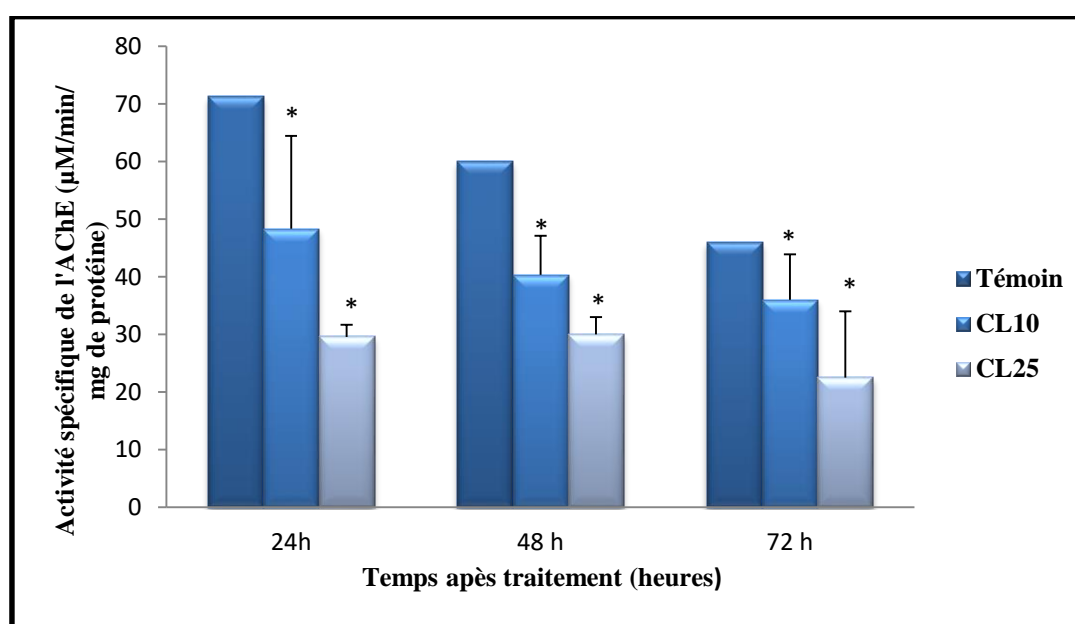
**Figure 71:** Effet de la Deltaméthrine (CL50=7,21 µg/l) sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (µM/min/mg de protéine) chez les larves du quatrième stade de *Culex pipiens molestus* (m±s; n=3).

### 3.5.1.2. Effet de la CL10 et la CL25 sur la faune non visée *Cypris bispinosa*

L'activité spécifique de l'AchE enregistrée chez les témoins montre des valeurs proches à 24 et 48h de traitement et une augmentation significative à 72 heures (P= 0,009). Les deux séries traitées par les deux concentrations de la Deltaméthrine ont présenté des valeurs comparables entre 24h et 72 h. La comparaison entre les séries témoins et traités révèle une diminution significative dans l'activité spécifique de l'AchE à 24 pour la CL10 (P=0,012) et pour la CL 25 (P=0,0001), 48 (P<0,0001) et 72 heures (P=0,01) (**Tableau 20; Figure 72**).

**Tableau 20:** Effet de deux doses sub-létales de Deltaméthrine (CL10=0,62 µg/l; CL25=2,12µg/l) sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (µM/min/mg de protéine) chez la faune non visée *Cypris bispinosa* (m±s; n=3 à 4): Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (Lettres majuscules) et pour un même âge entre les différentes séries (Lettres minuscules).

Temps	Témoin	CL10	CL25
24h	71,33± 3,7 A a	48,33± 16,16 A b	29,6± 2,08 A b
48h	60±2 A a	40,33±6,8 A b	30± 3 A b
72h	46±10 A a	36±7,93 A b	22,5±11,5 A b



**Figure 72:** Effet de deux doses sub-létales de Deltaméthrine (CL10=0,62 µg/l; CL25=2,12µg/l) sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (µM/min/mg de protéine) chez la faune non visée *Cypris bispinosa* (m±s; n=3 à 4).

### 3.5.2. Effet sur l'activité spécifique de la GST

L'activité spécifique de la glutathion S-transférase a été estimée chez les séries témoins et traitées par application de la formule de **Habig *et al.*, (1974)**. Les résultats relatifs à cette activité spécifique de la GST sont exprimés en micromoles par minutes et par milligramme de protéines ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines).

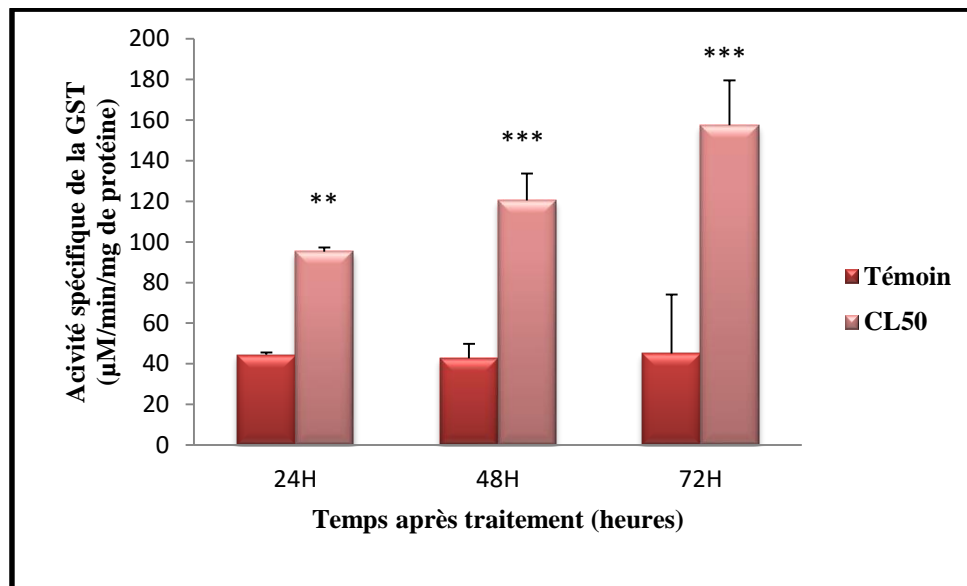
#### 3.5.2.1. Effet de la CL 50 sur la faune visée *Culex pipiens molestus*

Chez les séries témoins, l'activité spécifique de la GST enregistre des valeurs voisines après 24h, 48h et 72 h, où les valeurs enregistrées sont respectivement 44,  $42 \pm 1,1$ ;  $42,85 \pm 0,9$  &  $45,11 \pm 0,4$   $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines.

Chez les séries traités par la Deltaméthrine, l'activité spécifique de la GST augmente après 72 h présentant une différence très hautement significative ( $P=0,0013$ ). La comparaison des valeurs moyennes entre les séries témoins et traitées montre que le traitement avec la Deltaméthrine entraîne l'augmentation de l'activité spécifique de la GST aux différents temps après traitement (**Tableau 21; Figure 73**). La Deltaméthrine, induit un processus de détoxification dès 24 h jusqu'à 72 h chez la faune visée.

**Tableau 21:** Effet de la Deltaméthrine ( $CL_{50}=7,21$   $\mu\text{g}/\text{l}$ ) sur l'activité spécifique de la glutathion S- transférase ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéine) chez les larves du quatrième stade de *Culex pipiens molestus* ( $m \pm s$ ;  $n=3$  à  $4$ ): Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même âge entre les différentes séries (lettres minuscules).

Temps	Témoins	Deltaméthrine CL50
24 h	44,42 $\pm 1,1$ A a	95,26 $\pm 2,01$ A b
48 h	042,85 $\pm 0,9$ A a	120,49 $\pm 13,13$ B b
72 h	045,11 $\pm 0,4$ A a	157,49 $\pm 22,08$ C b



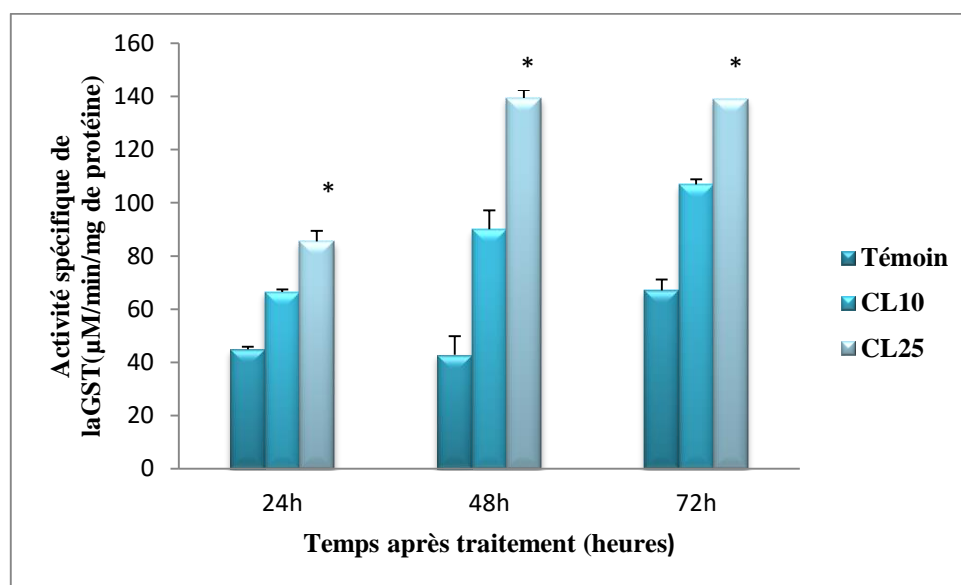
**Figure 73:** Effet de la Deltaméthrine (CL50=7,21 µg/l) sur l'activité spécifique de la glutathion S- transférase (µM/min/mg de protéine) chez les larves du quatrième stade de *Culex pipiens molestus*.

### 3.5.2.2. Effet de la CL10 et la CL25 sur la faune non visée *Cypris bispinosa*

Chez les séries témoins, l'activité spécifique de la GST indique des valeurs comparables qui sont de l'ordre de  $42,8 \pm 1$  et  $67,1 \pm 7$  µM/min/mg de protéines. L'activité spécifique de la GST Chez les séries traitées par la CL 10 et la CL25 indique des valeurs comparables comprise entre  $66,4 \pm 1$  et  $106,9 \pm 4$  (CL10) et  $85,5 \pm 4$  et  $139,1 \pm 7$  (CL25). La comparaison des valeurs moyennes entre les séries témoins et traitées montre que le traitement avec le Deltaméthrine entraîne l'augmentation de l'activité spécifique de la GST pendant les différents temps de traitement à la CL 25 induisant un processus de détoxification (**Tableau 22; Figure 74**).

**Tableau 22 :** Effet de deux doses sub-létales de Deltaméthrine (CL10=0,62 µg/l; CL25=2,12µg/l) sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (µM/min/mg de protéine)chez la faune non visée *Cypris bispinosa* (m±s; n=3 à 4): Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même âge entre les différentes séries (Lettres minuscules).

Temps	Témoin	CL10	CL25
24 h	44,9 ±1 A a	66,4 ±1 A a	85,5 ±4 A b
48 h	42,8 ±7 A a	90,4 ±2 A a	139,4 ±3 A b
72 h	67,1 ±7 A a	106,9 ±4 A a	139,1 ±7 A b



**Figure 74:** Effet de deux doses sub-létales de Deltaméthrine (CL10=0,62 µg/l; CL25=2,12µg/l) sur l'activité spécifique de la glutathion S- transférase (µM/min/mg de protéine) chez la faune non visée *Cypris bispinosa* (m±s; n=3 à 4).

# Discussion

## 4. DISCUSSION

### 4.1. Etude Taxonomique

La nature a sa propre façon d'exprimer sa santé environnemental par le biais d'espèces indicatrices (Plante, animaux ect), généralement nommées bio-indicateurs (**Kripa et al., 2013**). Ces bio-indicateurs indiquent les conditions environnementales modifiées et peuvent être utilisés pour identifier et/ou quantifier ces changements, cependant l'évaluation de l'état de ces bio-indicateurs donne indirectement le niveau/degré d'altération présente dans cet écosystème particulier (**Manickavasagam et al., 2019**). Cependant les macro-invertébrés benthiques sont de bon indicateurs pour la bio-surveillance, de la santé des écosystèmes aquatiques (**Parmar et al., 2016; Odountan et al., 2019; Djitli et al., 2020; Nahli et al., 2022**). La répartition variable de ces organismes dans les différentes strates de l'eau et leur différentes tolérances à la pollution, lui donnant le caractère de polluo-tolérance et de polluo-sensibilité, cela par l'absence d'espèces sensibles et la présence d'espèces tolérantes, déterminant ainsi une détérioration de la qualité de l'eau (**Sanogo et al., 2014**).

La faune macro-benthique en Algérie est très diversifiée mais les travaux concernant l'identification systématique sont très restreints. Cette étude vient pour renforcer et approfondir les connaissances de la faune d'invertébrés macro-benthiques et cela nécessite le plus souvent, l'appréhension de la diversité des arthropodes en globalité par la réalisation d'inventaires. Notre travail s'appuie sur l'élaboration d'inventaire dans deux sites différents: le premier est épigé, permanent, constitué d'un seul palan d'eau (Mare El Gouréate; El-Taref) et le second site est temporaire, hypogé, archéologique (Ruines Romaine d'Hippone; Annaba) formé de plans d'eau séparées (Vestiges).

Concernant le premier site (Mare El Gouréate) les spécimens récoltés à partir des trois stations, étaient au nombre de 1 490 individus subdivisés en 8 groupes, appartenant à 16 familles et 21 espèces le groupe Hemiptera est le plus abondant avec 602 individus, suivis par le groupe Cladocera avec 452, puis Coleoptera et Acari avec 208 et 105 respectivement et le groupe le moins abondant est celui des Diptères, le groupe Hemiptera représente le groupe dominant. Selon **Djamai et al., (2019)**, les Hémiptères constituent le groupe dominant parmi les six ordres qu'ils ont identifiés, dans le lac Tonga, cela correspond formellement aux résultats obtenus dans cette étude. La deuxième station était la plus riche en abondance avec 681 individus, alors que la première et la troisième station présentaient des effectifs

respectivement comparables 450 et 359 individus. Divers facteurs conditionnent le cycle de vie de cette faune dont la température. Selon **Gerami et al.,(2016)** la bioécologie et la variation temporelle des espèces benthiques est fortement influencé par les saisons. Le Printemps est la période la plus productive avec un total 672 individu. Ceci est dû aux propriétés climatologiques méditerranéennes de la zone d'étude (Tempérée), un Hivers doux et pluvieux et des Etés chauds avec ensoleillement important. Les mois (Avril; Mai & Juin) sont les plus important en abondance, contrairement aux mois de Juillet, Aout et Septembre. La deuxième station ce caractérise d'une importante richesse en espèce (16 espèces), suivie par les deux autres stations avec 15 espèces. Cependant l'abondance relative a été dominée par *Naucoris maculatus* faisons part de la Catégorie Régulière avec quatre autre espèces, cependant l'espèce *Notonecta glauca* appartient à la Catégorie Constante, alors que le crustacé *Cyclops fuscus* est classé en troisième position dans la Catégorie Accidentelle. La Catégorie Accessoire comporte 8 espèces, cela ne concorde pas avec les résultats de **Lounis et al., (2018)** qui ont enregistré une seule espèce accessoire ; 7 omniprésentes et 39 constantes. Au niveau des différentes stations du premier site, l'indice de SIMPSON tend vers 1, donc la diversité a été considérée comme faible. D'autre part l'équitabilité, utilisée pour la comparaison des structures des peuplements, montre que les populations récoltées sont équilibrées.

Au niveau du site archéologique (Deuxième site), l'échantillonnage réalisé dans cinq stations, nous a permis de récoltés 14 890 individus. Le tri des individus les a partagés en 8 groupes et 11 familles composées de 18 taxa. Les Cladocères récoltés, étaient le groupe dominant, suivis des Diptères, ces résultats obtenus corrèlent avec ceux de **Baaloudj et al., (2022)** réalisé au niveau de Oued Seybouse où les Crustacés étaient les dominants, suivis des Insectes (Diptères puis Odonates), de même ces résultats corrèlent avec ceux de **Rouibi et al., (2021)** au niveau de Ruisseau de Bouhamdane **Lounis et al., (2018)** ont réalisé leur étude dans la Région de Oum El Bouaghi (Marres temporaires) dont l'inventaire a enregistré 11 Ordres, 31 Familles et 47 espèces ou les Coléoptères étaient le groupe écologique dominant et numériquement le plus important, suivis des odonates. Dans le lac Tonga **Djamai et al., (2019)** ont identifié 20 familles appartenant à six ordres, les Hémiptères et Coléoptères sont dominants, contrairement à nos résultats ou les Coléoptères marquent la faible présence.

La première station est la plus abondante avec 9 320 individus, suivie par la troisième station enregistrant 4757 individus. L'abondance au niveau de la deuxième et la quatrième station étaient importantes avec 452 et 195 individus respectivement, la plus faible abondance

caractérise la cinquième station avec 166 individus. Les conditions climatiques jouent un rôle très important vis-à-vis le cycle de développement des espèces. Le mois d'Avril présente les conditions favorables et enregistre un pic interprété par 7632 d'individus, contrairement au mois de Juin le plus chaud avec 21 individus.

La richesse spécifique nous informe sur l'état du milieu, plus la population est riche, plus la complexité du milieu augmente par conséquent la stabilité augmente. Ce paramètre accorde une place très importante aux espèces rares (**Tavanayan et al., 2021**). Variant avec les stations la plus importante valeur de la richesse totale est marquée au niveau de la deuxième station avec 14 espèces et se dégrade respectivement au niveau de la première, troisième et quatrième station. Alors que la station 1 enregistre la valeur la plus élevée pour le nombre total d'individus et la richesse moyenne. Concernant l'abondance relative *Simocephalus expinosus* et *Culiseta longiareolata* occupent la première et la deuxième position respectivement faisant partie de la catégorie Accessoire suivis de *Simocephalus vetulus* qui appartient à la catégorie Accidentelles et le reste des taxa sont de la catégorie Rare.

Selon SIMPSON la diversité est considérablement forte, cependant l'équitabilité nous a permis d'envisager que les populations ne sont pas équilibrées au niveau des différentes stations. Selon différents contextes écologiques, pour l'évaluation de la santé des écosystèmes, principalement des inventaires seront réalisés, concernant plusieurs groupes d'invertébrés surtout les arthropodes (Insectes; Crustacés & Hydracariens,...).

### 4.1.1. Les Insectes

#### 4.1.1.1. Les Culicidae

constituent un maillon fondamentale dans la chaîne alimentaire à l'état larvaire, ils sont dévorés par les macro-invertébrés aquatiques (**Mahmoudi et al., 2022b**), au stade adulte, ils sont la proie de certains vertébrés (Oiseau; Chauve-Souris; Libellules...). Les mâles se nourrissent particulièrement de nectar de plante, donc ce sont des pollinisateurs (**Jolivet, 1980**). Les Culicidés constituent une occupation capitale de l'actualité entomologique planétaire, à cause de leur rôle vecteur des maladies virales et parasitaires, affectant l'être humain et les animaux (**Becker et al., 2003**); plusieurs travaux ont été consacrés à cette faune, s'intéressent à la biochimie, la morphométrie et essentiellement à la systématique (**Merabti & Ouakid, 2011; Messai et al., 2011; Berchi et al., 2012; Bouabida et al., 2012; Tahraoui, 2012; Bouaziz, 2012; Boudemagh et al., 2013; de Bendali et al., 2013**)

Aissaoui, 2014; Lounaci, 2015; Oudainia, 2015; Dahchar *et al.*, 2017; Benmalek *et al.*, 2018; Houmani *et al.*, 2017; Hamaidia & Berchi, 2018; Serradj *et al.*, 2018 ; Arrousi *et al.*, 2021 ; Chahed *et al.*, 2021; Boulares *et al.*, 2023). En Afrique méditerranéenne, d'après Hassaine, (2002) la famille des Culicidae comporte deux Sous-familles, incluant sept genres et 67 espèces. En Algérie la famille des Culicidae a fait objet de plusieurs travaux dans différentes régions. Selon Brunhes *et al.*, (2000) 48 espèces ont été attribués à cette région. L'échantillonnage réalisé au niveau du site El-Gouréate (région d'El-Taref), ne comportait aucune espèce de Culicidae. D'autre part le second site (les Ruines Romaine d'Annaba) a marqué une intense présence de cette famille subdivisée en trois genres: *Culiseta longiareolata*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex laticinctus*. Les résultats obtenus sont en accord avec ceux de Bendali, (2006) révélant la présence de 17 espèces appartenant à cinq genres dans la région d'Annaba, aussi les travaux de Benmalek, (2010) effectués au niveau de la même région (Annaba). Dans la région El Kala (El-Taref), dévoilent la présence de deux Sous-familles: les Culicinae (*Culiseta longiareolata*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex laticinctus*, ...) et les Anophelinae pour un total de 11 espèces. Le travail de Boulares *et al.*, (2023) dans la même région au niveau du lac Fetzara a identifié six espèces dont une espèce commune: *Culiseta longiareolata*. Concernant la région de Skikda les travaux de Boulkenfet, (2006). Dans la région de Souk-Ahras (Benmalek *et al.*, 2018 & Hamaidia, 2014). Pour la région de Mila l'étude de Messai *et al.*, (2011) a mentionné la présence de 12 espèces et 2 Sous-familles: Anophelinae et Culicinae dont cette dernière a noté la présence de trois espèces communes. Dans la zone aride, principalement dans la ville de Tebessa, les travaux réalisés par Tine-Djebbar, (2009), ont révélé, l'existence de 10 espèces de Culicidae dont les deux espèces communes: *Culex laticinctus*, *Culiseta longiareolata* ont été citées également par Bouabida *et al.*, (2012) qui a identifié la présence de 9 espèces. Dans la même région Aissaoui, (2014) a identifié 24 espèces, dont *Uranotaenia unguiculata* est une espèce commune. La région d'Oum Labouagui Oudainia (2015) marque l'existence de 6 genres et 14 espèces, dont *Uranotaenia unguiculata* et *Culiseta longiareolata* sont communes. Cependant l'Ouest Algérien à Tlemcen précisément, 12 espèces appartenant à deux Sous-familles: Anophelinae et Culicinae (*Culiseta longiareolata* et *Uranotaenia unguiculata*) ont été confirmé par Lounaci & Doumandji, (2013). Les zones arides du Sud Algérien (Sahara) aussi ont eu leur part de ces recherches par les travaux de Bebbi (2004) à Oued Righ (Touggourt & Djamâa) et les travaux de Merabeti & Ouakid, (2011) à Biskra, et qui ont identifié 22 espèces et 6 genres dont *Culiseta*; *Uranotaenia* sont communs et les travaux de d'Alayat *et al.*, (2023) dans la région de Laghouat. Le groupe des Diptère renferme non

seulement la famille des Culicidae mais aussi la famille des Chironomidae dont notre inventaire a fait part de cette Famille au niveau des deux sites, *Chironomus plumosus* la seule espèce collectée. C'est une famille d'une importance écologique incontournable selon **Golovatyuk et al., (2023)** sur 156 espèces seule 5 peuvent être utilisées comme indicateurs de la salinisation de l'eau des rivières des régions arides d'Europe et l'espèce *Chironomus salinaruius* en fait partie. Plusieurs auteurs ont travaillé sur les Chironomides comme **Moubayed et al., (2007)** sur les Diptères Chironomides d'Algérie aussi **Zerguine et al., (2009)** sur les Diptères Chironomides du Nord Est d'Algérie, du côté Maroc **Kettani & Moubayed-Breil, (2018)** sur la communauté des Chironomidae (Diptères) des zones écologiques côtiers méditerranéens.

### 4.1.1.2. Les Hétéroptères

Les Hétéroptères aquatiques, présent dans toutes les saisons, hibernent à l'état adulte et reprennent l'activité, une fois la température devient favorable. Chaque espèce impose ses propres conditions écologiques, d'où un nombre non négligeable d'Hétéroptères sont de bons indicateurs très précieux. Ces derniers déterminent les changements, les altérations ou bien les détériorations, provenant dans les écosystèmes aquatiques et terrestres (**Julian-Pichenot, 2016**), du fait qu'ils occupent divers habitats aquatiques (Mares, ruisseaux et rivières, et surtout sur les rives des cours d'eau) (**Poisson, 1957**). Les Hémiptères du premier site sont représentés par cinq familles: Naucoridae (*Naucoris maculatus* 15,5%), Notonectidae (*Notonecta glauca* 13,48%), Pleidae (*Plea minutissima* 10,53%), Corexidae (*Corixa punctata* 0,73%) et Nepidae (*Ranatra linearis* 0,13%), ce groupe est le plus abondant avec 602 individus et la famille des Naucoridae représentée par l'espèce *Naucoris maculatus* est la plus abondante avec 231 individus. Par contre le deuxième site ne comprend que deux famille: Pleidae (*Plea minutissima* 0,008%) et Micronectidae (*Micronecta poweri* 0,11%). Cette dernière est absente au niveau du premier site. Ce groupe représente les abondances les plus faibles. Les résultats obtenus au niveau du premier site corrèlent avec ceux de **Djamai et al., (2019)** où les Hémiptères marquent leur dominance au niveau du lac Tonga. De même les résultats obtenus sont contradictoire avec ceux de **Ramadan & Katbeh-Bader, (2018)** où les Hémiptères marquent une faible présence, se situant à l'avant dernière position au niveau de Wadi Al-Walah en Jordanie. Ces mêmes résultats corrèlent avec, ceux obtenus dans le second site. La description de ces espèce a été évoquée par plusieurs auteurs en Afrique ainsi en Algérie. Cependant, 3 espèces identifiées: *Notonecta glauca*, *Plea minutissima* et *Corixa*

*punctata* ont été cités par **Annani et al., (2012)** dans son travail, Hémiptères aquatiques du Nord-est de l'Algérie: Distribution, phénologie et conservation sur les zones humides algériennes du Nord-Est. De même ces 3 espèces identifiées, ont été citées par **Serradj et al., (2018)** dans l'étude sur la faune d'invertébrés au niveau du lac des Oiseaux (Nord-est de l'Algérie), ainsi le travail de **Mahmoudi, (2022)** sur la faune d'invertébrés au niveau du lac Tonga (Nord-est, Algérie) et celui de **Houmani et al., (2023)** qui a cité les mêmes espèces en plus de *Naucoris maculatus*.

