



*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*



*Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi*

*Faculté Des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie*

*Département des Sciences de la Nature et de la Vie*

### **Thèse**

Présentée en vue de l'obtention du  
diplôme Doctorat LMD en Sciences de  
la nature

Option: Biodiversités et conservation

### **Thème**

**Recherches hydrobiologiques sur l' Oued**

**Youkous- (Wilaya de Tébessa Est d'Algérie)**

**-Bioécologie des macro-invertébrés et distribution spatiale des peuplements**

**Présentée par : BELALA Salima**

#### **Membres du Jury:**

##### **Président:**

ABABSA Labeled Pr Université Larbi Ben M'hidi, Oum El-Bouaghi.

##### **Rapporteur**

SAHEB Menouar Pr Université Larbi Ben M'hidi, Oum El-Bouaghi.

##### **Copromoteur**

KHAMMAR Hichem M.C.A Université Larbi Ben M'hidi, Oum El-Bouaghi.

##### **Examineur**

BARA Muslim Pr Université 08 Mai 1945, Guelma

NEDJAH Riadh Pr Université 08 Mai 1945, Guelma.

**Année universitaire 2021/2022**



# Remerciements

Nous remercions Allah dans sa grandeur et miséricorde de nous avoir donné la santé, le courage et la ténacité afin de réaliser et concrétiser ce projet. Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à toutes les personnes qui nous ont apporté conseils encouragement et assistance.

A professeur **Ababsa Labeled** pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse. Veuillez trouvez ici, cher professeur, l'expression de mes sincères remerciements.

Je tiens à remercier Monsieur **Sahab Menouar**, Professeur du département de science de la nature et de la vie (l'Université de l'Arbi Ben M'Hidi), qui m'a encadré tout au long de cette thèse et qui m'a fait partager ses brillantes intuitions. Qu'il soit aussi remercié pour sa gentillesse, sa disponibilité permanente et pour les nombreux encouragements qu'il m'a prodiguée.

Je remercie Monsieur **Merzoug Djemoi**, du département de science de la nature et de la vie (Université l'Arbi Ben M'Hidi). Cette thèse est le fruit d'une collaboration de plus de quatre années avec lui. C'est à ses côtés que j'ai compris ce que rigueur et précision voulaient dire.

A monsieur Bara **Muslim et Nedjah Riadh**, je suis infiniment sensible à l'honneur que vous me faites en acceptant de siéger parmi notre jury de thèse. Vous avez accepté aimablement de juger cette thèse.

J'adresse tous mes remerciements à Monsieur **Khammar Hichem**, pour ses encouragements, sa patience ces bons conseils et ses orientations précieuses le long de notre travail, qui nous a consacré son temps et ses moyens personnels pour assurer un travail de qualité. On tient d'exprimer notre fierté à nos illustres .

Ainsi qu'à Monsieur *Hadjab Ramzi* pour ses encouragements et ses orientations précieuses le long de notre travail.

A tous les gens du département de biologie de l'université d'Oum El Bouaghi.

A toutes les personnes que j'aime.

En fin nous remercions, vivement les personnes qui ont contribué, de près ou loin, à la réalisation de ce travail.

Et nous exprimons également tous le bonheur du monde à nos collègues de la promotion du 2010/2011 et 2012/2013 et 2020/2021

*Au nom d'Allah ce lui qui miséricorde, le miséricordieux, louange  
seigneur des monde, qui ma donnée la force conceroir ce travaille  
.j'implore notre seigneur pour que cette humble effort lui soit sincère, et  
que le salut et la bénédiction de dieu soient sur notre prophète  
Mohamad.*



*Je dédie cette thèse*

# *A MON TRÈS CHER PÈRE*

*EL-HANI*

*A celui qui m'a aidé à découvrir le 'savoir' le trésor inépuisable.*

*De tous les pères, tu as été le meilleur, tu as su m'entourer d'attention, m'inculquer les valeurs nobles de la vie, m'apprendre le sens du travail, de l'honnêteté et de la responsabilité.*

*Merci d'avoir été toujours là pour moi, un grand soutien tout au long de mes études.*

*Tu as été et tu seras toujours un exemple à suivre pour tes qualités humaines, ta persévérance et ton perfectionnisme.*

*Des mots ne pourront jamais exprimer la profondeur de mon respect, ma considération, ma reconnaissance et mon amour éternel.*

*Que Dieu te préserve des malheurs de la vie afin que tu demeures le flambeau illuminant mon chemin...*

*Ce travail est ton œuvre, toi qui m'a donné tant de choses et tu continues à le faire...sans jamais te plaindre. J'aimerais pouvoir te rendre tout l'amour et la dévotion que tu nous as offerts, mais une vie entière n'y suffirait pas. J'espère au moins que ce mémoire y contribuera en partie...✍*

*Je t'aime papa...✍*

## *A MA TRÈS CHÈRE MÈRE*

### *NAIMA*

*A la plus douce et la plus merveilleuse de toutes les mamans.*

*A une personne qui m'a tout donné sans compter.*

*Aucun hommage ne saurait transmettre à sa juste valeur ;  
l'amour, le dévouement et le respect que je porte pour toi.*

*Sans toi, je ne suis rien, mais grâce à toi je deviens médecin.*

*J'implore Dieu qu'il te procure santé et qu'il m'aide à te  
compenser tous les malheurs passés. Pour que plus jamais le chagrin ne  
pénètre ton cœur, car j'aurais encore besoin de ton amour.*

*Je te dédie ce travail qui grâce à toi a pu voir le jour.*

*Je te dédie à mon tour cette thèse qui concrétise ton rêve le plus  
cher et qui n'est que le fruit de tes conseils et de tes encouragements.*

*Tu n'a pas cessé de me soutenir et de m'encourager, ton amour, ta  
générosité exemplaire et ta présence constante ont fait de moi ce que je  
suis aujourd'hui.*

*Tes prières ont été pour moi un grand soutien tout au long de mes études.*

*J'espère que tu trouveras dans ce modeste travail un témoignage  
de ma gratitude, ma profonde affection et mon profond respect.*

*Puisse Dieu tout puissant te protéger du mal, te procurer longue vie,  
santé et bonheur afin que je puisse te rendre un minimum de ce que je  
te dois.*

*Je t'aime maman... ✍*

*A MA PETIT PRINCE  
GHEITHE*

*Toutes les lettres ne sauraient trou*

*ver les mots qu'il faut...*

*Tous les mots ne sauraient exprimer l'amour....*

*Bref, tu es la joie et l'espoir de ma vie.*

*J'espère que ma thèse sera pour toi source de fierté et qu'elle sera  
un exemple à suivre.*

*Ta joie de vivre et ton sourire ont été pour moi le meilleur  
encouragement que je puisse avoir.*

*Que Dieu te garde et te protège.*



*Je t'aime mon BÉBÉ... ✍️*

À la mémoire de mes chers grandes pères **Belkassim Bordji** et **Belkassim Bellala**, que dieu aient leurs âmes.

À la mémoire de ma cher grande mère **Lamouri Mennana** que dieu aient leurs âmes.

À mon chère oncle **Ayachi**, aucun dédicace ne serait exprimer mon respect. Mon conseiller. Toi c'est l'ami fidèle, qui m'a assisté dans les moments difficiles et m'a pris doucement par la main pour traverser ensemble des épreuves pénibles.....

À ceux qui ont partagé avec moi le lait maternel, et qui sont pour moi aide et soutien contre les coups bas et durs de la vie. À vous, les chers êtres à mon cœur : mes frères :

**Nasro, Farek, Kaitheme**

À vous, symbole de la joie, de la générosité et de la fidélité, à vous mon oncle **Boudiaf Ali** ainsi qu'à toute votre famille.

À mon Marie **Kakou**, qui ma se tenu au long de mes études.

À ma chère grande mère **Bordji Kadda**.

A mes tantes et mes meilleurs amis

A nos voisins et tous mes collègues et mes amis d'enfance

.....**Belala Salima**

## Liste des Figures

Figure	Titres des Figures	Page
<b>1</b>	Carte de hypsométrie de la région d'étude vue en 3D	<b>15</b>
<b>2</b>	Carte de réseau hydrographique de la région d'étude	<b>16</b>
<b>3</b>	Carte Géologique de la région d'étude (Youkous)	<b>18</b>
<b>4</b>	Carte géomorphologique des environs de Youkous	<b>21</b>
<b>5</b>	Variation des précipitations moyennes mensuelles (1994/2019)	<b>24</b>
<b>6</b>	Répartition saisonnière des précipitations (1994 /2019).	<b>25</b>
<b>7</b>	Répartition moyenne mensuelle de température à la station de Tébessa. (1994-2019)	<b>27</b>
<b>8</b>	Diagramme Ombro-thermique du guassen pour la période de (1994/ 2019) (1994/2019)	<b>28</b>
<b>9</b>	Climagramme d'EMBERG	<b>30</b>
	Carte de Localisation géographique du 10 stations étudiées	<b>32</b>
<b>11</b>	Schéma de filet Surber (Rodier et al, 2009)	<b>36</b>
<b>12</b>	variation spatio-temporelle de la température des eaux d'oued Youkous exprimé en Degré Celsius des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019)	<b>43</b>
<b>13</b>	Variation spatio-temporelle de pH des eaux d'oued Youkous des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019)	<b>44</b>
<b>14</b>	Variation spatio-temporelle de la matière en suspension des eaux d'oued Youkous des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019)	<b>45</b>
<b>15</b>	Variation spatio-temporelle de TDS des eaux d'oued Youkous des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019).	<b>46</b>
<b>16</b>	Variation spatio-temporelle de la salinité des eaux d'oued Youkous des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019).	<b>47</b>
<b>17</b>	Variation spatio-temporelle de la conductivité électrique des eaux d'oued Youkous exprimé en $\mu\text{s}/\text{cm}$ des sites étudiées durant la période de suivi: (Janvier jusqu'à Décembre 2019).	<b>48</b>
<b>18</b>	Variation spatio-temporelle de Turbidité des eaux d'oued Youkous des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019)	<b>49</b>
<b>19</b>	Variation spatio-temporelle de Calcium des eaux d'oued Youkous exprimé en $(\text{mg}.\text{l}^{-1})$ des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019).	<b>50</b>

<b>20</b>	Variation spatio-temporelle de Magnésium des eaux d'oued Youkous exprimé en (mg.l <sup>-1</sup> ) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à décembre 2019).	<b>51</b>
<b>21</b>	Variation spatio-temporelle de Silicium des eaux d'oued Youkous exprimé en (mg.l <sup>-1</sup> ) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019).	<b>52</b>
<b>22</b>	Variation spatio-temporelle de Chlorure des eaux d'oued Youkous exprimé en (mg.l <sup>-1</sup> ) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019).	<b>53</b>
<b>23</b>	variation spatio-temporelle de Sulfate des eaux d'oued Youkous exprimé en (mg.l <sup>-1</sup> ) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019).	<b>54</b>
<b>24</b>	variation spatio-temporelle de Phosphate des eaux d'oued Youkous exprimé en (mg.l <sup>-1</sup> ) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019).	<b>55</b>
<b>25</b>	variation spatio-temporelle d'Ammonium des eaux d'oued Youkous exprimé en (mg.l <sup>-1</sup> ) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019).	<b>56</b>
<b>26</b>	variation spatio-temporelle de Nitrite des eaux d'oued Youkous exprimé en (mg.l <sup>-1</sup> ) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019).	<b>57</b>
<b>27</b>	Variation spatio-temporelle de nitrate des eaux d'oued Youkous exprimé en (mg.l <sup>-1</sup> ) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019)	<b>58</b>
<b>28</b>	variation spatio-temporelle d'Azote organique des eaux d'oued Youkous exprimé en (mg.l <sup>-1</sup> ) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019)	<b>59</b>
<b>29</b>	Structure générale zoologique de la biocénose pour l'ensemble des stations de la region de Youkous	<b>66</b>
<b>30</b>	Structure générale du groupe des Insectes.	<b>68</b>
<b>31</b>	Structure générale du groupe des Crustacés	<b>69</b>
<b>32</b>	Structure générale du groupe des Mollusques	<b>70</b>
<b>33-1</b>	Composition faunistique de la première station	<b>71</b>
<b>33-2</b>	Composition faunistique de la deuxième station	<b>72</b>
<b>33-3</b>	Composition faunistique de la troisième station	<b>73</b>

<b>33-4</b>	Composition faunistique de la quatrième station	<b>74</b>
<b>33-5</b>	Composition faunistique de la cinquième station	<b>75</b>
<b>33-6</b>	Composition faunistique de la sixième station	<b>76</b>
<b>33-7</b>	Composition faunistique de septième la station	<b>77</b>
<b>33-8</b>	Composition faunistique de la huitième station	<b>78</b>
<b>33-9</b>	Composition faunistique de la neuvième station	<b>79</b>
<b>33-10</b>	Composition faunistique de la dixième station	<b>80</b>
<b>34</b>	La richesse taxonomique des stations de la region d'étude.	<b>82</b>
<b>35</b>	L'abondance total dans les stations d'étude.	<b>83</b>
<b>36</b>	Variation de l'indice de la diversité Shannon-Weaver ( $H'$ ) et Equitabilité (E).	<b>85</b>

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau</b>	<b>Liste des tableaux</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Principales caractéristiques des eaux de surface	<b>09</b>
<b>02</b>	Précipitations moyennes mensuelles en (mm) sur une période de 25ans (1994/2019)	<b>23</b>
<b>03</b>	Distribution inter annuelle des précipitations (1994/2019)	<b>24</b>
<b>04</b>	Répartition saisonnière des précipitations dans la station de Hammamet (1994/2019)	<b>25</b>
<b>05</b>	Répartition moyenne mensuelle de température à la station de Tébessa (1994-2019).	<b>26</b>
<b>06</b>	Données du diagramme Ombrothermique sur une période de 25ans (1994/2019)	<b>28</b>
<b>07</b>	Inscription des stations de la region d'étude.	<b>33</b>
<b>08</b>	Les méthodes d'analyse du différent parameter physico-chimique.	<b>35</b>
<b>09</b>	Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la région d'étude.	<b>42</b>
<b>10</b>	Liste des taxons Récoltés Dans les 10 stations étudiés.	<b>64</b>
<b>11</b>	La richesse taxonomique de 10 stations de la région d'étude.	<b>81</b>
<b>12</b>	La diversité spécifique de la région d'étude.	<b>84</b>
<b>13</b>	L'équitabilité des stations de la région d'étude.	<b>85</b>

# *Table des matières*

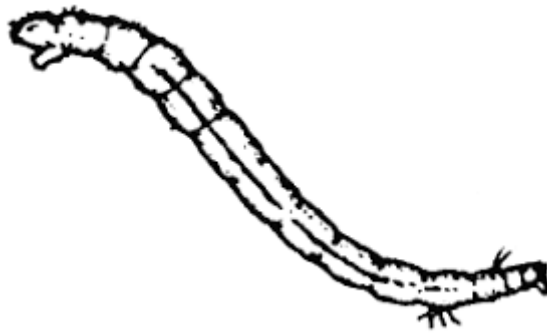
# *Table des matières*

<b>A. Remerciement</b>	
<b>B. Dédicace</b>	
<b>C. Liste des figures</b>	
<b>D. Liste des tableaux</b>	
<b>E. Liste des abréviations</b>	
<b>Introduction</b>	
<b><i>Chapitre I : Synthèse bibliographique</i></b>	
<b>1. Synthèse bibliographique</b>	<b>04</b>
<b>1.1. Les eaux de surface</b>	<b>04</b>
<b>1.2. L'eau dans la nature</b>	<b>05</b>
<b>1.2.1. Les eaux souterraines</b>	<b>05</b>
<b>1.2.2. Les eaux de surface</b>	<b>05</b>
<b>1.3. L'origine des eaux de surface</b>	<b>06</b>
<b>1.4. Les formes des eaux de surface</b>	<b>06</b>
<b>1.5. La qualité des eaux de surface</b>	<b>08</b>
<b>1.6. L'écologie des eaux de surface</b>	<b>10</b>
<b>1.7. La diversité d'habitats</b>	<b>11</b>
<b>1.8. Les macro-invertébrés aquatiques</b>	<b>11</b>
<b>1.9. Les macro-invertébrés benthiques d'eau douce</b>	<b>11</b>
<b>1.10. Les macro-invertébrés benthiques en Algérie</b>	<b>12</b>
<b>1.11. La pollution des cours d'eau</b>	<b>13</b>
<b>1.12. La pollution des cours d'eau en Algérie</b>	<b>13</b>
<b><i>Chapitre II : Matériel et Méthodes</i></b>	
<b>2. Présentation de site d'étude</b>	<b>15</b>
<b>2.1. La situation géographique de la région d'étude (Hammemet)</b>	<b>16</b>
<b>2.1.1. Le réseau hydrographique</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2. La géologie</b>	<b>17</b>
<b>2.1.3. La géomorphologie de la région</b>	<b>19</b>
<b>2.1.4. Le couvert végétal</b>	<b>21</b>
<b>2.1.5. Les reliefs</b>	<b>22</b>
<b>2.1.6. Le climat général</b>	<b>22</b>

2.1.7. Le type de climat	23
2.1.7.1. Les études des précipitations	23
2.1.7.2. Le régime thermique	26
2.1.7.3.L'humidité	27
2.1.7.4. Les vents	27
2.1.8. La détermination du type du climat	29
2.1.8.1. Quotient pluviométrique d'Emberger	29
2.1.8.2. L'indice d'aridité (Indice De Martonne)	29
2.2. Matériel et méthodes	32
2.2.1. Le choix des points d'échantillonnage	32
2.2.2. La description des stations	33
2.2.3. Les méthodes d'analyse physico-chimique de l'eau	34
2.2.3.1. Mode de prélèvement	34
2.2.3.2. Méthode d'analyse des eaux	34
2.2.4. Le Prélèvement faunistique	36
2.2.4.1. Méthodologie	36
2.2.4.2. Le traitement des échantillons	37
2.2.4.3. Le traitement des données	37
2.2.4.4. L'indice de diversité de Schannon-Weaver H'	38
2.2.4.5. La richesse taxonomique	38
2.2.4.6. L'abondance relative des espèces	39
2.2.4.7. L'équitabilité	39
<b><i>Chapitre 03 : Résultats et Discussion</i></b>	
3. La qualité des eaux de surface des stations étudiées	41
3.1. Les paramètres physico-chimiques	41
3.1.1. Les paramètres physiques	42
3.1.1.1. La température	42
3.1.1.2. Le pH	43
3.1.1.3. Les matières en suspension (MES)	44
3.1.1.4. Le taux des sels dissous (TDS)	45
3.1.1.5. La salinité (S)	46
3.1.1.6. La conductivité électrique (CE)	47
3.1.1.7. La turbidité	48

<b>3.1.2. Les paramètres chimiques</b>	<b>49</b>
<b>3.1.2.1. Le Calcium (Ca<sup>+2</sup>)</b>	<b>49</b>
<b>3.1.2.2. Le magnésium</b>	<b>50</b>
<b>3.1.2.3. Le Silicium</b>	<b>51</b>
<b>3.1.2.4. Le Chlorure</b>	<b>52</b>
<b>3.1.2.5. Le Sulfate</b>	<b>53</b>
<b>3.1.2.6. Le Phosphate</b>	<b>54</b>
<b>3.1.2.7. L'Ammonium</b>	<b>55</b>
<b>3.1.2.8. Les Nitrites</b>	<b>56</b>
<b>3.1.2.9. Les Nitrates</b>	<b>57</b>
<b>3.1.2.10. L'Azote inorganique dissous</b>	<b>58</b>
<b>3.2. Les résultats faunistiques et interprétation</b>	<b>61</b>
<b>3.2.1. L'évaluation de la qualité hydrobiologique des cours d'eau</b>	<b>61</b>
<b>3.2.2. La qualité des eaux de surface de la région d'étude</b>	<b>61</b>
<b>3.2.3. La composition faunistique globale de la région de Youkous</b>	<b>63</b>
<b>3.2.4. L'analyse qualitative et quantitative de la faune aquatique</b>	<b>66</b>
<b>3.2.4.1. Les insectes</b>	<b>66</b>
<b>3.2.4.2. Les Crustacés</b>	<b>69</b>
<b>3.2.4.3. Les Mollusques</b>	<b>69</b>
<b>3.2.5. La composition faunistique des différentes stations de la région de Youkous</b>	<b>70</b>
<b>3.2.6. La distribution spatiale de la faune aquatique de la région d'étude</b>	<b>80</b>
<b>3.2.6.1. La richesse taxonomique des stations de la région de Youkous</b>	<b>80</b>
<b>3.2.6.2. L'abondance Totale</b>	<b>82</b>
<b>3.2.6.3. L'indice de diversité</b>	<b>83</b>
<b>3.2.6.4. L'indice d'Equitabilité</b>	<b>84</b>
<b>Conclusion</b>	<b>91</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	

# *Introduction*



### Introduction

Le bassin méditerranéen a été décrit comme l'une des régions les plus riches et les plus complexes sur les plans géologique, biologique et culturel (Blondel *et al.*, 2010). Le bassin méditerranéen est considéré comme une région riche en biodiversité l'évaluation de la qualité biologique des eaux courantes peut être effectuée par plusieurs méthodes d'approche classiques (biochimiques, toxicologiques, biocénologiques, ...) et actualisées telles que les études biocénologiques et plus exactement celles fondées sur les macro-invertébrés benthiques connus comme bio indicateurs (Angelier, 2000). D'après l'application des indices biologiques, le recensement des espèces dans les cours d'eau, par exemple, permet de conclure sur le degré de pollution. Par la présence ou l'absence, leur comportement ou leur disparition, les macro-invertébrés pourront donc nous renseigner sur la qualité de l'eau (Rodier, 2000).

Les eaux continentales constituent, des complexes d'écosystèmes de grande valeur écologique ; en effet, les eaux de surface participent à l'alimentation des nappes phréatiques, à la régulation des débits, à l'absorption des crues, à l'épuration des eaux usées et au maintien de l'équilibre hydro sédimentaire des réseaux hydrographiques, sans compter les multiples autres fonctions. (Dakki, 1979).

Les recherches sur les peuplements et l'écologie des invertébrés des écosystèmes aquatiques continentaux d'Algérie étaient rares et lacunaires jusqu'aux années 1980. Ce n'est qu'après les années 1980 que plusieurs travaux ont été réalisés dans différentes régions du pays, nous en citons : (Merzoug *et al.*, 2010 ; Arab *et al.*, 2004 ; Belaidi *et al.*, 2004).

Au cours des dernières décennies, diverses activités anthropogéniques ont généré des déséquilibres sérieux des écosystèmes aquatiques. Dans les pays en voie de développement, la prise de conscience de l'importance de la salubrité environnementale est relativement récente. Plusieurs travaux, menés dans ces pays, révèlent l'atteinte de niveaux de dégradation inquiétants, notamment au niveau des eaux de surface (Fekhaoui, 1990 ; Mathuthu *et al.*, 1993 ; Chahlaoui, 1996).

Les cours d'eau ne sont pas limités aux seules eaux superficielles, il existe à l'intérieur des sédiments des interstices où peuvent circuler l'eau, les nutriments, la matière organique et les

organismes aquatiques. Ainsi, il se développe en association intime avec le système de surface un habitat original, le milieu interstitiel (Dole-Olivier et Marmonier, 2008).

La qualité biologique globale des cours d'eau est exprimée par un indice qui intègre la diversité et la polluo-sensibilité des invertébrés vivant sur le fond d'un cours d'eau aussi appelés macrofaune benthique, ceux-ci sont soumis tout au long de leur vie aquatique aux variations du milieu où ils vivent (physico-chimie, biologie, éco-morphologie) et ils intègrent donc la qualité globale de l'écosystème sur une durée qui peut atteindre plusieurs mois.

En hydrobiologie, les premières analyses destinées à estimer la qualité des eaux continentales remontent au début du 20<sup>ème</sup> siècle avec le « Saprobiensystem » (Kolkwitz & Marsson, 1902 ; 1909).

À cette époque, les connaissances sur l'écologie des macroinvertébrés benthiques avaient permis de mettre en évidence la sensibilité de certains groupes faunistiques à la pollution, ce qui conduisit plus tard à l'établissement du Trent Biotic Index (Woodiwiss, 1960).

Les macro-invertébrés benthiques sont généralement utilisés en tant qu'indicateurs biologiques pour élucider l'impact des changements des caractéristiques du milieu et les stratégies écologiques des différentes espèces pour 'restituer' certaines de ces caractéristiques (Dolédéc et Stutzner, 1994; Townsend et *al.*, 1997; Thierney et *al.*, 1998).

Depuis les années 90, un intérêt croissant est porté sur les études de la structure des communautés d'invertébrés benthiques (Barmuta, 1989 ; Lugthart et *al.*, 1992 ; Bournaud et *al.*, 1996). Cette structure est bien étudiée en Europe et en Amérique du Nord (Wohl et *al.*, 1995 ; Malamvis et *al.*, 1995 ; Guinand et *al.*, 1996 ; Nelson, 1996 ; Hawkins et *al.*, 1997 ; Del Walls et *al.*, 1997 ; Jacobsen et *al.*, 1997 ). Néanmoins, les travaux disponibles sur l'Afrique du Nord, généralement limités dans l'espace et dans le temps, sont consacrés le plus souvent à la systématique et rarement à leur écologie ou à leur biogéographie (Berthelemy, 1973 ; Boumaiza et Thomas , 1986 ; Boumaiza et Clergue- Gazeau, 1986 ; Dakki et Thomas, 1986 ; Malicky et Lounaci, 1987 ; Bouzidi et Giudicelli, 1987 ; Gagneur et Thomas, 1988 ; Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988 ; Clergue-Gazeau, Lek et Lek, 1991; Moubayed et *al.*, 1992; Boumaiza, 1994 ; Lounaci-Daoudi, 1996; Thomas, 1998 ; Lounaci et *al.*, 2000 ; Mebarki, 2001 ; Arab et *al.*, 2004 ; Lounaci, 2005; Lounaci et Vinçon, 2005).

Jusqu'ici, en Afrique du Nord, très peu d'études sur l'organisation spatiale et la structure des communautés benthiques ont été réalisées. Cette région semble pourtant être très intéressante et pourrait, suite aux contraintes climatiques spécifiques à ces milieux très différentes des conditions du sud de l'Europe induire de fortes différences.

L'oued Youkous est une rivière du nord-est de l'Algérie formée près de Tebessa par l'oued Cheref et l'oued Bouhamdane, son bassin est l'un des plus étendu d'Algérie et ses terres sont des plus fertiles. Elle rejoint la Méditerranée près d'Annaba, ce hydro-système n'a jamais fait objet d'étude de sa composition biologique.

Les objectifs principaux de cette étude sont de déterminer l'organisation spatiale et la structure des communautés d'invertébrés en fonction des caractéristiques environnementales et mise en évidence des principales sources de pollution, et notamment l'impact des diverses pressions.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres :

## **Chapitre I : Synthèse bibliographique.**

Nous avons introduit des notions ; des définitions et des généralités sur les eaux continentales et leurs qualités.

## **Chapitre II : Matériels et méthodes.**

Résume les caractéristiques générales de la région d'étude, sa géographie, géologie, climatologie, et les méthodes et matériel utilisé pour l'analyse physicochimique et faunistiques de ce cours d'eau.

## **Chapitre III : Résultats et discussion.**

Le dernier chapitre représente la partie la plus consistante du manuscrit, a été consacré à l'étude, l'identification et à la détermination des différents groupes taxonomiques des macro-invertébrés, outre les analyses physicochimiques et enfin leurs discussions et interprétations.

# *Chapitre I*



## **1. Synthèse bibliographique**

### **1.1. L'eau espace vital**

Dans la nature, l'eau se trouve partout et sous multiples aspects : la pluie, les cours d'eau, les mers et les océans, les lacs, les fleuves, les nappes souterraines, la vapeur, les nuages, les glaces.... Ainsi que toute eau contenue dans le sol et dans la végétation. A l'état liquide, l'eau alimente tous les êtres vivants. A l'état de vapeur, elle maintient dans l'atmosphère une humidité relative, sous forme de neige, en fondant elle alimente les nappes souterraines et les cours d'eau ; en montagne, la neige est un facteur écologique important pour la protection des sols. Selon sa concentration en sels dissous, on distingue : les eaux douces qui renferment moins de 1.5 g/l, l'eau de mer qui a en général une teneur en sels dissous de 35 g/l et les eaux saumâtres à salinité variable. La composition de l'eau a toujours intrigué les hommes (Bouziani, 2000).

L'importance de l'eau pour la vie et comme composant de l'écosystème mondial n'est plus à démontrer. C'est l'évidence une matière première primordiale, indisponible et généralement irremplaçable par beaucoup d'usage par l'humanité ; mais c'est une matière première pas comme les autres. En outre, l'eau est vitale pour tous les écosystèmes du monde. (Margat et Andréassian, 2008).

La pollution résulte de l'introduction dans un milieu de substances conduisant à son altération. En ce qui nous concerne. Les milieux considérés seront les milieux aquatiques : nappes souterraines cours d'eau, lacs, mers. La notion d'altération du milieu est fondamentale. En effet, un rejet ne sera par définition polluant que s'il amène une altération, c'est-à-dire une dégradation (Gaujous, 1995).

Les pollutions peuvent être de nature physique ; certaines activités modifient la température ou la transparence de l'eau, d'autres correspondent à des rejets radioactifs. En fin, il existe des pollutions bactériologiques marquées par le déversement de bactéries, de virus, de champignons ou d'algues (Beaux, 2004).

**1.2. L'eau dans la nature****1.2.1. Les eaux souterraines**

Les eaux qui ne sont pas ré-évaporées, ni retournées à la mer par ruissèlement s'infiltrant dans le sol et le sous-sol pour s'y accumuler et constituer les eaux souterraines. Les propriétés physico-chimiques des eaux souterraines sont étroitement liées à leur origines géologiques, c'est-à-dire déterminées par la nature, la structure et la composition des terrains. L'eau reste rarement immobile. Ce mouvement perpétuel puise son énergie du soleil (Anctil, 2008).

**1.2.2. Les eaux de surface**

Ce terme regroupe toutes les eaux en contact avec le sol, c'est-à-dire les glaciers, le manteau neigeux, les lacs, les fleuves et les rivières. Cela exclut toutes les précipitations (pluie, rosée, brouillard, chute de neige...), ainsi que les océans et la banquise qui flotte sur l'océan en bordure du rivage. Elles comprennent les eaux des grands cours d'eau, des étangs et des lacs, ainsi que des petits ruisseaux alimentés par des sources et qui recueillent des bassins versant (Ahonon, 2011). Elles sont pour origine, soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau, de rivière, soit de ruissellement. Ces eaux se ressemblent en cours d'eau, caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues, barrages), caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable (Monod, 1989). Dans le monde arabe, le volume total des eaux de surface est estimé à 240 milliards de m<sup>3</sup>. Au Maghreb, l'Algérie avec sa centaine de barrage ne mobilise que 4,5109 m<sup>3</sup> alors que le Maroc avec 33 barrages mobilise 10 109 m<sup>3</sup>, tandis que la Tunisie avec ses 28 barrages totalise 2,4 109 m<sup>3</sup>. Pour 106 m<sup>3</sup>/an de volume perdu.

Les ressources en eau superficielle sont actuellement évaluées entre 9,8 à 13,5 milliards de m<sup>3</sup>. Tous les écoulements superficiels ne sont pas exploitables ; leur mobilisation reste liée à l'existence de sites de barrages, à la qualité des eaux et aux coûts d'aménagement. L'inventaire des sites entrepris par l'ANB fait ressortir la possibilité de régulariser entre 5 et 6

milliards de m<sup>3</sup>, soit 50 à 60% de l'écoulement superficiel total. Actuellement près de 2 milliards de m<sup>3</sup> sont mobilisés à partir de 50 barrages, pour un apport annuel moyen de 3,5 milliards de m<sup>3</sup>. La capacité initiale des 50 barrages en exploitation était de 5 milliards de m<sup>3</sup>. Elle est estimée actuellement à 4,5 milliards de m<sup>3</sup> compte tenu de l'envasement (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (2003)).

### **1.3. L'origine des eaux de surface**

Elles ont pour origine, soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau, de rivière, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable (Monod, 1989).

### **1.4. Les formes des eaux de surface**

#### **a. Les rivières**

Section d'un cours d'eau correspondant à la zone rhyton (partie supérieure d'un cours d'eau). De ce fait, elle possède une pente moyenne et encore suffisants pour permettre une bonne oxygénation des eaux (Ramade, 1995). La rivière : est répartie en deux parties importantes :

#### **-La partie amont**

La partie amont d'une rivière est en général située dans une région montagneuse, où la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes (Raymond, 1990). Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées par:

- **Une turbidité élevée** ; le régime des rivières étant torrentiel, les eaux transportent de grandes quantités de matières en suspension.
- **Une contamination bactérienne faible** ; la pollution causée par l'homme ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante.
- **Une température froide** ; ces eaux proviennent soit de source, soit de la fonte des neiges et des glaciers.

- **Un Indice de couleur faible** ; ces eaux n'ont pas eu le temps de dissoudre de matières végétales, principales sources de coloration.

**-La partie aval**

Cette partie est en général située dans une région où la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses. Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont (Raymond, 1990). Les principales indications de cette zone:

- Une contamination bactérienne élevée ; cette contamination est surtout imputable aux rejets domestiques, industriels et agricoles.

- Une contamination organique et inorganique élevée ; les eaux usées domestiques, agricoles et industrielles contiennent de grandes quantités de matières organiques et inorganiques.

- Un indice de couleur pouvant être élevé ; dans beaucoup de cas, les eaux ont eu le temps de dissoudre des matières végétales, qui les colorent

➤ **Qualité des eaux de rivière**

Les cours d'eau sont les premières victimes des déversements d'effluents pollués d'origine domestique et industrielle ainsi que de la contamination par pollutions diffuses (Ramade, 1995).

**- Lit mineur, lit moyen, lit majeur**

Le lit mineur est l'espace occupé par l'écoulement pour les crues courantes. Il est toujours constitué d'un ou plusieurs chenaux plus ou moins bien marqués.

Le lit majeur est la plaine inondable. Il est limité par les plus hautes eaux. Les bordures du lit majeur ne sont mises en eau que pour les crues extrêmes. Le lit moyen qui est inondé pour des crues dont la période de retour est de l'ordre 1 à 5 ans est constitué des bancs éventuellement végétalisés par des arbustes et arbres.

Le lit mineur, le lit moyen, le lit majeur sont des espaces juxtaposés (Degoutte, 2006).

**- Berge, rive, ripisylve**

La berge est le talus incliné qui sépare le lit mineur et le reste du lit majeur.

La rive est le milieu géographique qui sépare les milieux aquatiques et terrestres.

La ripisylve est la formation végétale naturelle située sur la rive (Degoutte, 2006).

### **-Alluvions et substratum**

Une rivière coule généralement sur ses alluvions. Les alluvions sont les grains fins ou grossiers alternativement déposés ou repris par le courant. Ils recouvrent le substrat umrocheux formé d'une roche dure ou bien d'une roche plus ou moins tendre (Degoutte, 2006).

### **b. Les lacs**

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante. Les caractéristiques des eaux varient très lentement au cours de l'année. Durant ces périodes, la différence de température entre les eaux de surface et les eaux profondes peut provoquer un renversement des eaux du lac et en augmenter ainsi brusquement la turbidité. Leur fonctionnement fait partie du régime naturel des cours d'eau et leur effet de régularisation est donc très limite. Cependant, leur étude ne doit pas être négligée en raison de leur possibilité d'aménagement dans le futur. En effet, les lacs et les étangs sont par définition situés sur des formations étanches qui peuvent être utilisées pour la création des réserves artificielles qui sont les barrages-réservoirs (Vilagines, 2003).

## **1.5. La qualité des eaux de surface**

Les eaux naturelles contiennent de nombreuses substances minérales ou organiques, sous forme particulaire ou dissoute. Les caractéristiques moléculaires de l'eau lui confèrent de grandes capacités de dissolution. En d'autres termes, l'eau originellement pure ne le reste jamais très longtemps (Lacroix, 1991). La qualité des eaux correspond à un ensemble de critères physico-chimiques qui définissent leur degré de pureté et en conséquence, leur aptitude aux divers usages alimentaires, domestiques, agricoles, ou industriels.

Selon Ramade (2000), Les eaux de surface sont caractérisées par :

- La présence de gaz dissous, en particulier l'oxygène.
- La charge importante en matière en suspension, tout au moins pour les eaux courantes.

- La présence de matières organiques d'origine, naturelle.
- La présence de plancton (phytoplancton et zooplancton).
- Les variations journalières (température et pluviométrie)

Ces eaux se rassemblent en cours d'eau caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (Tab,01), elle peuvent se trouver stockées en réservoirs naturelles (étang, lac) ou artificielles (retenues, barrages). (Vilaginèse, 2003).

**Tableau n°01** : Principales caractéristiques des eaux de surface.

<b>Caractéristiques</b>	<b>Eaux de surface</b>
Température	Variables suivant saison
Turbidité, Matière en suspension (MES)	Variables, parfois élevée
Couleur	Liée surtout aux MES (argile, algue...) sauf dans les eaux
Minéralisation globale	Variable et fonction des terrains, des précipitations, des rejets...
Fer et Manganèse en (Fe, Mn) (Divalent à l'état dissous)	Généralement absent, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation
Oxygène dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans les cas des eaux très polluées
Hydrogène sulfuré (H <sub>2</sub> S)	Généralement dans les eaux polluées
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Présent seulement dans les eaux polluées
Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Peu abondant en général
Silice (SiO <sub>2</sub> )	Teneur en général modérée
Micropolluants minéraux et organiques	Présent dans les eaux de pays développés, mis rapidement après suppression de la source
Organismes vivants	Bactéries (dont certaines pathologiques), virus, plancton (animal et végétal)
Solvants chlorés	Rarement présents
Pesticides	Souvent présentes, concentrations variables selon la saison

**1.6. L'écologie des eaux de surface**

Le fonctionnement d'un écosystème d'eau courante, pour un site donné, peut se résumer ainsi (Gaujous, 1995):

- Le milieu reçoit en permanence de l'extérieur (amont et milieu terrestre) des matières minérales et des matières organiques, solubles ou non (débris végétaux notamment).
- Les matières minérales sont utilisées lors de la photosynthèse par les végétaux :
- Flore algale benthique (diatomée, chlorophytes, cyanophytes...).
- Macrophytes (phanérogames, charophycées).
- Phytoplancton (peu important, sauf dans les eaux stagnantes).
- Les matières organiques sont décomposées par des bactéries, notamment au niveau des sédiments.
- Les consommateurs primaires sont constitués par :
  - Les herbivores, qui broutent les macrophytes (certains insectes, gastéropodes, poissons).
  - Les microphages, qui se nourrissent des micro-organismes décomposeurs et des débris végétaux.
- Il s'agit souvent des mêmes animaux : protozoaires, crustacés, insectes, vers, mollusques, certains poissons.
- Les consommateurs secondaires sont constitués par les insectes carnivores et des poissons.
- Les organismes morts sont décomposés au niveau des sédiments ou plus généralement vers l'aval. On retiendra comme principales caractéristiques :
  - La relative faiblesse de la production primaire par rapport aux apports de matières organiques et de détritus amont ou terrigènes ; d'où le rôle prépondérant des recycleurs au niveau des sédiments (bactéries, détritivores et microphages).
  - L'importance du déplacement des matières solubles ou en suspension, de l'amont vers l'aval, et notamment la « dérive » des invertébrés. Ce déplacement conduit à enrichissement naturel du milieu de l'amont vers l'aval (eutrophisation).

**1.7. La diversité d'habitats**

Les facteurs naturels, comme la pente, la géologie ou la taille du bassin versant, déterminent la forme du cours d'eau. L'évolution progressive de ces paramètres de l'amont vers l'aval explique le changement de forme du cours d'eau : torrents à forte pente près des sources, ruisseaux sinueux lorsque le relief diminue, rivières à faible pente en secteur de plaine, etc....

De ces facteurs découle une grande diversité d'habitats. La nature de ces habitats diffère selon leur emplacement dans le bassin versant et peut varier d'une région à une autre sous l'influence du climat, mais un habitat est toujours l'association d'un milieu particulier avec une flore et une faune spécifique.

**1.8. Les macro-invertébrés aquatiques**

Sous le terme de "macro-invertébrés aquatiques" est désigné l'ensemble des insectes, crustacés, mollusques, vers... ayant une phase au moins de leur vie en milieu aquatique et retenus par un filet de 0.5 mm. Les macros invertébrés étudiés vivent essentiellement sur le fond des cours d'eau, des berges jusqu'au centre du lit. Ils colonisent différents supports (ou substrats) pouvant être aussi bien minéraux (blocs, pierres, graviers, sables ...) qu'organiques (végétaux, branchages, litières, racines d'arbres, vases ...). Les macro-invertébrés sont sensibles aux conditions du milieu : variation de la quantité d'eau et de sa qualité, de la diversité des habitats aquatiques (nature des supports, classe de vitesse) ... Les perturbations éventuelles sont décelées soit par l'analyse de la nature des taxons présents, du nombre de taxons (richesse taxonomique), du nombre d'individus (densité), etc... Dans ce dernier cas, une interprétation du résultat (commentaire sur l'état de la faune et les causes éventuelles de perturbations) est le plus souvent indispensable (Mazuer et *al.*, 2007).

**1.9. Les macro-invertébrés benthiques d'eau douce**

Les invertébrés regroupent tous les animaux qui n'ont pas de squelette d'os ou de cartilage. De ces animaux, les macro-invertébrés sont ceux visibles à l'œil nu. Les macro-invertébrés benthiques vivent au fond des ruisseaux, rivières, lacs ou marais. Ce sont principalement des vers, des crustacés, des mollusques et des insectes.

Les macro-invertébrés benthiques forment une partie importante des écosystèmes d'eau douce. Ils servent de nourriture à nombre de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. C'est

un groupe très diversifié, et les organismes le composant possèdent des sensibilités variables à différents stress telle la pollution ou la modification de l'habitat. Les macro-invertébrés sont les organismes les plus souvent utilisés pour évaluer l'état de santé des écosystèmes d'eau douce.

Les macro-invertébrés benthiques sont des organismes qui vivent dans le fond d'un cours d'eau ou qui ne s'en éloignent que de peu durant la majeure partie de leur vie. Dépourvus de colonne vertébrale, ils sont visibles à l'œil nu. On retrouve dans cette catégorie les larves d'insectes aquatiques, quelques insectes aquatiques adultes, les crustacés, les mollusques et les vers. Les principaux ordres d'insectes aquatiques appartenant à cette catégorie d'organismes sont les suivants : Ephémères, Plécoptères, Trichoptères, Diptères, Coléoptères, Mégaloptères, Hémiptères, Odonates et Lépidoptères (Gagnon et Pedneau., 2006).

### **1.10. Les macro-invertébrés benthiques en Algérie**

L'étude de la faune de macro-invertébrés benthiques des cours d'eau d'Algérie a été entreprise ces dernières décennies afin de dresser un inventaire aussi exhaustif que possible et d'avoir des connaissances sur la systématique, l'écologie ainsi que la biogéographie. Introduction 2 Un certain nombre de travaux sur ce pays ont déjà été exposés par différents auteurs auxquels viennent s'ajouter des essais faunistiques réalisés récemment. Les premières études sur la limnologie datent du XIX<sup>ème</sup> siècle et elles sont limitées le plus souvent à des notes zoologiques, l'écologie n'étant que sommairement abordée : Bedel (1895), Edwards (1923), Lestage (1925), Gauthier (1928), Navas (1929), Seurat (1934), Vaillant (1955) etc... Après les années 80, des programmes d'études hydrobiologiques furent lancés par les laboratoires des universités d'Alger, de Tizi-Ouzou, de Tlemcen et de Guelma. Les principaux travaux connus sont ceux de Gagneur et al. (1986) sur les Oligochètes d'Algérie, Lounaci (1987) et Ait-mouloud (1988) sur la faune des cours d'eau de l'oued Aissi, Malicky&Lounaci (1987) sur les Trichoptères de Tunisie, d'Algérie et du Maroc, Gagneur& Clergue-Gazeau (1988) sur les Diptères Simuliidae d'Algérie, Gagneur& Thomas (1988) sur les Ephéméroptères d'Algérie, Arab (1989) sur les macro-invertébrés de l'oued Chiffa et Mouzaia, Gagneur&Aliane (1991) sur les Plécoptères de la Tafna, Moubayed et al. (1992) sur les Diptères Chironomidae d'Algérie, Thomas& Gagneur (1994) sur les Ephéméroptères d'Afrique du Nord, Lounaci Daoudi (1996) sur les macro-invertébrés du réseau hydrographique du Sébaou, Thomas (1998) sur les Ephéméroptères d'Algérie, du Maroc et de

Tunisie, Samraoui & Menai (1999) sur les Odonates d'Algérie, Lounaci et al. (2000a) sur la faune benthique du bassin de l'oued Sébaou, Lounaci et al. (2000b) sur l'abondance, la richesse spécifique et la structure des communautés de macro-invertébrés de l'oued Sébaou, Mebarki (2001) sur la faune benthique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie, Arab (2004) sur la faune benthique des réseaux hydrographiques du Chellif et du Mazafran, Arab et al. (2004) sur la répartition spatiale et temporelle des invertébrés benthiques de l'oued Chelif, Lounaci et Vinçon (2005) sur les Plécoptères de Kabylie, Lounaci (2005) sur la faune benthique des cours d'eau de Kabylie du Djurdjura, Moubayed et al. (2007) sur les Diptères Chironomides d'Algérie, Zerguine et al. (2009), sur les Diptères Chironomides du Nord Est d'Algérie, YASRI (2009), sur l'hydrobiologie du réseau hydrographique du Mazafran, Hamzaoui (2009), sur la macrofaune benthique de l'Oued Saoura (wilaya de Bechar) et Sekhi (2010) sur les macro-invertébrés des cours d'eau Tiout, Hadjadj et Moghrar (wilaya de Naâma).

### **1.11. La pollution des cours d'eau**

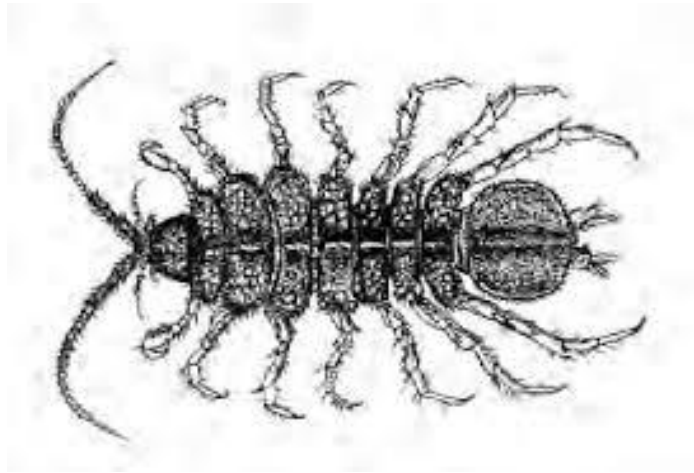
A tel point que 2 milliards de litres d'eaux usées, utilisées par l'humanité, sont rejetées chaque jour dans les rivières et les mers, soit plus de 23 000 litres chaque seconde. A cause de fuites dans les canalisations, de déversements directs d'eaux sales dans la nature, du manque de stations d'épurations, chaque année ce sont 730 milliards de litres d'eaux usées qui sont rejetés. Une quantité bien supérieure à l'évaporation naturelle des océans dans l'atmosphère (130 milliards de litres d'évaporation / jour). Dans les pays en développement ou émergents, 90 % des eaux usées sont rejetées dans le milieu naturel sans aucun traitement. Autant de pollution en plus dans la nature ! On comprend mieux le risque de pollution que cela entraîne et l'importance des stations d'épuration. L'urbanisation, l'essor de l'industrie et de l'agriculture intensive ont accru, de manière chronique ou accidentelle, la pollution des cours d'eau. La moitié des fleuves et rivières de la planète sont pollués. Cette pollution chimique provient entre autres des engrais de synthèse et des pesticides utilisés par l'agriculture, et des rejets toxiques de l'activité industrielle et minière. Le ruissellement des pluies et les infiltrations dans le sol entraînent la pollution vers les cours d'eau et l'océan.

### **1.12. La pollution des cours d'eau en Algérie**

Les oueds d'Algérie sont devenus de véritables dépotoirs, en ce sens ils charrient toutes sortes de rejets liquides et solides (Guasmi et al., 2006). Par exemple Les oueds

(Seybouse, Medjerda, Kebir Est et Bouhamdene), reçoivent les eaux usées déversées par les localités et par les industries situées le long de ces cours d'eau. Ces eaux usées contribuent à la dégradation de la qualité des eaux des oueds. Notons que ces eaux sont utilisées pour l'irrigation, ce qui permet le déplacement des polluants vers les nappes superficielles soutenues par les oueds (Djabri *et al.*, 2012).