### 4.1.1.3. Les Coléoptères

sont connus comme d'excellents bioindicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques en raison de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation des habitats (**Van Driesche et al., 2010**). Les échantillons récoltés du premier site sont composés de deux familles Dytiscidae (*Laccophilus minutus* 0,67%, *Laccophilus poecillus* 0,13%, *Colymbetes fuscus* 4,49%, *Ranatus exsoletus* 0,87%) et Hydrophilidae (*Berosus luridus* 7,78%); pour le deuxième site on a seulement la famille des Hydrophilidae (*Anacaena globulus* 0,06%, *Berosus affinis* 0,033%), des travaux similaires sont élaborés à Oum El Bouaghi (Nord-Est Algérien) où l'analyse faunistique a décrit 11 ordres, 31 familles et 47 espèces, et les coléoptères étaient le plus grand groupe écologique numériquement important (**Lounis et al., 2018**). L'étude effectuée par **Carron, (2007)** au niveau de la zone alluviale de Rhône à Belley en France, a trouvé plusieurs espèces dont trois parmi les nôtres *Laccophylus poecilus*, *Laccophilus minutus* et *Berosus affinis*. Les deux familles ont été signalées par **Djamai et al., (2019)** au lac Tonga, de même le travail de **Mahmoudi et al., (2022a)** au niveau du lac Tonga décrivant trois espèces communes: *Laccophilus minutus*, *Berosus affinis* et *Anacaena globulus*. Également l'étude de **Serradj et al., (2018)** dans l'extrême Nord est de l'Algérie (lac des Oiseaux) où 4 espèces ont été citées parmi les nôtres *Laccophylus poecilus*, *Laccophilus minutus*, *Berosus luridus* et *Berosus affinis*. Ainsi le travail de **Houmani et al., (2023)** au lac d'Echatt Nord-Est Algérien qui a cité deux parmi nos sept espèces identifiées *Berosus luridus* et *Berosus affinis*.

### 4.1.1.4. Les Odonates

Avec une vie larvaire aquatique non négligeable, ces prédateurs des zones humides considérés comme de bons indicateurs de la détérioration des écosystèmes (**Chovannec et al., 2004; 2005 ; Oertli et al., 2005; Indermuhele et al., 2008**) du fait qu'ils ont des exigences

écologiques propres afin de pouvoir diagnostiquer la santé de l'écosystème à partir de leur présence ou absence (**Leclercq, 2001**). L'échantillonnage se limite en une seule famille Lestidae représenté par une espèce *Lestes virens* avec 1,7% pour le premier site et 0,13% pour le second, cependant plusieurs travaux ont été effectués citant cette espèce et parmi ces travaux ceux de **Samraoui & Menai, (1999)** dont 63 espèce identifiées sur période qui s'étalant sur neuf ans. Aussi l'étude de **Chelli & Moulai, (2019)** réalisée pendant six mois successifs dans cinq mares temporaires situées dans la forêt du massif d'Akfadou au Nord-est d'Algérie où 18 espèces identifier environ le tiers de la faune Algérienne d'Odonate. D'autre part l'étude de (**Lounis et al., 2018**) où les Odonates se situent en deuxième position après les Coléoptères. Ainsi le travail mené par **Mahmoudi, (2022)** révélant, 3 espèces réparties en 3 familles dont Lestidae.

### 4.1.1.5. Éphéméroptères

Les éphéméroptères constituent une bonne partie des bioindicateurs des eaux peu polluée servant au suivi de la qualité des milieux aquatiques. La récolte des échantillons a pris part de ce groupe par la famille des Baetidae (2,68%) représenté par une seule espèce *Baetis pavidus* qui a fait objet de plusieurs travaux dont l'étude de **Bouchelouche & Arab (2020)** la bioaccumulation des métaux lourds chez *Baetis pavidus* à l'Oued El Harrach Algérie. L'étude de (**Samraoui et al., 2021**) identifiant dix-huit espèces à l'Oued Cherf afflué majeur de la rivière de Seybouse Nord-est Algérien comblant les lacunes de recherches sur cette espèce. En outre l'étude de **Mebarki et al., 2017** qui s'intéresse au facteurs environnementaux influençant la composition et la répartition des larves d'éphémères dans les Oueds du Nord de l'Algérie. du côté du Maroc **Mabrouki et al., 2017** ont déterminés de nouvelles donnés sur la répartition et l'écologie des Ephéméroptères de l'Est du Maroc.

### 4.1.2. Hydrachnidia

Se sont des acariens aquatiques, de rôle écologique essentiel, de excellents indicateurs, du faite de leurs exigences de développement. Plus de 6000 espèces sont identifiées dans le monde, comprenant 57 familles et plus de 400 genres (**Smith & Cook, 1991; Di Sabatino et al., 2008**). Les résultats obtenus révèlent la présence de trois familles, concernant le site d'El-Gouréate: Eylaidae (*Eylai shamata* 3,62%), Pionidae (*Piona alpicola* 1,67%) et Arrenuridae (*Arrenuru snovus*1,7%). Par contre le site des Ruines se limite à une famille

unique des Pionidae représenté par une espèce différente de celle du premier site (*Piona uncata* 0,006%). D'après **Boudemagh et al., (2018)** cinq espèces appartenant à trois familles ont été identifiées au Nord est Algérien (Collo): Eylaidae (*Eylais hamata*, *Eylais galeata*); Hydrachnidae (*Hydrachna murati* et *Hydrachna globosa*) et Hydryphantidae (*Eupatra rotunda*). Le travail de **Messikh, (2016)** sur la biodiversité des hydracariens et les paramètres physico chimiques dans quatre régions du complexe de zones humides dans le Nord-Est de l'Algérie dont notre premier site en fait partie a dévoilé neuf espèces appartenant à cinq familles. Les espèces dominantes sont: *Eylais hamata* (24 %), *Piona alpicola* (22 %), *Arrenurus novus* (13 %), *Eylais sp.* (12%), *Piona nodata* (10 %), *Arrenurus batillifer* (10 %), *Hydrochoreutes intermedius* (4,5 %), *Diplodontus. sp* (3, 5 %) et *Hydrachna globosa* (3, 4 %) corrélant parfaitement avec nos résultats. L'espèce *Piona uncata* a fait l'objet d'une étude de (**Bendali Saoudi et al., 2013**). Comme les résultats l'indiquent au premier site (au niveau de la Wilaya d'El Taref) l'espèce la plus abondante est bien *Eylais hamata* et plusieurs auteurs le confirment (**Mansouri et al., 2013 ; Serradj et al., 2018**) dans le lac des Oiseaux, (**Houmani et al., 2023**) le Lac d'Echatt et (**Bendali Saoudi et al., 2014 ; Messikh, 2016; Mahmoudi, 2022**) dans le lac Tonga.

### 4.1.3. Crustacés benthiques

Les *Daphnidae*, *Cyclopidae* et *Cyprididae* constituent un élément essentiel du zooplancton et possèdent un rôle primordial, dans les chaînes trophiques aquatiques. Formant une importante source de nourriture, pour les macro-invertébrés benthique, les poissons et les prédateurs. Le zooplancton est ainsi l'intermédiaire principale entre les nutriments pénétrant dans le système trophiques et ces niveaux supérieurs. L'étude de ces espèces, qui forment la biodiversité de ces communautés. Le plus célèbre zooplancton des eaux continentales est la Daphnie qui prend part aux équilibres écologiques de plusieurs façons, formant une alimentation pour plusieurs espèces, en plus de la filtration de l'eau pour se nourrir. Divers facteurs influencent la fluctuation des populations, comme la température, le phytoplancton, la densité des prédateurs, spécialement les poissons et les insectes aquatiques féroce (**Fernando, 1980**). Les échantillons récoltés concernant les **Cadocères** pour le premier site sont (*Daphnia magna* 8 ;65%), (*Simocephalus vetulus* 3,22%), (*Simocephalus expinosus* 6,64%) et les même espèce *Daphnia magna* 0,02%, *Simocephalus vetulus* 21,9%, *Simocephalus expinosus* 42,41%) pour le site deux en plus de (*Daphnia similis*1,24%), des travaux similaires ont été élaborés dans la même région du premier site par différents auteurs, cependant **Samraoui et al., (1998)** a décrit

*Daphnia magna* et **Chakri et al., (2014)** a citée *Simocephalus expinosus*. Alors que **Mahmoudi, (2022)** et **Houmani et al., (2023)** ont identifiées *Daphnia magna*, *Simocephalus Vetulus* et *Simocephalus expinosus*. Cependant les Cyclopidae *Cyclops fuscus*, est l'espèce trouvée dans les deux sites a avec 11, 81% pour le premier site et 0,4% pour le site 2 cette espèce a été décrite par **Houmani et al., (2023)**. Concernant les Cyprididae une espèce identifiée *Cypris bispinosa* 3,15% au premier site et deux espèces décrites: *Cypris bispinosa* 1,59% et *Eucypris virens* 0,19% pour le second site, ces deux espèces ont été décrites par **Mahmoudi, (2022)**.

### 4.1.4. Les Miryapodes

Les Myriapodes sont des invertébrés, bio-indicateurs de pollution, permettant de façon efficace et sûre, de déterminer l'état d'un écosystème le plus précocement possible (les modifications, naturelles ou provoquées) (**Blandin, 1986**). Faisant l'objet de nombreux travaux, anatomiques (**Faber, 1855**), morphologiques et taxonomiques (**Baber, 1984**). Les travaux expérimentaux ont été surtout menés sur les espèces les plus répandues en Europe *Lithobius forficatus* (**Joly et Descamps, 1988**). Les résultats obtenus révèlent la présence d'une seule espèce *Lithobius forficatus* décrite au niveau du deuxième site par 2,1%, **Daas et al., (1995)** et **Scaps et al., (2005)** ont menés des études sur cette espèce.

## 4.2. Paramètres physicochimiques

Les différences de distribution de la faune macrobenthique pourraient être attribuées à l'hétérogénéité spatiale, la position géographique (longitude & profondeur) (**Baalouj et al., 2020**) des stations sachant que l'ensemble de la zone d'étude est globalement homogène en termes de température, la différence de texture sédimentaire (influence de la granulométrie, de la porosité et de la quantité des agglomérats) (**Labrune et al., 2006, Cosentino & Giacobbe 2008**). Par ailleurs l'abondance, la biomasse et l'indice de diversité des communautés macrobenthiques varient considérablement avec la saison et la profondeur (**Farshchi et al., 2017**), La température de l'eau (**Farshchi et al., 2020**) la durée de la permanence de l'eau des zones humides méditerranéennes (**Djamai et al., 2019**) et aux changements environnementaux particulièrement les paramètres physicochimiques de l'eau (**Loucif et al., 2020; Mahmoudi et al., 2022 a; Raphahlelo et al., 2022; Bendary et al., 2022**)

Les résultats obtenus d'analyse des dix paramètres physicochimiques de l'eau montrent que: la température d'une façon générale est aux alentours de 23°C est modifiée par les conditions climatiques et particulièrement par la température de l'air (**Ezzat, 2012**).

Cependant les valeurs du pH comprises entre 6.8- 7.66 qualifiant les eaux de bonne qualité pour la vie aquatique, ce paramètre responsable d'une grande partie d'équilibres physico-chimiques et dépend de plusieurs facteurs dont l'origine de l'eau (**Haddad et al., 2014**). Le pH est inférieur à 8 par conséquent les titres alcalimétriques (TA) obtenus pour les échantillons sont nulles, ce qui signifie que ces eaux ne contiennent pas de bases fortes donc les valeurs de TA, sont dans les normes pour toute les stations.

Par contre la conductivité électrique qui sert à vérifier l'existence de pollution dans l'eau (**Ghazali & Zaid 2013**) varie entre 2210 et 2500  $\mu\text{S cm}^{-1}$  et la valeur maximale est enregistrée au niveau de la première station, une minéralisation élevée dépassant 1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (**Rodier, 2005**). Ainsi, les valeurs de la conductivité électrique dépassant les normes recommandées par l'OMS (300  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), cela peut être dû à des rejets d'effluents domestiques contenant beaucoup de minéraux conducteurs dissous dans l'eau (**Khalik et al.; 2013**). En outre la dureté Totale (Titre Hydrotimétrique) (TH) qui est la somme des teneurs en calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) varient entre 37 $^{\circ}$  à la station 3 et 44  $^{\circ}$ , 44.4  $^{\circ}$  dans la station 1 et 5 respectivement; les valeurs élevées de TH peuvent être expliquées par l'hydrogéologie, la géochimie et les conditions du sol (bicarbonate de calcium) de la zone d'étude (**Ayad & Kahoul, 2016**).

Concernant la Demande Chimique en Oxygène (DCO) qui est la Quantité consommé par les matières oxydable présente dans l'eau quel que soit leur origine, nos résultats montrent que la valeur minimale enregistrée au niveau de la station 3 avec 0 mg/l et un maximum de 40 mg/l atteint à la station 4, les valeurs de DCO dans la norme d'OMS (40 mg/l).

Toutefois le chlorure est importants dans l'eau, par sa grande solubilité, Il est présent naturellement dans tous types de plans d'eau (**Brraich & Saini 2015**). Les teneurs en chlorure observé indique une valeur minimale de 227.2 mg/l (Station1) et la maximale de l'ordre de 333.7 mg/l (Station 5), on peut constater que toute les stations sont dans les normes.

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) déterminant la somme des teneurs de l'eau, en ions hydroxyle ( $\text{OH}^-$ ), en ions carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et en ions bicarbonates (**Soro et al., 2019**) dont les valeurs comprise entre 46 -56.8 station 1 et 4. L'ACP a montré que les paramètres

physicochimiques les plus influentes sont la conductivité électrique ce qui corrobore avec ceux de **Lounis *et al* (2018)**.

### 4.3. Toxicité

La Deltaméthrine est un pyréthrianoïde synthétique utilisé comme insecticide et acaricide dans le monde (**Anadón *et al.*, 2009; Anadón *et al.*, 2013**). Parmi les insecticides les plus puissants connus dans le monde, utilisé pour contrôler les ectoparasites (Les poux, les mouches & les tiques) et protéger les cultures, contre les ravageurs et les parasites (**Abdelkhalek *et al.*, 2015; Chandra *et al.*, 2013**). Comme ils sont largement utilisé dans la lutte anti-vectorielle, contre l'ennemie le plus redoutable le moustique, responsable de maladies mortelles, tels que le paludisme; Zika; la Dengue, en Inde et dans d'autres pays en développement (**OMS. 2010, Yadav *et al.*, 2023**). Ce pyréthrianoïde synthétique, présente une spécificité et une forte efficacité contre la faune visée, avec une faible toxicité à l'égard de la faune non visée, comme les Oiseaux et les Mammifères (**Bradbury & Coats, 1989, Chargui *et al.*, 2012**). Au cours de cette dernière vingtaine d'année, les ventes des organophosphorés ont été limité, vue les inquiétudes par rapport à la sécurité de leur utilisation. Par ailleurs les pyréthrianoïdes deviennent le choix favori de la plus part des pays agricole (**Nieradko-Iwanicka & Borzecki, 2015**). Le mécanisme d'action de la Deltaméthrine cible le système nerveux des insectes, provoquant la paralysie et la mort (**Gutierrez *et al.*, 2016**), agissant sur le système nerveux en interférant avec la fonction normale des canaux sodiques (**Zeng *et al.*, 2017**). Ce pesticide se lie aux canaux sodiques voltage, les maintenant ouverts plus longtemps que d'habitude, laissant pénétrer un afflux d'ions sodium dans les neurones, ce qui entraîne une hyperexcitation et une paralysie du système nerveux de l'insecte (**Wu *et al.*, 2021**). Une étude toxicocinétique de la Deltaméthrine a montré que l'accumulation de ce dernier et de ses métabolites augmentait la neurotoxicité (**Anadón *et al.*, 1996**). Notamment la Deltaméthrine entraîne la cardiotoxicité en affectant la fonction des canaux sodiques (**Haverinen & Vornanen, 2016**). Il est donc nécessaire d'accorder davantage l'attention à la toxicité de cette molécule, car l'application de pesticides peut affecter la santé de l'écosystème notamment la faune associée (**Zhang *et al.*, 2020; Yadav *et al.*, 2023**). Plusieurs travaux d'insecticides conventionnels et leur concentrations létales sur les larves de moustique du quatrième stade ont été déterminées: Teflubenzuron et Diflubenzuron avec des CL 50 de 5,92ng/L et 16,36ng/L respectivement (**Rehimi, 2004**), le Flucycloxuron avec 35,81 ng/L (**Soltani & Rehimi, 2002**), Triflumuron avec 36,25ng/L (**Soltani *et al.*, 1999**), le Methoxyenozone avec

6,65 µg/L (**Djebbar, 2008**), le Halofenozide avec 12,58µg/L (**Boudjelida et al., 2005**), le Kenoprene avec 49,37 µg/L (**Hamaidia & Soltani 2014**); le Temephos (Organophosphates) avec 0,02 mg/l pour et la Bifenthrine (Pyréthroïdes) de 0,003 mg/l (**Zubair et al., 2022**). Dans cette étude nous avons déterminé les concentrations létales et sub-létales Deltaméthrine après trois jours de traitement, du quatrième et troisième stade larvaire de *Culex pipiens molestus*. Les mortalités relativement élevées avec une relation concentration-réponse dès le premier jour d'exposition des larves et une relation stades- réponse à partir du deuxième jour. Ces résultats corrélerent avec ceux de **Ding et al., (2017)** dans leur étude, où ils ont exposés les rats aux différentes doses de la Deltaméthrine pendant 7 jours cela a provoqué une neurotoxicité, dose-dépendante et un dysfonctionnement. L'Abamectine a indiqué un changement rapide de la mortalité de *Tetranychus cinnabarinus* avec l'augmentation de la dose de cet acaricide (**Legwaila et al., 2022**). Cependant les Organophosphorés (Profenofos, Chlorpyrifos et Temephos) et les pyréthrinoïdes (Bifenthrine, Lambda-cyhalothrine et Deltaméthrine) se sont avérés plus efficaces, contre les différents stades de *Culex quinquefasciatus* (**Zubair et al., 2022**).

#### 4.4. Biomarqueurs

Ces dernières années, la toxicité de la Deltaméthrine pour les organismes non ciblés et ses mécanismes toxiques ont fait l'objet d'une recherche très accentuée. Il a été vraiment nécessaire de faire le point sur les mécanismes physiologiques de la toxicité de cette molécule. Pour cela l'utilisation de biomarqueurs dans l'évaluation des risques liés aux pesticides conventionnels a été approuvé (**Domingues et al., 2009**). Pour cela on a déterminé d'une part, l'effet de ce pyréthroïde neurotoxique sur l'AChE et d'autre part, concernant le stress oxydatif on a dosé la GST.

L'**acétylcholinestérase** est une cible privilégiée que les insecticides neurotoxiques inhibent de manière non réversible, les organophosphorés et les carbamates (**Alout et al., 2007**). Mais elle peut également être utilisée comme biomarqueur potentiel pour surveiller l'effet d'autres pesticides tels que les Organochlorés et les Pyréthrinoïdes synthétiques. La résistance à ces composés se traduit par une réduction, même une inhibition de cette enzyme, phénomène résultant de l'utilisation intensive des pesticides (**Bisset et al., 2006**). Les résultats obtenus montrent que la CL50 de la Deltaméthrine appliquée sur la faune visée *Culex pipiens molestus* a entraîné une réduction significative de l'activité spécifique de l'Acétylcholinestérase après à 24 h seulement de traitement. Les concentrations sublétales CL 25 & CL10 appliquées sur

l'espèce *Cypris bispinosa* (Faune associée) a entraîné une réduction significative de l'activité spécifique de l'Acétylcholinestérase après traitement selon les différents temps d'exposition. Cette diminution a été également observée après traitement par les concentrations sublétales de la même molécule et le thiaméthoxame par rapport au contrôle chez le coléoptère du niébé *Callosobruchus maculatus* (Fouad & Abotaleb, 2021). La diminution de l'activité de cette enzyme a été marquée, chez les rats wistars après exposition aux différentes doses de diflubenzuron (Gul *et al.*, 2023), également une inhibition de cette enzyme après traitement avec le Pyréthroïde a été observé, chez le téléostéen d'eau douce *Channa punctata* (Bhattacharjee *et al.*, 2020). L'exposition à la Deltaméthrine inhibe l'acétylcholinestérase, chez les embryons ou les larves de poisson zèbre (Liu *et al.*, 2020) et aussi chez le nématode *Caenorhabditis elegans* (Zeng *et al.*, 2017). En effet, la diminution de l'activité de l'AChE a été aussi évoquée par d'autres pesticides tel que le Parathion, Chlorpyrifos, Malathion et l'Acéphate et le Carbamate propoxur sur *Daphnia magna* (Printes & Callaghan, 2004). L'endosulfan, temephos, malathion et pirimiphos-méthyl chez le ver de terre *Eisenia andrei* (Stepić *et al.*, 2013). L'organophosphoré envoy 50 SC sur le poisson chat (Akter *et al.*, 2020). L'altération de la fonction de l'AChE est souvent en rapport avec l'induction du processus de résistance; ce mécanisme pourrait être apprécié préalablement par une résistance métabolique confirmée par l'induction d'enzymes de détoxification des xénobiotiques la GST.

**La Glutathion S-transférase** est donc une enzyme multifonctionnelle impliquée dans la détoxification des substances xénobiotiques en catalysant la conjugaison de ces substances avec le groupement thiol du glutathion endogène (Walters *et al.*, 2009), chez la majorité des groupes d'insectes (Gunasekaran *et al.*, 2011). La Deltaméthrine provoque de ce fait une augmentation de l'activité spécifique de la GST, qui constitue l'une des premières étapes dans la mise en place du mécanisme de détoxification. Les résultats obtenus montrent que la CL50 de la Deltaméthrine appliquée sur la faune visée *Culex pipiens molestus* a entraîné une augmentation significative de l'activité spécifique de la GST après traitement aux différents temps. Par ailleurs, les concentrations sublétales CL 10 & CL25 appliquées sur une espèce de la faune associée non visée, *Cypris bispinosa* a entraîné une augmentation significative de l'activité spécifique de la GST seulement à la CL 25 aux différents temps d'exposition. Des résultats similaires où l'induction du stress oxydatif a été provoquée par la Deltaméthrine ont été déterminés chez les poissons (Slaninova *et al.*, 2009). La glutathion S-transférases (GST) des insectes joue un rôle crucial dans la détoxification des insecticides notamment les

interactions métaboliques entre la GST de *Plutella xylostella* exposé à la Tolfényrad ( **Li et al., 2020**). Cependant une augmentation de l'activité spécifique de la GST a été noté chez le ver de terre *Eisenia andrei* traité par l'Endosulfan ; Temephos; Malathion et Pirimiphos-methyl (**Stepić et al., 2013**). Aussi chez la crevette *Macrobrachium borellii* traitée par la Spirotétramate (**Lavarias et al., 2022**), toutefois, l'induction de cette enzyme de détoxification a été évoquée également par **Reyes et al., (2012)** chez le lépidoptère *Tuta absoluta* qui provoque des dégâts sur le rendement de la culture des tomates. Selon **Tao et al., (2022)** la GST est impliquées dans le développement de la résistance aux insecticides par la surexpression transcriptionnelle et la métabolisation enzymatique, chez *Anopheles sinensis* exposée à la Deltaméthrine et au dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT). De même l'augmentation de l'activité de la GST chez *Anopheles subpictus* a été impliquée dans le développement de la résistance au DDT (**Verhaeghen et al., 2009**). Egalement l'augmentation de cette enzyme, chez deux vecteurs indiens du paludisme *Anopheles culicifacies* et *Anopheles annularis* exposés au (DDT) (**Gunasekaran et al., 2011**).

Conclusion

### Conclusion

Dans le but d'actualiser et de compléter, les connaissances sur la biodiversité de la faune des invertébrées macro-benthiques au Nord-est Algérien, deux inventaires dans deux sites différents ont été effectués (Le premier épigé, permanent, la mare d'El-Gouréate, pendant la période Avril 2017- Mars 2018). L'échantillonnage a permis d'identifier 16 familles, 21 espèces dominées par la classe des insectes, la diversité est considérée comme faible dans les trois stations, mais les populations récoltées sont équilibrées. Concernant le second site hypogé, temporaire et archéologique (Les Ruines Romaine d'Hippone, pendant la période pluvieuse Février- Juin 2019). La récolte a permis de recenser 18 espèces dominées par la classe des Crustacés. La diversité peut être considérée comme remarquable dans certains vestiges, cependant les populations ne sont pas équilibrées. L'analyse des paramètres physico-chimiques de ce site indique, que la conductivité électrique est le facteur qui semble gouverner la distribution spatiale, par sa corrélation positive avec la majorité des espèces des différentes stations.