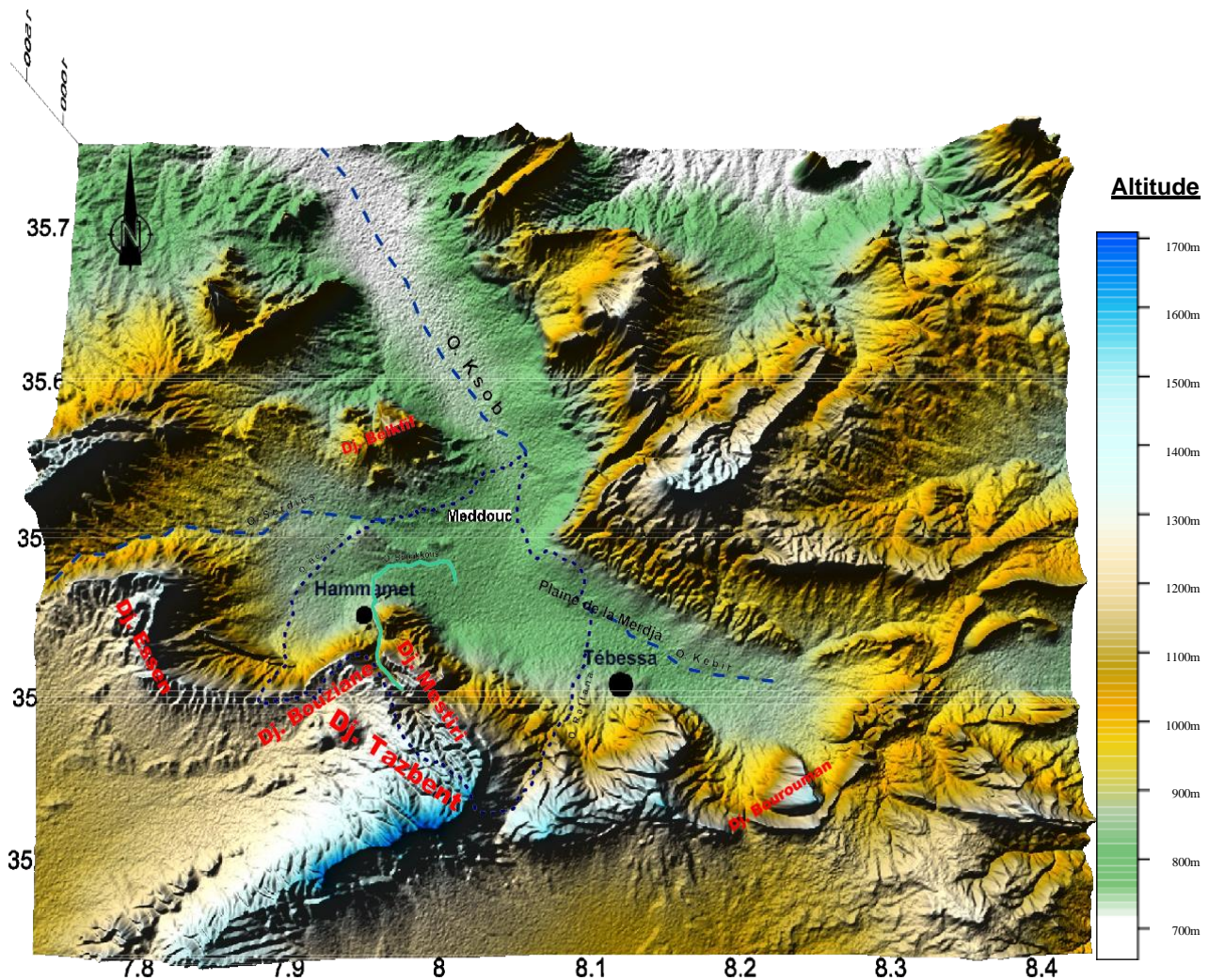
# *Chapitre II*



**2. La présentation de site d'étude**

La région d'étude est située à l'extrémité Nord-ouest de la ville de Tébessa, elle appartient au domaine de l'Atlas Saharien Oriental, aux confins Algéro-tunisiens, précisément, au mont de Tébessa, qui constitue la partie orientale des monts de Nemmamcha (Fig 01), elle est limitée :

- Au Nord par la commune de Bir d'hab.
- Au Nord Est par la commune de Meskiana (Wilaya d'Oum el Bouaghi).
- Au Sud Est par la commune de Tébessa.
- Au Sud par la Daïra de BirMokaddam.



**Figure 01** : Carte d'hypsométrie de la région d'étude vue en 3D

2.1. La situation géographique de la région d'étude (Hammamet)

La région d'El Hammamet (Youks, les bains) à une superficie de 375 km<sup>2</sup>, Ses coordonnées géographiques sont : 35° 26' 54" Nord, 7° 57' 11" Est. Les stations de mon étude se situent entre l'altitude de 950m jusqu'à 1050m.

2.1. 1. Le réseau hydrographique

Selon la figure 02 le sous bassin versant de Youkous est drainé par l'oued de Youkous à écoulement temporaire, alimenté en amont par exsurgences.

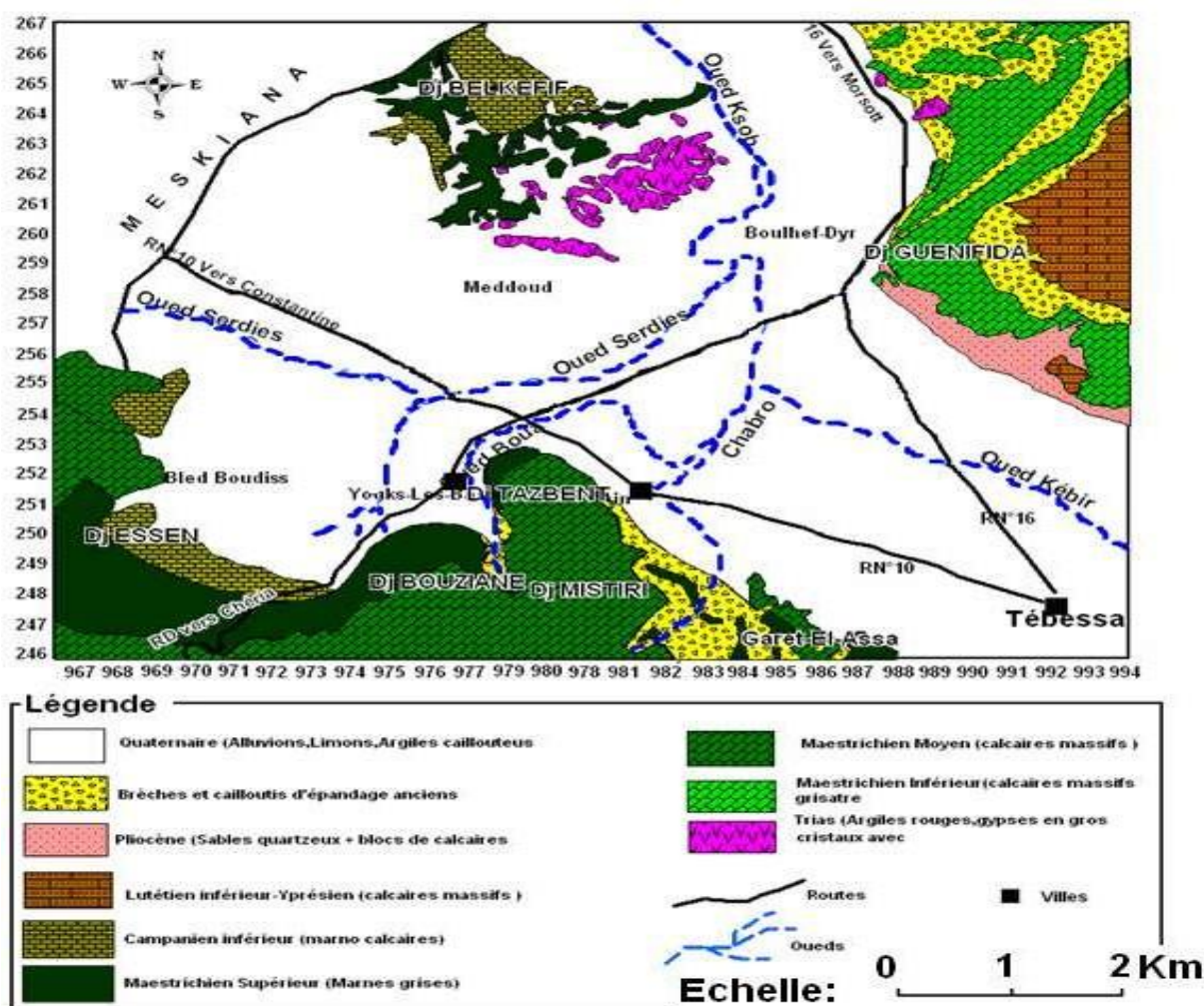


Figure 02 : Carte de réseau hydrographique de la région d'étude (Source : Seghir, 2008)

**2.1. 2. La géologie**

La géologie est un moyen d'investigation très utile en hydrogéologie, car elle permet le repérage des formations susceptibles d'être aquifères, et de suivre leur évolution dans l'espace et dans le temps. En se basant aux anciens travaux géologiques régionaux de nombreux auteurs, le bassin étudié correspond à des formations autochtones constituée essentiellement de très importantes assises carbonatées d'âge campanien et divers recouvrement marquant le quaternaire.

Il faut signaler que la région de Hammamet n'a jamais fait l'objet de levés géologiques détaillés sauf sa partie Nord qui est couverte par la feuille de Meskiana 204. Le seul travail connu remonte à l'époque coloniale avec la Carte Topographique de Hammamet que l'Institut de Géologie National a publié en 1950. Les travaux de Dubourdiou (1951) ont décrit le fossé d'effondrement de Tébessa et le fossé de Hammamet ; Durozoy (1956) a établi la stratigraphie de la région et a donné les premiers rapports– descriptifs de la tectonique Plio-quaternaire, ont contribué à la reconnaissance du fossé d'effondrement de Tébessa dont l'objectif principal était de montrer les différents stades d'effondrements du graben de Tébessa (confins Algéro-tunisiens) et la tectonique de la phase pliocène et plio-quaternaire.

L'étude lithologique et stratigraphique des faciès permet de donner plusieurs informations sur la description des différents faciès et l'établissement d'une colonne stratigraphique synthétique des différentes strates, aussi la description des formations géologiques susceptibles d'être aquifères. Pour cela, on distingue : Un milieu poreux, composé de sables et graviers qui correspondent généralement aux nappes d'eaux superficielles (nappes phréatiques) ; Un milieu fracturé rencontré dans les formations carbonatées (d'âge Mæstrichtien et Turoniens) qui correspond aux nappes d'eaux profondes. Généralement la zone d'étude est caractérisée par une stratigraphie allant du trias au quaternaire (Durosoy, 1956). (Fig.03)

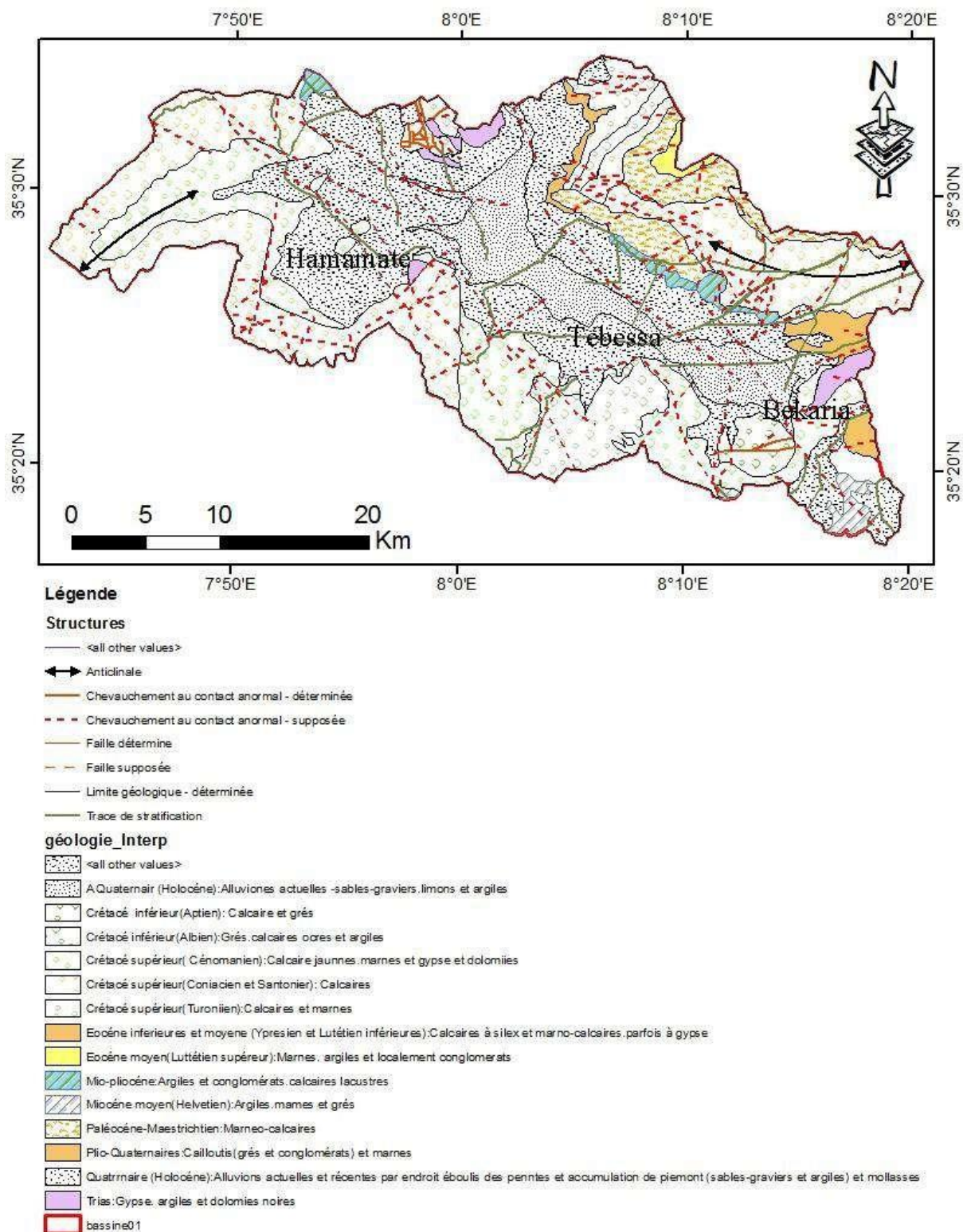


Figure 03 : Carte Géologique de la région d'étude (source :Chikha Belgacem et Debbar, .

2017)

**2.1. 3. La géomorphologie de la région**

Différents types de reliefs constituent la région d'étude. Ils se subdivisent en trois groupes :

- Les Montagnes
- Les collines
- Les plaines

**a. Les montagnes**

Les montagnes de la région se présentent comme une chaîne continue et étalée dont les sommets varient de 1000 m à 1500 m. Elles s'étendent de l'Ouest à l'Est et occupent environ 40% de superficie générale de Tébessa.

On observe souvent une alternance de calcaire et de marne d'une importante épaisseur (Cénomaniens et Emscheriens) favorisant le dégagement des formes structurales par l'érosion différentielle. Les plus caractéristiques se voient dans les surfaces structurales qui forment les revers des monoclinaux, et dans les versants à corniches. (Loukam, 2012).

Elles sont formées essentiellement par les calcaires massifs du Turonien et de l'Eocène souvent des replats structuraux comme c'est le cas des Djebels Gaaga, Bouziane, Troubia, Mestiri.

**b. Les Collines**

Ce type de relief se présente comme des structures réparties dans toute la région. Cette répartition se fait de la manière suivante :

Une zone limitée par les montagnes et la plaine d'El Hammamet, Djebel Serdiès au Nord et la bande comprise entre les revers monoclinaux Troubia et Bouziane.

Sur le plan structural ces formes sont installées sur les formations argileuses des Néogènes dans la partie septentrionale et sur les marnes d'âge Paléocène dans la partie méridionale. D'où leur morphologie plus ou moins monotone et leur moindre expression sur le paysage.

**c. Les plaines**

En prenant la morphologie comme base, deux types de plaines se présentent comme suit :

- Les plaines d'érosion et comme exemple la plaine de Serdiès.
- Les plaines d'accumulation tell que celui d'El-Hammamet. (Loukam, 2012).

- **Les plaines d'érosion**

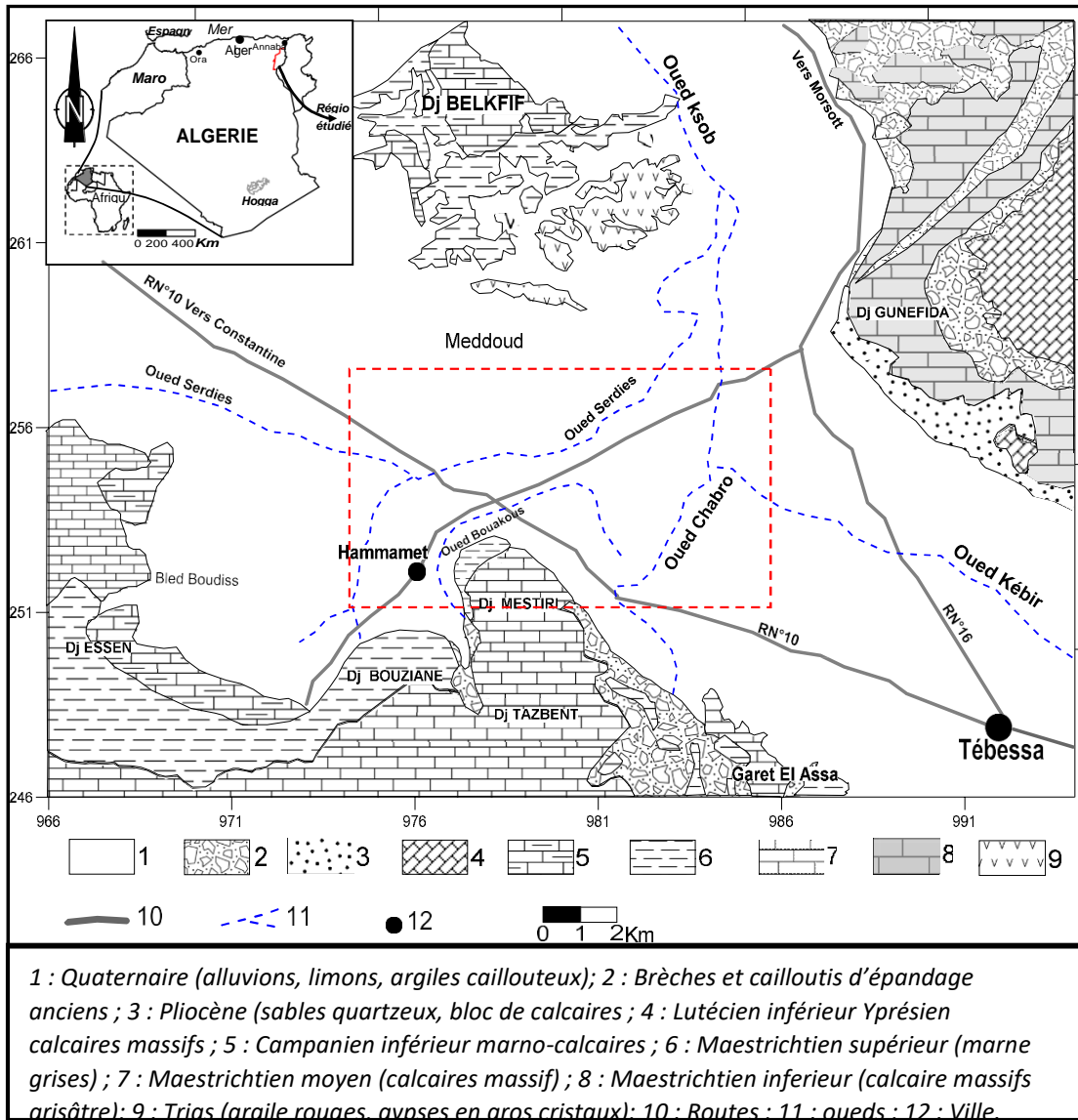
La plaine de Serdiès est un vaste complet dégagé dans une puissante série marneuse d'âge Emschérien, limité par Djebel Troubia au Sud et Djebel Serdiès à l'Ouest.

Au Nord Nord-est la limite est assez vague sauf Djebel Belkefif. Elle est ouverte en même temps à la plaine d'El Hammamet.

- **Les plaines d'accumulation**

La plaine de Hammamet correspond à un fossé d'effondrement subsidient.

La prospection géophysique (carte de remplissage quaternaire) et les coupes des forages qui y étaient exécutés montrent que le remplissage peut atteindre une épaisseur de 500m



**Figure 04 :** Carte géomorphologique des environs de Youkous. (Source : Chikha Belgacem et Debbar,. 2017)

### 2.1.4. Le couvert végétal

Le couvert végétal de la zone d'étude est constitué généralement de forêts, de maquis et de reboisement, le reste de surface se répartissent entre des terres agricoles et des terres improductives. Le développement de l'agriculture est fortement compromis par les caractéristiques du sol, des écoulements, et de l'intensité de l'action humaine. Les forêts de Hammamet sont essentiellement peuplées de pin d'Alep, une essence qui s'adapte le mieux

aux conditions climatiques de la région, et n'exige pas beaucoup d'eau (200 mm/an) mais nécessite un sol à base de calcaire. (Loukam, 2012).

### **2.1. 5. Les reliefs**

La wilaya de Tébessa, qui chevauche sur des domaines physiques différents, est limitée : Au nord par le domaine atlasique à structure plissée constituée par: les monts des Nememchas et les monts de Tébessa dont les sommets culminent au-dessus de 1550m (DjbelOzmor 1591m ; DjbelKemakem 1277m et Djebel Onk 1358m); les hauts plateaux proprement dits qui offrent des paysages ondulés fortement ravinés et couverts d'une végétation steppique à base d'alfa et d'armoïse (plateau du Darmoun; Safsaf El-Ouesra et Berzguel...) et en fin les hautes plaines encaissées et encadrées par les reliefs décrits précédemment. Ce sont les plaines de Tébessa :Morsott; Mechentel; BehiretLarneb; Gassés et BhiretThlidjene etc. (site internet). Au sud, le domaine saharien à structure tabulaire constitué par le plateau saharien qui prend naissance au-delà de flexure méridionale de l'Atlas saharien (sud du Djebel Onk, Djebel Labiod).(Loukam, 2012).

### **2.1.6. Le climat général**

La région d'étude appartient au domaine de l'Atlas Saharien oriental, aux confins Algéro-tunisiens, précisément, aux monts de Tébessa, qui constitue la partie orientale des monts de Nemmemcha.

L'Atlas saharien constitue une chaîne étendue depuis le Sud-Ouest algérien jusqu'à la frontière tunisienne. L'étude a porté sur la partie orientale de ce domaine (atlas saharien oriental), dans la région de Hammamet

La région de Hammamet appartient à l'étage bioclimatique semi-aride, caractérisé par un hiver froid et un été très chaud. En se basant sur les données climatiques fournies par la station météorologique de Tébessa sur une période s'étalant sur 43ans (1972-2015, annexes). Le climat est sans doute le facteur du milieu le plus important qui influe d'une manière directe sur le développement des micro-organismes (Températures, précipitations), et les réactions chimiques entre les éléments se trouvent dans un milieu aquatique (Gouaidia, 2008) Avec la température, le précipitations représentent les facteurs les plus importants du climat, la quantité d'eau dont dispose la végétation dépend des pluies de la neige de la Grêle, de la

rosée, de la gelée blanche, des brouillards et des brumes, mais aussi de l'évaporation et la porosité du sol.

### **2.1.7. Le type de climat**

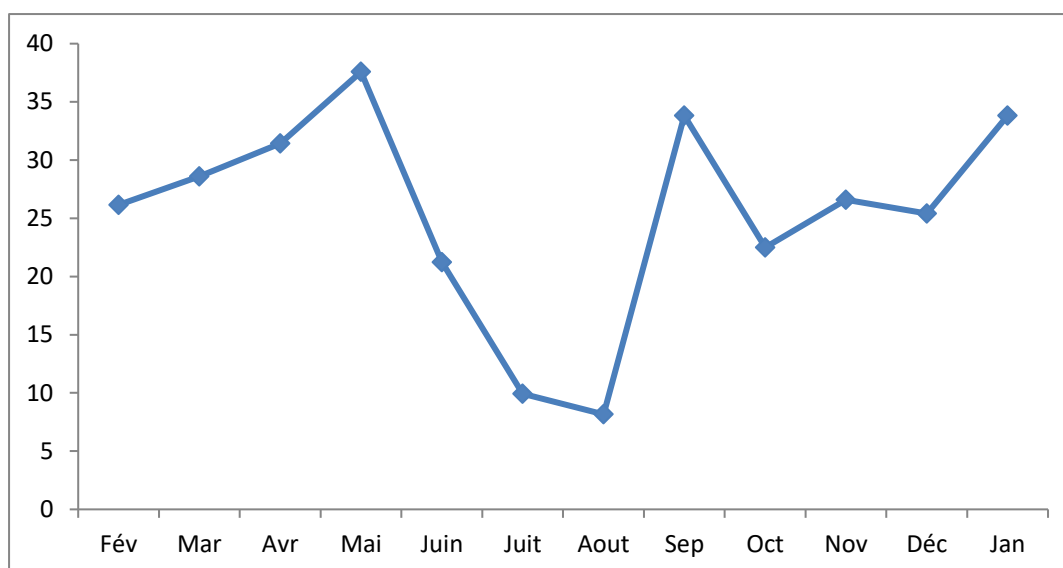
#### **2.1.7.1. Les études des précipitations**

La précipitation est la quantité d'eau météorique, totale, liquide ou solide qui tombe sur une surface horizontale déterminée, appelée "section pluviométrique". La pluie est un facteur climatique très important conditionnant l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes. La pluie augmente avec l'altitude, elle est également plus importante sur les versants exposés aux vents. Elle diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne des versants et de la mer. Les données recueillies à la station des Tébessa et de Hammamet (1994- 2019), sont récapitulées dans le tableau suivant :

**Tableau n°02 :** Précipitations moyennes mensuelles en (mm) sur une période de 25ans (1994/2019).

<b>Mois</b>	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juit	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan
<b>Précipitation (mm)</b>	14.65	28.6	31.44	37.58	21.24	9.94	18.19	33.82	22.49	26.59	25.41	33.82

Ce tableau montre la variation des précipitations d'un mois à l'autre des moyennes mensuelles des hauteurs pluviométriques enregistrées dans la station de Hammamet avec un maximum de l'ordre de 37.58 mm qui s'observe au mois de mai, et un minimum au mois de juillet de l'ordre de 9.94 mm. Nous pouvons mieux voir cela grâce au graphe suivant :



**Figure 05:** Variation des précipitations moyennes mensuelles (1994/2019)

- **La distribution inter annuelle des précipitations :**

L'étude des variations des précipitations en fonction du temps de la station de Hammamet montre un grand contraste entre l'année la plus arrosée (2017/2018) avec 540mm/an et l'année la plus sèche (2018/2019) avec 112.5 mm/an. La moyenne de précipitation dans la station de Hammamet et leur maximum et minimum sont représentées dans le tableau 03.

**Tableau n°03 :** Distribution inter annuelle des précipitations (1994/2019)

Stations	Période d'observation	Min	Année d'observation	Max	Année d'observation	Moyenne (mm)
Hammamet	1994/2019	<b>112.5</b>	2017/2018	<b>540</b>	2018/2019	<b>297.4</b>

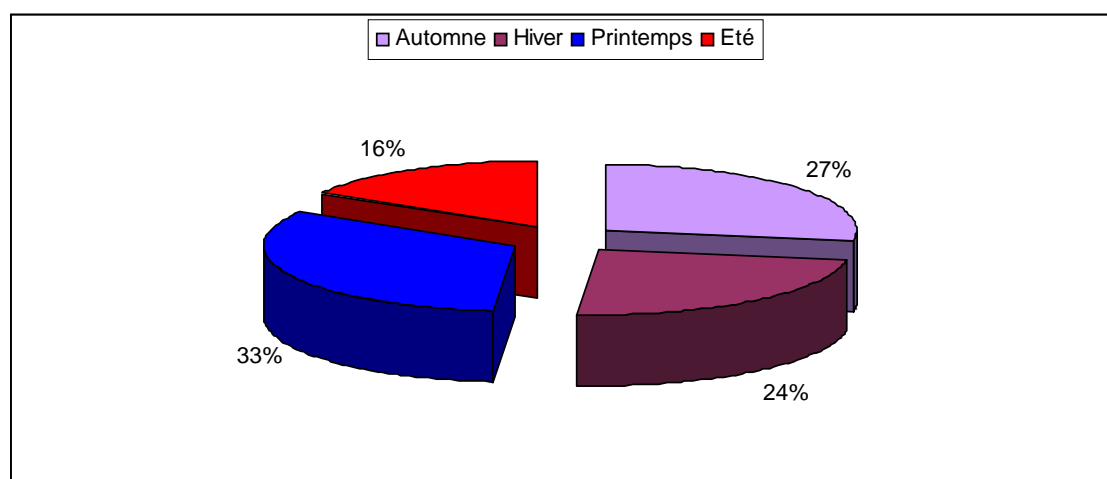
- **La répartition saisonnière des précipitations**

La subdivision des pluies de l'année pour chaque saison est faite suivant les saisons agricoles (automne : S O N/ l'hiver : D J F/ printemps : M A M/ été : J J A).

Le but de ces détails c'est de visualiser les saisons pour lesquelles les sources reçoivent des entrées efficaces.

**Tableau n°04** : Répartition saisonnière des précipitations dans la station de Hammamet (1994/2019)

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Station	Mm		%	Mm		%	Mm		%	Mm		%
<b>HAMMAMET</b>	82.9		27.42	72.45		23.96	97.62		32.28	49.37		16.33



**Figure 06** : Répartition saisonnière des précipitations (1994 /2019).

- Une forte précipitation saisonnière est enregistrée pendant le printemps avec une valeur de 97.62 mm qui représente 32.28%.

- Une faible précipitation saisonnière est enregistrée pendant l’été avec un pourcentage de 16.33%.

- **La neige**

Les montagnes de bordure et en particulier Djebel Doukane, Mestiri et Tazbent et leur prolongement reçoivent en hiver des précipitations neigeuses qui peuvent être importantes. Les premières neiges font leur apparition à partir du mois de janvier et les dernières à la fin du mois de mars.

D’après P.Seltzer la région se situe dans la zone d’enneigement moyen au sol de 5 à 10 jours par an.

Ce phénomène a un rôle important si l’on considère la superficie des montagnes bordant la région de Youkousles bains. Les précipitations neigeuses suivies par une lente fonte

favorisant au maximum l'infiltration d'ailleurs. Les débits des exurgences de Youkous sont fortement influencés.

### **2.1.7.2. Le régime thermique**

Le paramètre de la température est indispensable à la climatologie, vu qu'il rend compte de son apport d'énergie à la végétation, de son pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées, et enfin, qu'il est à l'origine du bon fonctionnement du cycle de l'eau.

#### **a. Les études des températures**

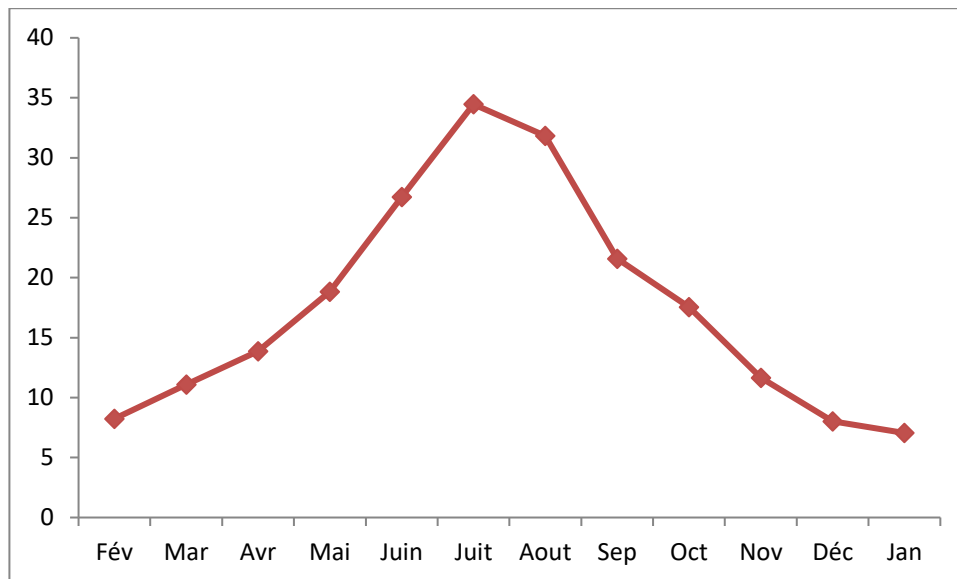
Le paramètre de la température est indispensable à la climatologie, vu qu'il rend compte de son apport d'énergie à la végétation, de son pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées, Elle joue un rôle très important pour la détermination du bilan hydrique, et enfin, qu'il est à l'origine du bon fonctionnement du cycle de l'eau. Les valeurs des températures sont obtenues à partir de la station de Tébessa tout en supposant que les conditions climatiques sont comparables entre Tébessa et Hammamet.

#### **b. Température moyenne mensuelle :**

La température moyenne mensuelle durant 25ans <1994-2019 > pour les 10 stations est enregistrée dans le tableau suivant :

**Tableau n°05 :** Répartition moyenne mensuelle de température à la station de Tébessa (1994-2019).

<b>Mois</b>	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan
<b>T(°C)</b>	8,25	11,08	13,87	18,84	26,72	34,46	31,83	21,58	17,56	11,64	8,02	7,05



**Figure 07 :** Répartition moyenne mensuelle de température à la station de Tébéssa. (1994-2019)

La figure 07, indique la répartition moyenne mensuelle de la température, et montre que

- Le mois le plus froid est le mois de janvier avec une valeur de 7.05°C.
- Le mois le plus chaud est celui de Juillet avec une température moyenne mensuelle de 34.46 °C.
- La température moyenne annuelle de cette période est de 17.57°C.

### 2.1.7.3. L’humidité

L’humidité représente la quantité d’eau retenue dans l’air, en considérant que les conditions climatiques sont semblables entre la région de Tébéssa ville et El-Hammamet.

Il a été pris en considération une série de 25 ans (1994 à 2019).

D’après cette série, le mois de juillet étant le mois le plus sec avec un pourcentage de 41.41 % et le mois le plus humide c’est le mois d’avril avec un pourcentage maximal égal à 69.63 %.

### 2.1.7.4. Les vents

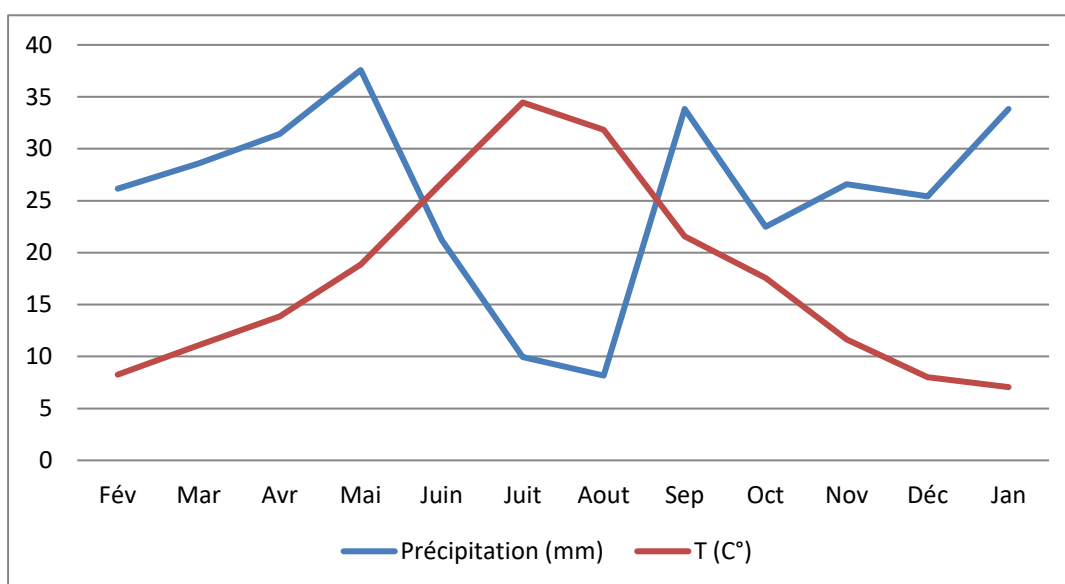
Les vents sont caractérisés par leur vitesse et leur intensité. Les vents prédominants sont de direction Ouest Nord – Nord-Ouest et jouent un rôle important dans les précipitations

en Hiver. Les vents du Nord-Ouest sont souvent secs et froids. En été les vents du Sud sont fréquents (le sirocco) qui peuvent être chaud et sec d'où l'augmentation de l'évaporation, et une sécheresse qui diminue l'humidité et augmente le déficit d'écoulement.

➤ **Le diagramme pluviométrique « station de Hammamet » sur une période de 25ans (1994-2019)**

**Tableau n°06 :** Données du diagramme Ombrothermique sur une période de 25ans (1994/2019).

Mois	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juit	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan
<b>Précipitation Hammamet (mm)</b>	26,15	28,6	31,44	37,58	21,24	9,94	8,16	33,82	22,49	26,59	25,41	33,82
<b>T (C°)</b>	8,25	11,08	13,87	18,84	26,72	34,46	31,83	21,58	17,56	11,64	8,02	7,05



**Figure 08 :** Diagramme Ombro-thermique de Gausson pour la période de (1994-2019).

D'après Gaussen et Bouchots, les diagrammes pluviométriques dessinent les précipitations et les températures mensuelles. Ainsi, à partir de deux échelles différentes P en (mm) et T en (°C), on peut visualiser facilement le nombre des mois secs.

Le diagramme montre que la période humide commence du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai. Tandis que la période sèche, débute du mois de juin jusqu'au mois de septembre.

## **2.1.8. La détermination du type du climat**

### **2.1.8.1. Quotient pluviométrique d'Emberger :**

Selon (Emberger, 1963), la région méditerranéenne est subdivisée en cinq étages bioclimatiques. Pour déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude, nous avons procédé au calcul de quotient pluviométrique d'Emberger (Q<sub>2</sub>).

La formule du quotient d'Emberger s'exprime comme suit :

**P** : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

**M** : Moyenne des maximums du mois le plus chaud (°K).

**m** : Moyenne des minimums du mois le plus froid. (°K).

Les températures sont exprimées en degrés absolus : T°K = T°C + 273,2.

Donc :

$$Q_2 = \frac{1000 * P}{(M + m) * (M - m) * 2}$$

M=38.49+ 273.2= 311.69. m=1.05+ 273,2= 274.25.

Donc avec un Q<sub>2</sub>= 32.29 l'étage où se situe le périmètre de notre étude se trouve selon le diagramme pluviométrique d'Emberger dans l'étage bioclimatique de végétation semi-aride.

### **2.1.8.2. L'indice d'aridité (Indice De Martonne)**

Pour la détermination du type de climat, De Martonne (1925) a proposé une formule climatologique appelée indice d'aridité qui est fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations moyennes annuelles :

$$A = P / (T+10)$$

Avec :

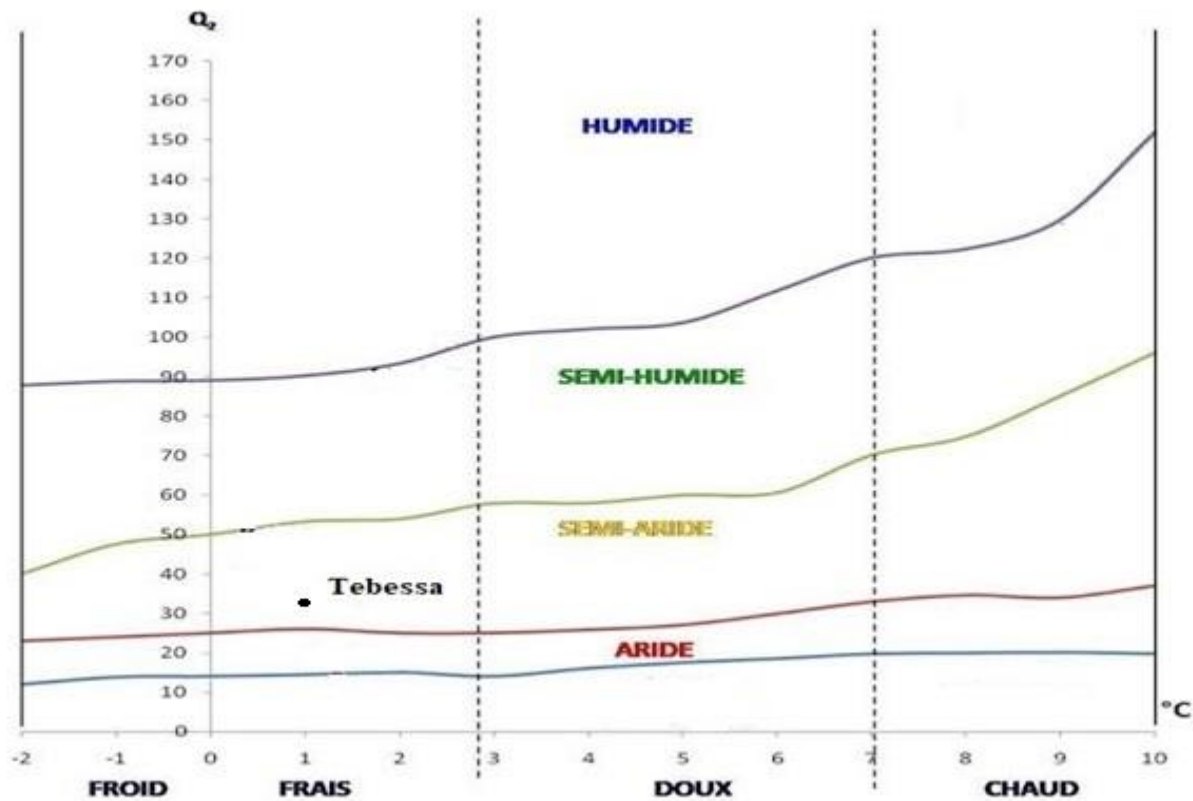
- A : indice d'aridité annuelle

- P : précipitations moyennes interannuelles en mm.
- T : températures moyennes interannuelles en °C.

Dans le cas de notre région A = 11.58 tel que : P=302,34mm et T = 16,11°C.

*Selon De Martonne :*

- $A < 5$  : le climat est hyperaride.
- $5 < A < 10$  : le climat est très sec.
- $10 < A < 20$  : le climat est sec.
- $20 < A < 30$  : le climat est tempéré.
- $A > 30$  : le climat est humide (écoulement abondant).



**Figure 09 :** Climagramme d'EMBERGER.

- Les résultats de l'indice d'aridité trouvés pour la station de Hammamet montrent que le climat de notre zone d'étude est sec caractérisé par deux saisons l'une humide et froide et l'autre sèche et chaude.

D'après la classification ci-dessus on peut dire que le climat de cette région est de type semi continentale.

### **Conclusion**

Dans cette partie il a été déterminé le climat de la zone d'étude qui est un climat semi-aride de type semi continentale caractérisé par des précipitations irrégulières à l'échelle annuelle et mensuelle et un faible nombre de jours de pluie.

La répartition des précipitations mensuelles montre deux grandes saisons distinctes ; une saison sèche et chaude et une saison humide et froide. La première s'étale entre le mois de Juin et Septembre ; c'est la période de déficit pluviométrique. Des orages de fin d'été sont fréquents et sont rapidement soumis à l'évaporation et l'infiltration.

En examinant les données relatives aux répartitions saisonnières, sur une période de 25 ans. Nous avons pu constater, que le printemps c'est la saison la plus pluvieuse. Alors que le plus sèche c'est la saison estivale.

La neige et la durée du manteau neigeux par année excédentaire, sont d'intérêt certain en hydrologie. Elle constitue un stock important, sous forme solide avec libération continue de l'eau sous forme de lames de fusion quotidiennes et régulières. Celles-ci sont étalées de Janvier à Février, alors que les épisodes de chutes réelles sont réduits.

A partir du mois de Décembre, l'apport considérable de la pluie, la chute de température et la diminution de l'évapotranspiration permettent la recharge du sol mais un déficit agricole est enregistré à partir du mois de mai jusqu'au mois de Novembre c'est la période des basses eaux.

Les excédents ou précipitations efficaces déduites sont de 4,02mm. Le déficit agricole estimé à une valeur de 565,9mm.

2.2. Matériel et méthode

2.2.1. Le choix des points d'échantillonnage

Premièrement nous avons choisi ces cites la en fonction de l'objective de l'étude. Pour cela, on a sélectionné dix points valeurs caractéristiques (écoulement, la densité de flore, profondeurs, largeur de lit), et puis mettre un petit drapeau comme un repère pour chaque station et chaque habitat. (Fig.10).

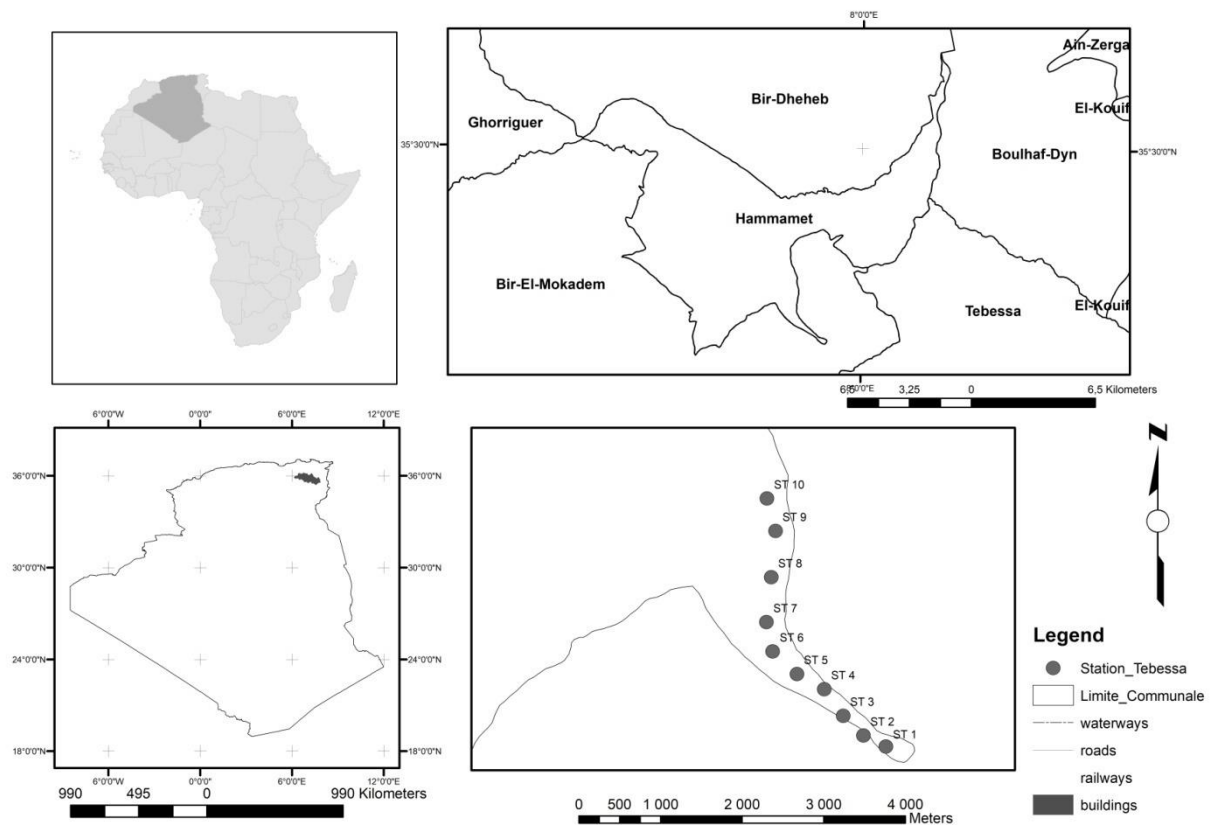


Figure 10: Carte de Localisation géographique du 10 stations étudiées.( originale)

**2.2.2. La description des stations**

**Tableau n°07 :** Inscription des stations de la région d'étude.

Les stations	L'altitude	Latitude	Longitude	Profondeur moyenne de la surface de l'eau	Vitesse du courant	L. de lit	Substrat
<b>S 1</b>	1048	N 35°24 ' 33''	E 007°58' 33''	1,2	très rapide.	7	grot, galet, gravier, sable.
<b>S 2</b>	1044	N 35°24 ' 34''	E 007°58' 31''	1,25	très rapide.	8	grès, galet, gravier, sable.
<b>S 3</b>	1041	N 35°24 ' 34''	E 007°58' 30''	1,15	très rapide	7	grès, galet, gravier, sable.
<b>S 4</b>	1048	N 35°24 ' 35''	E 007°58' 30''	1	très rapide	9	grès, galet, gravier, sable.
<b>S 5</b>	995	N 35°24 ' 54''	E 007°58' 06''	1	rapide	9,5	grès, galet, gravier, sable.
<b>S 6</b>	998	N 35°24 ' 55''	E 007°58' 05''	0,5	lente	5	gravier, sable
<b>S 7</b>	992	N 35°58 ' 05''	E 007°23' 43''	0,7	lente	7	gravier, sable
<b>S 8</b>	966	N 35°25 ' 01''	E 007°57' 47''	0,9	rapide	8,5	galet, gravier, sable
<b>S 9</b>	957	N 35°25 ' 05''	E 007°57' 48''	1,5	rapide	7	Galet, gravier, sable
<b>S 10</b>	961	N 35°25 ' 07''	E 007°57' 47''	1,2	rapide	7,5	galet, gravier, sable

### **2.2.3. Les méthodes d'analyse physico-chimique de l'eau**

L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser. L'appréciation de la qualité des eaux se base sur la mesure des paramètres physico-chimiques et chimiques. (Anonyme, 2005).

#### **2.2.3.1. Le mode de prélèvement**

Pour l'analyse physico-chimique, les échantillons pourront être prélevés dans des flacons en plastique. Les flacons pour ce genre d'analyse n'ont pas besoin d'être stériles. Un volume de 500ml est généralement suffisant pour effectuer les analyses nécessaires. Le point de prélèvement doit être purgé suffisamment et le flacon rincé au moins trois fois avec l'eau à analyser. (Andision, 2010).

Si les délais d'acheminement vers le laboratoire spécialisé le permettent, ces prélèvements seront mis entourés de glace dans des caisses isothermes afin de limiter l'évolution parfois rapide des échantillons. (Andision, 2010)

#### **2.2.3.2. La méthode d'analyse des eaux**

Douze prélèvements ont été effectués (Janvier \_ Décembre 2019) et Dix points d'eaux ont été choisis pour évaluer la qualité des eaux.

Les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques sont enregistrées dans le tableau n° 08 et en détaillées dans l'annexe.

Les analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire de l'université d'Oum El Bouaghi.