Les résultats de l'étude toxicologique de la Deltaméthrine, a permis la détermination des concentrations létales et sub-létales, sur les deux derniers stades larvaires de *Culex pipiens molestus* après trois jours de traitement (24h; 48h & 72 h). Les tests statistiques révèlent un effet dose-réponse au différent temps et un effet stade-réponse après 48 et 72 heures de traitement, soulignant l'efficacité de cette molécule.

Afin de déterminer l'impact de ce produit sur les espèces visées et non visées le dosage de biomarqueurs chez la faune visée (*Culex pipiens molestus*) traitée à la CL50 et la faune non visée (*Cypris bispinosa*) traitée aux concentrations sub-létales, montre que la Deltaméthrine présente une action neurotoxique. Cela par la diminution de l'activité spécifique de l'AchE chez faune visée et la faune non visée, aux différents temps de traitement et aux concentrations utilisées. Aussi indique la mise en place d'un mécanisme de détoxification, par l'augmentation de l'activité spécifique de la GST, chez la faune visée (*Culex pipiens molestus*) de même chez la faune non visée (*Cypris bispinosa*).

Il convient de poursuivre et de compléter ces résultats par :

- Une étude approfondie de l'identification systématique de la faune des Culicidae et de la faune associée, constituée d'invertébrés aquatiques, contribue à une meilleure connaissance pour une bonne conservation de la biodiversité. Etablir ainsi une stratégie de Conservation de la Biodiversité.

- Des études écologiques plus approfondies seraient essentielles pour déterminer et évaluer la structure et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et terrestres.
- Tester éventuellement de produits conventionnels à large usage et leur impact sur la faune visée et non visée.
- Evaluer d'avantage les effets de ce produit, sur d'autre système de détoxification notant les Mono oxygénases et Cytochrome P450 et sur la résistance développée des espèces traitées par la Deltaméthrine.
- Déterminer l'impact des toxines de ce produit à l'échelle cellulaire et tissulaire par une étude histologique.

# Résumés

### Résumé:

La méconnaissance de la biodiversité de la faune macrobenthique (Culicidae & Faune associée) de l'Algérie nous a incité à réaliser deux inventaires dans deux sites différents. Le premier site érigé dans la Wilaya de El-Taref (Marre d'El-Gouréate); le deuxième hypogée archéologique, situé dans la Wilaya d'Annaba (Ruines Romains d'Hippone).

L'étude systématique des Culicidae a révélé la présence de 3 espèces appartenant au deuxième site (*Ur. unguiculata*, *Cs. longiareolata*, *Cx. laticinctus*). Concernant la faune associée on a identifié 16 familles au niveau du premier site (Daphnidae; Chironomidae; Cyprididae; Copepodae; Leistidae; Baetidae; Naucoridae; Notonectidae; Corexidae; Nepidae; Dytiscidae; Hydrophilidae; Pleidae; Pionidae; Eylaidae; Arrenuridae); et onze familles appartenant au deuxième site (Daphnidae; Culicidae; Lithobidae; Chironomidae; Cyprididae; Copepodae; Leistidae; Micronectidae; hydrophilidae; Pleidae; Pionidae). Cependant dix paramètres physicochimiques de l'eau du premier site (Cinq stations), ont été déterminés, (Température; Potentiel hydrogène; Conductivité électrique; Dureté totale; Titre Alcalimétrique; Titre Alcalimétrique Complet; Demande Chimique en Oxygène; Chlorures; Calcium et Magnésium) cela, pour évaluer leur influence sur l'abondance et la répartition des spécimens. La conductivité électrique présente le facteur qui semble, affecter le plus la distribution de la majorité des espèces, par sa corrélation positive.

La Deltaméthrine (Pesticide Conventionnel très répandus dans le monde) a été testé sur *Cx. pipiens molestus*. Les paramètres toxicologiques ont été déterminées (CL50; CL90...) sur les deux derniers stades larvaires après (24h; 48h & 72h). D'autre part l'analyse statistique révèle que cette molécule possède une relation dose-réponse au différent temps et une relation stade-réponse après 48h et 72h à l'égard de *Culex pipiens molestus*.

Afin de déterminer l'impact de ce produit sur les espèces visées et non visées, on a procédé à un dosage de biomarqueurs (AChE; GST). Les dosages chez la faune visée (*Cx. pipiens molestus*) traitée à la CL50 (7,21µg/l) et la faune non visée (*Cypris bispinosa*) traitée avec deux concentrations sub-létales (CL10: 0,62µg/l & CL25: 2,12µg/l), montrent que la Deltaméthrine révèle une action neurotoxique. En effet, l'activité spécifique de l'AChE a diminué par rapport aux témoins chez *Cx. pipiens molestus* après 24 heure, tandis que chez la faune non visée a présenté une diminution par rapport aux différents temps (24h, 48h & 72 h) cela pour les deux concentrations (CL10 & CL25). L'augmentation de l'activité spécifique de la GST, a été notée aux différents temps de traitement (24h, 48h & 72 h) chez la faune visée. Chez la faune non visée on a observé l'augmentation de l'activité spécifique de la GST,

pendant les différents temps de traitement à la CL 25, indiquant la mise en place d'un mécanisme de détoxification.

**Mots clés:** Faune macrobenthique, Culicidae, Inventaires, Paramètres physico-chimiques, Toxicité, Deltaméthrine, Biomarqueurs.

**Abstract:**

Lack of knowledge of the biodiversity of the macrobenthic fauna (Culicidae & associated fauna) of Algeria prompted us to carry out two inventories at two different sites. The first was an epigeic site in the Wilaya of El-Taref (Marre d'El-Gouréate); the second was an archaeological hypogeum in the Wilaya of Annaba (Ruines Romains d'Hippone).

The systematic study of Culicidae revealed the presence of 3 species belonging to the second site (*Ur. unguiculata*, *Cs. longiareolata*, *Cx. laticinctus*). Concerning the associated fauna, 16 families were identified at the first site (Daphnidae; Chironomidae; Cyprididae; Copepodae; Leistidae; Baetidae; Naucoridae; Notonectidae; Corexidae; Nepidae; Dytiscidae; Hydrophilidae; Pleidae; Pionidae; Eylaidae; Arrenuridae); and eleven families belonging to the second site (Daphnidae; Culicidae; Lithobidae; Chironomidae; Cyprididae; Copepodae; Leistidae; Micronectidae; hydrophilidae; Pleidae; Pionidae). However, ten physico-chemical parameters of the water at the first site (five stations) were determined (temperature, hydrogen potential, electrical conductivity, total hardness, alkalimetric titre, complete alkalimetric titre, chemical oxygen demand, chlorides, calcium and magnesium) in order to assess their influence on the abundance and distribution of specimens. Electrical conductivity is the factor that seems to have the greatest effect on the distribution of the majority of species, due to its positive correlation.

Deltamethrin (a conventional pesticide widely used throughout the world) was tested on *Cx. pipiens molestus*. The toxicological parameters were determined (LC50; LC90...) on the last two larval stages after (24h; 48h & 72h). Statistical analysis also revealed that this molecule has a dose-response relationship at different times and a stage-response relationship after 48h and 72h with respect to *Culex pipiens molestus*.

In order to determine the impact of this product on target and non-target species, biomarkers (AChE; GST) were assayed. Assays in target fauna (*Cx. pipiens molestus*) treated with an LC50 (7.21µg/l) and non-target fauna (*Cypris bispinosa*) treated with two sub-lethal concentrations (LC10: 0.62µg/l & LC25: 2.12µg/l) showed that deltamethrin had a neurotoxic effect. In fact, the specific activity of AchE decreased compared to controls in *Cx. pipiens molestus* after 24 hours, while in non-target fauna a decrease was observed at different times (24h, 48h & 72h) for both concentrations (LC10 & LC25). The increase in the specific activity of GST was noted at the different treatment times (24h, 48h & 72 h) in the target fauna. In non-target fauna, an increase in the specific activity of GST was observed during the different treatment times at LC25, indicating the implementation of a detoxification mechanism.

**Key words:** Macrobenthic fauna, Culicidae, Inventories, Physico-chemical parameters, Toxicity, Deltamethrin, Biomarkers.

## ملخص:

دفعنا الافتقار إلى معرفة التنوع البيولوجي اللاقاريات المائية الكبيرة *Culex pipiens* (والحيوانات المرتبطة بها) في الجزائر إلى إجراء عمليتي جرد في موقعين مختلفين. الموقع الأول في ولاية الطارف (بركة القريعات)؛ والثاني كان موقع أثري في ولاية عنابة (الأثار الرومانية هييون). كشفت الدراسة المنهجية Culicidae عن وجود 3 أنواع تنتمي إلى الموقع الثاني، (*Ur. Unguiculata*، *Cs. longiareolata*، *Cx. laticinctus*).

عائلة في الموقع الأول (Daphnidae; Chironomidae; Cyprididae; Copepoda; Leistidae; Baetidae; Naucoridae; Notonectidae; Corexidae; Nepidae; Dytiscidae; Hydrophilidae; Pleidae; Pionidae; Eylaidae; Arrenuridae); et onze familles appartenant au deuxième site (Daphnidae; Culicidae; Lithobidae; Chironomidae; Cyprididae; Copepoda; Leistidae; Micronectidae; hydrophilidae; Pleidae; Daphnidae; Culicidae; Lithobida الثاني الموقع تنتمي إلى عائلة عشرة تنتمي إلى الموقع الثاني (Daphnidae; Culicidae; Lithobida

; Chironomidae; Cyprididae; Copepoda; Leistidae; Micronectidae; Hydrophilidae; Pleidae; Pionidae). تم تحديد عشرة بارامترات فيزيائية كيميائية للمياه في الموقع الأول (خمس محطات) من أجل تقييم تأثيرها على وفرة العينات وتوزعها. Conductivité électrique هي العامل الذي يبدو أن له التأثير الأكبر على توزيع غالبية الأنواع بسبب ارتباطه الإيجابي مع غالبية الأنواع.

اختبار الدلتامثرين (مبيد آفات تقليدي يستخدم على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم) على ذبابة وتم تحديد البارامترات السمية من CL50)؛ (CL90 ... على مرحلتين الأخيرتين *Cx. pipiens molestus* من اليرقات بعد (24 ساعة؛ 48 ساعة و 72 ساعة) كما كشف التحليل الإحصائي أن هذا الجزيء له علاقة بين الجرعة والاستجابة في أوقات مختلفة وعلاقة بين المرحلة والاستجابة بعد 24 ساعة و 48 *Culex pipiens molestus* ساعة بالنسبة إلى من أجل تحديد تأثير هذا المنتج على الأنواع المستهدفة و غير المستهدفة، تم فحص المؤشرات الحيوية

(AChE ;GST) (المعالجة *Cx.pipiens molestus*) وقد أظهرت الفحوصات التي أجريت على الحيوانات المستهدفة المعالجة CL50 و الحيوانات الغير مستهدفة المعالجة CL25, CL10 بتركيزين أن الدلتامثرين له تأثير سام على الأعصاب الضابطة و في الواقع تم تسجيل انخفاض في النشاط النوعي للأنزيم AChE بع 24 ساعة، بينما لوحظ انخفاض في الحيوانات الغير المستهدفة في مختلف الأوقات 42 ساعة 24 ساعة 24 ساعة. كما لوحظت زيادة في النشاط النوعي GST في مختلف الأوقات لكلا التركيزين في الحيوانات المستهدفة. أما الحيوانات غير المستهدفة فقد لوحظ ارتفاع في النشاط النوعي في مختلف الأوقات للتركيز CL25 مما يشير إلى تفعيل آلية إزالة السموم.

**الكلمات المفتاحية:** اللاقاريات الكبيرة، الجرد، البارامترات الفيزيائية والكيميائية، السمية، الدلتامثرين، المؤشرات الحيوية.

# Références bibliographiques

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- Abbott W B. (1925).** A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265 – 267.
- Abdelkhalek N K M., EW Ghazy EW., Abdel-Daim MM. (2015).** Pharmacodynamic interaction of *Spirulina platensis* and deltamethrin in freshwater fish Nil tilapia, *Oreochromis niloticus*: impact on lipid peroxidation and oxidative stress *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*
- A.F.E.P.M., (2014)-** Association Française des Enseignants de Parasitologie et Mycologie. Édition Anofel. 15p.
- AFNOR (2009).** Qualité de l'eau-Prélèvement des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes. XP T 90-333. 15 pp.
- Agboola OA, Downs C.' Brien G O. (2019).** Macroinvertebrates as indicators of ecological conditions in the rivers of KwaZulu-Natal, South Africa - *Ecological indicators*, Volume 106, 105465
- Aissaoui L. (2014).** Etude écophysiologique 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.
- Aka-Koffi N.M. (2003).** Zooplancton des petits lacs de barrage du Nord et du centre de la Cote 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, Cote d'Ivoire, 281p.
- Akter R., Pervin M.A., Jahan H., Rakhi SF., Reza AHMM., Hossain Z. (2020).** Toxic effects of an organophosphate pesticide, envoy 50 SC on the histopathological, hematological, and brain acetylcholinesterase activities in stinging catfish (*Heteropneustes fossilis*). *JoBAZ* 81, 47 <https://doi.org/10.1186/s41936-020-00184-w>
- Alayat M S., Bendali-Saoudi F., Mahmoudi K., & Soltani, N. (2023).** Diversité et répartition spatio-temporelle des moustiques (Diptera : Culicidae) dans la région aride
- Alba-Tercedor J., Picazo-Muñoz J., & Zamora-Munoz C. (1995).** Relationships between the distribution of mayfly nymphs and water quality in the Guadalquivir River Basin (southern Spain). *Current research on Ephemeroptera*, 41-54.
- Alouani A., Rehim N., & Soltani N. (2013).** Bioefficacy of azadirachtin in controlling *Culex pipiens pipiens* (Diptera: Culicidae). *Jordan Journal of Biological Sciences*, 6, 217 222.

- Alouani A., Rehimi N., Soltani N. (2009).** Larvicidal activity of a neem tree extract (Azadirachtin) against mosquito larvae in the Republic of Algeria. *Jordan Journal of Biological Sciences- jjbs.hu.edu.jo*
- Alout H., Berthomieu A., Hadjivassilis A., Weill M. (2007).** A new amino-acid substitution in acetylcholinesterase 1 confers insecticide resistance to *Culex pipiens* mosquitoes from Cyprus., *Insect Biochem Mol Biol*; 37(1):41-7.
- Ameur A., Berghiche H., Barour C., Soltani N. (2022).** Morphometric reproductive and environmental biomarker analysis of a crustacean species *Atyaephyradesmaresti*(Millet, 1831) from north east Algeria. *Applied Ecology and Environmental Research*, 20 (6):4579-4597. DOI: 10.15666/aeer/2006\_45794597
- Amoros C. (1984).** Practical introduction to the systematics of organisms in French continental waters-5. Crustaceans Cladocera. Publications of the Linnean Society, Lyons 53(3): 72-107. DOI:10.3406/linly.1984.10627
- Anadón A., Martínez M.A., Martínez M., Castellano V. Ares I., Romero A., Fernández R., Martínez-Larrañaga M.R. (2013).** Differential induction of cytochrome P450 isoforms and peroxisomal proliferation by cyfluthrin in male Wistar rats. *Toxicology Letters*. Volume 220, Issue 2, 4 July, Pages 135-142
- Anadón A., Martínez-Larrañaga M.R. , Fernandez-Cruz M.L. , Diaz M.J. , Fernandez M.C. , Martínez M.A. (1996);** Toxicokinetics of deltamethrin and its 4'-HO-metabolite in the rat. *Toxicology and Applied Pharmacology*. Volume 141, Issue 1, Pages 8-16. [https://doi.org/10.1016/S0041-008X\(96\)80003-2](https://doi.org/10.1016/S0041-008X(96)80003-2)
- Anadón A., Martínez-Larrañaga M.R. , Martínez M.A.(2009).** Use and abuse of pyrethrins and synthetic pyrethroids in veterinary medicine. *The Veterinary Journal*. Volume 182, Issue 1, Pages 7-20 <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.04.008>  
de Laghouat (Sahara septentrional algérien). *Insectes orientales*, 1-26. *European Journal of Experimental Biology*, 4 (1): 104-109.
- Andreo, S. (2003).** L'effet anti-gorgement sur chien d'un shampoing à 0,07% d'ltamethrine sur un moustique du complexe *Culex pipiens*. Thèse en Medecine Veterinaire : Toulouse, 128 p.
- 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.
- Anonyme 1:** <https://www.Pinxo.com>,
- Anonyme 2:**<https://www.inaturalist.org/posts/12844-anatomie-d-une-punaise-le-corps>
- Anonyme3:**[https://www.researchgate.net/publication/330779954\\_Culture\\_Techniques\\_of\\_Marine\\_Copepods/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/330779954_Culture_Techniques_of_Marine_Copepods/figures?lo=1)
- Anonyme 4:** <https://ephytia.inra.fr/fr/C/25152/jardibiodiv-myriapodes-chilopodes>

- Anonyme 5:** <http://www.edu.upmc.fr/biomedial/>: <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/> &
- Anonyme 6:** <http://www.urmaskruus.planet.ee>
- Anonyme 7:** MNHN & OFB Ed .2003-2023. Inventaire national du patrimoine naturel (INPN), Site web: <https://inpn.mnhn.fr> Le 28 décembre **2023**.
- Anonyme 8:** <http://www.hmyzfoto.cz/gdyt.html>
- Anonyme 9:** <https://www.naturespot.org.uk/species/colymbetes-fuscus>
- Anonyme 10:** <https://www.ukbeetles.co.uk/rhantus-exsoletus>
- Anonyme 11:** <http://www.hmyzfoto.cz/gdyt.html>
- Anonyme12:**<http://file.Biolovision.net/www.fauneauvergne/org/userfile/GOA/ficheLestesvirens.pdf>
- Anonyme 13:** <http://www.Waarneming.nl>
- Anonyme 14:** [https://www.kgs.ku.edu/Publications/Bulletins/157\\_4/04\\_desc.html](https://www.kgs.ku.edu/Publications/Bulletins/157_4/04_desc.html)
- Anonyme 15:** [https://fr.wikipedia.org/wiki/Lithobius\\_forficatus](https://fr.wikipedia.org/wiki/Lithobius_forficatus)
- Aouad N. (1988).** The biological cycle and the polymorphism of *Berosus affinis* (Coleoptera : Hydrophilidae) in Morocco. *Entomol.news*: 105-110.
- Arfa AMT., Benderradji ME., Saint-Gérand T., Alatou D. (2019).** Cartographie du risque feu de forêt dans le Nord-est algérien : cas de la wilaya d'El Tarf. *European journal of géographie* . <https://doi.org/10.4000/cybergeog.32304>.
- Arimoro FO., Keke UN. (2016).** The intensity of human-induced impact on the distribution and diversity of Macroinvertebrates and water quality of Gbako River, North Central Nigeria. *Energy Ecology and Environment*, 16 (8):25-36. DOI: 10.1007/s40974-016-0025-8.
- Arroussi D E R., Bouaziz A., & Boudjelida H. (2021).** Mosquito survey reveals the first record of *Aedes* (Diptera: Culicidae) species in urban area, And district Northeastern Algeria. *Polish journal of entomology*, 90(1), 14-26.
- Arthington A.H., & Lloyd L.N. (1989).** Introduced poeciliids in Australia and New Zealand. *Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae)*, 333-348.
- Ayad W , Kahoul M.(2016).** Assessment of physicochemical and bacteriological quality of Well water in the region of ElHarrouch (N.E- Algeria).*Journal Material and Environmental Science*. 7 (4) (2016) 1288-1297

- 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.
- Baaloudj A., De los Ríos-Escalante P R. (2022).** Benthic community ecology for Algerian river Seybouse Ecologia da comunidade bêntica para o rio Seybouse da Argélia. *Brazilian journal of Biology*, 84 <https://doi.org/10.1590/1519-6984.251566>
- Baber G.H., 1984.** Distribution, morphology and life history of the milliped *Ommatoiulus morelliti* (Diplopoda: Iulidae) in Portugal and comparisons with Australian population. *Aust.J. Zool*, **32**: 811-22.
- Bhattacharjee P., Borah A, Das S. (2020).** Amélioration induite par la quercétine du stress lié à la deltaméthrine chez le téléostéen d'eau douce, *Channa punctata* : Analyse de biomarqueurs multiples. *Biochimie et physiologie comparées Partie C : Toxicologie et pharmacologie*. Volume 227, 108626 <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2019.108626>
- Beaudrouet A. (2018).** Le réchauffement climatique et ses conséquences sur le comportement de quelques Diptères vecteurs d'infections humaines en France Métropolitaine, thèse d'exercice, Limoges, Université de Limoges. Disponible sur <https://aurore.unilim.fr/ori-oai-search/notice/view/unilim-ori-80837>
- Beauger A. & Lair N. (2014).** Analyse des principales méthodes de bio-évaluation basées sur les macroinvertébrés benthiques. Publications de la Société Linnéenne de Lyon, 2014 - persee.fr
- Bebba N. (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.
- Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C., Dahl C., Lan J., & Kaiser A. (2003).** Mosquitoes and their Control. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New-York Boisvert, J.
- Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C., Madon M., Dahl C., & Kaiser A. (2010).** Mosquitoes and their control. *Springer, Heidelberg, Dordrecht, New York*, 577 p.
- 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-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (14).
- Bendali F. (1989).** Etude de *Culex pipiens* Amantogène, systématique, biologie, lutte (*Bacillus thuringiensis* sérotype H14 ; *Bacillus sphaericus* 1593 et deux espèces d'Hydracariens). Mémoire de Magister. Biologie animale. Université d'Annaba.
- Bendali S. F. (2006).** Thèse de Doctorat d'Etat en science Naturelle : Etude bioécologique ; Systématique et Biochimie des Culicidae (Diptera- Nematocera) de la région d'Annaba. Lutte biologique anticulicidienne.

- Bendali-Saoudi F., Gacem H., & Soltani N. (2013).** Morphometry of *Piona uncata* (Koenike, 1888) Females (Hydrachnidiae: Pionidae) collected from two protected sites in Annaba (Algeria). *Annals of Biological Research*, 4(4), 23-28.
- Bendali-Saoudi F., Oudainia W., Ben-Malek L., Tahar A., & Soltani, N. (2013).** Morphometry of *Culex pipiens pipiens* (Linneus, 1758) (Diptera; Culicidae) principal vector of West Nile Virus, harvested from 2 zones, humid, semiarid (East of Algeria). *Ann. Biol. Res*, 4 (10), 79-86.
- Bendali-Saoudi, F., Gacem H., & Soltani, N. (2014).** Inventory of hydracariens in the Lac Tonga (Algeria). *Faunistic entomology - Faunistic Entomology*. 67,109-117.
- Bendary R E., Ibrahim S M., Goher M E., Elsaied H E., El Shabrawy G M. (2022).** Taxonomic and functional structure of macrobenthic invertebrate communities and their response to environmental variables along the subbranches of the Nile River (rayahs), Egypt. *Environmental Science and Pollution Research* <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24140-z>
- Bendjedid M, Bendali S.F., Soltani N. (2023).** Biodiversity of freshwater invertebrates in an archaeological site (Roman Ruins of Hippone, Northeast Algeria) in relation to physical and chemical parameters of water. *Polish Journal of Entomology* .92(1):21–36 (2023) DOI: 10.5604/01.3001.0053.8699
- Bendjedid M. (2010).** Evaluation d'un biopesticide, le spinosad chez *blattella germanica* : aspects physiologiques, biochimiques et toxicologiques. Mémoire de Magister. Biologie animal. Option: Biologie et physiologie animal. Université d'Annaba.
- Benkaddour B. (2018).** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie). Thèse de doctorat. Université de Perpignan via Domitia, et Université de Mostaganem, 193 p.
- Ben-Malek L. (2010).** Etude bioécologique des Culicidae des zones urbaines et rural de l'extrême Nord-est Algérien. Lutte bactériologique par le *Bacillus thuringiensis israelensis* 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.
- Benson R.H. (1975)** The origin of the psychrosphere as recorded in changes of deep-sea ostracode assemblages. *Lethaia*, 8(1), 69-83.
- Berchi S., Aouati A., & Louadi K. (2012).** Typology of favourable biotopes to the larval development of *Culex pipiens L.* 1758 (Diptera-Culicidae), source of nuisance at Constantine (Algeria). *Ecologia mediterranea*, 38 (2).
- Bernard L. (2017).** Les acariens. <hal-01652171>; <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01652171/document>

- Berquier C. (2015).** Etude écologique et patrimoniale du peuplement des odonates de corse appliquée à la conservation des espèces et des zones humides à enjeux (Doctoral dissertation). 14p
- Bhasin S., Shukla A. N. & Shrivastava S. (2015).** Observations on physicochemical and microbiological parameters of Kshiprariver with special reference to water quality.
- Bisset J., Rodríguez MM., Fernández D. (2006).** Selection of insensitive acetylcholinesterase as a resistance mechanism in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from Santiago de Cuba., *J Med Entomol.*,43(6):1185-9.
- Bouabida H., Tine-Djebbar F., & Soltani N.(2012).** Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). *Entomologie faunistique entomology*, 65, 99-103.
- Blandin P., 1986.** Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bulletin d'écologie*, 17(4) : 215-307.
- Bodergat A. M. (1983).** Les ostracodes, témoins de leur environnement: approche chimique et écologie en milieu lagunaire et océanique. *Travaux et Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon*, 88(1), 3-246.
- Borja Á., Elliott M., Carstensen J. (2010).** Marine management - towards an integrated implementation of the European marine strategy framework and the water framework directives. *Marine Pollution Bulletin*, 60:2175–2186. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.09.026>
- Bouchelouche D., Arab A. (2020).** Bioaccumulation of heavy metals in an aquatic insect (*Baetispavidus*; Baetidae; Ephemeroptera) in the El HarrachWadi (Algeria). *Arab J Geosci* 13, 672 (). <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05582-6>
- Bouchelouche D., Hamamel L., Karime S., Melah H., Tazibt N., Saal I., Hafiane M., Mebarki M., Hamzaoui D., Arab. (2017).** Structure and Distribution of Benthic Macrofauna in Flow Facies, In. ICAPC'5 Proceeding, Tamanrasset, Algeria, 03-05 Nov., 2017, pp. 18-21. <https://www.revuenatec.dz/Proceedings/ICAPC'5>
- 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.
- Boudemagh N. E. H., Bendali-Saoudi F., Soltani N. (2018).** Biodiversity and distribution of the water mite fauna (Acari: Hydrachnidia) of Collo (Northeast Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2), 1955-1962