**Tableau n°08** : Les méthodes d'analyse du différent paramètre physico-chimique.

<b>Paramètre</b>	<b>Unité de mesure</b>	<b>Méthode d'analyse</b>	<b>Source</b>
<b>Température</b>	<b>C°</b>	multi paramètre WTW (multiP3 PH /LF SET) portatif	/
<b>pH</b>	/	pH-mètre multi paramètres, modèle WTW 340i	/
<b>Conductivité</b>	<b>µS/Cm</b>	Conductimètre multi paramètres, modèle WTW 340i.	/
<b>Salinité</b>	<b>%</b>	multi paramètres, modèle WTW 340i.	/
<b>TDS</b>	<b>Mg/l</b>	Conductimètre multi paramètres, modèle WTW 340i.	/
<b>Turbidité</b>	<b>NTU</b>	multi paramètres, modèle WTW 340i.	/
<b>Chlorure</b>	<b>Mg/l</b>	Méthode volumétrique de Mohr, dosage du chlorure par une solution de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium.	RODIER (1984)
<b>Azote ammoniacal</b>	<b>Mg/l</b>	spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm. On utilise le réactif de Nessler.	RODIER (1984)
<b>Dureté totale</b>	<b>Mg/l</b>	Méthode tetrimétrique à l'EDTA noir d'ériochrome à 5%	RODIER (1984)
<b>Ortho phosphate</b>	<b>Mg/l</b>	spectrophotomètre longueur d'onde 420nm .on utilise l'acide ascorbique	RODIER (1984)
<b>Sulfate</b>	<b>Mg/l</b>	spectrophotomètre à la longueur d'onde : 650 nm . On utilise chlorure de baryum.	RODIER (1984)
<b>Nitrate</b>	<b>Mg/l</b>	spectrophotomètre à la longueur d'onde : 420 nm. .on utilise l'acide sulfurique	RODIER (1984)

## 2.2.4. Le Prélèvement faunistique

### 2.2.4.1. La méthodologie

On immerge le filet jusqu' au fond du cours d'eau dans le sens contraire du courant, puis on racle le substrat dans une surface de  $1/10 \text{ m}^2$  et on lave les prélèvements à l'intérieur du filet, selon les technique d'échantillonnage des eaux courantes peu profondes (Lamotte et Bourliere ,1971). Au cours de chaque campagne, méso-habitats différents définis par deux paramètres physiques du milieu (le substrat et la vitesse du courant) ont été échantillonnés à chaque campagne. Les échantillons obtenus sont fixés au éthanol à 95% dans un bocal et transportés ensuite au laboratoire

Les autres habitats tels le sable, le limon, l'argile et les algues ne sont pas échantillonnés. Il en est de même pour les seuils rocheux.

#### a. Le filet de type Surber

Les prélèvements de la faune benthique ont été réalisés en utilisant un filet de type Surber de  $300\mu\text{m}$  de vide maille. On immerge le filet jusqu' au fond du cours d'eau dans le sens contraire du courant, puis on racle le substrat dans une surface de  $1/10 \text{ m}^2$  et on lave les prélèvements à l'intérieur du filet, selon les technique d'échantillonnage des eaux courantes peu profondes (Lamotte et Bourliere ,1971). Au cours de chaque campagne, 3 méso habitats différents définis par deux paramètres physiques du milieu (le substrat et la vitesse du courant) ont été échantillonnés à chaque campagne.

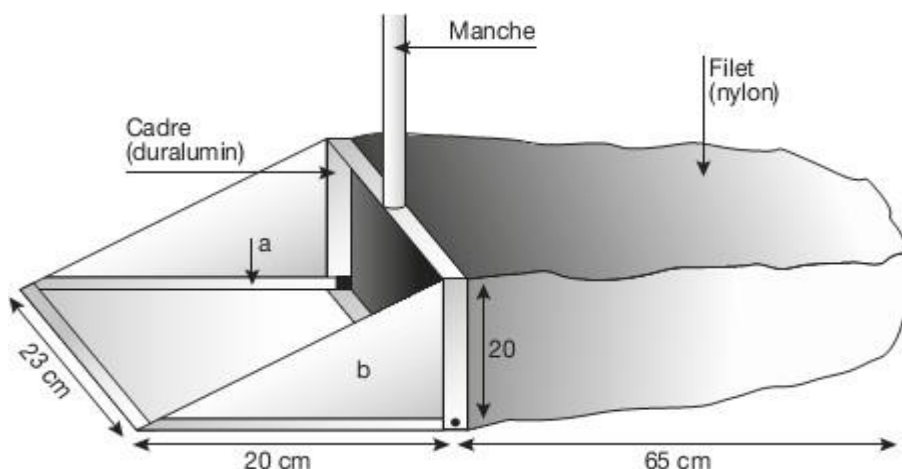


Figure 11 : Schéma de filets de type Surber (Rodier et al, 2009).

**b. Le filet de type Troubleau**

Pour récolter des insectes aquatiques dans les eaux des mares, des étangs, des lacs et des rivières, les entomologistes emploient un « filet spécial », appelé filet troubleau.

Cet instrument est constitué traditionnellement d'un cercle de fer plat, de forme circulaire, sur lequel est montée une poche en toile de jute, le vide de maille de la poche est 0.5mm, ce qui permet, de retenir de très petits insectes aquatiques. Un manche en bois ou en canne de bambou s'adapte au cercle par une douille.

**2.2.4.2. Le traitement des échantillons**

Les organismes sont triés et conservés dans de l'alcool à 95% avant d'être identifiés à l'aide d'une loupe binoculaire. Les déterminations ont été réalisées à l'aide de la clef des macros invertébrées aquatiques (Tachet et al, 1980 ; Tachet et al, 2000). La détermination a été menée au niveau taxonomique le plus précis possible en fonction du groupe considéré (disponibilité des clefs de détermination), du stade de développement et de l'état des spécimens. Le niveau de détermination n'étant pas le même pour tous les groupes zoologiques, nous parlerons de « taxon » pour désigner une unité systématique quelconque.

**2.2.4.3. Le traitement des données**

Ce sont des expressions mathématiques qui renseignent la mieux sur la structure du peuplement. Ils permettent d'avoir rapidement une évaluation de la diversité du peuplement. La mesure de la richesse taxonomique, la diversité et l'équitabilité sont utiles pour la caractérisation d'un peuplement, la comparaison globale des peuplements différents ou de l'état d'un même peuplement étudié à des moments différents (Barbault, 1995). Ces indices ont pour intérêt de rendre compte de l'abondance relative de chaque espèce de comparer entre eux des peuplements et comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (Dajoz, 1985).

**2.2.4.4. L'indices de diversité de Shannon-Weaver H'**

De tous les indices, la formule de Schannon-Weaver est l'indice le plus utilisé, il exprime le mieux la diversité des peuplements. Il présente l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (Blondel, 1979 ; Legendre et Legendre, 1979 ; Barbault, 1981).

L'indice de Schannon-Weaver H' (Schannon & Weaver, 1963) convient bien à l'étude comparative des peuplements. Il est ni indépendant de la taille de l'échantillon et prend compte à la fois de la richesse spécifique et de l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème. Il a pour expression :

$$H' = - \sum (n_i / N) \log_2(n_i / N)$$

$n_i$  = nombre d'individus de l'espèce de rang i

N = nombre total d'individus

Cet indice a pour unité le 'Bit', sa valeur dépend du nombre d'espèces présentes, de leurs proportions relatives et de la base logarithmique.

H' est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible ou quelques espèces dominant ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti équitablement. Autrement dit, la diversité est minimale quant H' tend vers zéro (0), et est maximale quant H' tend vers  $\infty$ .

**2.2.4.5. La richesse taxonomique**

Cet indice correspond au nombre de taxons présents dans chaque prélèvement (Ramade, 2003). La Richesse spécifique S est représentée par le nombre totale ou moyen d'espèces recensée par unité de surface.

S= nombre d'espèces de la zone d'étude.

Cet indice S peut être utilisé pour analyser la structure taxonomique du peuplement (ex : nombre d'espèces d'oligochètes/mollusques, etc...)

Il permet également de distinguer :

- Des variations spatiales : des secteurs faunistiquement riches et des secteurs plus pauvres.

- Des variations temporelles : minima et maxima en fonction des saisons et des stations.

Il présente cependant l'inconvénient d'être fortement dépendant de la taille des échantillons (le nombre d'espèces échantillonnées augmentant avec la surface échantillonnée) et des types d'habitats (la richesse spécifique varie en fonction du type de substrat, de la profondeur, de la salinité...).

#### **2.2.4.6. L'abondance relative des espèces**

Des espèces L'abondance est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Il représente le nombre d'individus du taxon (i) présent sur le nombre total (Ramade, 2003). Il est variable aussi bien dans l'espace que dans le temps.

$$P_i = n_i / N$$

$n_i$  = nombre d'individus de l'espèce i

N = nombre total d'individus

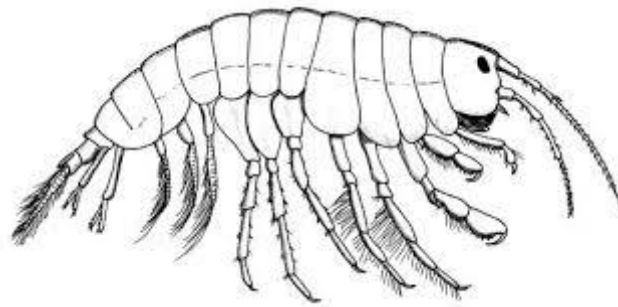
#### **2.2.4.7. L'équitabilité**

L'indice de l'équitabilité détermine, soit le rapprochement ou bien l'éloignement entre  $H'$  et  $H_{Max}$ . Cet aspect est indicateur de la diversité.

Cet indice permet notamment de suivre les changements temporels (c'est-à-dire l'ensemble des espèces d'un territoire donné partageant une écologie semblable).

L'indice d'équitabilité permet de traduire la dominance d'une espèce ou la codominance de plusieurs espèces. Comme précédemment, il est prudent d'examiner plusieurs indices écologiques.

# *Chapitre III*



### **3. La qualité des eaux de surface des stations étudiées**

#### **3.1. Les paramètres physico-chimiques**

Les eaux naturelles constituent un milieu complexe. Si leurs compositions sont en relation directe avec les constituants des sols et des couches géologiques traversées, la qualité des eaux est largement affectée par le couvert végétal, les pratiques agricoles, l'urbanisation et plus généralement par l'activité économique développée dans les paysages où elles coulent.

Mais c'est surtout depuis l'essor de la chimie au cours du XXe siècle et la mise sur le marché de plusieurs dizaines de milliers de substances de synthèse au travers de l'agrochimie, de la pharmacie humaine et vétérinaire, des produits phytosanitaires, des solvants, des matériaux, etc. que la contamination des eaux naturelles s'est diversifiée. Ceci explique l'inflation, au cours des dernières décennies, du nombre de paramètres utilisés pour définir la qualité des eaux (Rodier, 1994).

L'analyse d'une eau pourra, en fonction des objectifs fixés, porter sur quelques paramètres d'intérêt sanitaire, s'il s'agit d'une eau de baignade, ou sur plusieurs dizaines des paramètres, s'il s'agit de définir la qualité d'une masse d'eau au sens de la directive cadre de la communauté européenne ou encore de l'eau produite pour l'alimentation humaine d'une collectivité. Il y a alors un intérêt évident à regrouper les paramètres descripteurs en ensembles homogènes pour permettre une interprétation pertinente des résultats analytiques.

Les résultats d'analyse physico-chimique des eaux de la région d'étude (Youkuos) pendant la période d'observation, ont été consignés dans le tableau suivant.

Tableau n° 09 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la région d'étude.

Variables	Min	Max	Moy	Ecart-type
T °(C)	11,3	22,4	15,57	3,22
pH	7,54	7,65	7,57	0,03
MES (Mg.l <sup>-1</sup> )	18,8	30,1	24,69	2,85
S	0	0	0	0
CE (µs.cm <sup>-1</sup> )	374,7	486,8	440,9	26,2
Turbidité	22,22	31,92	27,53	2,44
Ca <sup>+2</sup> (Mg.l <sup>-1</sup> )	64,50	72,02	69,01	2,03
Mg <sup>+2</sup> (Mg.l <sup>-1</sup> )	13,69	17,76	15,95	1,06
Si (Mg.l <sup>-1</sup> )	15,48	29,66	21,6	3,58
Cl <sup>-</sup> (Mg.l <sup>-1</sup> )	191,7	406,48	302,93	56,11
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (Mg.l <sup>-1</sup> )	33,49	69,19	50,63	9,89
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (Mg.l <sup>-1</sup> )	0,6	1,2	0,87	0,16
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (Mg.l <sup>-1</sup> )	0,04	0,36	0,19	0,08
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (Mg.l <sup>-1</sup> )	0,08	0,24	0,17	0,04
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Mg.l <sup>-1</sup> )	2.58	5.41	3.95	0.75
NID (Mg.l <sup>-1</sup> )	2.94	5.76	4.32	0.75

### 3.1.1 Paramètres physiques

#### 3.1.1.1 La température

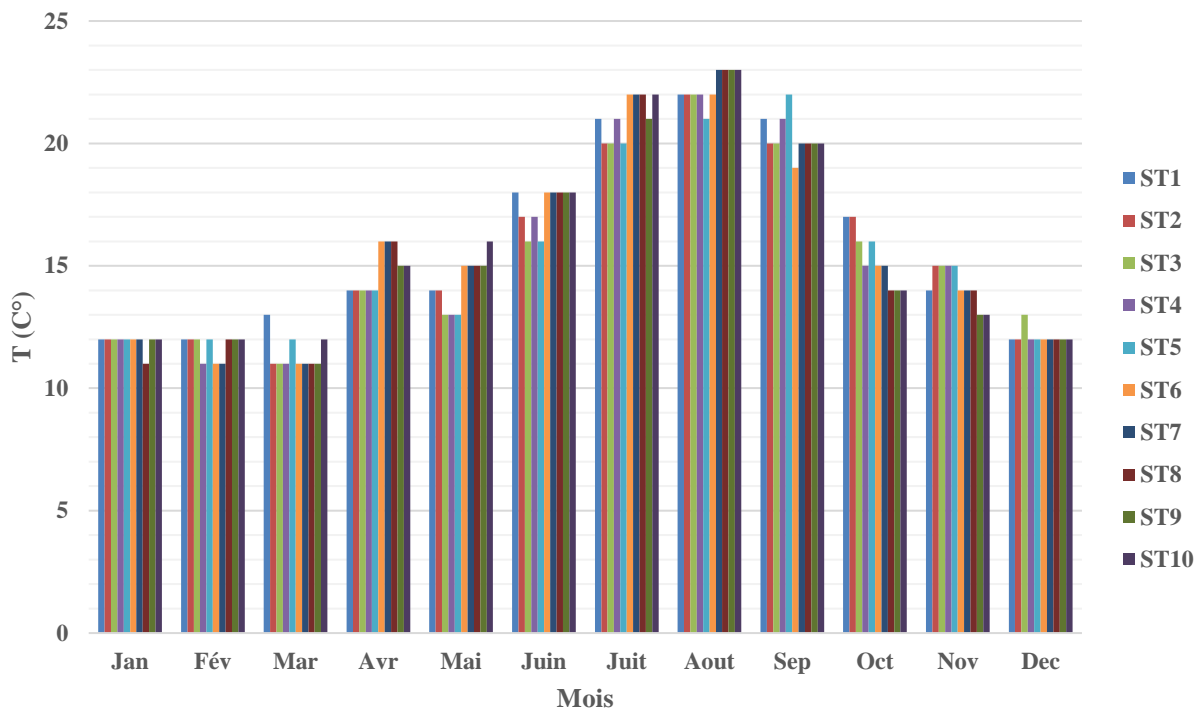
En rapport avec les normes de potabilité de l'eau fixées par l'OMS (1994), l'eau est : excellente lorsque la température inférieure 22°C ; passable lorsque la température oscille dans l'intervalle de 22 à 25°C ; médiocre lorsqu'elle est comprise entre 25 et 30°C.

Selon les résultats capitalisées on remarque que la température des eaux de surface de oued youkous varie fluctuent entre [11°C –23°C].

La valeur minimale est observée dans les sorties du mois de janvier, février et mars dans les stations S2, S3, S4, S6, S7, S8 et S9. (Figure 12). En général et selon la bibliographie, la température des eaux de surface varie en fonction de la température de l'air, des saisons, de la

nature géologique et de la profondeur du niveau de l'eau par rapport à la surface du sol (Lakhdari, 2014).

On remarque que les eaux des 10 stations étudiées représentent des températures saisonnières où les faibles températures sont remarquées pendant la saison de l'hiver. D'une manière générale, les températures observées sont inférieures à 23°C (Figure 12), ce qui implique que l'eau d'Oued Youkous est excellente.



**Figure 12:** variation spatio-temporelle de la température des eaux d'oued Youkous exprimé en Degré Celsius des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019).

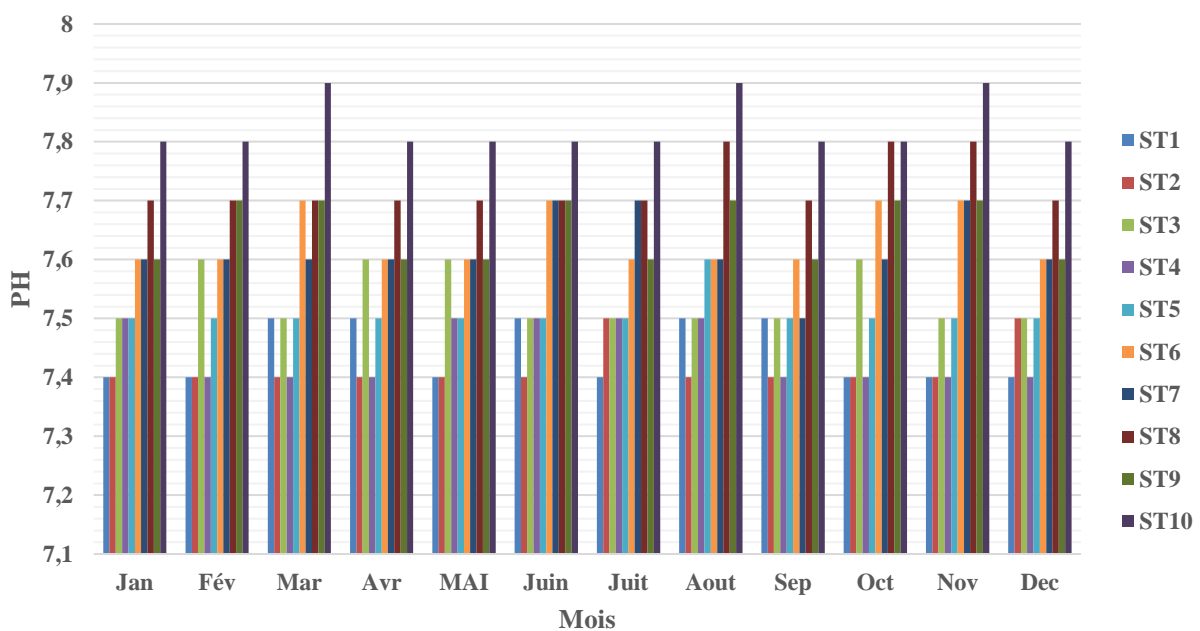
### 3.1.1.2. Le pH

Les normes édictées par la réglementation locale et internationale en matière de potabilité de l'eau recommandent un pH situé entre 6,5 et 8,5 par la norme algérienne (JORA, 1993) et 6,5 et 9,5 (OMS, 2003).

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité à pH 7 une eau est dite neutre, à un pH inférieur à 7 une eau dite acide et à un pH supérieur à 7, elle est dite basique. Étant donné le pouvoir tampon de l'eau et sauf dans le cas de rejets industriels particuliers, il est rare que le pH soit

une contre-indication à la potabilité. C’est cependant l’un des paramètres parmi les plus importants de la qualité de l’eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitement.

Les résultats obtenus montrent que la moyenne du pH de l’eau de la région d’étude est dans la norme, elle varie entre 7,4 et 7,9 ce qui concorde avec les résultats trouvés par Chapman, 1996 (Ghazali et Zaidi, 2013). La variation spatio-temporelle du pH est homogène avec des teneurs de pH variant entre (7,4) valeur minimale enregistrée dans les stations S1, S2 et S4 et une valeur maximale (7,9) enregistrée dans la station S10, et la valeur moyenne de pH est entre 7,42 et 7,83 (Fig 13).

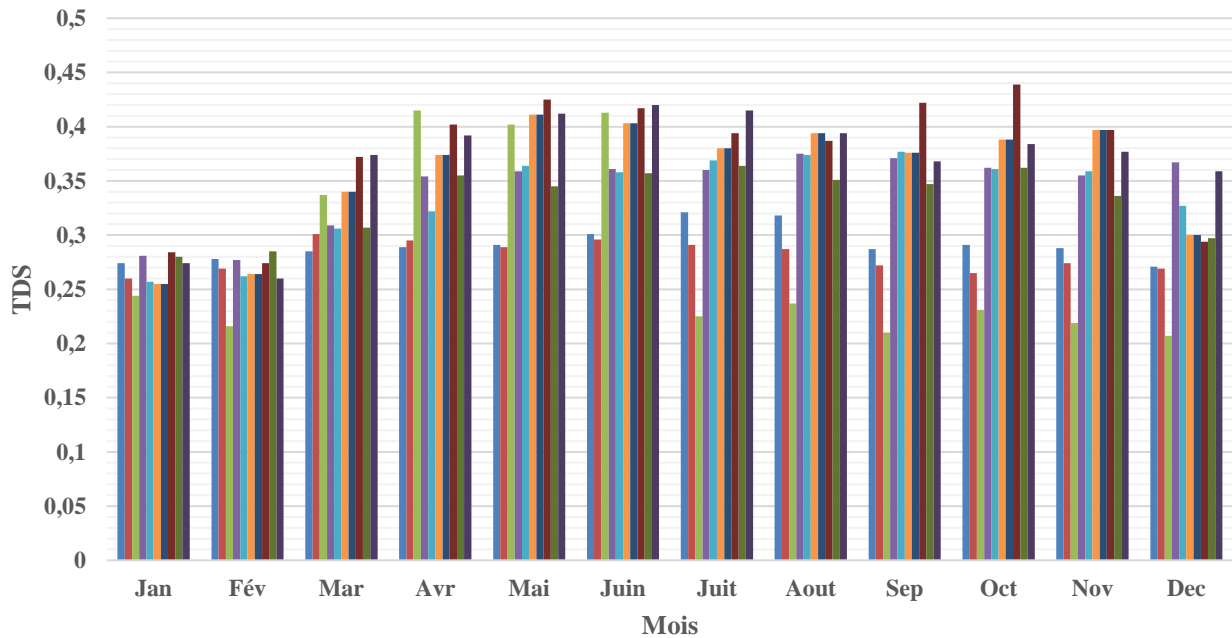


**Figure 13:** variation spatio-temporelle de pH des eaux d’oued Youkous des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu’à Décembre 2019).

### 3.1.1.3. Les matières en suspension (MES)

Les résultats obtenus montrent que les teneurs en matières en suspension sont inférieures à la norme (25 mg. l<sup>-1</sup>) dans les stations S1, S2,S3, S4 et S5, et supérieures à la norme dans les stations

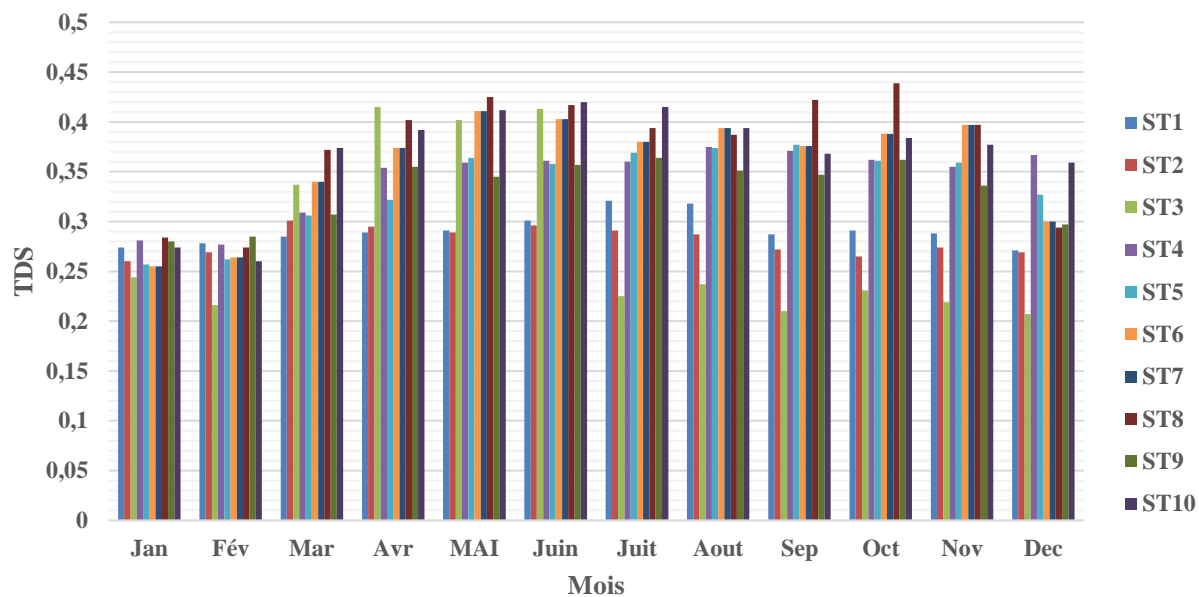
S6, S7, S8, S9 et S10 (Figure 14). Les teneurs des MES atteint le maximum dans la station S10 de l'ordre 42 mg. l<sup>-1</sup> et en valeur minimale enregistrée dans la station S4 de l'ordre 14 mg. l<sup>-1</sup>.



**Figure 14:** variation spatio-temporelle de la matière en suspension des eaux d’oued Youkous des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu’à Décembre 2019).