- Boudot JP. (2010).** Abondance, synchronisme et sex-ratio à l'émergence chez *Epithecina bimaculata* (Charpentier, 1825) en Lorraine (NE France)(Odonata, Anisoptera: Corduliidae - lorraine-entomologie.org
- Bouaroudj S., Menad A., Bounamous A., Ali-Khodja H., Gherib A., Weigel D E., Chenchouni H. (2019).** Assessment of water quality at the largest dam in Algeria (Beni Haroun Dam) and effects of irrigation on soil characteristics of agricultural lands. *Chemosphere*. Volume 219, Pages 76-88. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.193>
- 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., Aïssaoui 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)
- Boudjelida H., Bouaziz A., Soïn T., Smaghe G. & Soltani N. (2005).** Effects ofecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. *Pest. Biochem. Physiol.*, 83 (2/3) :115-
- Boudjelida H., Aïssaoui, L., Bouaziz A., Smaghe G., & Soltani, N. (2008).** Laboratory evaluation of *Bacillus thuringiensis* (Vectobac WDG) against mosquito larvae, *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. *Commun Agric Appl Biol Sci*, 73 (3), 603-9.
- Boué H. et Chanton R., (1978).** Zoologie des invertébrés. 3eme édition, Paris, p.357-369.
- Boulares M., Rehimi 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*, 2023, 13(1), 1-7, doi: 10.15421/2023\_418
- Boulkenafet F. (2006).** Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera: Psychodidae) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera: Culicidae) dans la région de Skikda. Mémoire Magister en entomologie. Option: application agronomique et médicale. 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. *Journal Educacion Science*, 32 (2): 325-344. DOI: 10.7202/014411ar.
- Bradbury S.P., Coats J.R. (1989).** Comparative Toxicology of the Pyrethroid Insecticides. In: Ware, G.W. (eds) *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, vol 108. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8850-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8850-0_4)
- Bredenhand E., Samways MJ. (2009).** Impact of a dam on benthic macroinvertebrates in a small river in a biodiversity hotspot: Cape Floristic Region, *South Africa Journal of Insect Conservation*, 13, 297–307 <https://doi.org/10.1007/s10841-008-9173-2>

- Bremond R., Vuichard R. (1973).** Paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, 178 p.
- Brölemann HW., (1930).** Eléments d'une faune des myriapodes de France. Chilopodes. Faune de France, Le chevalier (ed), Paris : 405 pp.
- Brraich O S., Saini S K. (2015).** Water Quality Index of RanjitSagar WetlandSituated on the Ravi River of Indus River System' *International Journal of Advanced Research*, Volume 3, Issue 12, 1498 – 1509. ISSN 2320-5407
- Brunhes J., Hassaine K., Rahaim A., & Hervy J. P. (2000).** Les Culicidae d'Afrique méditerranéenne. Liste et répartition des espèces. *Bulletin de la société Entomologique de France*, 8 (2), 91-100.
- 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.
- Cachareul A. I. (1997).** Les moustiques: cycle de développement, aspects anatomophysiologiques et régulation du cycle ovarien, 131 pp.
- Carron G., & Paillex A.(2007).** Castella E. Aquatic beetles from the Rhone River at Belley (France: Ain, Savoie): Inventory and preliminary observations on the effects to restoration measures. *Journal of the Swiss Entomological Society*. 80: 191-210.
- Chabi Y. (1998).** Biologie de la reproduction des mésanges dans les chênaies du Nord-Est de l'Algérie. Thèse de doctorat. Université d'Annaba, 162p.
- Chahed S, Brahmi K., Djouaher T. (2021).** Étude sur la faune culicidiène (Diptera: Culicidae) de la région de Tizi-Ouzou (Nord d'Algérie): Biodiversité, abondance et répartition .*Entomologie faunistique*
- Chakri K., Berrak H., & Samraoui B. (2014).** Effect of food concentration on development, growth, reproduction and total life span of *Simocephalus expinosus* Koch (Cladocera: Daphniidae). *Scholars Research Library Annals of Biological Research*. 5 (1):55-58.
- Cham S. (2007).** Fied guide to the Larvae and Exuviae of British Dragonflies. Vol 1, Dragonflies (Anisoptera). *British Dragonfly Society*, 80 p.
- Chapman A. D. (2009).** Numbers of Living Species in Australia and the World. *Australian Biological Resources Study*. 184 p.
- Chandra N., Jain N. K., Sondhia S., Srivastava A. B. (2013).** Deltamethrin Induced Toxicity and Ameliorative Effect of Alpha-Tocopherol in Broilers. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. Volume 90. P. 673-678

- Chargui I., Grissa I., Bensassi F., Hrira MY. , Haouem S., Haouas Z., Bencheikh H. (2012).** Oxidative Stress, Biochemical and Histopathological Alterations in the Liver and Kidney of Female Rats Exposed to Low Doses of Deltamethrin (DM): A Molecular Assessment. *Biomedical and Environmental Sciences*. Volume 25, Issue 6, Pages 672-683. <https://di.org/10.3967/0895-3988.2012.06.009>
- Chebira S., Soltani, N., Muylle, S., & Smagghe, G. (2006).** Uptake and distribution of three insect growth regulators-diflubenzuron, flucycloxonon and halofenozide- in pupae and adults of *Tenebrio molitor*. *Phytopaarsitica* , 34(2): 187-196.
- Chelli A., Moulaï R. (2019).** Ecological characterization of the odonatofauna in lotic and lentic waters of northeast Algeria. *Annales de la société entomologique de la France (N.S.). International journal of Entomology*. Volum 55, Issue 5. Pages 430-445 <https://doi.org/10.1080/00379271.2019.1660215>
- Chenouf W. (2021).** Caractérisation des habitats larvaires des moustiques Diptera, Culicidae) dans la région de Bordj Bou Arreridj. Thèse de doctorat.
- Chettibi A., (2020).** Utilisation des habitats et facteurs de distribution de certaines espèces aviennes dans les zones humides du Nord-Est Algérie (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat. Université Mohamed Boudiaf, M'sila . 145p. Congre. Int. Bot., Paris, Sect. 27: 125- 130.
- Chidester F.E. (1917).** Dyfiscus as a destroyer of mosquito larvae. *Enfomol News*, 28, 454.
- Chovanec A., Waringer J., Raab R., & Laister G. (2004).** Lateral connectivity of afragmented large river system: assessment on a macroscale by dragonfy surveys (Insecta: Odonata). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14, 163-178. doi: 10.1002/aqc.596
- Clements A.N., (1999).** The Biology of Mosquitoes: Sensory Reception and Behavior. CAB International Publishing, 576 p.coluzzin. sp. (Diptera - Culicidae) espèce jumelle A. du complexe detritus. *Parasitologia*, (40): 353 - 360.
- Clements A. N. (2000).** Publication: The Biology of Mosquitoes, Volume 1: Development, Nutrition and Reproduction <https://doi.org/10.1079/9780851993744.0008>
- Cordonier L., Agbanrin H. (2021).** Rapport du GIEC 2021 : une couverture médiatique minimale. Analyse de la couverture médiatique des rapports du GIEC 2018 et 2021 et de l'intérêt que leur manifestent les Français. Étude de la Fondation Descartes (septembre 2021), [www.fondationdescartes.org/nos-rapports/](http://www.fondationdescartes.org/nos-rapports/)
- Cosentino A, Giacobbe S. (2008).** Distribution and functional response of sublittoral soft bottomassemblages to sedimentary constraints. 79 (2): 264\_276.
- Daas T. ; Bouzerna N. Descamps. M (1995).** Influence des facteurs écologiques sur la répartition des chilopodes dans l'est algérien. *Bulletin de la Société zoologique de France*. Vol 120, Num 1, pp 21-27

- D'Aguilar J., Dommagnet JL. (1998).** Guide des Libellules d'Europe et d'Afrique du Nord Lausanne-Paris: Delachaux et Niestlé
- Dahchar Z., Oudainia W., Bendali-Saoudi F., & Soltani N. (2017).** Inventory of Culicidae of the wetland (of the West region of Annaba. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5(2): 430-436.
- Danielopol L., & Vespremeanu E. E. (1964).** The presence of ostracods on floating fen soil in Rumania. Prirodonaučen muzej.
- Daget J. (1976).** Les modèles mathématiques en écologie. Coll. D'écologie. Ed. Masson, Paris, 172p.
- Dagnelie P., (1986).** Analyse statistique à plusieurs variables ; Gembloux, Presses agronomiques, 362p.
- Dajoz R., (1975).** Précis d'écologie Ed. Bordas Paris : 549p.
- 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.
- Dahmani S., Morel J P. (1993).** Mosaïques d'Hippone, Marseille, Azur Offset.
- Demange J.M. (1956).** Contribution à l'étude de la biologie en captivité de *Lithobius piceus gracilitarsis*. Bull. Mus. Hist. Nat, 28 : 388-393. Demange, JM., 1981. Les Mille-pattes Myriapodes. Généralités, Morphologie, Ecologie, Ethologie. Détermination des Espèces de France. Editions Boubée, Paris: 281 pp.
- Demange JM. (1981).** Contributions à l'étude de la faune terrestre des îles granitiques de l'archipel des Séchelles: Myriapoda Chilopoda *Revue de Zoologie africaine*,
- Denoth M., Frid L., Myers J.H. (2002).** Multiple agents in biological control: improving the odds. *Biol Control* 24:20–30
- Dethier M. (1981).** Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne, les Héteroptères. Off. Rech. Sci. Tech. Outre Mer, 45 :661-683.
- Devreker D., Pierson J. J., Souissi S., Kimmel D. G., & Roman M. R. (2012).** An experimental approach to estimate egg production and development rate of the calanoid copepod *Eurytemora affinis* in Chesapeake Bay, USA. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 416, 72-83.
- Dhadialla T.S., & Raikhel A.S. (1994).** Endocrinology of mosquito vitellogenesis. In: Davey K. G., Peter R. E., Tobe S. S. (Eds), Perspectives in comparative Endocrinology. *Nat. Res. Council of Canada, Ottawa*, pp: 275-281.
- Dhadialla T S., Retnakaran A., Smaghe G. (2010).** Insect growth- and development-disrupting insecticides. *Insect control : biological and synthetic agents*. p.121-181

- Ding R., Cao Z., Wang Y., Gao X., Luo H., Zhang C, Ma M., Ma X., Jin H., Lu C. (2017).** The implication of p66shc in oxidative stress induced by deltamethrin. *Chemico-Biological Interactions*. Volume 278, 25 Pages 162-169.
- Djamai S., Mimeche F., Bensaci E., Olivia-Paterna F J. (2019).** Diversity of macro-invertebrates in Lake Tonga (northeast Algeria) *Biharean Biologist* 13 (1): 8-11 ©Biharean Biologist, Oradea, Romania. Article No.: e181205 <http://biozoojournals.ro/bihbiol/index.html>
- Djebbar F. (2009).** Bioécologie des moustiques dans la région de Tébessa et évaluation de deux régulateurs de croissances (halofénozide et méthofénozide) à l'égard de deux espèces de moustiques *Culex pipiens* et *Culiseta logiariolata* : toxicologie, biochimie, morphométrie, reproduction Doc. Es. Sciences, université d'Annaba. 170 p.
- Djïtli Y., Boix D., Milla A., Marniche F., Tornero I., Cunillera-Montcusí D., Sala J., Gascón S., Quintana X D, Daoudi-Hacini S. (2021).** Annual cycle of water quality and macroinvertebrate composition in Algerian wetlands: a case study of lake Réghaïa (Algeria) *Limnetica*, 40(2): 399-415. <https://DOI: 10.23818/limn.40.27> © Asociación Ibérica de Limnología, Madrid. Spain. ISSN: 0213-8409
- Domingues I., Agra AR., Monaghan K., Soares A MVM., Nogueira AJA. (2009).** Cholinesterase and glutathione-S-transferase activities in freshwater invertebrates as biomarkers to assess pesticide contamination. *Environmental Toxicology and Chemistry*. <https://doi.org/10.1002/etc.23>
- Dommanget J.L. (1981).** Captures intéressantes d'Odonates en France. *Notula odonatologicae*, 1(7), 120-121.
- Dommanget J.L. (1989).** Utilisation des odonates dans le cadre de la gestion des zones humides. In : Utilisation des inventaires d'invertébrés pour l'identification et la surveillance d'espaces de grand intérêt faunistique. *Inventaire de faune et de flore. Secrétariat de la faune et de la flore*, 53: 93-110.
- Dris D., Tine-Djebbar F., & Soltani N. (2017a).** *Lavandula dentata* essential oils: chemical composition and larvicidal activity against *Culiseta longiareolata* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *African entomology*, 25(2), 387-394. <https://doi.org/10.4001/003.025.0387>
- Dudgeon D., Arthington A. H., Gessner M. O., Kawabata Z. I., Knowler D. J., Lévêque, C., & Sullivan, C. A. (2006).** Freshwater biodiversity: importance, threats status and conservation challenges. *Biological reviews*, 81(2), 163-182. doi:10.1017/S1464793105006950
- Dudgeon D. (2000).** The Ecology of Tropical Asian Rivers and Streams in Relation to Biodiversity Conservation. *annual review of ecology, evolution and systematic*. Vol. 31:239-263 <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.31.1.239>
- Dussart B. (1967).** Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale: Calanoïdes et harpacticoïdes.

- Eason EH., (1982).** A review of the north-west European species of Lithobiomorpha with a revised key to their identification. *Zoological Journal of the Linnean Societys*, 74 : 9-33.
- Ekperusi OH., Ekperusi AO., Olomukoro JO. 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 : DOI: 10.4314/jasem.v26i8.16.
- El-Alami M. (2002).** Thèse de Doctorat d'Etat Hydrobiologie, Université Abdelmalek Essaadi, Faculté des Sciences - Tétouan, Maroc.
- Eleni M., Antonies M., George K., Alexios-Leandos S., & Prokopios M. (2009).** High quality bergamot oil from Greece: Chemical analysis using chiral gas chromatography and larvicidal activity against the West Nile virus vector, *Molecules*,14(2), 839-849
- Ellman GL, Courtney KD, Andres V and Featherstone RM. 1961.** A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem Pharmacol* 7: 88-95.
- Emeka UJ., Sylvanus UH., Akuoma UB., Nanee DS. (2020).** Benthic macroinvertebrates diversity and physical-chemical parameters as indicators of the water qualities of Ntawogba Creek Port Harcourt Nigeria. *American Journal of Chemical and Biochemical Engineering*. 4(1):8–17. doi:10.11648/j.ajcbe.20200401.12.
- Ezzat SM., Mahdy HM., Abd El Shakour EH., El-Bahnasawy MA. (2012).** Water quality assessment of river Nile at Rosetta branch.impact of drains discharge. *Middle-East Journal of Scientific Research* 12(4): 413-423. DOI: idosi.mejsr.2012.12.4.1694.
- Ewing H.E. (1949).** The origin and classification of the trombiculid mites, or Trombiculidae. *Journ. Wash. Acad. Sci*, 39, 229-237.
- Fabre J.H., 1855.** Recherche sur l'anatomie des organes reproducteurs et sur le développement des Myriapodes. Thèse de Doctorat. Zoologie. Chapman and Hall, London. 256 p.
- Farajollahi A., Fonseca D M., Kramer L D. , Kilpatrick A. M. (2011).** “Bird biting” mosquitoes and human disease: A review of the role of *Culex pipiens* complex mosquitoes in epidemiology. *Infection, Genetics and Evolution* Volume 11, Issue 7, Pages 1577-1585. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2011.08.013>
- Farshchi M., Nasrolahi A., Shokridreza M. (2017).** Spatial and temporal variations of macrobenthic communities of the southern coast of the Caspian Sea, Parih sar *journal of animal research (iranian journal of biology)* year: 1396 | volume:30 | issue:2 page(s): 0-0
- Farshchi M., Nasrolahi A., Shokri dreza M. (2020).**Variability in benthic invertebrate community structure near warm water effluents of a power plant in the southern Caspian Sea.*Regional Studies in Marine Science* Volume 40, 101507<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101507t>

- Fernando, C. (1980).** The aquatic fauna of the world's rice fields: A general introduction and bibliography of references to the aquatic fauna of rice fields with an introduction to the ecology of the rice field fauna. *Wallacean Suppl.* March 2; 105p.
- Forester R.M. (1991).** Ostracode assemblages from springs in the western United States: implications for paleo
- Foster G. N., Friday L E. (2011).** Keys to adults of the water beetles of Britain and Ireland (Part 1). Handbooks for the Identification of British Insects. Royal Entomological Society .Vol. 4 Part 5 (2 nd Ed.)
- Fouad E A., Abotaleb A O. (2021).** Effets sublétaux de deux insecticides, la deltaméthrine, le thiaméthoxame et l'insecticide botanique (*Foeniculum vulgare* Mill.) sur *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera : Bruchidae). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences A. Entomology.* 14(1):255-269(2021) [10.21608/EAJBSA.2021.161753](https://doi.org/10.21608/EAJBSA.2021.161753)
- Gagneur J., & Chaoui-Boudghane C. (1991).** Sur le rôle du milieu hyporhéique pendant l'assèchement des oueds de l'Ouest Algérien. *Stygologia*, 6, 77-89.
- Gardner, R., and Finlayson, C. M. (2018).** *Global wetland outlook: state of the world's wetlands and their services to people.* Gland, Switzerland: Ramsar Convention.
- Ghasemi A F, Kamali M. (2014).** Benthic Macroinvertebrates along the Haraz Downstream in Southern Caspian Sea Basin: In Gradient of the Physicochemical Parameters. *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Zoology Volume, 7* pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/145430>
- Ghazali D., Zaid A. (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknes–Maroc). *Larhyss Journal*, 12, 25-36
- Gerami MH, Patimar R., Negarestan H., Jafarian H., Mortazavi MS. (2016).** Temporal variability in macroinvertebrates diversity patterns and their relation with environmental factors. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, smujo.id. issue Vol. 17 No. 1 (2016) DOI <https://doi.org/10.13057/biodiv/d170106>
- Gerken S., Sternberg K. (1999).** Die Exuvien Europäischer Libellen (Insecta Odonata). *Höxter und Jena*, 354 p.
- Gillott Cedric. (1995).** Entomology (2 nd edition). Springer-Verlag New York, LLC. hlm. 96. ISBN 0-306-44967-6.
- Gledhill, T. (1985).** Water mites predators and parasites. Ambleside, UK, Freshwater Biological Association, 45-59.
- Golovatyuk L.V.; Nazarova L.B.; Kalioujnaia I.J.; Grekov I.M. (2023).** Taxonomic Composition and Salinity Tolerance of Macrozoobenthos in Small Rivers of the Southern Arid Zone of the East European Plain. *Biology* 12, 1271. <https://doi.org/10.3390/biology12091271>

- Goudjil M et Bencheikeh S. (2011).** Etude de la pollution minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla, Sud – Est Algérienne Mémoire de Magister. Université Kasdi Marbah Ouargla
- Goulden CE. (1968).** The systematics and evolution of the Moinidae. *Trans. Amer. Phil. Soc*, 58 (6) : 101 p. Gras R. & Saint-Jean L. 1976.
- Grand D., & Boudot J.R. (2006).** Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg. Biotope, Mèze (Collection Parthénope). 480 p.
- Grandi M. (1951).** Contributi allo studio degli Efemeroideiesotici I. Un nuovo Cenide africano: *Caenis hoggariensis* sp.n. Bolletino del l'Istituto di Entomologia del l'Universita di Bologna 18: 173–180.
- 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(3), 257-262.
- Grooten M., Almond REA. (2018).** Living planet report-2018: aiming higher. •cabdirect.org
- Grosscurt A.C. & Anderson S.O.(1980).** Effect of diflubenzuron on some chemical and mechanical properties of the elytra of *leptinotarsa decemlineata*. Proceeding of the Nedherland Akademy Wet, 83c: 143-150
- Gül N., Yiğit N., Saygılı Yiğit F., Yazıcı Özçelik E., (2023).** The Effects of Diflubenzuron on Acetylcholinesterase (EC 3.1.1.7) Activity and Liver Ultrastructure in Wistar Rats. Gazi University Journal of Science, 36(1), 68-78. <https://doi.org/10.35378/gujs.868668>
- Gunasekaran K., Muthukumaravel S., Sahu S S., Vijayakumar T., Jambulingam P. (2011).** Glutathione S Transferase Activity in Indian Vectors of Malaria: A Defense Mechanism Against DDT. *Journal of Medical Entomology*, Volume 48, Issue 3, 1, Pages 561–569, <https://doi.org/10.1603/ME10194>
- Gutiérrez Y, Santos HP, Serrão JE, Oliveira EE (2016).** Deltamethrin-Mediated Toxicity and Cytomorphological Changes in the Midgut and Nervous System of the Mayfly *Callibaetis radiatus*. *PLoS one* 11(3): e0152383. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152383>
- Habig WH, Pabst MJ and Jakoby WB. (1974).** Glutathione S-Transferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J Biol Chem* 249:7130-7139.
- Haddad WM., Chellaboina V., Nersesov SG. (2014).** Impulsive and hybrid dynamical systems. In *Impulsive and Hybrid Dynamical Systems*. Princeton University Press 15:496. DOI: [10.1515/9781400865246](https://doi.org/10.1515/9781400865246).
- Hafiane M., Hamzaoui D., Bouchelouche D., Saal I., Mebarki M., Aarab A. (2017).** The Distributions of Benthic Macroinvertebrates in the Tafna River. In. ICAPC'5 Proceeding,

- Tamanrasset, Algeria, 03-05 Nov 2017, pp. 45-51. <https://www.revuenatec.dz/Proceedings/ICAPC5>
- Hafsi NEH., Hamaidia K., Barour C., Soltani N. (2021).** A survey of Culicidae (InsectaDiptera) in some habitats in Souk-Ahras province (Northeast Algeria). *Biodiversity Journal*, 12 (1): 3–16. DOI: 10.31396/Biodiv.
- Hamaidia H., Berch S. (2018).** Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Souk-Ahras (Algérie)Entomologie faunistique- (Volume 71).DOI: [10.25518/2030-6318.4052](https://doi.org/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., & Soltani N. (2020).** Methoxyfenozide, a Molting Hormone Agonist, Affects Autogeny Capacity, Oviposition, Fecundity, and Fertility in *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) *Journal of Medical Entomology* 58(3):1004-1011. [10.1093/jme/tjaa260](https://doi.org/10.1093/jme/tjaa260)
- 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.
- Hamida ZC., Farine JP., Feveur JF., Soltani N. (2021).** Pre-imaginal exposure to Oberon disrupts fatty acid composition, cuticular hydrocarbon profile and sexual behavior in *Drosophila melanogaster* adults. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 243 (2): 108981. DOI: [10.1016/j.cbpc.2021.108981](https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2021.108981) IF 2.892.
- Harrat N., 2007.** Qualité des eaux de surface de l'Est algérien et leur réactivité vis-à-vis du chlore. Thèse de Magister en géologie, Option: Hydrochimie, Faculté des Sciences de la Terre, Département de géologie, Université d'Annaba.
- Hassain K. (2002).** Biogéographie et biotypologie des Culicidae (Diptera: Nématocera) de l'Afrique méditerranéenne. Bioécologie des espèces les plus vulnérantes (*Ae. caspius*, *Ae. mariaae* et *Cx. pipiens*) de la région occidentale Algérienne Thèse doc D'état. Univ Tlemcen. 203p.
- Haverinen J., Vornanen M. (2016).** Deltamethrin is toxic to the fish (crucian carp, *Carassius carassius*) heart. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. Volume 129, May 2016, Pages 36-42. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.10.014>
- Headrick DH., & Goeden RD. (2001).** Biological control as a tool for ecosystem management. *Biol Control*, 21:249–257.
- Hecq JH. (1976).** Annual cycle of zooplankton in Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais) 1970-1971: 2. Holoplankton. *Bulletin of the Royal Society of Sciences of Liège, Boulogne* 9-10.
- Heidemann H., Seidenbusch R. (2002).** Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse). *Société Française d'Odonatologie*, 416 p.

- Hénaut A. (2011).** Air and water pollution. Files of science and public policies. Pierre and Marie Curie University, Paris, 64p.
- Himmi O. (1991).** Culicidae (Diptera) du Maroc: Clé de détermination actualisée et étude de la dynamique et des cycles biologiques de quelques populations de la région de Rabat-Kénitra. Thèse 3ème cycle. Univ. Med V, Fac. Sci; Rabat, 185 p.
- Himmi O. (2007).** Les Culicidae (Insectes, Dipteres) du Maroc: Systématique, Ecologie et Etudes Epidemiologiques Pilotes. Thèse de doctorat d'état en Biologie spécialité ecologie. Univ. Mohamed V- Agdal, Faculté des sciences Rabat
- Himmi O., Trari B., El Agbani M.A., & Dakki M. (1998).** Contribution à la connaissance de la cinétique et des cycles biologiques des Moustiques (Diptera Culicidae) dans la région de Rabat-Kénitra (Maroc). *Bull Inst Sci Rabat* 21:71–9
- Houmani M., Bendali-Saudi F., Soltani N. (2023).** Impact of physicochemical parameters of water on the biodiversity of the invertebrate fauna from Echatt Lake (Northeast Algeria). *Biodiversitas* 24: 258-268. DOI: 10.13057/biodiv/d240131
- Hui J.H.L., Benena W.G., Tobe S.S. (2013).** Future perspectives for research on the biosynthesis of juvenile hormones and related sesquiterpenoids in Arthropod endocrinology and ecotoxicology. In: J. Devilliers (Ed.), Juvenile hormone and juvenoids. Modeling biological effects and environmental fate. CRC Press Taylor & Francis Group, New York. 15- 30.
- Humes A.G. (1994).** How many copepods?. *Hydrobiologia*, 292/293, 1-7.
- Idrissi-Hassani, L.M., & Hermas, J. (2008).** Effet de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). *Zool. Baetica*, 19, 71-84.
- Ihaka R., & Gentleman R. (1996).** R: a language for data analysis and graphics. *J. Comput. Graph. Statist.*, 5, 299–314.
- Indermuehle N., Angelibert S., & Oertli, B. (2008).** IBEM: Indice de Biodiversité des Etangs et Mares. Un outil pour l'évaluation biologique des étangs et mares. Manuel d'utilisation, école d'ingénieurs de Lullier (eil), Genève, 33 p.
- Iorio E. (2002) a.** Observation du comportement et de la reproduction de *Lithobius forficatus* (Linné, 1758) (Chilopoda, Lithobiomorpha, Lithobiidae, Lithobiinae). *Le Bulletin de Phyllie* 12:15-20.
- Ishaaya I., & Horowitz A.R. (1998).** Insecticides with novel modes of action: An overview. In: Insecticides with novel modes of action: Mechanism and application, ed. Ishaayand Degheele D. Springer, Berlin. 1-24
- Jolivet P. (1980).** Les Insectes et l'homme. Insecte d'importance médicale. *Masson. edspestic. Sci*, 55, 909-918.

- Joly R., Descamp, M. (1988).** Endocrinology of Myriapods. In: Endocrinology of Selected Invertebrate Types, pp.429-449, Laufer, H. and Downer, R.G. H. Eds., Alan R. Liss, New-York.
- Jones K.E., Patel N.G., Levy M.A., Storeygard A., Balk D., Gittleman J.L. & Daszak P. (2008).** Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451, 990-993.
- Julian Pichenot. (2016).** Inventaire des Hétéroptères terrestres et aquatiques de la Réserve Naturelle du marais de Vesles-et Caumont Prospections de terrain. Association la rosilière, p4.
- Karch S., & Hougard J. M. (1986).** Etude comparative au laboratoire du devenir de la matière active et des spores de *Bacillus sphaericus* 2362 et de *Bacillus thuringiensis* H14 en milieu aqueux. *Cahier. O.R.S.T.O.M. Ser. Ent. Med. Et parasitol.* 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. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.*, 8 (4), 376-380.
- Katona S.K. (1973).** Evidence for sex pheromones in planktonic copepods. *Limnology and Oceanography*, 18, 574-583.
- Kechemir L H., Lounaci A. (2017).** Faunistic and Ecology of the Benthic Macroinvertebrates of Oued Boubhir (Tizi-Ouzou, Algeria). In ICAPC'5 Proceeding, Tamanrasset, Algeria, 03-05 Nov, pp. 65 73. <https://www.revuenatec.dz/Proceedings/ICAPC'5>
- Kemassi, A., Boual Z., Ould El Hadj K.A., Dadi-Bouhoun M., & Ould El Hadj M.D. (2010).** Activité biologique de l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) (Euphorbiaceae) chez le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae). *Annales de Sciences et Technologie, Université Kasdi Merbah-Ouargla*, 2 (1), 61-70.
- Kemassi A., Bouziane, N., Boual, Z., Ould El Hadj M.D. (2014).** Activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). 12(6), 348-353.
- Kettani K., Moubayed-Breil J. (2018).** Communities of Chironomidae (Diptera) from four ecological zones delimited by the Mediterranean coastal ecosystems of Morocco (Moroccan Rif). Updated list and faunal data from the last two decades. *Journal of Limnology*; 77(s1): 141-144 DOI: 10.4081/jlimnol.2018.1727
- Khalik W M A W M., Abdullah M P., Amerudin N A., Padli N. (2013).** Physicochemical analysis on water quality status of Bertam River in Cameron Highlands, Malaysia. *Journal of Materials and Environmental Science.* 4(4), 488-495
- Kilpatrick A M. (2011).** Globalization, Land Use, and the Invasion of West Nile Virus .Vol 334, Issue 6054pp. 323-32. DOI: 10.1126/science.1201010

- Kraïem M. (1986).** Contribution à l'étude hydrobiologique de trois cours d'eau du Nord-Ouest de la Tunisie. Présentation, physico-chimie et aperçu faunistique. *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*, 55(3), 96-104.
- Kraïem, M. (1987).** Contribution à l'hydrologie du réseau hydrographique de l'Ichkeul (Tunisie septentrionale). *Archives Institut Pasteur Tunisie*, 64(4), 463-475.
- Kripa PK., Prasanth K M., Sreejesh K K., Thomas TP. (2013).** Aquatic macroinvertebrates as bioindicators of stream water quality a case study in Koratty, Kerala, India. *Research Journal of Recent Sciences* 2: 217-222.
- Kriska G.(2013).** Dragonflies and Damselflies–Odonata. In: Kriska, G. (Ed.). *Freshwater Invertebrates in Central Europe*. Springer Vienna. 194-209.
- Labrune C., Gremare A., Amouroux J M., Sarda R., Gil J., Taboada S. (2006).** Assessment of soft-bottom polychaete assemblages in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on mesoscale survey. *1\_2 (71): 133\_147.*
- Lambrechts L , Scott T W., Gubler D J.(2010).** Consequences of the Expanding Global Distribution of *Aedes albopictus* for Dengue Virus Transmission. *PLoS Negl Trop Dis* 4(5) e 646 <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000646>
- Lambret P., Besnard A., Matushkina N.(2015a).** Initial preference for plant species and state during oviposition site selection by an Odonate. *Entomological Science*. 1-6.
- Lamoot E., Dumont HJ. (1974).** *Moina reticulata* (Daday, 1905) (Cladocera, Moinidae) found in the Ivory Coast, West Africa *Crustaceana*, brill.com
- Lavarias SML., Colpo KD., Landro SM., Ambrosio ES., Chapitre A R., Arrighetti F. (2022).** Deleterious effects of two pesticide formulations with different toxicological mechanisms in the hepatopancreas of a freshwater prawn. *Chemosphere*. Volume 286, part 3, 131920 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131920>
- Lavaud, F., & Dutau, G. (2020).** Hypersensibilité aux morsures d'arthropodes hématophages. *Revue Française d'Allergologie*, 60(6-7), 498-506.
- Leclercq L.(2001).** Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau, station scientifique des Hautes-Fagnes, Belgique.
- Legendre L., Legendre P. (1984).** *Ecologie numérique*. Masson Ed, Paris, 2 vol. : 260 et 335' p.
- Legwaila M., Obopile M., Tiroesele B. (2022).** Efficacy of Abamectin against adult spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) on tomato in Botswana. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 10(5): 39-43 DOI: <https://doi.org/10.22271/j.ento.2022.v10.i5a.9052>
- Li Y., Sun H., Tian Z., Su X., Li Y., Ye X., Zhou Y., Zheng S., Liu J., Zhang Y. (2020).** The determination of *Plutella xylostella* (L.) GSTs (PxGSTs) involved in the

- detoxification metabolism of Tolfenpyrad. *Pest Management Science*. Volume76, Issue12 .Pages 4036-4045 <https://doi.org/10.1002/ps.5958>
- Liu C., Chen H., Guo Y., Han M., Wang H., Niu J., Niu J., He J., Yang J., Dong W., Xue J. (2023).** Correlation between Deltamethrin-Induced Behavioral Changes and Acetylcholinesterase Activity in Zebrafish Embryos or Larvae. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4434935> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4434935>
- Lonsdale D. J., Frey M. A., & Snell T. W. (1998).** The role of chemical signals in copepod reproduction. *Journal of Marine Systems*, 15(1-4), 1-12.
- Lovgren S.** Perspective | More Attention Needed on Freshwater Biodiversity - Circle of Blue [Internet]. Circle of Blue. [www.circleofblue.org](http://www.circleofblue.org); 2021. [cited 2022 Mar 30]. Available from: <https://www.circleofblue.org/2021/world/perspective-more-attention-needed-on-freshwater-biodiversity>
- Loucif K., Neffar S., Menasria T., Maazi MC., Houhamdi M., Chenchouni H. (2020).** Physico- chemical and bacteriological quality assessment of surface water at Lake Tonga in Algeria. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 13:100284. doi:10.1016/j.enmm.2020.100284
- Lounis K., Saheb M., Hafid H., Bougoudjil S. (2018).** Inventory and Ecology of Macroinvertebrates in Temporary Pools in the Region of Oum El Bouaghi (North-East Algeria).[www.environmentaljournal.org](http://www.environmentaljournal.org) Volume7, Issue 3: 14-17 ISSN 2277- 8047 14
- Lounaci Z. (2015).** Biodiversité des Diptères d'intérêt agronomique médical et vétérinaire en particulier les Phlébotomes et les Culicides dans l'Algérois, le Marais de Réghaia, et la vallée du moyen Sébaou de Tizi Ouzou. Thèse de doctorat.
- Lucia, A., Gonzalez, Audino, P., Licastro, S., Masuh, H. (2007).** Larvicidal effect of Eucalyptus Grandis essential oil and turpentine and their major components on *Aedes Aegypti* larvae. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 23(3), 299-303.
- Lynch Abigail J., Cooke Steven J., Deines Andrew M., Shannon D. Bower, David B. Bunnell, Ian G. Cowx, Vivian M. Nguyen, Joel Nohner. (2016).** The social, economic, and environmental importance of inland fish and fisheries. *Environmental Reviews* <https://doi.org/10.1139/er-2015-0064>
- Mabrouki Y., Taybi1 A. F., El Alami A M. Berrahou1. (2017).** New and interesting data on distribution and ecology of Mayflies from Eastern Morocco (Ephemeroptera).*Journal of Materials and Environmental Sciences* ISSN : 2028-2508 JMES, 2017 Volume 8, Issue 8, Page 2839-2859 <http://www.jmaterenvirosci.com/>
- Mahmoud AM., Riad AS. (2020).** Ecological studies on some aquatic insects in the Damietta branch, River Nile of Egypt as bioindicators of pollution. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*. 24(4):57–76. doi:10.21608/ejabf.2020.95322.
- Mahmoudi K., Bendali-Saoudi F., Soltani N. (2022a).** Do water physicochemical parameters explain richness and phenology of aquatic beetles (Coleoptera) in Tonga Lake (Northeast Algeria). *Oriental Insects*. DOI: 10.1080/00305316.2022.2033335.

- Mahmoudi K., Bendali-Saoudi F., Soltani N. (2022b).** Potential predation of *Cyclops fuscus* jurine, 1820 (Crustacea Copepoda) against two mosquito species *Culex pipiens* linnaeus, 1758 and *Culiseta longiareolata* macquart, 1838 (Diptera Culicidae): *Biodiversity Journal*, Vol. 13, No. 4, 805-812 ref. many ref.
- Mamadou Abdou. (2015).** An Assessment of the Impact of Chemical Insecticides Used to Control Desert Locust (*Schistocerca gregaria*) (Orthoptera, Acrididae) on Lacertid Lizard *Acanthodactylus* spp (Sauria, Lacertidae) in Niger. *American Chemical Science Journal* 7(4): 193-200. ISSN: 2249-0205
- Manickavasagam S., Sudhan C., Bharathi., Aanand S. (2019).** Bioindicators in aquatic environment and their significance. *Journal of Aquaculture in the Tropics*; New Delhi Vol. 34, N° 1/2 : 73-79. DOI:10.32381/JAT.2019.34.1-2.6
- Mansouri M., Bendali-Saoudi F., Benhamed D., & Soltani, N. (2013).** Effect of *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* against *Culex pipiens* (Insecta: Culicidae). Effect of *Bti* on two non-target species *Eylais hamata* (Acari: Hydrachnidia) and *Physa marmorata* (Gastropoda: Physidae) and dosage de leur GST biomarker. *Annals of Biological Research*, 4(11), 85-92.
- Mathieu, R., Bellier, J. P., & Granier, B. (2011).** Manuel de micropaléontologie. Association "Carnets de Géologie". Paris. ISBN 978-2-916733-04-3
- Mavoungou, J. F., Jay-Robert, P., Gilles, J., Edda, A. A., & Duvallet, G. (2008).** Écologie des Stomoxes (Diptera: Muscidae) au Gabon. I–Premier inventaire dans différentes zones écologiques. *Parasite*, 15(1), 27-34.
- Moisan J. (2010).** Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec. Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-58416-2 (version imprimée), 82 p.
- Mebarki M., Taleb A., Arab A. (2017).** Environmental factors influencing the composition and distribution of mayfly larvae in northern Algerian wadis (regional scale). *Revue d'Écologie*, 72 (3), pp.303-313. (hal-03532796)
- Meisch C. (2000).** Fresh water Ostracoda of Western and Central Europe. In: Schwoerbel, J. & Zwick, P. (Eds.), Süßwasserfauna von Mitteleuropa 8/3. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 1-522.
- 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'algérie). *Actes du Séminaire International sur la Biodiversité Faunistique en Zones Arides et Semiarides*, 185-189.
- Messai N., Berchi S., Boulknafed F., Louadi K. 2010.** Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunistique - Faunistic Entomology* [En ligne], Volume 63 (2010), Numéro 3 - 3e trimestre 2010, p. 203-206 URL : <https://popups.uliege.be/2030-6318/index.php?id=1946>.

- Messai N., Berchi S., Boulknafed F., & Louadi K. (2011).** Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunistique, Faunistic Entomology*, 63 (3), 203-206.
- Messikh S. (2016).** Etude Bio écologique des Hydracariens de la région d'El Kala. Thèse de Doctorat en Biologie Animale. Université d'Annaba. Algérie.
- Min JK., Kong DS. (2020).** Distribution patterns of benthic macroinvertebrate communities based on multispatial-scale environmental variables in the river systems of Republic Of Korea. *Journal of Fresh water Ecology*. 35(1):323–347. doi:10.1080/02705060.2020.1815599.
- Mishra G S., James A., Paliwal HB., Kumar H. (2017).** Physicochemical, Biological Properties and Biodeversity of Aquatic plant Species in Macferson lake Allahabad, Up India. *Current World environment*, 12(3),630.
- Mohan R.R.,nages T.S., Das A., Sahu S., Reddy D.R.K. &Paturi A.P. (2019).** Physico-chemical.Characteristics of NalbanWetlend of East Kolkata Wetlands,ARamsar Site, West Bengal, india. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 8(4), 1264-1275.
- Morin PA., Luikart G., Wayne RK. (2004).** SNPs in ecology, evolution and conservation. *Trends EcolEvol* 19 (4): 208-216. DOI: 10.1016/j. tree. 2004.01.009.
- Mortelmans J. (1961).** Sedation and anesthesia in anthropoid apes. *Int. Zool. Year Book*, 3, 119.
- Moubayed J., Lounaci A. & Lounaci-daoudi D., (2007).** Non-biting midges from Algeria, North Africa ( Diptera, Chironomidae). *Ephemera*, 8 (2):93-99. Occidental (Monts des Ksour). Essai de synthèse sur les diapires atlasiques. Thèse Magister. U.S.T.H.B / IST.
- Mulder R. & Gijswijt M. (1973).** The laboratory evaluation of two promising newinsecticides, which interfere with cuticles deposition. *Pesticide Science* 4, 737.
- Murgue B., Murri S.,Triki H., Deubel V., & Zeller H.G. (2001).** West Nile in the Mediterranean basin: 1950-2000. *Ann N YAcad Sci*, 951, 117-126.
- Nahli A., Oubraim S., Chlaida M. (2022).** Application of the biotic indices for water quality and resilience assessment of a disturbed stream (Casablanca, Morocco). *Biologia* 77, 2887–2904. <https://doi.org/10.1007/s11756-022-01193-6>
- Neveu-Lemaire. (1923).** L'évolution de la classification des Culicidae. *Annales de Parasitologie*, T.1(1).18 p.
- Nieradko-Iwanicka B., Borzecki A. (2015).** Subacute poisoning of mice with deltamethrin produces memory impairment, reduced locomotor activity, liver damage and changes in blood morphology in the mechanism of oxidative stress. *Rapports pharmacologiques*.Volume 67, numéro 3, pages 535-541. <https://doi.org/10.1016/j.pharep.2014.12.012>

- N'goran E.K., Koudou B.G., Dia I., Kengne P., Fontenille D., & Chandre F. (2011).** Contribution of *Anopheles funestus*, *An. gambiae* and *An. nili* (Diptera: Culicidae) to the perennial malaria transmission in the southern and western forest areas of Côte d'Ivoire. *Ann Trop Med Parasitol*, 105(1), 13-24. doi: [10.1179/136485910X12851868780388](https://doi.org/10.1179/136485910X12851868780388).
- N'guessan K., Tra B., & Koné M. (2009).** Étude ethnopharmacologique des plantes antipaludiques utilisées en médecine traditionnelle chez les Abbey et Krobou d'Agboville (Côte-d'Ivoire). *Ethnopharmacologia*, 44, 42-50.
- Obade V P., Moore R. (2018).** Synthesizing water quality indicators from standardized geospatial information to remedy water security challenges: Environment International Volume 119, Pages 220-231 <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.06.026>
- Oberlander H. & Silhacek D.L.(1998).** New perspectives on the mode of action of benzoylphenyl urea insecticides with novel mode of action. Springer, 92-105.
- Odountan O H., Janssens de Bisthoven L., Abou Y., Eggermont H. (2019).** Biomonitoring of lakes using macroinvertebrates: recommended indices and metrics for use in West Africa and developing countries. *Hydrobiologia* 826, 1–23. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3745-2>
- Oertli B., Auderset-Joye D.A., Castella E., Juge R., Lehmann A., Lachavanne J.B. (2005).** Ploch: a Standardized Method for Sampling and Assessing the Biodiversity in Ponds, in Conservation and monitoring of pond biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, Special issue*, 15, (6), 665-680.
- Organisation Mondiale de la Santé. (OMS). (1973).** Lutte antivectorielle en santé internationale.
- O.M.S. (2023) :** <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/malaria>
- O.M.S. (2010).** Commémoration de la Journée mondiale de lutte contre le paludisme 2010. Actu flash report, OMS, 5: 1-3.
- O.M.S. (1963).** Méthode à suivre pour déterminer la sensibilité ou la résistance des larves de moustiques aux insecticides. In Résistance aux insecticides et lutte contre les vecteurs. Genève. 265: 55-60.
- Oudainia, W. (2015).** Etude bioécologique et systématique des Culicidae de la région d'Oum El Baouaghi. Effet de la température sur l'agressivité et la biologie de *Culex pipiens*. Thèse de doctorat en biologie, spécialité écologie animale, option biologie des populations. Université Badji Mokhtar, Annaba. Algérie.
- Palm R.(2000).** L'analyse de la variance multivariée et l'analyse canonique discriminante: principes et applications. Notes stat. inform. Gembloux 2000/1, 40 p.
- Parmar TK., Rawtani D., Agrawal YK. (2016).** Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in life science* 9(2): 110-118. [DOI:10.1080/21553769.2016.1162753](https://doi.org/10.1080/21553769.2016.1162753).

- Perrier R., 1970.** La faune de la France en tableaux synoptiques illustrés, tome III. Librairie Delagrave, Paris : p 10-17.
- Perrier R. (1979).** The fauna of France illustrated II Arachnidae and Crustacea. Printed in Belgium - jos adam Brussels, Paris 5122, pp8-84-86.
- Peyrusse V., & Bertrand M. (2001).** Les acariens aquatiques de France. *Insectes*,123,4,3-6.
- Picard F. (1929).** Coleoptera Cerambycidae, Paris Paul Lechevalier 168 p.
- Pierre F.B. (1995).** Clé Illustrée des Familles des Coléoptères de France. Paris *l'Entomologiste*. Tome 50. 56, 0013- 8886.
- Piló D., Ben-Hamadou R., Pereira F., Carriço A., Pereir P., Corzo A., Gaspar M B., Carvalho S. (2016).** How functional traits of estuarine macrobenthic assemblages respond to metal contamination, *Ecol Indic* 71:645–659. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.019>
- Poisson R. (1957).** Aquatic Heteroptera. In P. Le chevalier (Ed.). Faune de France, C.N.R.S, Paris 61: 264 .
- Polhemus J.T., & Herring J.L. (1970).** Études hydrobiologiques en Nouvelle-Calédonie (Mission 1965 du Premier Institut de zoologie de l'Université de Vienne). X. Aquatic and semi-aquatic hemiptera of New Caledonia. *Cah. Orstom, sér. Hydrobiol*, 4 (2), 3 12.
- Popoola K.O.K., & Otalekor A. (2011).** Analysis of aquatic insects' communities of Awba reservoir and its physico-chemical properties.
- Powell J.A. (2009).** Coleoptera. In Vincent H. Resh & Ring T. Cardé. Encyclopedia of Insects (2nd ed.). *Academic Press*, 1132 p.
- Printes LB., Callaghan A., (2004).** A comparative study on the relationship between acetylcholinesterase activity and acute toxicity in *Daphnia magna* exposed to anticholinesterase insecticides. *Environmental Toxicology and chemistry*. Volume23, Issue 5 Pages 1241-1247
- Proctor H.c. (2006).** Key to Aquatic Mites Known from Alberta. Agriculture Canada, Ottawa.
- Proctor HC., & Walter DE. (1999).** Mites: ecology, evolution and behavior. University of New South Wales Press, Sydney, New South Wales, 3, 488 p.
- Raachi M-L. (2007).** Étude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du lac Tonga au nord-est algérien. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en géographie, Université du Québec à Montréal, 155p.
- Radhika D., Ramathilaga A., Sathesh Prabu C., & Murugesan A.G. (2011).** Evaluation of larvicidal activity of soil microbial isolates (*Bacillus* and *Acinetobactor Sp.*) against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) the vector of Chikungunya and Dengue. *Proceed Internat. Acad. Ecol. Environ. Sci*, 1(3-4),169-178.

- Ramadan DM., Katbeh-Bader A. (2018).** Diversity of aquatic and semi-aquatic insects in Wadi Al-Walah in Jordan. *Zoology and Ecology*, •Taylor & Francis. Volume 28, - Issue 2 <https://doi.org/10.1080/21658005.2018.1464145>
- Ramade F., (1984).** Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill. Paris, 397p.
- Raphahlelo M E., Addo-Bediako A., Luus-Powell W J.(2022).**Distribution and diversity of benthic macroinvertebrates in the Mhlapitsi River, South Africa **Pages 145-160** <https://doi.org/10.1080/02705060.2021.2023054>
- Razouls C., de Bovée F., Kouwenberg, J., & Desreumaux N. (2020).** Diversité et répartition géographique chez les Copépodes planctoniques marins. Sorbonne Université, CNRS.
- R Core Team (2020).** R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org>.
- Rehimi N. (2004).** Study of reproduction in *Culex pipiens*. Aspects: morphological, ethological and physiological. Effects of some developmental inhibitors on some biological parameters. State doctoral thesis in Natural Sciences, mention Animal Biology. Badji Mokhtar University of Annaba, Algeria. PhD Thesis, 195pp.
- Rehimi N, Soltani N. (2002).** Laboratory evaluation of andalin, an insect growth regulator interfering with cuticle deposition, against mosquito larvae. *Revue Scientifique et Technique*. 18:106-110.
- Reinert J.F. (2000).** New classification for the composite genus *Aedes* (Diptera: Culicidae: Aedini), élévation of subgenera *Ochlerotatus* to generic rank, reclassification of the other subgenera, and notes on certain subgenera and species. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 16, 175-188.
- Rey J., & Saint-Jean L. (1980).** Les Brachiopodes (Cladocères). In Flore et Faune aquatique de l'Afrique Sahélo-soudanienne.
- Reyes M., Rocha K., Alarcon L., Siegwart, M. & Sauphanor, B. (2012).**- Metabolic mechanisms involved in the resistance of field populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) to spinosad. *Pestic. Biochem Physiol.*, 102, 45-50.
- Reynaldi S., Meiser M., Liess M. (2011).** “Effects of the pyrethroid fenvalerate on the alarm response and on the vulnerability of the mosquito larva *Culex pipiens* molestus to the predator *Notonecta glauca*.” *Aquatic Toxicology* 104: 56–60.
- RFEA (2009).** Fiche rédigée par l'équipe technique du Réseau Francophone sur l'Eau et l'Assainissement. Technologies de l'Office international de l'eau. Disponible sur le site Internet :[www.oieau.fr/RéFEA](http://www.oieau.fr/RéFEA)
- Ribera I., Beutel R.G., Balke M., & Vogler A.P. (2002).** Discovery of Aspidytidae, a new family of aquatic Coleoptera. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 269, 2351–2356. doi:[10.1098/rspb.2002.2157](https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2157).