### 3.1.1.4. Les taux de sels dissous (TDS)

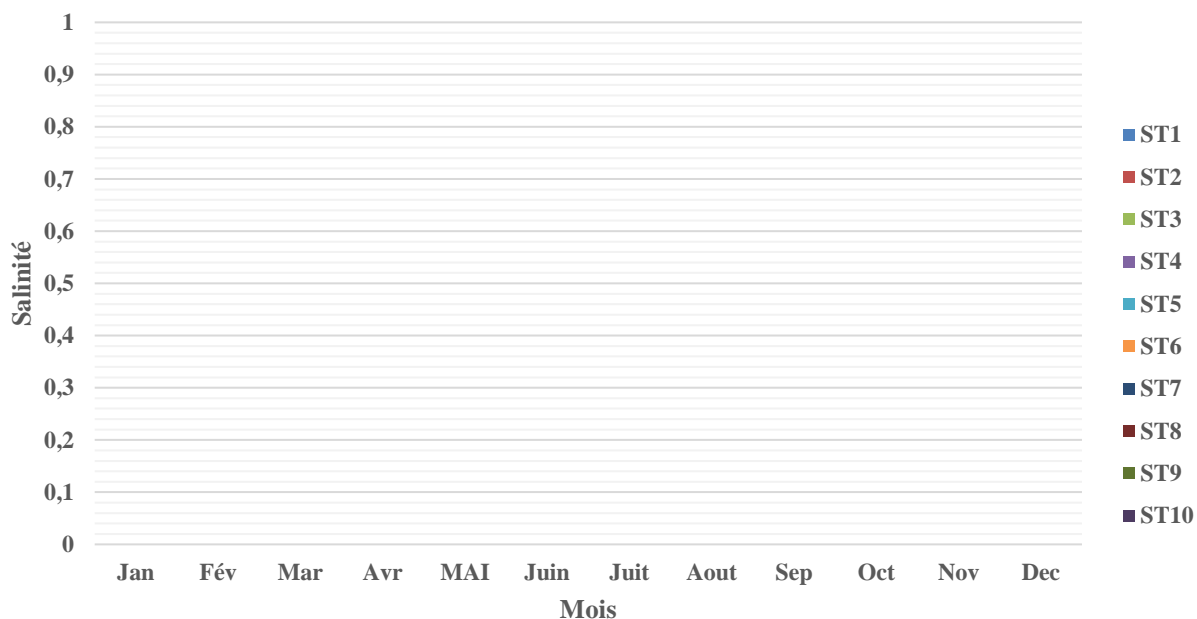
A l’aide de l’histogramme (Figure 15) Les valeurs de TDS sont faibles dans toutes les stations, ils varient entre (0,21 mg. l<sup>-1</sup> et 0,44 mg. l<sup>-1</sup> ) avec un faible écart type (0,04), le valeur minimal est observé à la station S3 avec une valeur de (0,21 mg.l<sup>-1</sup>), et une valeur maximale observée à la station S8 avec une valeur de (0,44 mg. l<sup>-1</sup>). Une faible concentration TDS qui correspondant une augmentation de niveau d’eau a cause d’une forte précipitation. On remarque que les valeurs de la TDS variées en fonction de la salinité et de la conductivité électrique et aussi de la précipitation qui détermine le niveau d’eau (le débit).



**Figure 15:** variation spatio-temporelle de TDS des eaux d’oued Youkous des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu’à Décembre 2019).

### 3.1.1.5. La salinité

Nous remarquons que les valeurs des salinités mesurées pour toutes les stations d’étude sont 0 Psu. La salinité observée est inférieure à la norme (Fig. 16). Ce qui révèle le faciès chimique chloruré.

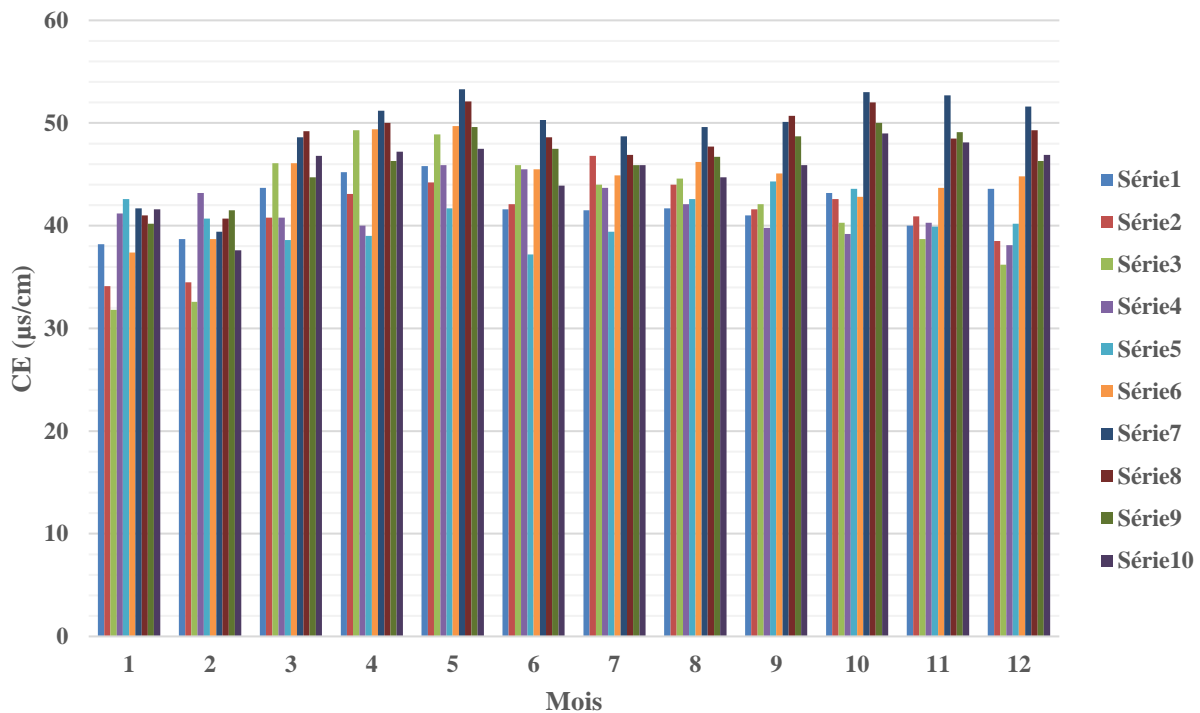


**Figure 16:** variation spatio-temporelle de la salinité des eaux d'oued Youkous des sites étudiés durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019).

### 3.1.1.6. La conductivité électrique

Ses valeurs présentent une grande variabilité spatiale d'un site à l'autre avec un écart-types 26,16. La valeur la plus élevée est enregistrée dans la station S7 ( $533 \mu\text{s.cm}^{-1}$ ) au moi de Mai. La valeur le plus faible est de  $318 \mu\text{s.cm}^{-1}$  (Figure 17) enregistrées au niveau de la station S3 au le mois de janvier. Les conductivités que représente la majorité des échantillons sont inférieures à la norme des eaux de surface.

Les analyses effectuées sur les éléments majeurs permettent de préciser l'origine moyennement minéralisée, domaine des roches carbonatées (karst).

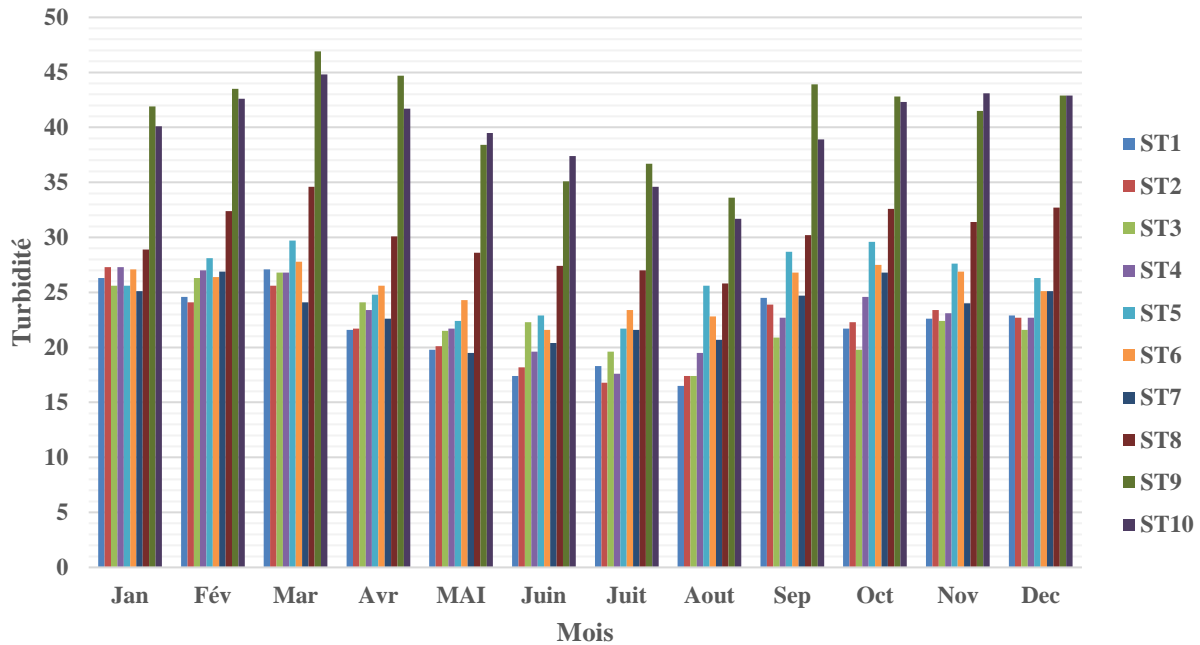


**Figure 17:** variation spatio-temporelle de la conductivité électrique des eaux d'oued Youkous exprimé en µs/cm des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019).

### 3.1.1.7. La turbidité

La turbidité est un paramètre important à suivre lors de la production d'eau destinée à l'alimentation humaine, car il rend compte de la bonne efficacité des étapes de clarification et de filtration. Sur les eaux des zones karstiques, la turbidité permet de suivre la dégradation de la qualité, notamment microbiologique, consécutive aux épisodes de pluies intenses (Rodier 1984).

Le graphe illustré par la figure (18) montre que la turbidité varie entre 16,5 NTU dans la station S1 au mois de mars et 46,9 NTU dans la station S9 au mois d'août avec une moyenne totale de 27,53 NTU). L'augmentation de la turbidité surtout au cours du mois de Mars est due aux précipitations, des inondations et de l'écoulement printanier, et l'augmentation des matières organiques (Fig 18).



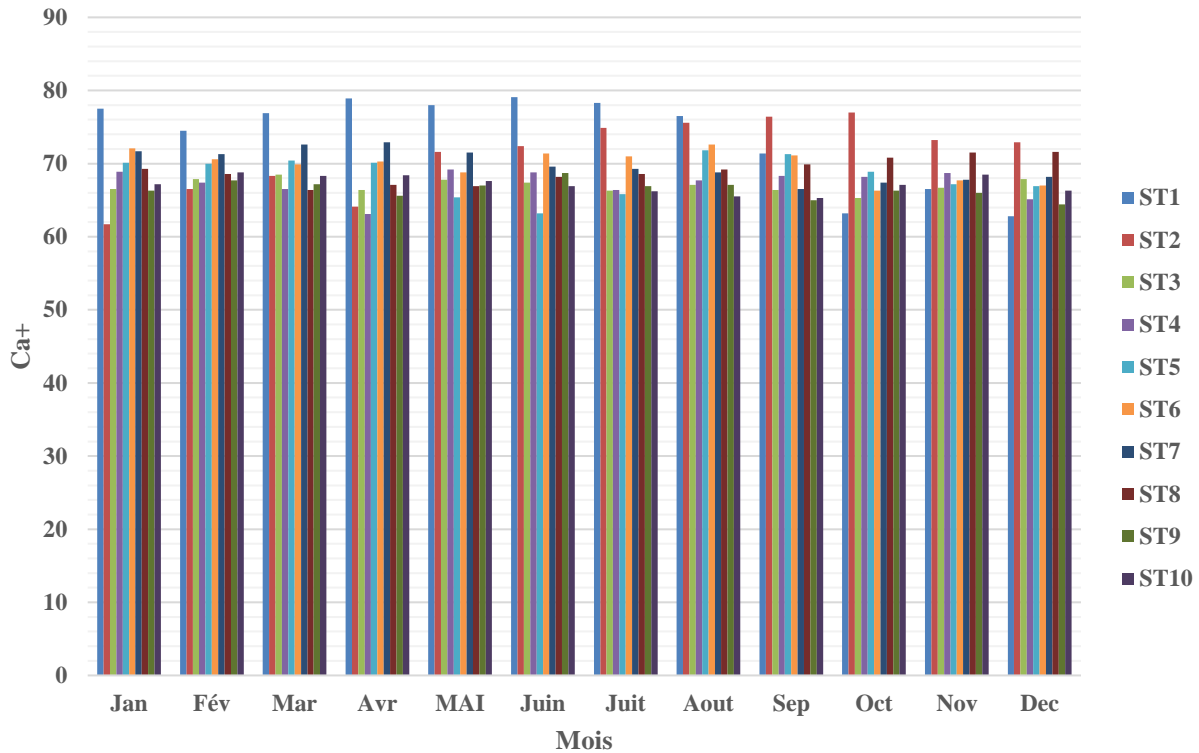
**Figure 18:** variation spatio-temporelle de turbidité des eaux d’oued Youkous des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu’à Décembre 2019).

### 3.1.2. Paramètres chimiques

#### La minéralisation totale

##### 3.1.2.1. Le Calcium (Ca<sup>+2</sup>)

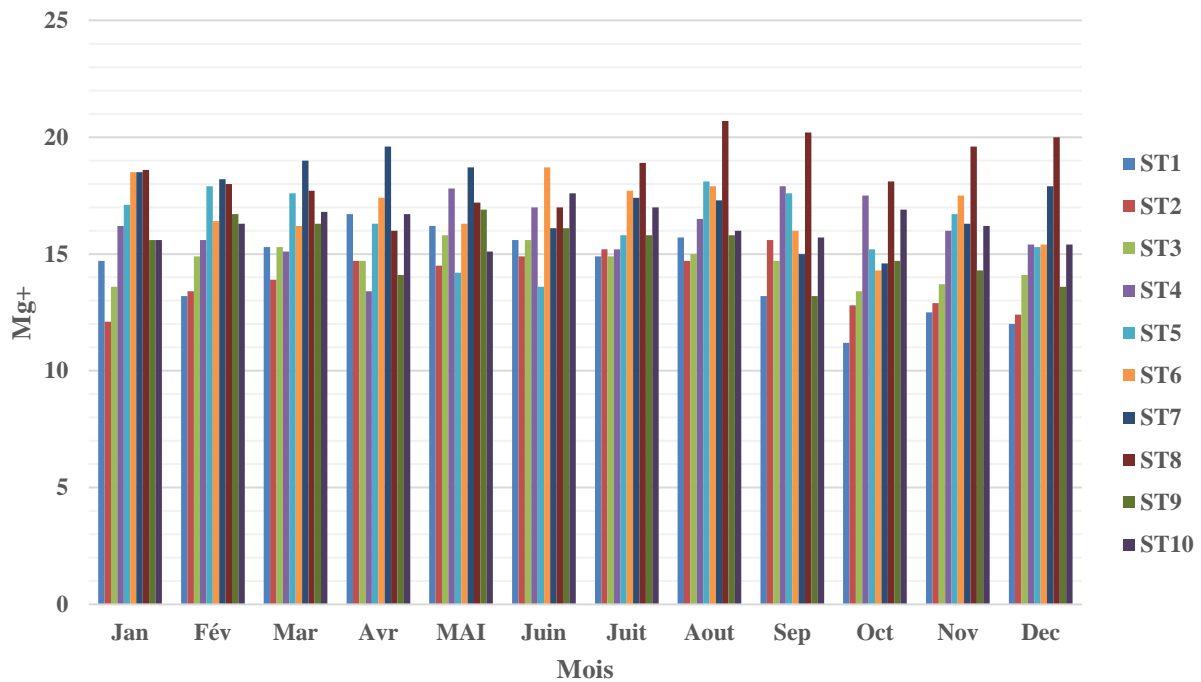
La plupart des stations présentent des teneurs inférieures à la norme de potabilité des eaux. Les valeurs les plus élevées avec un maximum de 79,1 mg/l sont observées à proximité de la station S1. Les valeurs les plus faibles avec un minimum de 61,7 mg/l sont observées dans la station S2. Les valeurs de l’écart-type sont relativement faibles 2,03 mg/l (Fig 19).



**Figure 19:** variation spatio-temporelle de Calcium des eaux d’oued Youkous exprimé en (mg.l<sup>-1</sup>) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu’à Décembre 2019).

### 3.1.2.2. Le Magnésium (Mg<sup>+2</sup>)

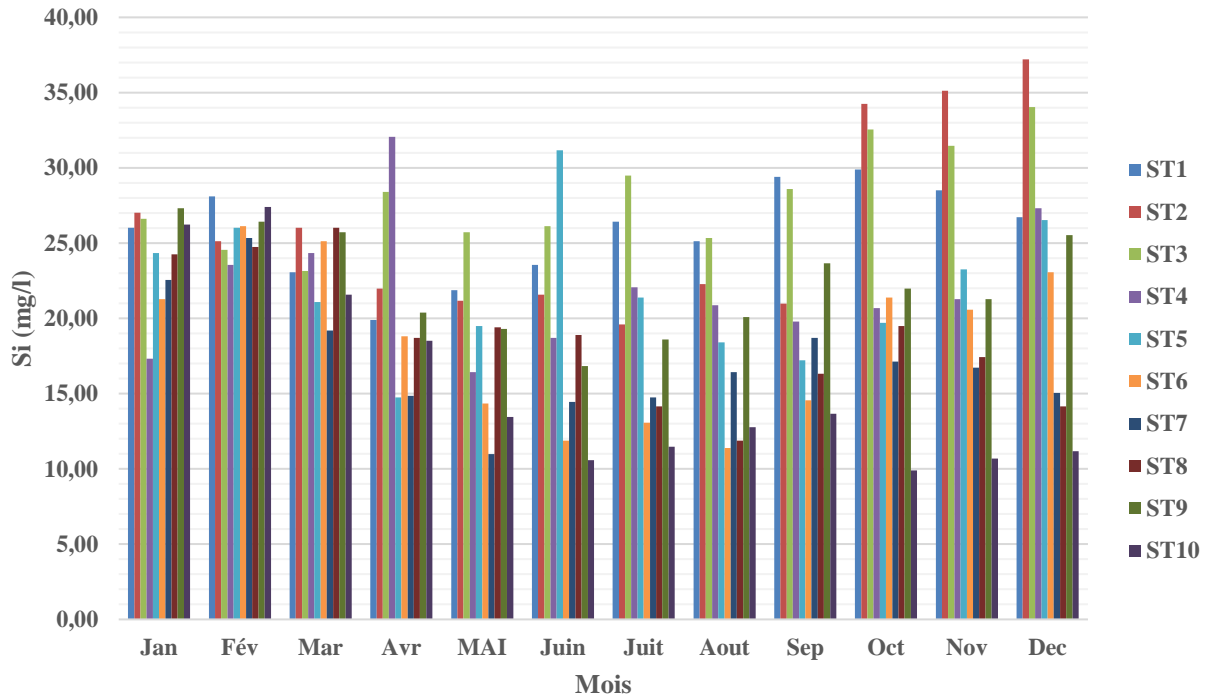
Les valeurs de magnésiums présentés sont nettement inférieure à celles du calcium. A l’aide de l’histogramme des teneurs de magnésium on constate que ya une forte concentration dans la station S7 à le mois d’aout (20,7 mg.l<sup>-1</sup>) et une faible concentration dans la station S1 à le mois d’octobre, avec une concentration moyenne de (15,95 mg.l<sup>-1</sup>) .tandis qu’il n’ya pas une large différence entre les teneurs de magnésium dans les dix stations. Cette concentration est en relation directe avec la nature géologique de terrain traversé (Fig 20).



**Figure20** : variation spatio-temporelle de Magnésium des eaux d’oued Youkous exprimé en (mg.l<sup>-1</sup>) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu’à décembre 2019).

### 3.1.2.3. Silicium

Selon l’histogramme (figure 21), on constate que le silicium varie faiblement en fonction du débit de l’amont et l’aval d’oued Youkous avec une valeur maximale de (37,21 mg.l<sup>-1</sup>) dans la station S2 et une valeur minimale de (9,9 mg.l<sup>-1</sup>) dans la station S10, ce qui exprime une faible érosion locale pour la période d’étude (Fig 21).

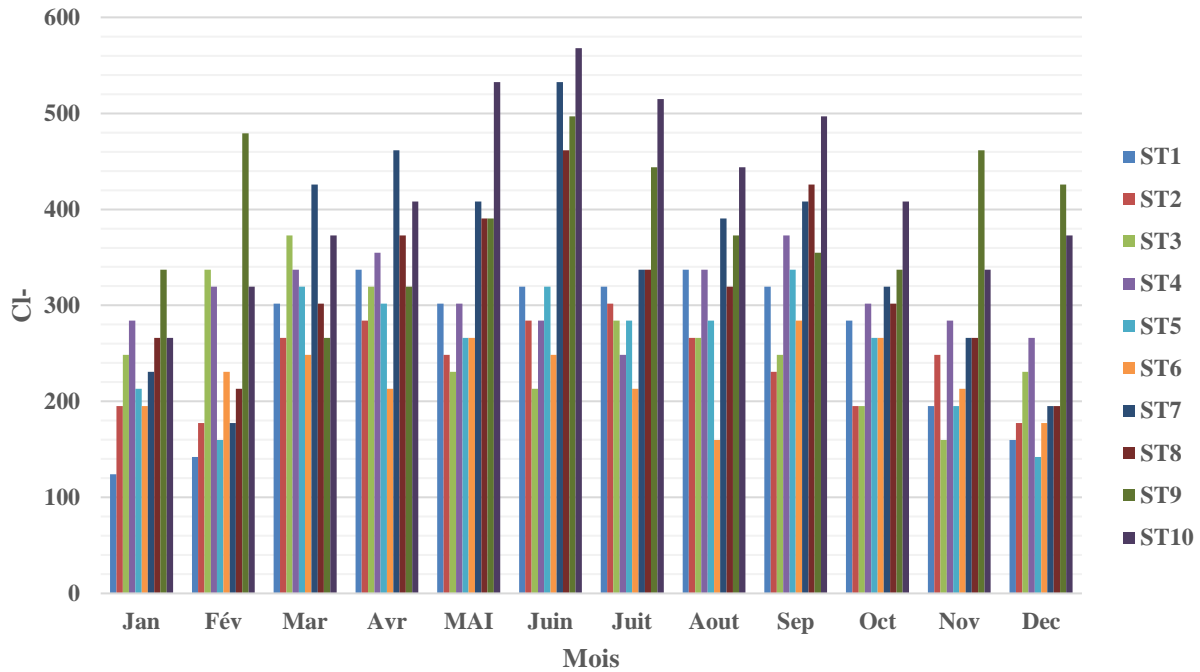


**Figure 21 :** variation spatio-temporelle de Silicium des eaux d’oued Youkous exprimé en (mg.l<sup>-1</sup>) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu’à Décembre 2019).

### 3.1.2.4. Chlorure (Cl<sup>-</sup>)

La (figure22) montre que les valeurs des chlorures sont très élevés dans tout le période des études dans tous les stations par rapport à la norme (200 mg. l<sup>-1</sup>). Avec une valeur maximale enregistrée du mois de juin de l'ordre 568 mg. l<sup>-1</sup> dans la station S10 et une valeur minimale enregistrée du mois décembre de l'ordre de 205,74 mg.l<sup>-1</sup> dans la station S5. L'augmentation de chlorure est expliquée par la nature de la matière première et la nature des impuretés qui sont éliminées lors de lavage, et urines des agglomérations. Les concentrations d’origine atmosphérique paraissent assez faibles pour avoir une contribution aux concentrations des eaux de ce site (Merabet,2010). L’eau contient toujours des chlorures en proportion très variable, les eaux provenant des régions granitiques sont pauvres en chlorure alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent davantage. D’ailleurs, la teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation d’une eau.

La dissolution des formations géologiques par le phénomène du ruissellement à la période d’étude, et l’effet de l’évapotranspiration qui augmente la concentration de chlorure dans l’eau.