- Ripert C. (2007).** Epidemiologie des maladies parasitaires, tome 4, affections provoquées ou transmises par les arthropodes. Cachan : EM inter, 581 pp.
- Rioux J.A. (1958).** Les Culicides du Midi Méditerranéen. *P. Lechevalier, édit*, 303 p.
- Robaux P. (1974).** Recherches sur le développement et la biologie des acariens «Trombididae». *Mem. Mus. Natn. Hist. Nat. (N.S.). Ser. A. Zoologie*, 85, 1-186.
- Roché B., Dommanget J.L., Grand D., Papazian M. (2008).** *Atlas des Odonates de Corse*. Direction Régionale de l'Environnement, Société française d'Odonatologie.
- Rodhain F., & Perez, C. (1985).** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. *Ed. Maloine S. A*, Paris, 458 p.
- Rodier J, Bazin C, Broutin J. p, champsaur H, Rodi L. (2005).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Edition. Dunod, Paris, 1384.
- Rodier J., Legube B., & Merlet N. (2009).** L'analyse de l'eau, 9e édition. *Dunod (éditeur)*, Paris, France. 1579 p.
- Rouibi A, Baaloudj A, Chahrour F, Kerfouf A, Rizi H, Berdja R, Belkhiri W, Chaib S, Gharbi M. (2021).** Characterization and diversity of macroinvertebrates of the Bouhamdane Stream (northeast of Algeria). *Zoology and Ecology*, 31(1):45-52. <https://doi.org/10.35513/21658005.2021.1.8>
- Rose M. (1933).** Pelagic copepods. French Federation of Natural Science Societies Central Faunistic Office Honorary Director: P, de Beauchamp Director: L, Chopard 374 p., 456 fig.
- Rose M. (1933).** Copépodes pélagiques. 374 p, 456 fig.
- Saal I., Smaoune G., Bouchelouche D., Hafiane M., Hamzaoui D., Mebarki, Arab M. (2017).** Distribution of Macroinvertebrates in a River of the Aures (Algeria). In ICAPC'5 Proceeding, Tamanrasset, Algeria 03-05 Nov., 2017, pp. 79-84. <https://www.revuenatec.dz/Proceedings/ICAPC'5>
- Sabatino D., Smit A., Gerecke H., Goldschmidt R., Matsumoto T., Cicolani N., (2007).** Global diversity of water mites (Acari, Hydrachnidia; Arachnida) in freshwater. In: Balian, E.V., Lévêque, C., Segers, H., Martens, K. (eds) Freshwater Animal Diversity Assessment. Developments in Hydrobiology, vol 198. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8259-7\\_33](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8259-7_33)
- 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., Segers H., Maas S., Baribwegure D. & Dumont H. (1998).** "Rotifera, Cladocera, Copepoda & Ostracoda of N.E. Algeria", *Hydrobiologia* 386 pp.183-193. <https://doi.org/10.1023/A:1003538730152>

- Samraoui B., & Menai R. (1999).** A contribution to the study of Algerian Odonata, *International Journal of Odonatology*, 2, 145-165.
- Samraoui B., Márquez-Rodríguez J., Ferreras-Romero M., El-Serehy H. A., Samraoui F., Sartori M., & Gattolliat J. L. (2021).** Biogeography, ecology, and conservation of mayfly communities of relict mountain streams, north-eastern Algeria. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(12), 3357-3369.
- Sane B., Badiane D., Gueye M T., Faye O. (2018).** Évaluation de l'efficacité biologique d'extrait de neem (*Azadirachta indica* Juss.) comme alternatif aux pyréthrinoides pour le contrôle des principaux ravageurs du cotonnier (*Gossypium hirsutum*) au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* / Vol. 12 No. 1. 10.4314/ijbcs.v12i1.12
- Sanogo S., Kabre T., Cecchi P. (2014).** Inventaire et distribution spatio-temporelle des macroinvertébrés bioindicateurs de trois plans d'eau du bassin de la Volta au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 8(3):1005-1029.
- Scaps P., Daas O., Daas T., Brunet L., Bouzerna N., Descamps M. (2005).** Influence of some third-generation pesticides on the structure of reproductive cells in *Lithobius forficatus* L. (Myriapoda, Chilopoda). *Bulletin de la Société zoologique de France.*, Vol 130, Num 4, pp 425-437, 13 p ; ref : 16 ref
- Schaffner F., Angel G., Geoffroy B., Hevry J P., Rhaïem A., Brunhes J. (2001).** Moustique d'Europe. Institut de recherche pour le développement IRD. Logiciel d'identification.
- Sedaghat M M., Linton Y M., Nicolescu G., Smith L., Koliopoulos G., Zounos A K., Oshaghi M A. (2003).** Morphological and molecular characterization of *Anopheles (Anopheles) sacharovi* Favre, a primary vector of malaria in the Middle East. *Royal Entomological Society* <https://doi.org/10.1046/j.1365-3113.2003.00211.x>
- 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.
- Serradj N., Bendali Saoudi F., & Soltani N. (2022).** The effect of diflubenzuron (Dimilin® 25 WP) on some non-target aquatic insect and crustacean species.: *Polish Journal of Entomology*. 91 (4): 174-183
- Shatrov A.B. (2000).** Krasnotelkovye kleshchi i ikh parazitizm [Trombiculid mites and their parasitism on vertebrate hosts]. St. Petersburg, p280. [in Russian, Engl. summary]
- Shatrov A. B., & Kudryashova N.I. (2006).** Taxonomy, life cycles and the origin of parasitism in trombiculid mites. In: *Micromammals and Macroparasites (from Evolutionary Ecology to Management)*, Springer, 119 140.
- Short A E Z. (2018).** Systematics of aquatic beetles (Coleoptera): current state and future directions. *Systematic Entomology*, 43(1), 1-18. doi:10.1111/syen.12270.

- Sinègre G.(1974).** Contribution à l'étude physiologique d'*Aedes (O) caspius* (Pallas, 1771) (Nematocera- Culicidae). Eclosion, dormance, développement, fertilité. Thèse est Sciences, univ. Sci. Tech. Languedoc, 285p.
- Slaninova A., SmutnaM., ModraH., Svobodova Z. (2009).** Oxidative stress in fish induced by pesticides. *Neuroendocrinology Letters* Volume 30 (Suppl. 1): 2–12
- Slater J A., & Baranowski R M.(1978).** How to Know the True Bugs. Dubuque, Iowa
- Slater J., & Baranowski M.(1978).** How to Know the True Bugs (Hemiptera- Heteroptera). Wm. C. Brown Company, Dubuque, Iowa. 1978 ;256 pp.
- Smit H. (2020).** Water mites of the world, with keys to the families, subfamilies genera and subgenera (Acari: Hydrachnida). *Monografieën van de Nederlandse Entomologische Vereniging* 12: 1–774.
- Smith B.P. (1988).** Host-parasite interaction and impact of larval water mites on insects. *Annual Review of Entomology*, 33, 487-507.
- Smith IM., & Cook D.R. (1991).** Water mites. in: Thorp, J., Covich, A. (eds): Ecology and classification of North freshwater Invertebrates. *Academic press, San Diego*, 523-592.
- Smith 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. 2<sup>nd</sup> edition, *J H Thorp and A P Covich. Academic Press*,1056.
- 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).** The potential of mites as biological control agents of mosquitoes, in “Research needs for development of biological control of pest by mites”, (*M. Hoy, G. Cunningham and L. Knutson, eds.*). Agric. Exp. Stn. Univ. Calif., USA p79-85.
- Smith I M., & Oliver D R. (1986).** Review of parasitic associations of larval water mites (Acari: Parasitengona: Hydrachnida) with insect hosts. *Canadian Entomologist*, 118, 407-472.
- Sohier Sandra, Corolla Jean-Pierre. (2020).** in : DORIS,: *Ranatra linearis* (Linnae 1758), <https://doris.ffessm.fr/Especes/Ranatra-linearis-Ranatre-2592>
- Soihier Sandra, Gully Florence, Kupfer Michel. (2021).** in : DORIS: *Zygoptera (sous-ordre, larves)* (Selys, 1854), <https://doris.ffessm.fr/ref/specie/2871>
- Souache y. (1993).** Étude de la reproduction et du développement larvaire des odonates du lac Tonga. Thèse de magister, Université de Annaba, 150, p.
- Soltani N, Chebira S, Delbecque JP, Delachambre J. (1993).** Biological activity of flucycloxuron, a novel benzoylphenylurea derivative, on *Tenebrio molitor*: comparison with diflubenzuron and triflumuron. *Experientia*, 49 (12): 1088-1091.

- Soltani N, Rehim N, Drardja H, Bendali F. (1999).** Activity of triflumuron against *Culex pipiens* and impacts on two non-target larvivorous species. *Annals of the Entomological Society of France*, 35: 59-64.
- Soro G., SoroTD., Adjiri OA., Soro N. (2019).** Application des méthodes statistiques multivariées à l'étude hydrochimique des eaux souterraines de la région des lacs (centre de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(3): 1870-1889. DOI: [10.4314/ijbcs.v13i3.54](https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i3.54).
- Stepić S., K. Hackenberger B., Velki M., Lončarić Z., Hackenberger DK. (2013).** Effects of individual and binary-combined commercial insecticides endosulfan, temephos, malathion and pirimiphos-methyl on biomarker responses in earthworm *Eisenia Andrei*. *Environmental Toxicology and Pharmacology* **Volume 36, Issue 2, Pages 715-723**
- Strayer DL., Dudgeon D. (2010).** Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*. 29(1):344–358. doi:10.1899/08-171.1.
- Sun R., Liu C., Zhang H., & Wang, Q. (2015).** Benzoylurea Chitin Synthesis Inhibitors. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(31): 6847-6865.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Polatera, P.H. (2000).** Invertébrés d'eau douce, systématique biologie, écologie .CNRS, édition ISBN ; 2-271 05745-0.587.pp
- Tahraoui Ch. (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: Biologieet Ecologie Animale.
- Tao F., Si F L., Hong R., He X., Li XY., Qiao L., He Z B., Yan Z B., He SL., Chen B. (2022).** Glutathione *S*-transferase (GST) genes and their function associated with pyrethroid resistance in the malaria vector *Anopheles sinensis*. *Pest Management Science* **Volume**78, **Issue**10.Pages 4127-4139. <https://doi.org/10.1002/ps.7031>
- Taşar GE. (2018).** Contributions to the knowledge of aquatic Coleoptera fauna (dryopidae, helophoridae, heteroceridae, hydrochidae, hydrophilidae, gyridae, haliplidae and noteridae) of Diyarbakır, Mardin and Batman Provinces (Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(8), 927-936. doi:[10.4194/1303-2712-v18\\_8\\_01](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_8_01).
- Tavanayan S., Sharifian S., Kamrani E., Mortazavi MS., Behzadi S. (2021).** Influence of environmental factors on the characteristics of macrobenthic communities in soft bottoms around coral reefs of Larak Island (Persian Gulf). *Hydroécologie Appliquée* 21: 93-113. DOI: [10.1051/hydro/2021002](https://doi.org/10.1051/hydro/2021002)
- Theobald F.V. (1901-1910).** A monograph of the Culicidae of mosquito larvae; a morphometric analysis. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 71, 373- 38.

- Thiboutot M M., Kannan S., Kawalekar O U., Shedlock D J., Khan A S., Sarangan S., Srikanth P., WeineDB., Muthumani K. (2010).** Chikungunya: A Potentially Emerging Epidemic? *PLOS Neglected Tropical Diseases* <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000623>
- Thybaud E., (1990).** Ecotoxicologie du lindane et de la deltaméthrine en milieu aquatique *Journal of Water Science*. Volume 3, Number 2, 1990, pp. 129-23 <https://doi.org/10.7202/705071ar>
- Tickner D., Opperman J., Abell R., Acreman M., Arthington A H., Bunn S E., Cooke S J., Dalton J., Darwall W, Edwards G. (2020).** Bending the Curve of Global Freshwater Biodiversity Loss: An Emergency. *BioScience*, Volume 70, Issue, Pages 330–342, <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa002>
- Tine-Djebbar F. (2009).** Bioecology of mosquitoes in the Tebessa region and evaluation of two growth regulators (Halofenozide et Methoxyfenozide) in against of two mosquito species *Culex pipiens* and *Culiseta longiarolata*: toxicology, morphometry, biochemistry and reproduction. Doc. es. Science, University of Annaba, 170.
- Tolle M. (2009).** Mosquito borne diseases. *Curr. Probl. Pediatr. Adolesc. Health Care*, 39, 97-140.
- Touaylia S. (2017).** Thoughts on water beetles in a Mediterranean environment. In *Insect physiology and ecology*. IntechOpen. doi:10.5772/66639
- Toubal B.O. (1986).** Phytoécologie, biogéographie et dynamique et principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord Orientale). Cartographie au 1/25000. U.S.T.M Univ. Grenoble. Thèse. Doct. 3ème cycle. 111p.
- Touhari F., (2015).** Etude de la Qualité des Eaux de la vallée du Haut Cheliff. Thèse
- Urquhart, G. M., Armour, J., Duncan, J. L., Dunn, A. M., Jennings, F. W. (1996).** *Veterinary parasitology*. 2nd edition. Oxford: *Blackwell science*. 307 pp.
- Van Driesche RG., Carruthers R I., Center T., Hoddle MS., Hough-Goldstein J., Morin L., Smith L., Wagner DL., Blossey B., Brancatini V., Casagrande R., Causton CE., Coetzee JA., Cuda J., Ding J., Fowler SV., Frank JH., Fuester R., Goolsby J., Grodowitz M., van Klinken RD. (2010).** Classical biological control for the protection of natural ecosystems. *Biological Control*. Volume 54, Supplement 1, Pages S2-S33 <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.03.003>
- Verhaeghen K., Bortel W. V., Trung H. D., Sochantha T., Coosemans M. (2009).** Absence of knockdown resistance suggests metabolic resistance in the main malaria vectors of the Mekong region *Malaria J*. 8 :84. (doi:10.1186/1475-2875-8-84).
- Vimpère Jean & Colin Jean-Paul. (2003).** Découverte en Vendée d'un Ostracode peu commun en France : *Cypris bispinosa* Lucas 1849. *Le naturaliste Vendéen* N° 3: 107 – 110

- Wall, R., Shearer, D. (1997).** Veterinary entomology. London: Chapman & Hal. 439 pp .
- Walter D E., Lindquist EE., Smith IM., Cook DR., & Krantz GW. (2009).** Order Trombidiformes. *In : Krantz & Walter*, 233-420.
- Walter DE., & Proctor HC. (1999).** Mites: ecology, evolution and behaviour. Life at a Microscale. *Springer*. 2<sup>nd</sup> Edition.
- Wu G., Li Q., Liu X., Li-Byarlay H., He B. (2021).** Differential state-dependent effects of deltamethrin and tefluthrin on sodium channels in central neurons of *Helicoverpa armigera* Pesticide Biochemistry and Physiology . Volume 175, 104836
- Yadav R., Shinde N G., Patil KT., Kote A., Kadam P. (2023).** Deltamethrin Toxicity: Impacts on Non-Target Organisms and the Environment. *Environment and Ecology* 41 (3D): 2039—2043, DOI: <https://doi.org/10.60151/envec/VFHT1065>
- Yang Z., Bai J., Zhang W. (2021).** Mapping and assessment of wetland conditions by using remote sensing images and POI data. *Ecological Indicators*, 127, 107485.
- 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.
- Zebba, R. (2016).** Ecologie et statut des Gamphidae (Odonata) à Oued Seybous. Thèse de Doctorat, Université de Guelma, Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie, 139 p.
- Zeng R., Yu X., Tan X., Ye S., Ding Z. (2017).** Deltamethrin affects the expression of voltage-gated calcium channel  $\alpha 1$  subunits and the locomotion, egg-laying, foraging behavior of *Caenorhabditis elegans* Pesticide Biochemistry and Physiology Volume 138, Pages 84-90
- Zerguine K., Samraoui S., Rossaro B. (2009).** A survey of Chironomids from seasonal ponds of Numidia, northeastern Algeria. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, . Vol. 41, No. 3, 167-174 ref. 22
- Zhang ZY., Li Z., Huang Q. (2020).** Deltamethrin Impairs Honeybees (*Apis mellifera*) Dancing Communication. *Arch Environ Contam Toxicol* 78, 117–123 <https://doi.org/10.1007/s00244-019-00680-3>
- Zinsou HL., Attingli AH., Gnohossou P., Adandedjan D., Laleye P. (2016).** Physicochemical characteristics and water pollution of the Oueme delta in Benin. *Journal of applied Biosciences*, 97: 9163-9173. DOI: 10.4314/jab.v97i1.3.
- Zirihi G.N. (2006).** Études botanique, pharmacologique et phytochimique de quelques plantes médicinales anti-paludiques et/ou immunogènes utilisées chez les Bété du Département d'Issia, dans l'ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Cocody-Abidjan, UFR Biosciences, p126.

## *Références bibliographiques*

---

**Zirihi GN., Datté JY., Kra-Adou KM., Grellier P. (2007).** Phytochemical and pharmacological studies of the alcoholic extract (MFA) of *Fagara macrophylla* (Oliv.) Engl. (Rutaceae) : the chemical structure of the active compound inducing antipaludic activity. *Journal of Chinese Clinical Medicine*, 2 (4), 205-210.

**Zubair M., Khan HAA., Akram W. (2022).** Toxicity of selected organophosphate and pyrethroid insecticides against larval and adult stages of *Culex quinquefasciatus*. *Int J Trop Insect Sci* 42, 3189–3192 <https://doi.org/10.1007/s42690-022-00850-2>

# Production scientifique

## **Production scientifique**

### **Publication :**

**Madiha Bendjedid, Fatiha Bendali-Saoudi, Nouredine Soltani. (2023):** Biodiversity of freshwater invertebrates in an archaeological site (Roman Ruins of Hippone, Northeast Algeria) in relation to physical and chemical parameters of water. Polish Journal of Entomology 92(1):21–36 (2023). DOI: 10.5604/01.3001.0053.8699

### **Communications :**

#### **Internationale:**

**Madiha Bendjedid, Fatiha Bendali-Saoudi.** Effet du Deltaméthrine sur les biomarqueurs d'une espèce non-visée d'Hétéroptère *Plea minutissima* Leach (1817). 1<sup>st</sup> International Seminar on Valorization of Bioresources in Environment & Health (VBEH) Organized on May 10-11, 2023

#### **Nationale :**

**Bendjedid M., Baziz H., Bouzbid H., Bendali- Saoudi F.,Soltani.** Inventaire des Arthropodes benthiques au niveau des Ruines Romaines d'Hippone (Annaba – Algérie) Deuxième Colloque National sur la Biodiversité en Algérie. ‘‘Biodiversités et services éco systémiques’’23 & 24 mai 2017

# Biodiversity of freshwater invertebrates in an archaeological site (Roman Ruins of Hippone, Northeast Algeria) in relation to physical and chemical parameters of water

Madiha Bendjedid , Fatiha Bendali-Saoudi <sup>\*</sup> , Soltani Nouredine

Laboratory of Applied Animal Biology, Department of Biology, Faculty of Sciences, University Badji Mokhtar 23000 - Annaba, Algeria

\* Corresponding author: bendalisaoudif@gmail.com

**Abstract:** As part of an inventory of aquatic invertebrates, our work involved species sampled from an archaeological site protected by the Algerian Ministry of Culture. Samples were taken monthly during the five-month, rainy period (February 2019-June 2019), in five separate vestiges (stations) selected according to the presence of water (rainwater). Systematic identification was carried out on 14,890 individuals sampled, identifying 18 species belonging to 11 families and 4 classes: Insecta, Arachnidia, Chilopoda, Crustacea. And the last one was the most representative in terms of abundance and taxonomic richness. On the other hand, a physicochemical analysis of ten parameters (temperature, hydrogen potential, electrical conductivity, total hardness, alkalimetric titer, complete alkalimetric titer, chemical oxygen demand, chlorides, calcium and magnesium) was carried out to determine the distribution of species. Analysis of the data obtained showed that electrical conductivity seems to be the most influential factor in the distribution of the majority of species among the five studied stations.

**Keywords:** macroinvertebrates, inventory, abiotic factors, aquatic ecosystems

## Introduction

Freshwater covers less than one per cent of the Earth's surface and accounts for 10 per cent of all known species (Min & Kong 2020, Tickner *et al.* 2020). Macroinvertebrate organisms represent a significant part of the aquatic ecosystem and are of economic and ecological importance (Arimoro & Keke 2016). Over the past fifty years, freshwater populations worldwide have declined by an average of 84%, twice the rate of terrestrial or marine ecosystems (Lovegren 2022).

The composition, distribution and abundance of benthic macroinvertebrates are influenced by physical, biological and chemical factors of the aquatic habitat (Emeka *et al.* 2020). Benthic macroinvertebrates in rivers are one of the key biological links that have been identified throughout the EU

Member States, to determine their ecological status (Beauger & Lair 2014). However, the referential constitution of data and the development of a biological index now well established the IBGN (The Normalized Global Biological Index) to define and assess the ecological status of the aquatic site (AFNOR 2009). Due to their sensitivity to environmental stressors and their abundance, macrobenthic invertebrates are considered good markers for the health of freshwater ecosystems (Piló *et al.* 2016, Odountan *et al.* 2019). In Africa, several studies on benthic macroinvertebrates in running freshwater have been carried out (Bredenhande & Samways 2009, Agboola *et al.* 2019, Nahli *et al.* 2022, Bendary *et al.* 2022, Raphahlelo *et al.* 2022) and some works in Algeria (Bouchelouche *et al.* 2017, Hafiane *et al.* 2017, Kechemire & Lounaci 2017, Saal *et al.*

2017, Baaloudj *et al.* 2020, Baaloudj & De los rios 2022).

Anthropogenic activities have negatively impacted the environment and human health (Hamida *et al.* 2021, Ekperusi *et al.* 2022) and freshwaters are among the most threatened ecosystems, particularly in North Africa (Rouibi *et al.* 2021). In addition, stagnant freshwater is still little studied and needs to be explored. The analysis of physical and chemical parameters is widely used to diagnose problems of water pollution and habitat degradation (Zinsou *et al.* 2016). The recent studies made in several aquatic ecosystems in Northeast Algeria (Hafsi *et al.* 2021, Hamaidia & Soltani 2021, Mahmoudi *et al.* 2022, Ameur *et al.* 2022, Houmani *et al.* 2023, Boulares *et al.* 2023) show the importance of ecological indexes in the distribution of species.

In this context, the objectives of the present study made in continuation to our recent surveys work in the region, were 1/ to characterize the structure and diversity of benthic macroinvertebrates from a stagnant habitat from the Roman Ruins of Hippone, a protected tourist site classified as a historic monument since 1968, located in the city of Annaba (Northeast Algeria) and 2/ to evaluate the impact of physicochemical parameters of water on the distribution of species collected from the five stations. The attempted results give us information on our understanding on the structure and diversity of macroinvertebrates in this particular aquatic habitat.

## Material and methods

### **Presentation of the studied site**

The city of Annaba is located on the southern shore of the Mediterranean basin, in the Northeast Algeria, 600 km from the capital Algiers. The ancient site of Hippone is located in the Southwest of Annaba, about 3 km from the city centre of the province. It is

located in the plain, between two lower courses of the Oued Boudjema, to the Northwest and the Oued Seybouse to the Southeast. The ruins cover an area of approximately 9 hectares (Fig. 1). This site has very rich vegetation, as well as a diversity of fauna in the water stagnation formed by the walls of the ruins during the rainy seasons. Each station was characterized by the following physical and chemical: Temperature, Hydrogen Potential, Electrical Conductivity, Total Hardness, Alkalimetric Titer, Complete Alkalimetric Titer, Chemical Oxygen Demand, Chlorides, Calcium and Magnesium.

### **Sampling method and systematic identification**

Qualitative and quantitative sampling was carried out at 5 stations (Table 1) during the five-month rainy period (February 2019 - June 2019). The collection technique was inspired by the dipping method, using a 0.5 mm mesh net immersed in the water and then moved in a uniform movement, avoiding eddies at accessible stations. For stations that were not accessible, a 5-litre capacity bucket attached to a rope was used. The sampled water is filtered through a 1 mm email strainer. The samples collected must be placed in hermetically sealed containers and labelled (date and station) and transported to the laboratory (Messai *et al.* 2010). Samples are sorting and kept in bottles containing 70% alcohol, for Cladocera, Diptera and Hydracaria, identification was made after clarification of the specimens, in a 10% NaOH solution for 48 hours. The number of individuals of certain taxa (Cladocera and Culicidae) exceeding well over 100 will be estimated (Hecq 1976). Systematic identification was carried out according to the keys according to Amoros (1984), the software of Schaffne *et al.* (2001), Smith (2020), Meisch (2000), Heidemann & Seidenbusch (2002), Cham (2007), Picard (1929) and Rose (1933).