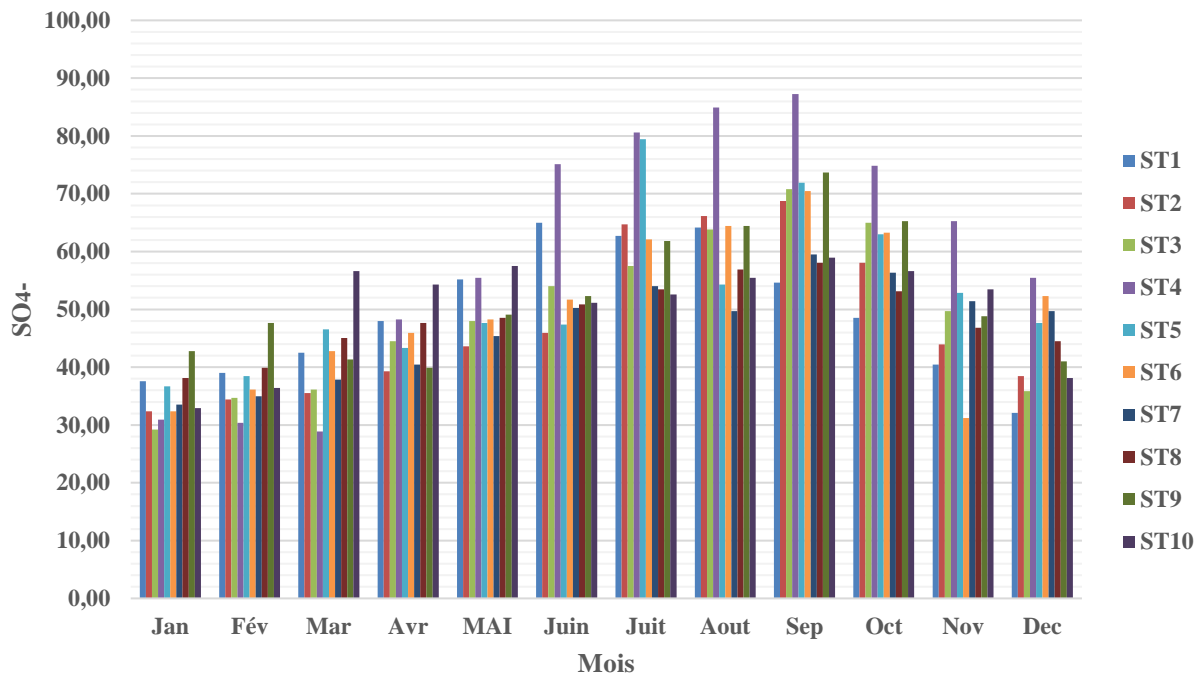


**Figure 22:** variation spatio-temporelle de chlorure des eaux d’oued Youkous exprimé en (mg.l<sup>-1</sup>) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu’à Décembre 2019).

### 3.1.2.5. Le sulfate : SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>

Les concentrations observées au niveau des eaux de surfaces montrent des teneurs inférieures à la norme de potabilité avec un minimum de 28,9 mg.l<sup>-1</sup> vue à la station S4 au mois de Mars, et un maximum de 87,24 mg.l<sup>-1</sup> vue au même station à le mois de septembre, avec un moyenne total de 50,63 mg.l<sup>-1</sup> (Fig 23).

Cet abaissement du sulfate est dû principalement à la bonne qualité d’eau de l’oued.

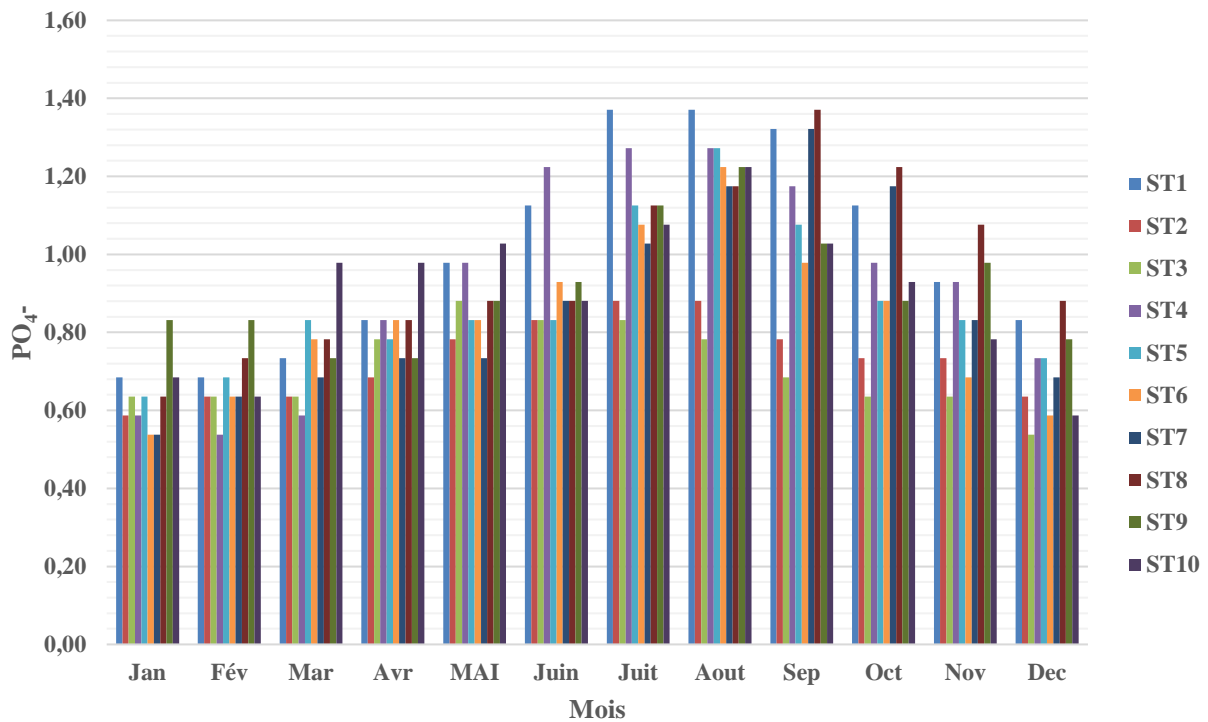


**Figure 23:** variation spatio-temporelle d’Ammonium des eaux d’oued Youkous exprimé en (mg.l<sup>-1</sup>) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu’à Décembre 2019).

### 3.1.2.6. Le Phosphate : (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>)

La présence des phosphates dans les eaux naturelles à des concentrations supérieures à 0.2mg/l est l'indice d'une pollution par des eaux vannes contenant des phosphates organiques et des détergents synthétiques, ou bien par des eaux de ruissellement (Merzoug, 2009).

Touts les points d’eau sont globalement caractérisés par des concentrations supérieurs à la norme de phosphates avec une faible variabilité (écart-type 0,16), la concentration le plus élevée vue à les stations S1 et S8 (1,37 mg.l<sup>-1</sup>), et la faible concentration vue à les stations S3, S4, S6 et S7 (0,54 mg.l<sup>-1</sup>).



**Figure 24:** variation spatio-temporelle de phosphate des eaux d’oued Youkous exprimé en (mg.l<sup>-1</sup>) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu’à Décembre 2019).

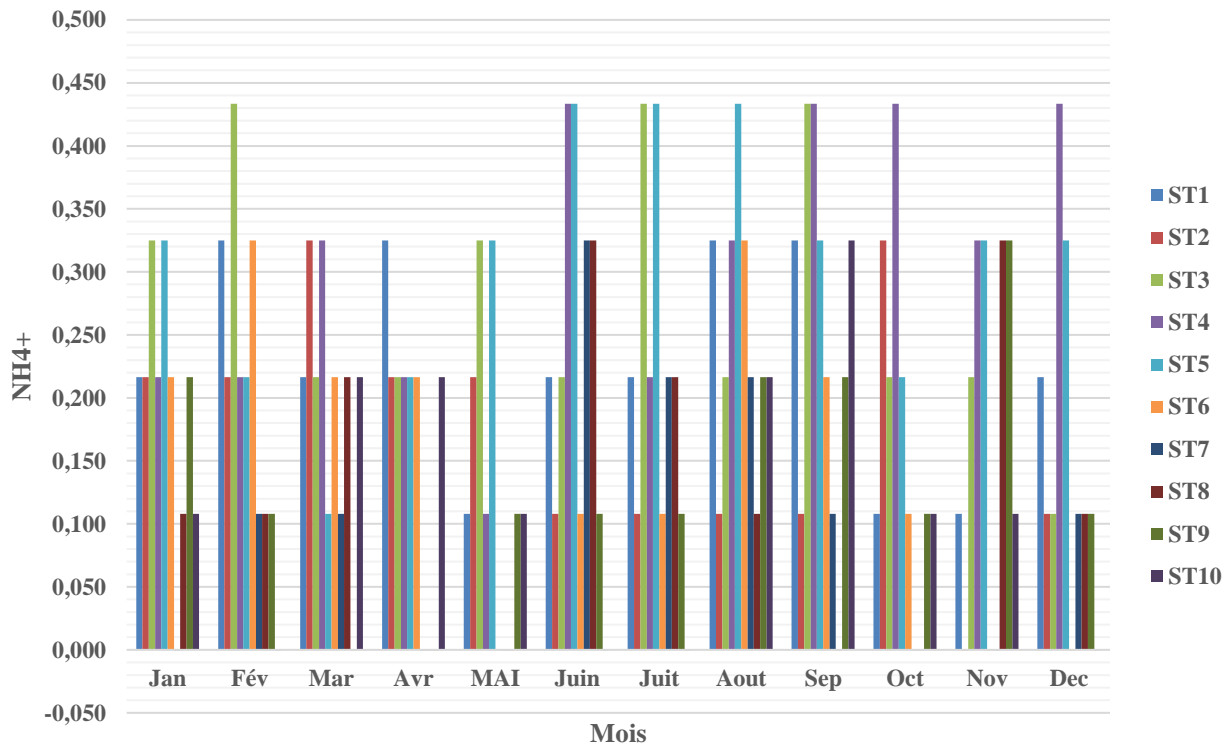
## L’azote

### 3.1.2.7 L’ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) :

Selon les analyses des échantillons (Figure 25), on remarque que les teneurs d’ammonium présent ya une forte concentration dans les stations S3,S4 et S5 avec une valeur maximale de (0,43mg.l<sup>-1</sup>) a cause de broutements et des élevages et une valeur minimale observée dans les stations S2, S6, S7, S8, S9 et S10 l’ordre de 0 mg.l<sup>-1</sup> , avec une faible variabilité (écart-type 0.08), cela signifie que les teneurs de l’ammonium ne dépasse pas la normes de l’OMS et puis nous considérons une diminution des valeurs d’ammonium dans l’autre station de l’amont vers l’aval a cause de la diminution du débit.

L’absence des formes ammoniacales dans l’oued de Youkous est du aux phénomènes de dilutions par les masses d’eaux supplémentaires qui vont diminuer les tenus d’ammonium dans les

eaux ou de fausses manipulation pratique de dosage de l’ammonium d’une part ou on trouve que les formes ammoniacales sont toutes convertis en nitrite après certaine temps du terrain vers le laboratoire vue les conditions de stockage et conservation des échantillons.

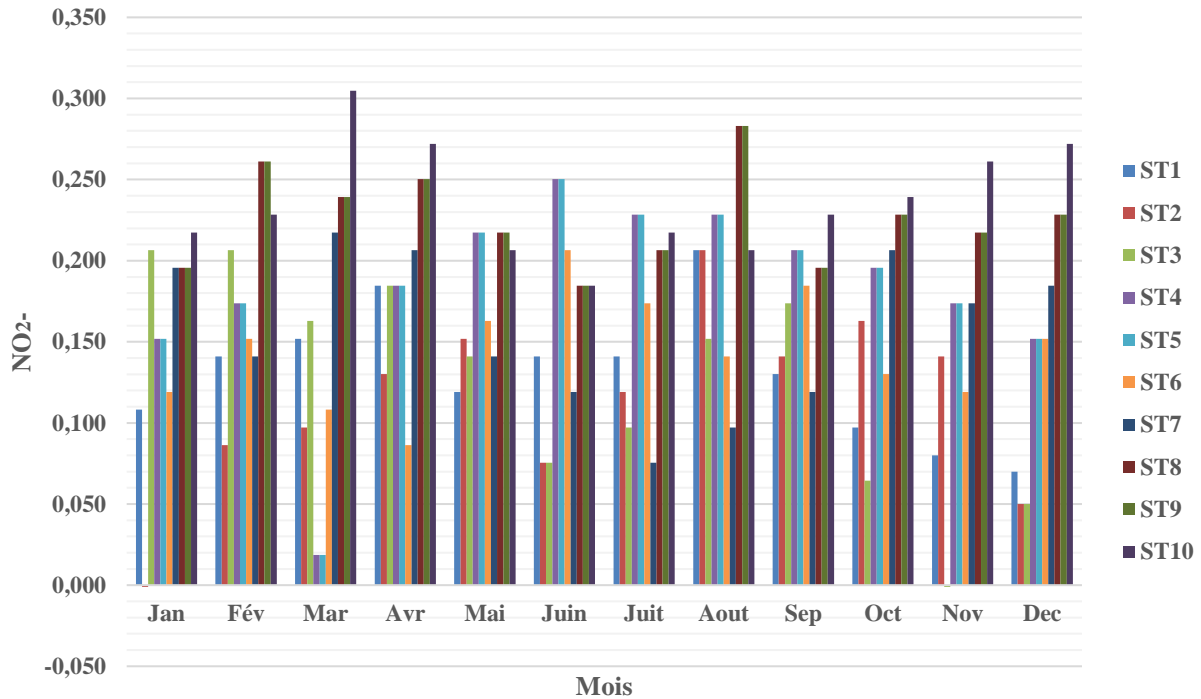


**Figure 25:** variation spatio-temporelle d’Ammonium des eaux d’oued Youkous exprimé en (mg.l<sup>-1</sup>) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu’à Décembre 2019).

### 3.1.2.8. Les Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

La présente figure montre que les résultats de nitrate est maximal dans la station S10 au mois du mars (0,3 mg.l<sup>-1</sup>) et minimal dans les stations S1, S2, S3 et S6 (0,21 mg.l<sup>-1</sup>).

L’illustration (figure 29) si dessous montre que les teneurs en nitrites suivent les mêmes variations que les nitrates et toutes les valeurs sont au dessous de la norme de potabilité avec un très faible écart- type (0,75 mg/l) (Fig 26).

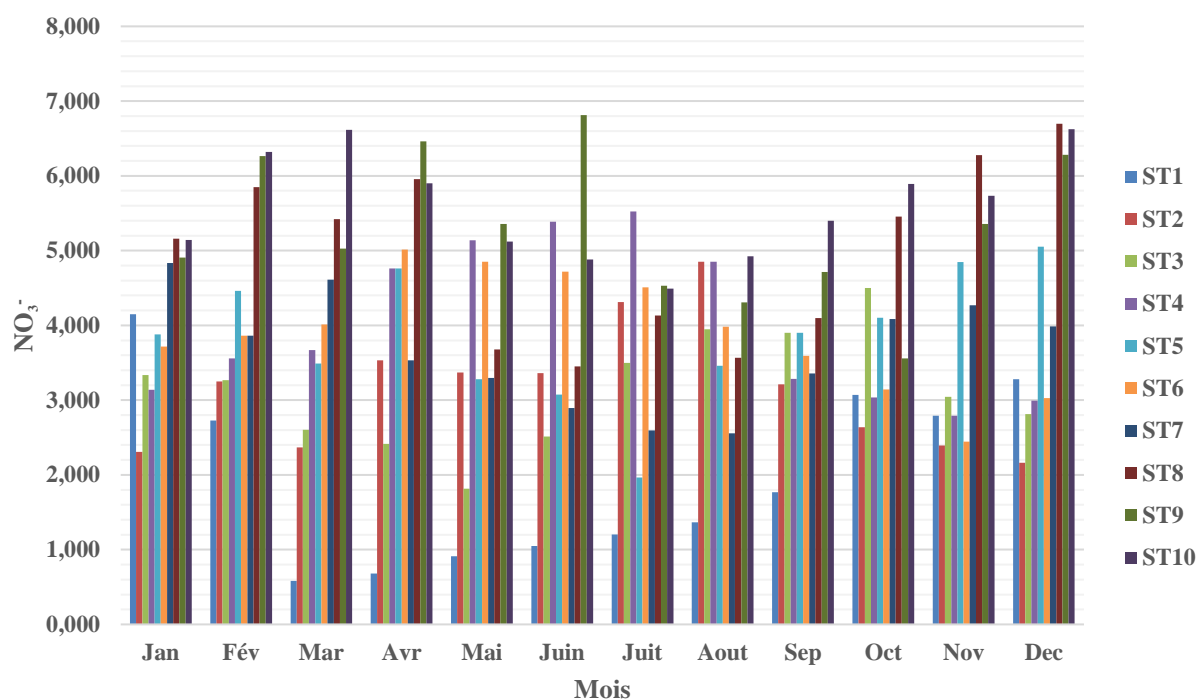


**Figure 26:** variation spatio-temporelle de nitrite des eaux d’oued Youkous exprimé en (mg.l<sup>-1</sup>) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu’à Décembre 2019).

### 3.1.2.9. Les Nitrate : (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Selon l’histogramme suivant (Figure 27) on remarque que les valeurs de nitrate sont très baissées par rapport aux normes avec une valeur maximale (6,81 mg.l<sup>-1</sup>) dans la station S9 au mois de juin et une valeur minimale (0,58 mg.l<sup>-1</sup>) dans la station S1 au mois de mars.

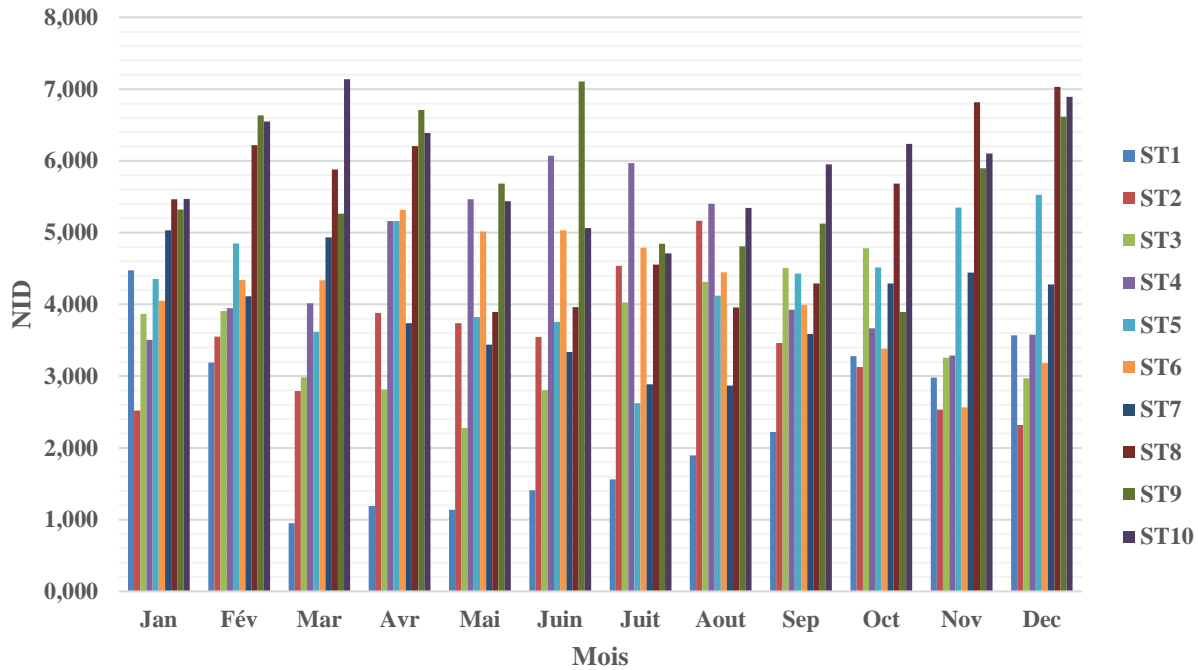
En générale les résultats enregistrés illustrés par la figure 30 montrent que tous les points sont au dessous de la norme (50 mg /l), cela justifier l’absence totale de toute contamination probable. Nous concluons qu’il n y a pas une pollution de nitrate dans l’oued Youkous.



**Figure 27:** variation spatio-temporelle de nitrate des eaux d'oued Youkous exprimé en ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu'à Décembre 2019).

### 3.1.2.10. L'Azote inorganique dissous : (NID)

La quantité de l'azote inorganique dissous (NID) est la somme des différentes fractions de l'azote sous forme d'ammonium, de nitrite et de nitrate. Les valeurs de (NID) fluctuent largement au cours des sorties. A l'aide de la figure on remarque une valeur très élevée dans la station S10 ( $7,14 \text{ mg.l}^{-1}$ ) et une faible valeur dans la station S1 ( $0,5 \text{ mg.ml}^{-1}$ ) avec un faible écart type 0,75. (Figure 28).



**Figure 28:** variation spatio-temporelle de l’Azote inorganique dissous des eaux d’oued Youkous exprimé en (mg.l<sup>-1</sup>) des sites étudiées durant la période de suivi : (Janvier jusqu’à Décembre 2019).

### Discussion

Les eaux de l’oued sont caractérisées par une conductivité moyenne importante. Elle augmente de S7, et elle diminue de S2. L’Oued Youkous passe ainsi d’une conductivité moyenne de 491,83  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 15.75 °C en S7 à 411  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 15.5°C en S2. Les résultats obtenus nous permettent de conclure que les eaux de l’oued sont moins minéralisées. Cette minéralisation est inférieure celle montrée dans les oueds : Tizguit (Touabay *et al.*, 2002), Boufekrane (Lamrani *et al.*, 2011) et Ouislane (Aboukacem, 2007).

Les teneurs moyennes en matières en suspension au niveau de l’oued augmentent selon un gradient croissant de l’amont (22 mg/L en S1 et S2) vers l’aval (42 mg/L en S10).

La variation spatiale des Chlorures dans les eaux de l’Oued Youkous montre que les teneurs les plus élevées sont enregistrées dans les stations en aval. La comparaison des moyennes en chlorures révèle l’existence d’un gradient croissant de l’amont vers la station S1 puis, un gradient décroissant vers l’aval. Les concentrations en chlorures enregistrées en aval sont supérieures à celles des eaux de l’oued en S1, ceci peut être expliqué par les rejets urbains directs. Les

concentrations en chlorures des eaux de l'Oued Youkous sont faibles par rapport à celles enregistrées en aval de l'Oued Bouishak (Karrouch, 2010) et en aval de l'Oued Moulouya (Makhoukh *et al.*, 2011).

Les concentrations des Orthophosphates enregistrées durant la période d'étude montrent des homogénéités importantes. Les teneurs en orthophosphates sont faibles (0,54 mg/l à 1,37 mg/l), ce qui s'explique par l'absence d'effluents polluants importants. Toutefois les teneurs enregistrées restent inférieures à celles enregistrées par Karrouch (2010) au niveau des eaux des Oueds Boufekrane, Ouislane et Bouishak.

## **3.2. Les résultats faunistiques et interprétation**

### **Introduction**

Les macro-invertébrés benthiques forment une partie importante des écosystèmes d'eau douce, Ils servent de nourriture à nombreux poissons, amphibiens et oiseaux. C'est un groupe très diversifié, et les organismes le composant possèdent des sensibilités variables à différents stress telle que la pollution et la modification de l'habitat. Les macro-invertébrés sont les organismes les plus souvent utilisés pour évaluer l'état de santé des écosystèmes d'eau douce.

Le benthos est constitué des invertébrés vivant dans le fond des cours d'eau, ces derniers repartissent d'une façon hétérogène en fonction de la nature du substrat, certains sont fixés, d'autre rampant ou encore fouisseurs. Leur distribution dépend des conditions environnementales. Ainsi, tout changement des conditions environnementales entraine des changements dans les communautés, notamment au niveau de la composition faunistique. L'étude du benthos permet d'apprécier la composition, la structure ainsi que la distribution dans l'espace et dans le temps des macro-invertébrés en place (Cereghino, 1992).

### **3.2.1. L'évaluation de la qualité hydrobiologique des cours d'eau**

L'ensemble des organismes vivants peuplant un habitat est l'expression synthétique des facteurs écologiques qui conditionnent le milieu. L'analyse de la composition faunistique permet donc une évaluation de l'état de ce milieu. Toute perturbation provoquant des modifications plus ou moins marquées des communautés vivantes qu'il héberge. En raison du caractère intégrateur des organismes étudiés, ils permettent de diagnostiquer une pollution de l'eau d'origine chimique, physique et /ou organique ou une dégradation globale de l'habitat. D'autre part, ils peuvent révéler une pollution ponctuelle, passée ainsi les populations aquatiques constituant des variables témoins de la capacité de l'eau et du milieu à maintenir et entretenir la vie (Haouchine, 2011). Les organismes utilisés sont appelés indicateurs biologiques ou bio-indicateurs, définit l'indicateur biologique comme : une population ou un ensemble de population, qui par ces caractéristiques qualitatives ou quantitatives, témoigne de l'état d'un système écologique et qui, par des variations de ses caractéristiques, permet de détecter d'éventuelles modifications du milieu.

### **3.2.2. La qualité des eaux de surface de la région d'étude**

Analyse globale de la faune benthique Le benthos est constitué d'invertébrés vivant dans le fond des cours d'eau, ces derniers se répartissent d'une façon hétérogène en fonction de la nature du substrat, certains sont fixés, d'autres rampants ou encore fouisseurs, Leur distribution dépend des

conditions environnementales. Ainsi, tout changement des conditions environnementales entraîne des changements dans les communautés, notamment au niveau de la composition faunistique. L'étude du benthos permet d'apprécier la composition, la structure ainsi que la distribution dans l'espace et dans le temps des macro-invertébrés en place (Cereghino, 1992).

Youkous est une zone humide très complexe vu que l'oued se situe entre 2 collines rocheuses de djbel Bouakous (plus de 1300 mètres d'altitude) d'importance majeure qui constitue un réservoir de biodiversité faunistique et floristique avec des espèces d'origines biogéographiques diverses.