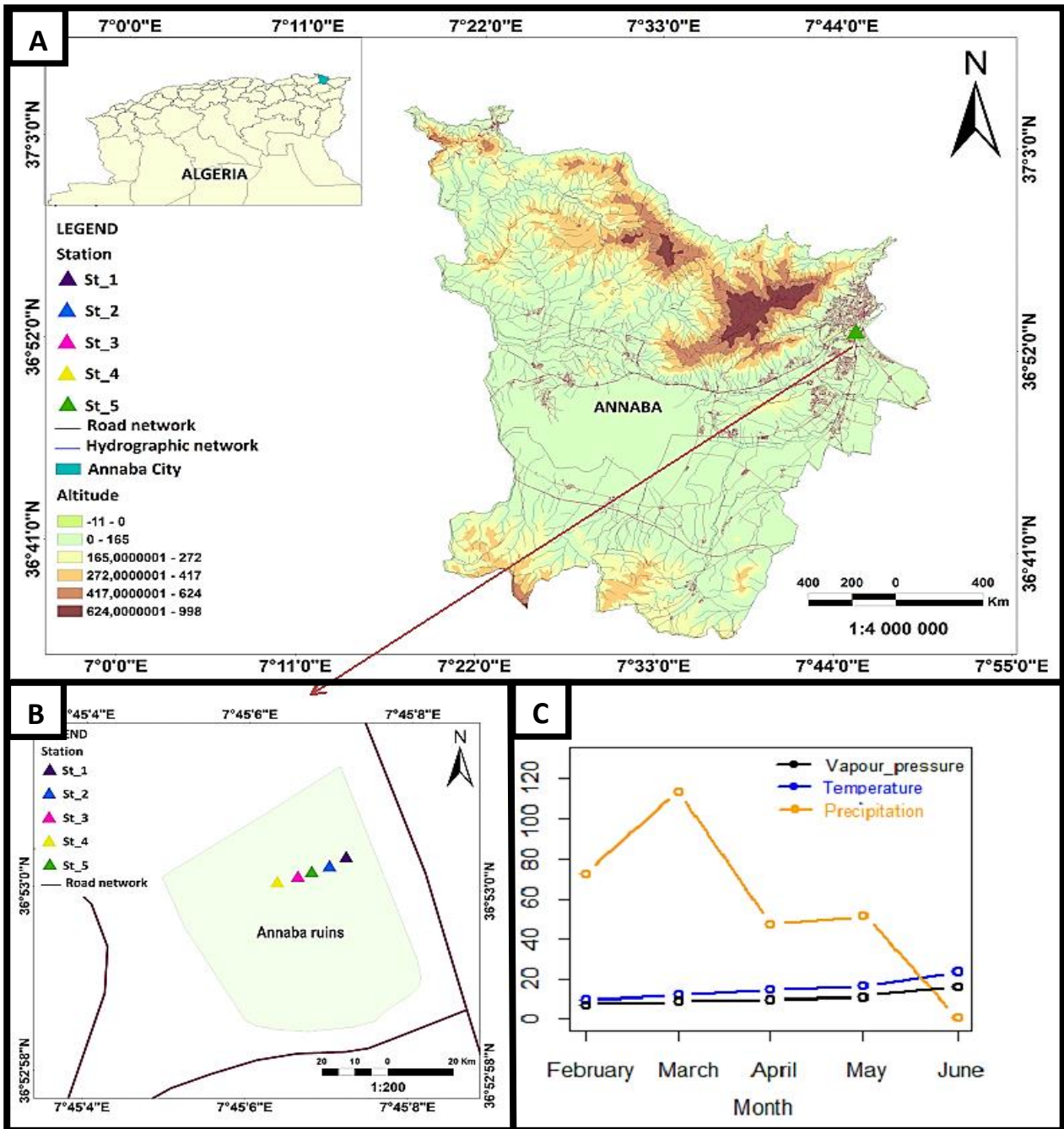


Fig. 1. Geographical location of the studied site, the Roman Ruins of Hippone (A), positioning of the stations marked with triangle (B) and climatic characteristics (C).

Table 1. Geographical coordinates of studied stations

Stations	Geographical coordinates
1	7°45'7.37"E, 36°53'0.36"N
2	7°45'7.16"E, 36°53'0.26"N
3	7°45'6.78"E, 36°53'0.14"N
4	7°45'6.52"E, 36°53'0.08"N
5	7°45'6.94"E, 36°53'0.19"N

### Statistical analysis

All analyzes were carried out using R software, version 4.0.1 (R Core Team 2020). The data concerning the determination of ecological indices like compositional ecological indices (species richness and relative abundance) and structural ecological indices (Shannon-Waever index, Simpson index & Piélou equitability index). AFC (Correspondent Factor Analysys) uses the singular value decomposition of a particular matrix to visualize words and documents in a reduced dimensional space, with a cloud of projected points (words and/or documents) of maximum inertia. In addition, CFA gives relevant indicators for interpreting the axes (Morin *et al.* 2004). Principal component analysis (PCA) is a factorial analysis that produces factors (principal axes) which are linear combinations of the original variables, hierarchised and independent of each other. These factors are often referred to as 'latent

dimensions' because they are 'the expression of general processes directing the distribution of several phenomena which are therefore correlated with each other (Bourque *et al.* 2006).

### Results

#### *Inventory and systematic identification of benthic macroinvertebrates*

The result of the systematic identification of the macrobenthic fauna collected is summarized in Table 2.

The results reveal a total of 14,890 individuals divided into 8 groups (Fig. 2) belonging to 11 families composed of Daphnidae, Culicidae, Lithobidae, Chironomidae, Cypridae, Copepoda, Leistidae, Micronectida, Hydrophilidae, Pleidae, Pionidae. The Cladocera group is the most abundant with 9,828 individuals, followed by the Diptera group with 4,409.

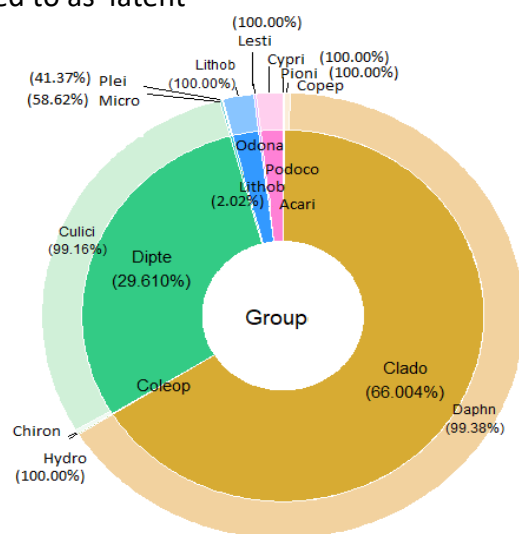


Fig. 2. Community composition of sampled benthic macroinvertebrates.

Table 2. Total species richness, abundance and frequency of occurrence of macrobenthic fauna at the Roman Ruins during the rainy season. (Abu: Abundance, Fr. oc: frequency of occurrence)

Groups	Families	Species	Abu	Fr.oc [%]	Stations				
					S1	S2	S3	S4	S5
Cladocera Latreille 1829	Daphnidae Straus 1820	<i>Daphnia magna</i> Straus 1820 ( <i>D.mag</i> )	4	F ≤ 4	-	4	-	-	-
		<i>Daphnia similis</i> Claus 1876 ( <i>D.sim</i> )	185	F ≤ 4	-	185	-	-	-
		<i>Simocephalus vetulus</i> Müller 1776 ( <i>S.vet</i> )	3262	5	2935	63	110	63	91
		<i>Simocephalus expinosus</i> koch 1841 ( <i>S.exp</i> )	6316	25	5865	94	254	34	69
	Copepodae Milne Edwards 1840	<i>Cyclops fuscus</i> Jurine 1820 ( <i>Cy.fus</i> )	61	F ≤ 4	36	5	-	18	2
Diptera Linnaeus 1758	Chironomidae Newman 1834	<i>Chironomus plumosus</i> Linnaeus 1758 ( <i>C.plu</i> )	37	F ≤ 4	3	4	24	2	4
	Culicidae Meigen 1818	<i>Uranota eniaunguiculata</i> Edwards 1993 ( <i>Ur.ung</i> )	10	F ≤ 4	-	10	-	-	-
		<i>Culiseta longiareolata</i> Macquart 1838 ( <i>C.rio</i> )	4356	25	47	-	430 9	-	-
		<i>Culex laticinctus</i> Edwards 1913 ( <i>C.lat</i> )	6	F ≤ 4	-	-	6	-	-
Lithobiomorpha Pocock 1895	Lithobiidae Newport 1844	<i>Lithobius forficatus</i> Linnaeus 1758 ( <i>L.for</i> )	313	F ≤ 4	260	-	11	42	-
Acari Leach 1817 (Hydrachnidia)	Pionidae Thor 1900	<i>Piona uncata</i> Koenike 1888 ( <i>Pi.unc</i> )	11	F ≤ 4	5	1	5	-	-
Hemiptera Linnaeus 1775	Pleidae Fieber 1851	<i>Plea minutissima</i> Leach 1817 ( <i>P.min</i> )	12	F ≤ 4	2	8	-	2	-
	Micronectidae Jaczewski 1924	<i>Micronecta poweri</i> Douglas & Scott 1869 ( <i>M.pow</i> )	17	F ≤ 4	12	5	-	-	-
Podocopida Sars 1866	Cyprididae Baird 1845	<i>Cypris bispinosa</i> Lucas 1849 ( <i>C.bis</i> )	237	F ≤ 4	149	49	14	25	-
		<i>Eucypris virens</i> Jurine 1820 ( <i>E.vir</i> )	29	F ≤ 4	-	8	20	1	-
Odonata Fabricius 1793	Lestidae Calvert 1901	<i>Lestes virens</i> Charpentier 1825 ( <i>L.vir</i> )	20	F ≤ 4	3	12	-	5	-
Coleoptera Linnaeus 1758	Hydrophilidae Latreille 1802	<i>Anacaena globulus</i> Paykull 1798 ( <i>A.glo</i> )	9	F ≤ 4	-	4	2	3	-
		<i>Berosus affinis</i> Brullé 1835 ( <i>B.aff</i> )	5	F ≤ 4	3	-	2	-	-

### Ecological composition indices

**Spatial composition:** Table 3 shows the total richness, which varies between stations. It is important at the second station with 14 species, and drops to 4 at the fifth station. For

the total number of individuals and the average richness, station 1 records the highest value with 9,320 individuals and 1,864 respectively followed by the third station with 4,757 individuals and 951.4; the minimum

value was marked by station 5 with 166 individuals and 33.2.

**Relative abundance:** For the relative abundance of benthic macroinvertebrates. The results show that the species *Simocephalus expinosus* is in first place with 6,316 individuals, which is 42.41%, followed by *Culiseta longiareolata* with 4,356

individuals, that is 29.25%, and in third place is *Simocephalus vetelus* with 3,262 individuals, is 21.9% (Fig 3). Concerning Frequency of occurrence *Simocephalus expinosus* and *Culiseta longiareolata* belong to the Accessory category and *Simocephalus vetelus* belongs to the Accidental category and the rest of the taxa are in the Rare category (Table2).

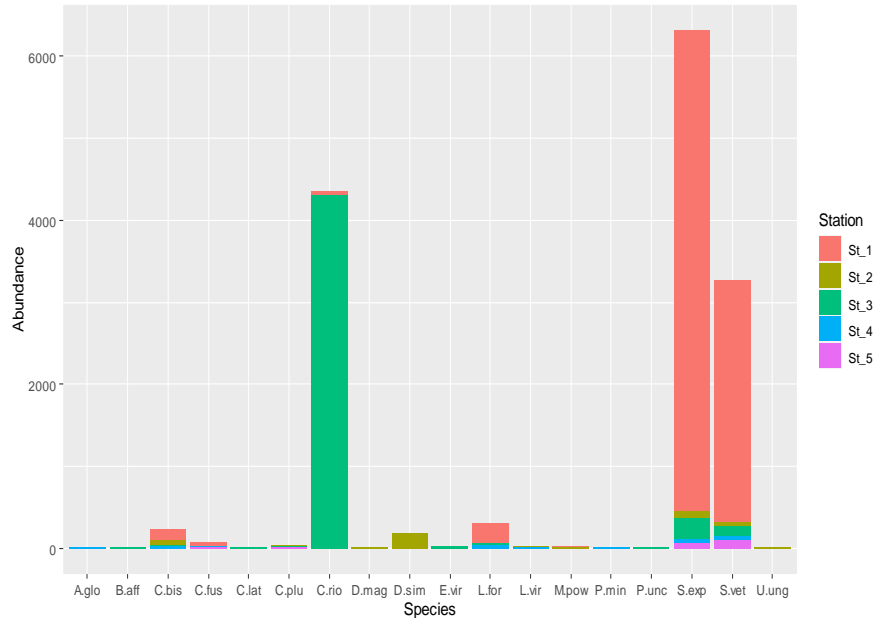


Fig. 3. Relative abundance of species per station of macrobenthic fauna inventoried (February – June 2019). (*P.min*), (*C.rio*), (*C.lat*), (*D.mag*), (*L.vir*), (*S.exp*), (*S.vet*) (*E.vir*), (*C.plu*), (*M.pow*), (*Pi.unc*), (*Cy.fus*), (*A.glo*), (*D.sim*), (*B.aff*), (*Ur.ung*), (*C.bis*), (*L.for*).

### Structure Indexes

**Diversity index and equitability:** The five-month sampling recorded a total of 14,890 individuals from the different stations. The total richness indicated presence of 18 species (Table 3). The diversity index shows values ranging from 0.436 for the third station to 1.796 for the second station which is rich in species (14 species). However, the equitability

allows to compare the structures of the populations, it records values between 0.073 and 0.37 in the five stations; therefore the populations are not balanced. The Simpson index of the five stations is varied and ranges from 0.17 - 0.79. Overall the diversity according to Simpson can therefore be considered high at stations 2 and 4 and lower at the rest of the stations.

**Table 3.** Ecological indices of aquatic invertebrate community recorded in each station (S= Species, H=Shanon index, D= Simpson index, J= Equitability)

Station	S	H	D	J
1	12	0.891	0.504	0.202
2	14	1.769	0.756	0.286
3	11	0.436	0.176	0.073
4	10	1.763	0.793	0.344
5	4	0.837	0.526	0.379

### Analysis factor correspondences

CFA was applied to summarise distribution of [18 species (columns) X station (row)]. The results are expressed as a Dim1 vs Dim2 factorial design for the factor "station"

Dimensions 1 and 2 explain respectively 60.2% and 34.3% of the total inertia. This corresponds to a cumulative total of 94.5% of the total inertia retained by these two dimensions. Indeed, the graph in Figure 4 show:

-The species *Culiseta longiareolata*, *Simocephalus expinosus* and *Simocephalus vetulus* have a large contribution to axis 1, so axis 1 is mainly defined by these species. While *Daphnia similis*, has a strong contribution to axis 2 so axis 2 is mainly defined by this species.

-The species *Cyclops fuscus* and *Lithobius forficatus* have a poor representation quality

( $\cos^2 < 40\%$ ). While the species *Anacaena globulus*, *Chironomus plumosus* have a medium quality of representation. The rest of the species have a good representation quality.

-The species *Simocephalus expinosus*, *Simocephalus vetulus* are associated with station 1. The species *Lithobius forficatus* and *Cyclops fuscus* are associated with stations 1 and 4. *Daphnia similis*, *Daphnia magna* and *Uranotaenia unguiculata*, *Plea minutissima*, *Lestes virens* are associated with station 2. The species *Micronecta poweri*, *Cypris bispinosa* are associated with stations 1, 2. The species *Culiseta longiareolata* and *Culex laticinctus*, *Eucypris virens* and *Chironomus plumosus* are associated with station 3. The species *Anacaenaglobulus* associated with stations 2, 3, 4.

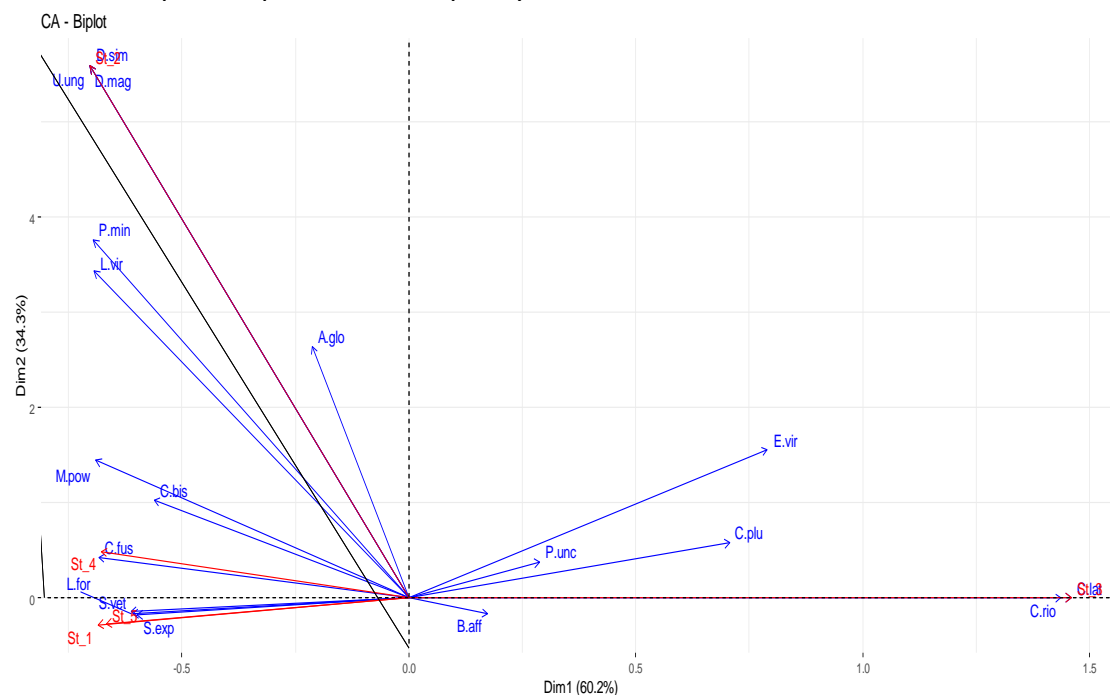


Fig. 4. Correspondence factor analysis (CFA) on the abundance data of the macrobenthic fauna inventoried at the five study stations. (*P.min*), (*C.rio*), (*C.lat*), (*D.mag*), (*L.vir*), (*S.exp*), (*S.vet*) (*E.vir*), (*C.plu*), (*M.pow*), (*Pi.unc*), (*Cy.fus*), (*A.glo*), (*D.sim*), (*B.aff*), (*Ur.ung*), (*C.bis*), (*L.for*).

### **Spatial hierarchical ascending classification**

The CAH dendrogram per station marked 3 main groups from 18 taxa. Group 1 consists of *Culiseta longiareolata* and *Culex laticinctus*, group 2 is composed of *Daphnia magna*, *Uranotaenia unguiculata*, *Daphnia similis* and

the third group is formed by *de Simocephalus vetulus*, *Simocephalus expinosus*, *Berosus affinis*, *Piona uncata*, *Cyclops fuscus*, *Lithobius forficatus*, *Anacaena globulus*, *Pleam minutissima*, *Lestes virens*, *Micronecta poweri*, *Cypris bispinosa*, *Chironomus plumosus* *Eucypris virens* (Fig. 5).

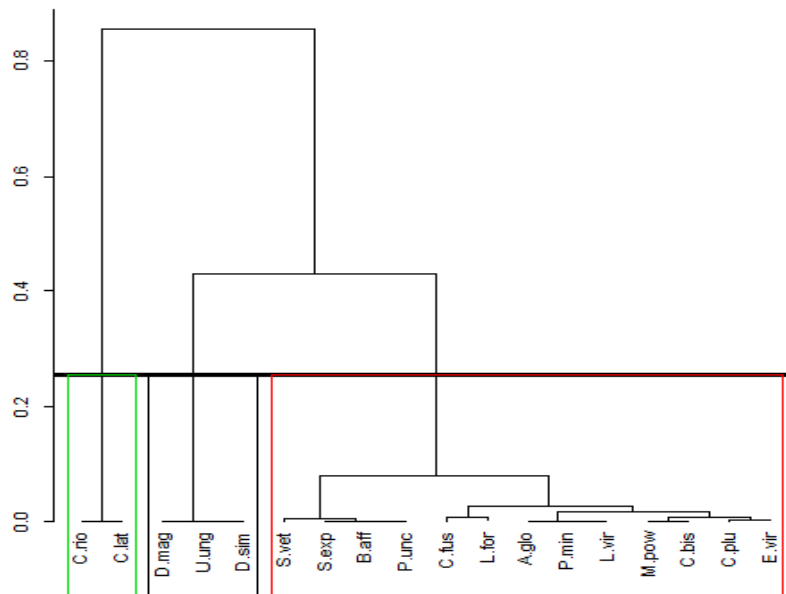


Fig. 5. Dendrogram from the bottom-up hierarchical classification of the species collected at the five studied site. (*P.min*), (*C.rio*), (*C.lat*), (*D.mag*), (*L.vir*), (*S.exp*), (*S.vet*) (*E.vir*), (*C.plu*), (*M.pow*), (*Pi.unc*), (*Cy.fus*), (*A.glo*), (*D.sim*), (*B.aff*), (*Ur.ung*), (*C.bis*), (*L.for*).

### **Multivariate analysis (Principal Component Analysis)**

The multi-variate analysis aims to examine the physical and chemical and biological structuring of the stations in this study and to examine the influence of physical-chemical parameters on the distribution of the macrobenthic fauna. However, abiotic parameters (Temperature, pH, Electrical Conductivity, Alkalinity (TA, TAC), Total Hardness (TH), Chemical Oxygen Demand, Chlorides, Calcium, Magnesium) (table 4) are used as quantitative explanatory variables, while the abundances of macrobenthic species are treated as explained variables (additional). Indeed, the application of PCA showed that 81.1% of the total variability (inertia) of our matrix of biotic and abiotic

variables is explained by the first two principal components (Fig. 6, 7). The 1st PCA axis alone explained 48.3% of the total variability, it is positively correlated with Calcium (Ca) ( $r=0.97$ ;  $\cos^2=0.93$ ), Total Hardness (TH) ( $r=0.91$ ;  $\cos^2=0.83$ ); Magnesium (Mg) ( $r=0.68$ ;  $\cos^2=0.46$ ), Conductivity (COND) ( $r=0.56$ ;  $\cos^2=0.31$ ). On the other hand, this axis is negatively correlated with Alkalinity (TAC) ( $r=-0.92$ ;  $\cos^2=0.85$ ), pH ( $r=-0.72$ ;  $\cos^2=0.52$ ) and Chlorides Cl ( $r=-0.56$ ;  $\cos^2=0.31$ ). However, the 2nd axis alone explained 32.8% of the total variation and was positively correlated with COD ( $r=0.74$ ;  $\cos^2=0.55$ ), chloride (Cl) ( $r=0.83$ ;  $\cos^2=0.69$ ) and pH ( $r=0.69$ ;  $\cos^2=0.48$ ). (COND) ( $r=-0.72$ ;  $\cos^2=0.51$ ).

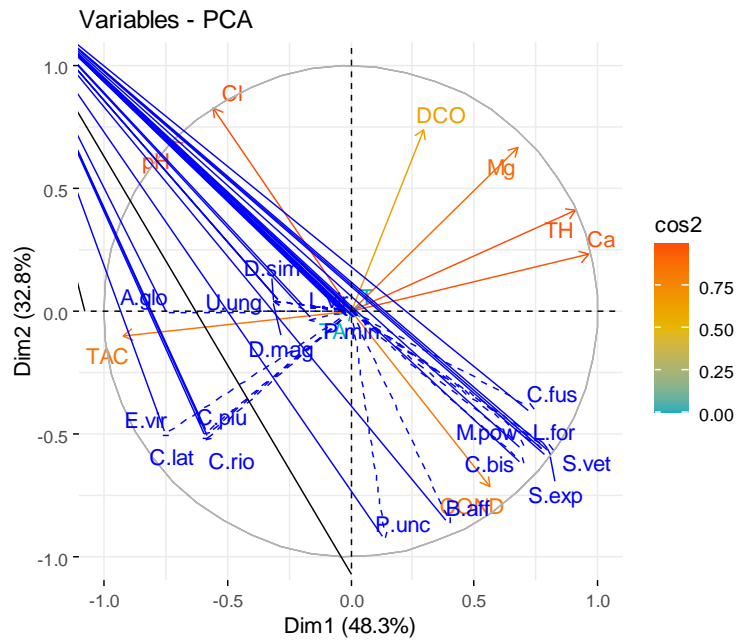


Fig. 6. Graphical of the 10 variables within the correlation circle of factorial design 1-2 obtained from the data of the 5 studied stations. (*P.min*), (*C.rio*), (*C.lat*), (*D.mag*), (*L.vir*), (*S.exp*), (*S.vet*) (*E.vir*), (*C.plu*), (*M.pow*), (*Pi.unc*), (*Cy.fus*), (*A.glo*), (*D.sim*), (*B.aff*), (*Ur.ung*), (*C.bis*), (*L.for*), [pH], [COND], [T], [TH], [ $Ca^{2+}$ ],[TA], [TAC], [Cl],[DCO], [ $Mg^{2+}$ ].

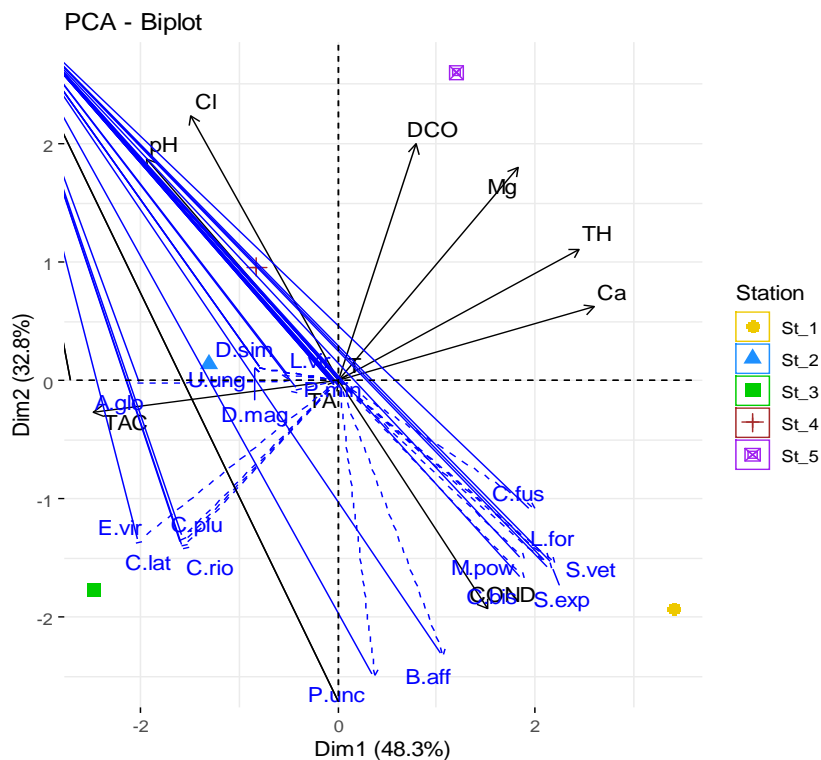


Fig. 7. Principal component analysis (PCA) representing the relationship between the physico-chemical parameters of the water and the macrobenthic fauna recorded at the five studied stations (*P.min*), (*C.rio*), (*C.lat*), (*D.mag*), (*L.vir*), (*S.exp*), (*S.vet*) (*E.vir*), (*C.plu*), (*M.pow*), (*Pi.unc*), (*Cy.fus*), (*A.glo*), (*D.sim*), (*B.aff*), (*Ur.ung*), (*C.bis*), (*L.for*), [pH], [COND], [T], [TH], [ $Ca^{2+}$ ],[TA], [TAC], [Cl],[DCO], [ $Mg^{2+}$ ].

In contrast, the principal component analysis revealed that from axis 1:

-TH, Ca, COND and Mg positively influence the distribution of: *Cyclops fuscus*, *Simocephalus vetulus*, *Simocephalus expinosus*, *Lithobius forficatus*, *Micronecta*

*poweri* and *Cypris bispinosa*, on the other hand they influence negatively the distribution of: *Eucypris virens*, *Anacaena globulus*, *Chironomus plumosus*, *Culiseta longiareolata* and *Culex laticinctus*.

**Table 4.** Mean water physical and chemical variables ( $\pm$  standard deviation) recorded across five stations of Roman Ruins

water physical and chemical parameters										
Stations	Hydrogen potential [pH]	Conductivity [COND] ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Temperature [T] ( $^{\circ}\text{C}$ )	Total Hardness [TH] ( $^{\circ}\text{F}$ )	Calcium [ $\text{Ca}^{2+}$ ] (mg/l)	Alkalimetric Title [TA] ( $^{\circ}\text{F}$ )	Complete Alkalimetric Title [TAC] ( $^{\circ}\text{F}$ )	Chloride [Cl] (mg/l)	Chemical Oxygen Demand [DCO] (mg/l)	Magnesium [ $\text{Mg}^{2+}$ ] (mg/l)
1	6.8	2500	23	44 $\pm$	33	0	46	227.2	27	11
	$\pm 0.49$	$\pm 110$	$\pm 2$	3.63	$\pm 2.6$		$\pm 6.8$	$\pm 48.53$	$\pm 5.5$	$\pm 0.65$
2	7.63	2320	23	39.7 $\pm$	30	0	56	310.6	40	9.7
	$\pm 0.08$	$\pm 40$	$\pm 2$	0.33	$\pm 1.66$		$\pm 4.5$	$\pm 13.56$	$\pm 0.33$	$\pm 0.3$
3	7.46	2290	23	37.4 $\pm$	28	0	56.4	291	6	9.4
	$\pm 0.33$	$\pm 60$	$\pm 2$	3.53	$\pm 2.33$		$\pm 4.7$	$\pm 23.37$	$\pm 3$	$\pm 0.8$
4	7.66	2320	23	41 $\pm$	30	0	56.8	319.5	40	11
	$\pm 0.31$	$\pm 70$	$\pm 2$	2.13	$\pm 1.86$		$\pm 5.8$	$\pm 18$	$\pm 0.6$	$\pm 0.4$
5	7.63	2210	23	44.4 $\pm$	32.2	0	47	333.7	38	12.2
	$\pm 0.35$	$\pm 90$	$\pm 2$	1.7	$\pm 2.8$		$\pm 2.6$	$\pm 7.1$	$\pm 1.55$	$\pm 0.6$

-pH, Cl and COND positively influence the distribution of: *Eucypris virens*, *Anacaena globulus*, *Chironomus plumosus*, *Culiseta longiareolata* and *Culex laticinctus*, but they negatively influence the distribution of: *Cyclops fuscus*, *Simocephalus vetulus*, *Simocephalus expinosus*, *Lithobius forficatus*, *Micronecta poweri* and *Cypris bispinosa*.

However, axis 2 showed that COND positively influences the distribution of *Piona uncata*, *Eucypris virens* and *Berosus affinis*. While Mg, pH and Cl negatively influence the distribution of *Piona uncata* and *Berosus affinis*.

The further analysis of the PCA for the factor "station" showed that from the first

axis two groups were found: the first group includes station 1 and station 5, they are characterised by high levels of TH, Ca, Mg and COD, with a high abundance of *Cyclops fuscus*, *Simocephalus vetulus*, *Simocephalus expinosus*, *Lithobius forficatus*, *Micronecta poweri* and *Cypris bispinosa*. While the second group includes stations 2, 3 and 4, they are characterised by high levels of pH, Cl and TAC, with a high abundance of *Eucypris virens*, *Anacaena globulus*, *Chironomus plumosus*, *Culiseta longiareolata* and *Culex laticinctus*. However, the 2nd axis revealed that stations 1 and 3 are rich in *Piona uncata* and *Berosus affinis* compared to the other stations (Fig.7).

## Discussion

The bioindicators revealed change in environmental conditions and can be used to identify and/or quantify these changes. Benthic macroinvertebrates are good indicators for biomonitoring the health of aquatic ecosystems (Parmaret *al.* 2016, Odountanet *al.* 2019, Djitliet *al.* 2020, Nahli *et al.* 2022). Our results identified 8 groups belonging to 11 families composed of 18 taxa. Cladocera were the dominant group followed by Diptera. Similarly, Baaloudj *et al.* (2022) showed that Crustaceans were dominant followed by Insects at Oued Seybouse. Other work in the region of Oum El Bouaghi where the inventory recorded 11 orders, 31 families and 47 species where Coleoptera were the dominant and numerically important ecological group, followed by Odonata (Lounis *et al.* 2019). In Lake Tonga 20 families belonging to six orders were collected; Hemiptera and Coleoptera are dominant (Djamaïet *al.* 2019) in contrast to our results where Beetles mark the low presence.

The species richness gives us information on the state of the environment, this parameter gives a very important place to rare species (Tavanayanet *al.* 2021). Varying with the stations, the highest value of total richness is marked at the second station with 14 species. While station 1 has the highest value for total number of individuals and average richness. For the relative abundance, the first and second positions occupied by *Simocephalus expinosus* and *Culiseta longiareolata* respectively, both belonging to the Accessory category, followed by *Simocephalus vetulus*, which belongs to the Accidental category, and the rest of the taxa are in the Rare category.

Simpson's index indicates that diversity can be considered high, as it is strong at two stations and degrades at the rest of stations; however the equitability that compares the structures of the stands allowed us to consider that the populations are not

balanced at the different stations. Differences in the distribution of the macrobenthic fauna could be attributed to spatial heterogeneity, geographical position (longitude & depth) (Baaloujet *al.* 2020) the stations knowing that the whole study area is globally homogeneous in terms of temperature, the difference in sedimentary texture (influence of granulometry, porosity and the quantity of agglomerates) (Labrunet *al.* 2006, Cosentino & Giocobbe 2008). Moreover, the abundance, biomass and diversity index of macrobenthic communities vary with the season and the depth (Farshchi *et al.* 2017), Water temperature (Farshchi *et al.* 2020), the duration of water permanence in Mediterranean wetlands (Djamaïet *al.* 2019) and environmental changes, particularly the physicochemical parameters of the water (Loucifet *al.* 2020, Mahmoudiet *al.* 2022, Raphahlelo *et al.* 2022, Bendaryet *al.* 2022, Houmaniet *al.* 2023). The physicochemical parameters of the water show that the temperature is generally around 23°C and is modified by the climatic conditions and particularly by the air temperature (Ezzat 2012). However, pH values between 6.8 and 7.66 qualify water of good quality for aquatic life. This parameter is responsible for a large part of the physico-chemical balance and depends on several factors including the origin of the water (Haddad *et al.* 2014). The pH is lower than 8 and consequently the alkalimetric titer obtained for the samples are zero, which means that these waters do not contain strong bases; Therefore, the alkalimetric titers are within the standards for all the stations. On the other hand, the electrical conductivity which electrical conductivity, which is used to assess the overall mineralization of the water to a very rough approximation, varies between 2210 and 2500  $\mu\text{S cm}^{-1}$  and the maximum value is recorded at the first station, a high mineralization exceeding 1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (Rodier, 2005). Thus, values of the electrical conductivity exceeding the standards

recommended by the WHO ( $300 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), this may be due to the low quantity of water, the short duration of permanence of the water, almost present in only one season, the texture of the rocks that form the walls of the vestiges and the texture of the ground. Furthermore, the Total Hardness (TH), which is the sum of the calcium (CA) and magnesium (Mg) contents, vary between  $37 \text{ F}^\circ$  at station 3 and  $44 \text{ F}^\circ$ ,  $44.4 \text{ F}^\circ$  at stations 1 and 5, respectively. The high TH values can be explained by the hydrogeology, geochemistry and soil conditions (calcium bicarbonate) of the study area (Ayad & Kahoul 2016). Concerning the Chemical Oxygen Demand (COD) which is the quantity consumed by the oxidisable matters present in the water whatever their origin, our results show that the minimal value recorded at station 3 with  $0 \text{ mg/l}$  and a maximum of  $40 \text{ mg/l}$  reached at station 4, the values of COD in the standard of WHO ( $40 \text{ mg/l}$ ). However, chloride is important in water, due to its high solubility, and is naturally present in all types of water bodies (Brraich & Saini 2015). The observed chloride levels indicate a minimum value of  $227.2 \text{ mg/l}$  (Station 1) and a maximum of around  $333.7 \text{ mg/l}$  (Station 5). It can be seen that all the stations are within the standards. The Total Alkalinity Content (TAC) is the sum of the hydroxyl ion ( $\text{OH}^-$ ), carbonate ion ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) and bicarbonate ion contents of the water (Soro *et al.* 2019) with values between  $46\text{-}56.8$  at station 1 and 4. The PCA showed that the most influential physical and chemical parameters seems the electrical conductivity, correlated with the results of a previous study in region of Oum El Bouaghi northeast of Algeria (Lounis *et al.* 2019).

## Conclusions

The inventory of freshwater macroinvertebrates at the Ruines Romaines archaeological site in north-east Algeria and the analysis of physical and chemical parameters during the rainy period recorded

18 species dominated by the Crustacea class, followed by insects. Ecological indices reveal that diversity can be considered significant in certain remains (stations), but populations are not balanced and electrical conductivity is the factor that seems to govern spatial distribution through its positive correlation with the majority of species at the different stations. More in-depth ecological studies would be essential for a better understanding of the structure and function of this ecosystem.

## Acknowledgements

This research was supported by the National Fund for Scientific Research of Algeria to the laboratory of Applied Animal Biology (to Pr N. Soltani) and by the Ministry of Higher Education and Scientific Research of Algeria (PRFU project no. D01N01UN230120190005 to Pr F. Bendali-Saoudi).

## References

- AFNOR 2009. Qualité de l'eau-Prélèvement des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes. XP T 90-333. 15 pp.
- Agboola OA, Downs CT, Brien GO. 2019. Macroinvertebrates as indicators of ecological conditions in the rivers of KwaZulu-Natal, South Africa - *Ecological indicators*, 106, 105465.
- Ameur A, Berghiche H, Barour C, Soltani N. 2022. Morphometric reproductive and environmental biomarker analysis of a crustacean species *Atyaephyradesmaresti* (Millet, 1831) from north east Algeria. *Applied Ecology and Environmental Research*, 20(6): 4579-4597. DOI: 10.15666/aeer/2006\_45794597
- Amoros C. 1984. Practical introduction to the systematics of organisms in French continental waters-5. Crustaceans Cladocera. *Publications of the Linnean*

- Society*, Lyons 53(3): 72-107. DOI: 10.3406/linly.1984.10627.
- Arimoro FO and Keke UN. 2016. The intensity of human-induced impact on the distribution and diversity of Macroinvertebrates and water quality of Gbako River, North Central Nigeria. *Energy Ecology and Environment*, 16(8): 25-36. DOI: 10.1007/s40974-016-0025-8.
- Ayad W, Kahoul M. 2016. Assessment of physicochemical and bacteriological quality of Well water in the region of ElHarrouch (N.E-Algeria). *Journal Material and Environmental Science*, 7(4): 1288-1297.
- Baaloudj A, Ouarab S, Kerfouf A, Bouriach M, Ali Hussein A, Hammana C, Djénéba HN. 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.
- Baaloudj A, De los Ríos-Escalante PR. 2022. Benthic community ecology for Algerian river Seybouse Ecologia da comunidadebêntica para o Seybouse da Argélia. *Brazilian journal of Biology*, 84. DOI: 10.1590/1519-6984.251566
- Beauge A. & Lair N. 2014. Analyse des principales méthodes de bio-évaluation basées sur les macroinvertébrés benthiques. Publications de la Société Linnéenne de Lyon, 2014 - persee.fr
- Bendary RE , Ibrahim SM, Goher ME, Elsaied HE, El Shabrawy GM. 2022. Taxonomic and functional structure of macrobenthic invertebrate communities and their response to environmental variables along the subbranches of the Nile River (rayahs), Egypt. *Environmental Science and Pollution Research*. DOI: 10.1007/s11356-022-24140-z
- Bouchelouche D, Hamamel L, Karime S, Melah H, Tazibt N, Saal I, Hafiane M, Mebarki M, Hamzaoui D, Arab . 2017. Structure and Distribution of Benthic Macrofauna in Flow Facies, In. ICAPC'5 Proceeding, Tamanrasset, Algeria, 03-05 Nov., 2017, pp. 18-21.
- <https://www.revuenatec.dz/Proceedings/ICAPC'5>
- 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*, 2023, 13(1): 1-7, doi: 10.15421/2023\_418
- 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. *Journal Educion Science*, 32(2): 325-344. DOI: 10.7202/014411ar.
- Braich OS, Saini SK. 2015. Water Quality Index of Ranjit Sagar Wetland Situated on the Ravi River of Indus River System' *International Journal of Advanced Research*, 3(12): 1498 – 1509. ISSN 2320-5407
- Bredenhand E, Samways MJ. 2009. Impact of a dam on benthic macroinvertebrates in a small river in a biodiversity hotspot: Cape Floristic Region, *South Africa Journal of Insect Conservation*, 13: 297–307. DOI: 10.1007/s10841-008-9173-2
- Cham S. 2007. Field guide to the Larvae and Exuviae of British Dragonflies. Vol 1, Dragonflies (Anisoptera). *British Dragonfly Society*, 80 p.
- Cosentino A, Giacobbe S. 2008. Distribution and functional response of sublittoral soft bottom assemblages to sedimentary constraints. 79(2): 264-276.
- Djamai S, Mimeche F, Bensaci E, Olivia-Paterna FJ. 2019. Diversity of macroinvertebrates in Lake Tonga (northeast Algeria) *Biharean Biologist*, 13(1): 8-11 <http://biozoojournals.ro/bihbiol/index.html>
- Djitli Y, Boix D, Milla A, Marniche F, Tornero I, Cunillera-Montcusí D, Sala J, Gascón S, Quintana XD, Daoudi-Hacini S. 2021. Annual cycle of water quality and macroinvertebrate composition in Algerian wetlands: a case study of lake Réghaïa

- (Algeria) *Limnetica*, 40(2): 399-415. DOI: 10.23818/limn.40.27
- Ekperusi OH, Ekperusi AO, Olomukoro JO. 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 : DOI: 10.4314/jasem.v26i8.16.
- Emeka UJ, Sylvanus UH, Akuoma UB, Nanee DS. 2020. Benthic macroinvertebrates diversity and physical-chemical parameters as indicators of the water qualities of Ntawogba Creek Port Harcourt Nigeria. *American Journal of Chemical and Biochemical Engineering*, 4(1): 8–17. DOI: 10.11648/j.ajcbe.20200401.12.
- Ezzat SM, Mahdy HM, Abd El Shakour EH, El-Bahnasawy MA. 2012. Water quality assessment of river Nile at Rosetta branch. impact of drains discharge. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 12(4): 413-423. DOI: idosi.mejsr.2012.12.4.1694.
- Farshchi M, Nasrolahi A, Shokridreza M. 2017. Spatial and temporal variations of macrobenthic communities of the southern coast of the Caspian Sea, Parehsar. *Journal Of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, 30(2).
- Farshchi M, Nasrolahi A, Shokridreza M. 2020 Variability in benthic invertebrate community structure near warm water effluents of a power plant in the southern Caspian Sea. *Regional Studies in Marine Science*, 40, 101507. DOI: 10.1016/j.rsma.2020.101507t
- Gerken S, Sternberg K. 1999. Die Exuvien Europäischer Libellen (Insecta Odonata). *Höxter und Jena*, 354 p.
- Haddad WM, Chellaboina V, Nersesov SG. 2014. Impulsive and hybrid dynamical systems. In *Impulsive and Hybrid Dynamical Systems*. Princeton University Press 15:496. DOI: 10.1515/9781400865246.
- Hafiane M, Hamzaoui D, Bouchelouche D, Saal I, Mebarki M, Aarab A. 2017. The Distributions of Benthic Macroinvertebrates in the Tafna River. In: ICAPC'5 Proceeding, Tamanrasset, Algeria, 03-05 Nov 2017, pp. 45-51. <https://www.revuenatec.dz/Proceedings/ICAPC'5>
- Hafsi NEH, Hamaidia K, Barour C, Soltani N. 2021. A survey of Culicidae (InsectaDiptera) in some habitats in Souk-Ahras province (Northeast Algeria). *Biodiversity Journal*, 12(1): 3–16. DOI: 10.31396/Biodiv.
- Hamaidia K, Soltani N. 2021. New report of *Aedesalbopictus* in Souk Ahras, Northeast Algeria. *Biodiversitas*, 22(7): 2901-2906. DOI: 10.13057/biodiv/d220742.
- Hamida ZC, Farine JP, Feveur JF, Soltani N. 2021. Pre-imaginal exposure to Oberon disrupts fatty acid composition, cuticular hydrocarbon profile and sexual behavior in *Drosophilamelanogaster* adults. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 243(2): 108981. DOI: 10.1016/j.cbpc.2021.108981
- Hecq JH. 1976. Annual cycle of zooplankton in Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais) 1970-1971: 2. Holoplankton. *Bulletin of the Royal Society of Sciences of Liège, Boulogne* 9-10.
- Heidemann H, Seidenbusch R. 2002. Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse). *Société Française d'Odonatologie*, 416 p.
- Houmani M, Bendali-Saudi F, Soltani N. 2023. Impact of physicochemical parameters of water on the biodiversity of the invertebrate fauna from Echatt Lake (Northeast Algeria). *Biodiversitas*, 24: 258-268. DOI: 10.13057/biodiv/d240131
- Khalik WMAWM, Abdullah MP, Amerudin NA, Padli N. 2013. Physicochemical analysis on water quality status of Bertam River in Cameron Highlands, Malaysia. *Journal of Materials and Environmental Science*, 4(4): 488-495
- Kechemir LH, Lounaci A. 2017. Faunistic and Ecology of the Benthic Macroinvertebrates of OuedBoubhir (Tizi-Ouzou, Algeria). In ICAPC'5 Proceeding, Tamanrasset,

- Algeria, 03-05 Nov, pp. 65-73. <https://www.revuenatec.dz/Proceedings/I-CAPC'5>
- Labrune C, Gremare A, Amouroux JM, Sarda R, Gil J, Taboada S. 2006. Assesment of soft\_bottompolychaete assemblages in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on amesoscale survey. 1-2 (71): 133-147.
- Loucif K, Neffar S, Menasria T, Maazi MC, Houhamdi M, Chenchouni H. 2020. Physico - chemical and bacteriological quality assessment of surface water at Lake Tonga in Algeria. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 13: 100284. DOI: 10.1016/j.enmm.2020.100284
- Lounis K, Saheb M, Hafid H, Bougoudjil S. 2019. Inventory and Ecology of Macroinvertebrates in Temporary Pools in the Region of Oum El Bouaghi (North-East Algeria). 7, (3): 14-17. [www.environmentaljournal.org](http://www.environmentaljournal.org)
- Lovgren S. Perspective | More Attention Needed on Freshwater Biodiversity - Circle of Blue [Internet]. Circle of Blue. [www.circleofblue.org](http://www.circleofblue.org); 2021. [cited 2022 Mar 30]. Available from: <https://www.circleofblue.org/2021/world/perspective-more-attention-needed-on-freshwater-biodiversity>
- 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). *Oriental Insects*. DOI: 10.1080/00305316.2022.2033335.
- Meisch C. 2000. Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. In: Schwoerbel J. & Zwick P. (Eds.), Süßwasserfauna von Mitteleuropa 8/3. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 1-522.
- Messai N, Berchi S, Boulknafd F, Louadi K. 2010. Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunistique – Faunistic Entomology* [En ligne], Volume 63 (2010), Numéro 3 - 3e trimestre 2010, p. 203-206. <https://popups.uliege.be/2030-6318/index.php?id=1946>.
- Min JK, Kong DS. 2020. Distribution patterns of benthic macroinvertebrate communities based on multispatial-scale environmental variables in the river systems of Republic Of Korea. *Journal of Freshwater Ecology*, 35(1): 323–347. DOI: 10.1080/02705060.2020.1815599.
- Morin PA, Luikart G, Wayne RK. 2004. SNPs in ecology, evolution and conservation. *Trends Ecology Evolution*, 19(4): 208-216. DOI: 10.1016/j.tree.2004.01.009.
- Nahli A, Oubraim S, Chlaida M. 2022. Application of the biotic indices for water quality and resilience assessment of a disturbed stream (Casablanca, Morocco). *Biologia*, 77: 2887–2904. DOI: 10.1007/s11756-022-01193-6
- Odountan OH, Janssens de Bisthoven L, Abou Y, Eggermont H. 2019. Biomonitoring of lakes using macroinvertebrates: recommended indices and metrics for use in West Africa and developing countries. *Hydrobiologia*, 826: 1–23. DOI: 10.1007/s10750-018-3745-2
- Parmar TK, Rawtani D, Agrawal YK. 2016. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in life science*, 9(2): 110-118. DOI: 10.1080/21553769.2016.1162753.
- Perrier R. 1979. The fauna of France illustrated II Arachnidae and Crustacea. Printed in Belgium - JOS ADAM Brussels, Paris 5122, pp 84-86.
- Picard F. 1929. ColeopteraCerambycidae, Paris Paul Lechevalier 168 p.
- Poisson R. 1957. AquaticHeteroptera. In P. Le chevalier (Ed.). Faune de France, C.N.R.S, Paris 61: 264.
- Piló D, Ben-Hamadou R, Pereira F, Carriço A, Pereir P, Corzo A, Gaspar MB, Carvalho S. 2016. How functional traits of estuarine macrobenthic assemblages respond to metal contamination, *Ecological Indicator*

- 71: 645–659. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.07.019
- Raphahlelo ME, Addo-Bediako A, Luus-Powell WJ. 2022. Distribution and diversity of benthic macroinvertebrates in the Mholapitsi River, South Africa, pp. 145-160. DOI:10.1080/02705060.2021.2023054
- R Core Team (2020) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org>.
- Rodier J, Bazin C, Broutin JP, Champsaur H, Rodi L. 2005. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Edition. Dunod, Paris, 1384.
- Rose M. 1933. Pelagic copepods. French Federation of Natural Science Societies Central Faunistic Office Honorary Director: P, de Beau champ Director: L, Chopard 374 p., 456 fig.
- Rouibi A, Baaloudj A, Chahrour F, Kerfouf A, Rizi H, Berdja R, Belkhiri W, Chaib S, Gharbi M. 2021. Characterization and diversity of macroinvertebrates of the Bouhamdane Stream (northeast of Algeria). *Zoology and Ecology*, 31(1): 45-52. DOI: 10.35513/21658005.2021.1.8
- Saal I, Smaoune G, Bouchelouche D, Hafiane M, Hamzaoui D, Mebarki, Arab M. 2017. Distribution of Macroinvertebrates in a River of the Aures (Algeria). In ICAPC'5 Proceeding, Tamanrasset, Algeria 03-05 Nov., 2017, pp. 79-84. <https://www.revuenatec.dz/Proceedings/ICAPC'5>
- Schaffner F, Angel G, Geoffroy B, Hevry JP, Rhaïem A, Brunhes J. 2001. Moustique d'Europe. Institut de recherche pour le développement IRD. Logiciel d'identification.
- 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.
- Soro G, Soro TD, Adjiri OA, Soro N. 2019. Application des méthodes statistiques multivariées à l'étude hydrochimique des eaux souterraines de la région des lacs (centre de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(3): 1870-1889. DOI: 10.4314/ijbcs.v13i3.54.
- Tavanayan S, Sharifian S, Kamrani E, Mortazavi MS, Behzadi S. 2021. Influence of environmental factors on the characteristics of macrobenthic communities in soft bottoms around coral reefs of Larak Island (Persian Gulf). *Hydroécologie Appliquée*, 21: 93-113. DOI: 10.1051/hydro/2021002
- Tickner D, Opperman J, Abell R, Acreman M, Arthington AH, Bunn S E, Cooke SJ, Dalton J, Darwall W, Edwards G. 2020. Bending the Curve of Global Freshwater Biodiversity Loss: An Emergency. *BioScience*, 70(4): 330–342. DOI: 10.1093/biosci/biaa002
- Zinsou HL, Attingli AH, Gnohossou P, Adandedjan D, Laleye P. 2016. Physicochemical characteristics and water pollution of the Oueme delta in Benin. *Journal of applied Biosciences*, 97: 9163-9173. DOI: 10.4314/jab.v97i1.3.

Received: 07.03.2023

Accepted: 28.04.2023

Published online: 03.09.2023