Dans la région de Youkous la variation de la diversité des macro-invertébrés est liée à la diversité structurale des biotopes, Le substrat est assez varié le long du profil longitudinal mais très peu diversifié au sein de la station.

De plus, les principales causes de pollution : la dissolution des matières organiques dans l'eau, les déjections animales qui vivent au bord de l'oued, les engrais et les produits chimiques utilisés dans les jardins voisins de l'oued, les pollutions organiques qui proviennent des rejets végétaux ou animaux, ou qui sont causées par la dissolution dans l'eau de matières organiques ou par des phénomènes naturels,

La richesse étudiée reste inférieure à celle enregistrée dans la région de grande Kabylie (Lounaci, 1987), ainsi inférieure à la région de Béchar (Hamzaoui, 2009). Selon Hadjab, (2018) Ce nombre élevé de taxons est probablement le résultat de l'augmentation des espèces récoltées dans les efforts d'échantillonnage qui sont pour la plupart d'origine superficielle, Il s'agissait principalement d'une faune aérienne. Les études réalisées à travers l'échantillonnage de 10 stations d'oued Youkous, nous a permis d'identifier un large rang de macro-invertébrés.

La biodiversité globale amassée renferme 22 Taxons dont les groupes des insectes qui représentent la majorité des taxons prélevés (51,50 %) représenté par 5 ordres appartiennent surtout aux : les Ephemeroptères (43,90 %), les Diptères (25,08 %) et les Coléoptères (18,73%), et dans une moindre mesure les Trichoptères et les hémiptères. A côté des insectes il y'avait les amphipodes (27,14 %) tels que les *Echinogammarus*, Enfin les Mollusques (18,5%) représentés par les Planorbidae et les Ancyliidae.

### 3.2.3. La composition faunistique global de la région de Youkous

Au cours de nos dix campagnes d'échantillonnage, nous avons effectué des prélèvements de la faune benthique des mêmes stations choisies, l'identification réalisées à travers l'échantillonnage de la région d'étude, nous a permis d'identifier un large rang de macro-invertébrés de 4064 individus (identifiés au laboratoire d'écologie de l'université d'Oum El Bouaghi, utilisant les clefs d'identification (Tachet et *al.*, 1980), (Bellmann, 2006), (Chemin, 1926), (Zahradnik, 2006), (Moisan, 2010), (Olsen et *al.*, 2005). La biodiversité globale amassée renferme 22 Taxons dont les groupes des insectes qui représentent la majorité des taxons prélevés (51,50 %) représenté par 5 ordres appartiennent surtout aux : Ephéméroptères (43,90 %), Diptères (25,08 %) et les Coléoptères (18,73%), et dans une moindre mesure les Trichoptères et les Hémiptères. A côté des insectes il y'avait les amphipodes (27,14 %) tels que les *Echinogammarus*, Enfin les Mollusques (18,5%) représentés par les Planorbidae et les Ancyliidae.

17 espèces les plus fréquentées sont présentées dans la plus part des stations surtout les Heptageniidae, les Planorbidae, *Echinogammarus haraktis* et les *Echinogammarus n.sp*, les 5 autres espèces tels que les Simuliidae, les Cyclopidae, les Cyprididae et les Asellidae apparaissent dans 2 à 5 stations.

Tableau n°10 : Liste des taxons Récoltés Dans les 10 stations étudiés.

Famille	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<b>Heptageniidae</b>	118	36	4	18	10	2	14	106	155	153
<b>Philopotamidae</b>	14	15	22	18	11	4	12	2	29	38
<b>Polycentropodidae</b>	7	5	12	9	6	2	4	0	13	21
<b>Culcidae</b>	7	9	6	7	11	15	19	13	6	4
<b>Chironomidae</b>	16	19	21	20	23	16	18	27	9	5
<b>Notonectidae</b>	1	2	1	4	2	0	1	0	2	0
<b>Baetidae</b>	29	38	26	24	21	17	13	11	36	32
<b>Larvae indeteminable</b>	28	14	19	17	11	15	23	27	42	39
<b>Hydrophilidae</b>	35	18	16	27	0	0	0	12	54	52
<b>leptophlebiidae</b>	12	9	8	10	3	6	8	0	0	0
<b>Larvae de Dasyheleinae</b>	2	8	4	6	1	0	1	4	32	28
<b>hydraenidae</b>	4	6	9	13	18	7	9	4	10	12
<b>Simuliidae</b>	1	0	2	0	0	0	0	0	7	0
<b>Planorbidae</b>	94	64	72	34	39	43	78	61	69	63
<b>Ancylidae</b>	12	10	15	20	17	20	0	0	13	0
<b>Echinogammarus haraktis</b>	46	37	80	55	29	65	91	63	47	49
<b>Echinogammarus n. sp (monodi)</b>	57	83	43	13	19	45	59	76	49	89
<b>Cyclopidae</b>	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<b>Cyprididae</b>	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0
<b>Corbiculidae</b>	1	3	7	12	1	0	1	2	1	0
<b>Asellidae</b>	4	2	1	0	1	0	0	0	1	0
<b>Leeches</b>	8	11	6	12	7	4	2	1	29	36
<b>Richesse taxonomique</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>14</b>
<b>Abondance (Nombre d'individus)</b>	<b>499</b>	<b>389</b>	<b>374</b>	<b>320</b>	<b>233</b>	<b>261</b>	<b>353</b>	<b>409</b>	<b>605</b>	<b>621</b>

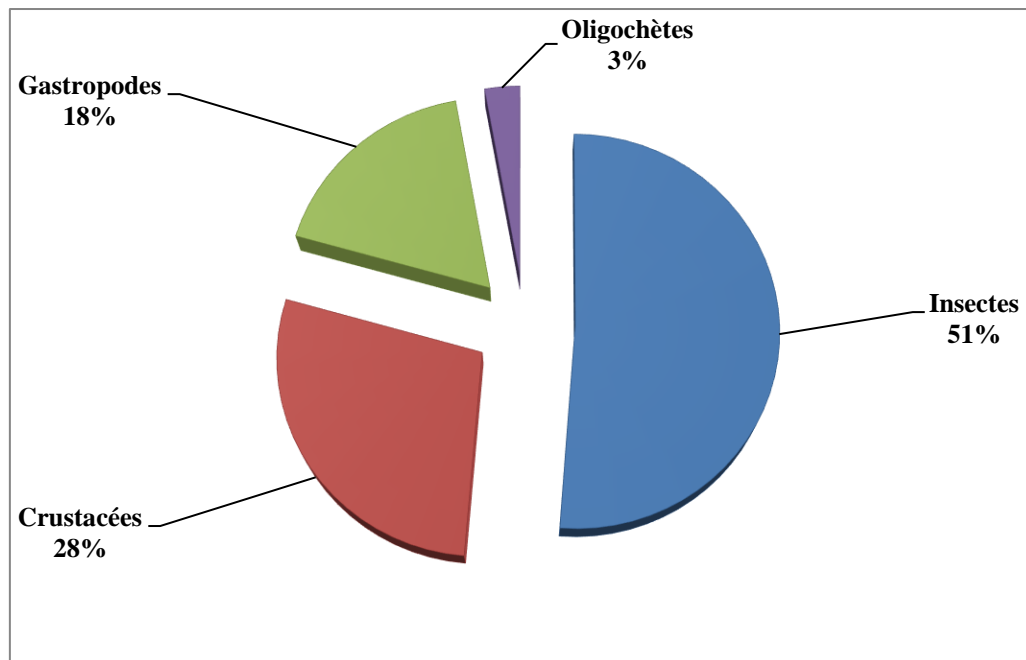
La diversité faunistiques dans les stations (S1, S2, S3, S4, S5) est maximale et la composition faunistique de ces stations que se localise dans une zone de hautes altitudes où plusieurs sortes végétales (arbres, herbes et herberies), et où la vitesse du courant d'eau est élevée et la présence des plusieurs habitat comme les gros rochers (roc), les galets et les gravier est dominée par les insectes : Les Ephéméroptères (39,82 %) et les Diptères (45,52%) ont une large distribution dans les stations citées, et une grande capacité à l'adaptation avec les habitats pollués et non pollués, dans le groupe des Ephéméroptères se trouvent les héptagéniiidae avec un pourcentage très élevé, suivie par les Amphipodes (42,52%) où on y trouvent les *Echinogammarus* (98,5%) qui préfèrent les eau douces,

Quant aux autres sites (S6, S7, S8) les plus affectés par la pollution anthropique, qui ont une structure déséquilibrée avec une abondance moins importante seule 1023 individus surtout les Mollusques (27,26%) qui préfèrent ce type des eaux très riches en oxygène. En effet, les perturbations observées dans les secteurs de ces stations se traduisent par une modification du substrat, c'est pour cela que la richesse spécifique diminue suivi d'une réduction du nombre d'espèces, Seules quelques espèces adaptées à ce type de milieu qui est déserté d'une couverture végétale, et manque d'habitat convenable et non protégées ce qui l'a laissée face à des mauvaises influences de l'être humain (les déchet) comme les Heptageniidae et les Planorbidae.

Suite aux sites indiqués, se trouvent les sites (S9,S10) affecté par une légère pollution organique ont une abondance importante du fait de la prolifération des Ephéméroptères (376 individus), des coléoptères (188 individus) et des Amphipodes (235 individus) qui préfèrent ces milieux riches en matières organiques, et un manque de quelques espèces qui ne préfères pas ce type des milieux comme les Notonectidae, les leptophlebiidae, les Cyclopidae.

Dans ces milieux d'étude la diversité de la faune est maximale, et Cette distribution horizontale est une réponse aux diverses modes alimentaires et les différences d'association avec le milieu de surface et les différents cycles de vie. Où ce type des cours d'eau permanent restent relativement bien documentés.

En effet cet Oued offrait une grande diversité biologique, une forte densité de taxons et abritait la plupart des taxons sensibles à la pollution. Il est plus intéressé de maintenir ce milieu de vie pour une continuité de la biodiversité et la qualité environnementale (Fig 29).



**Figure 29** : Structure générale zoologique de la biocénose pour l'ensemble des stations de la région de Youkous,

### 3.2.4. Analyse qualitative et quantitative de la faune aquatique

#### 3.2.4.1. Les Insectes

##### a. Les Ephéméroptères

Les Ephéméroptères sont des insectes hémimétaboles qui présentent un stade ailé unique dans la classe des insectes (le subimago) qui précède le stade imaginal (Belifiore,1983). Leur développement larvaire complet dure en moyenne dix à vingt jours en fonction de la température de l'eau (Waterst,1965). Les larves d'Éphéméroptères sont très abondantes dans les eaux courantes. Elles occupent souvent les principaux biotopes des torrents, ruisseaux et rivières et elles constituent le premier rang des insectes aquatiques (Thomas, 1981).Il comprend en général de 15 à 25 mues.

Les Ephéméroptères sont très abondantes dans l'amont et l'aval du l'oued, avec la famille la plus abondante est celle des Heptageniidae, elle compte 616 individus.

**b. Les Diptères**

Les Diptères se caractérisent par leur grande diversité tant sur le plan écologique que biogéographique, Ils sont répartis de l'équateur aux régions polaires et bénéficient d'une grande capacité de coloniser les biotopes les plus variés : source, rivières, lacs, marais, littoral marin, etc.. Ils sont parmi les invertébrés aquatiques les mieux représentés aussi bien en nombre d'espèces que d'individus, Les larves de cet ordre d'insectes se distinguent aisément des larves d'insectes Dasyheleinae.

L'importance relative des éléments de ce groupe dans les eaux courantes comme des espèces polluo-sensibles à la recherche des conditions favorables du milieu. (Barbault, 1991).

Les Diptères sont très abondants presque dans tous les stations, la famille la plus abondante est (Chironomidae, avec 174 individus et les Culicidae avec 97 individus).

La distribution de ce groupe d'insectes dans l'oued étudiée met en évidence leur importance de zone étudiée. Il est caractérisé par température relativement élevée, un substrat hétérogène.

**c. Les Coléoptères**

Les Coléoptères sont les seuls insectes holométaboles à se présenter à la fois sous la forme imaginaire et sous la forme larvaire dans les milieux aquatiques. Ils colonisent divers habitats : sources, ruisseaux de sources, torrents, rivières à eau modérément courante et rivières à eau quasi-stagnante et riche en végétation (Tachet ; Bournaud et Richoux ,1980).

Les Coléoptères constituent un groupe très diversifié et écologiquement très hétérogène pouvant s'adapter à tout type de biotopes, Ils sont parfois difficiles à appréhender car ils possèdent des phases aquatiques alternant avec des phases terrestres.

Dans le présent travail, les Coléoptères sont très abondants dans l'aval de l'oued, les familles des Coléoptères qui récoltent sont : Hydrophilidae avec 214 individus et les Hydraenidae : 92 individus.

La répartition des Coléoptères dans les stations étudiées met en évidence leur importance dans les zones de piémont, qui constituent les zones les plus hétérogènes. En effet ces secteurs de la retenue dont les habitats sont caractérisés par grande variété de niches écologiques, hétérogénéité du substrat et de la végétation surtout en la digue.

**d. Les Trichoptères**

Nous avons récolté 244 individus, repartis en 2 familles, les Philopotamidae (165 individus), et les Polycentropodidae (79 individus).

**e. Les Hémiptères**

Les Hémiptères des stations étudiés sont relativement peu fréquents et peu abondants par rapport aux tous les autres familles (13 individus) (Fig 30).

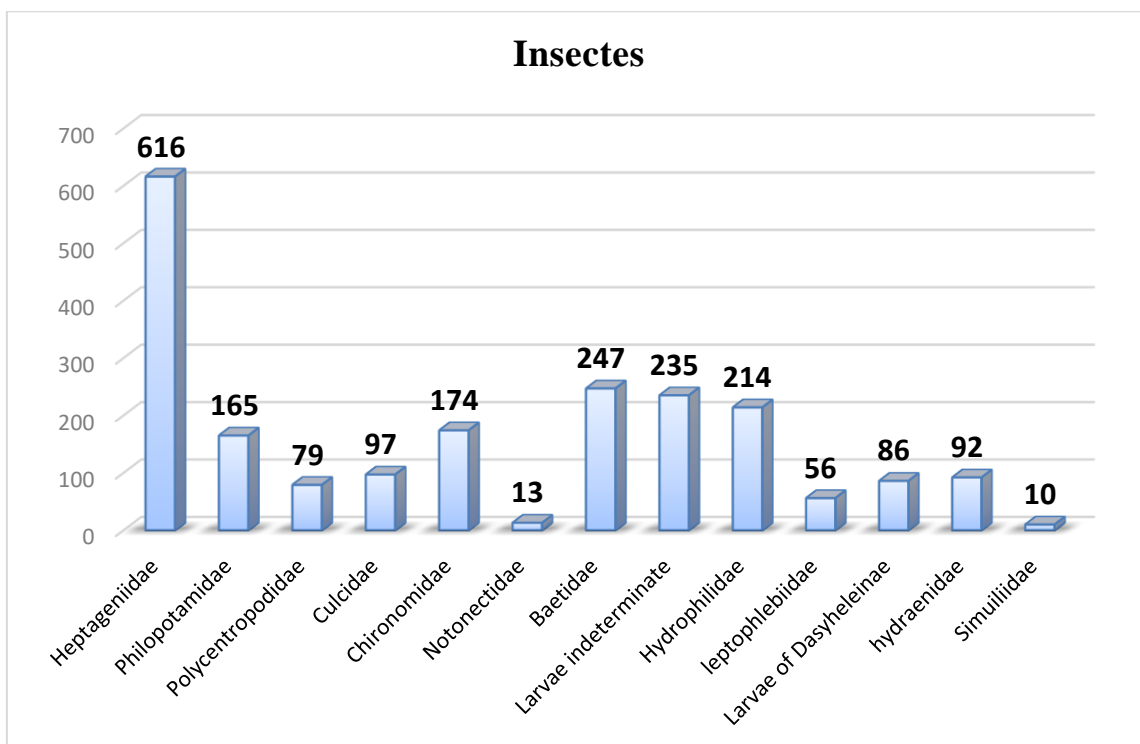


Figure 30 : Structure générale du groupe des Insectes.

### 3.2.4.2. Les Crustacés

Les Crustacés sont représentés par 1112 individus soit 27,36 % de la faune récoltée, Ils appartiennent à une famille dominante : Gammaridea, avec deux espèces : les *Echinogammarusharaktis* et *Echinogammarus n sp*, Les Crustacés sont très abondants presque dans tous les stations de la région d'étude, (où l'eau est fraîche et riche en débris végétaux) (Fig 31).

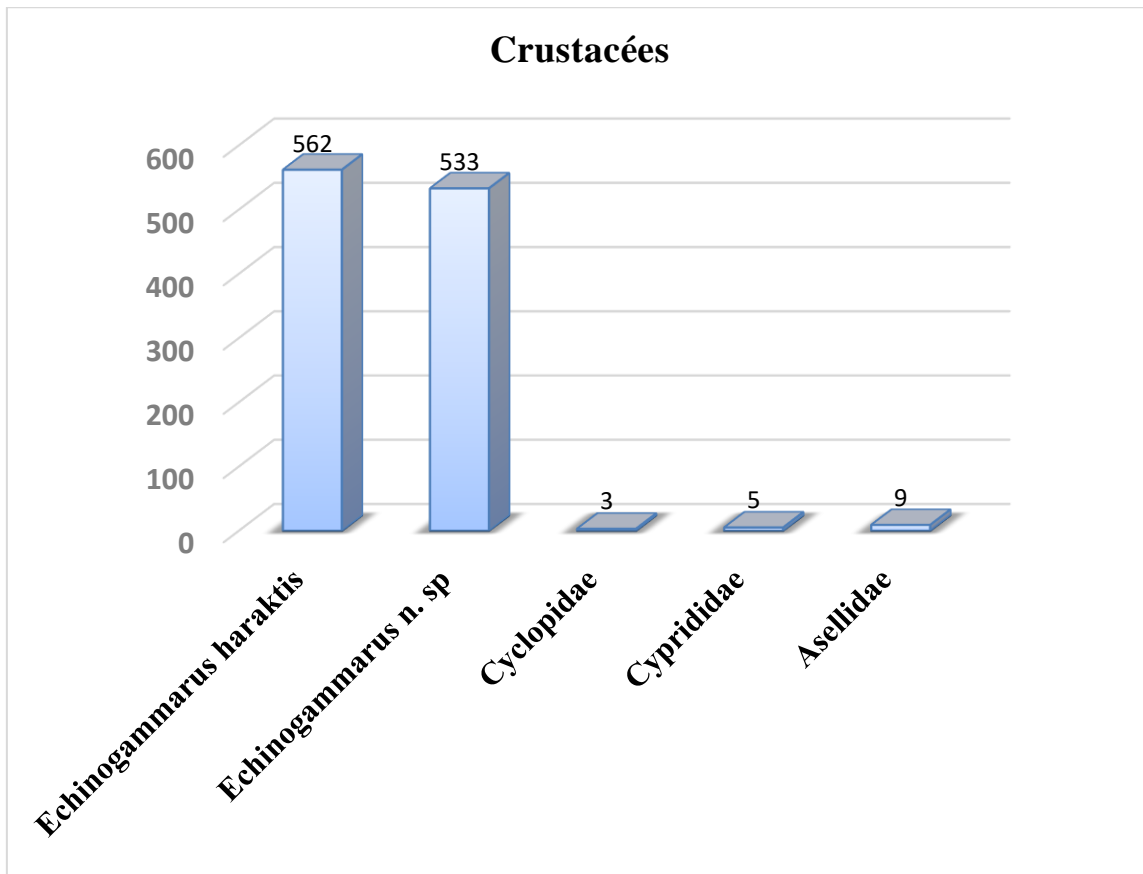


Figure 31 : Structure générale du groupe des Crustacés.

### 3.2.4.3. Les Mollusques :

D'après (Merzoug et al., 2010), les Mollusques ne sont jamais abondants en milieu aquatique continental, La teneur en calcium, la nature du substrat, la nature de végétation, la vitesse de la cour d'eau contribuent considérablement dans la répartition et prolifération des mollusques dans les eaux continentales (Fig 32).

Les Gastéropodea sont largement dominants, ils comptent 752 individus des Mollusques. Autres familles est Planorbidae (82.04 %) a une forte importance.

Leur répartition du Mollusques est presque homogène. Leur développement semble plus important dans les eaux stagnantes. Elles rencontrent en bordure.

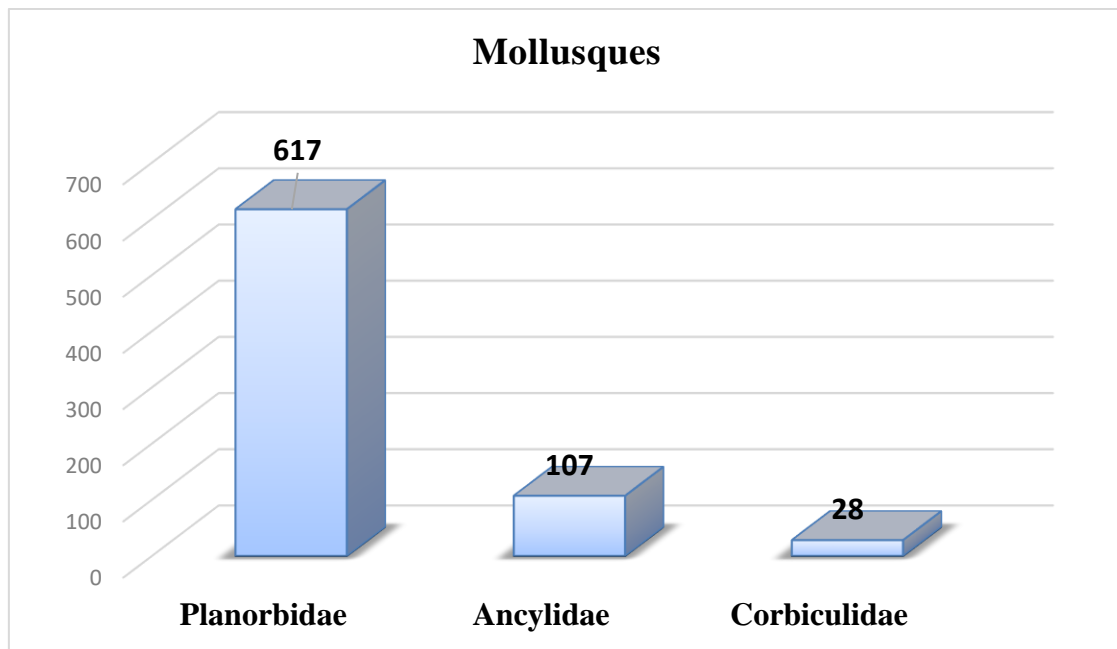


Figure 32 : Structure générale du groupe des Mollusques.

### 3.2.5. La composition faunistique des différentes stations de la région de Youkous

- **Station 1**

Dans cette station, nous avons récolté 22 taxons et 499 individus, Les Insectes sont présentés essentiellement par les Ephéméroptères, Heptageniidae 23,64 %.les Crustacés sont représentés par les *Echinogammarus* 20,64%, les Mollusques Planorbidae 18,83 %, et des Sangsues (Leeches) 1,6 %, (Fig,33-1).

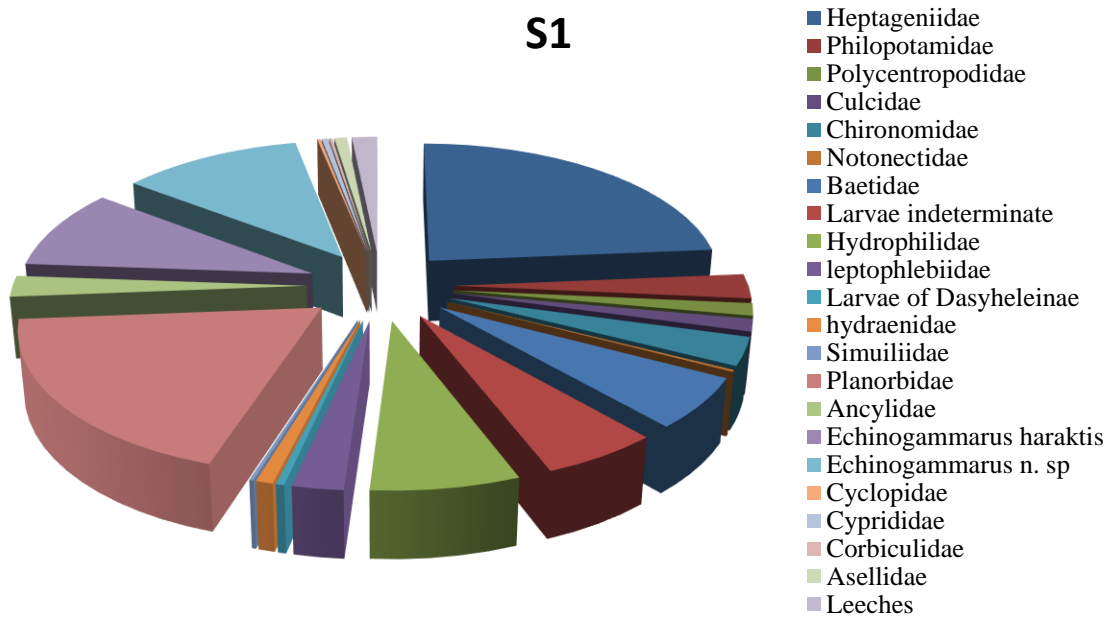
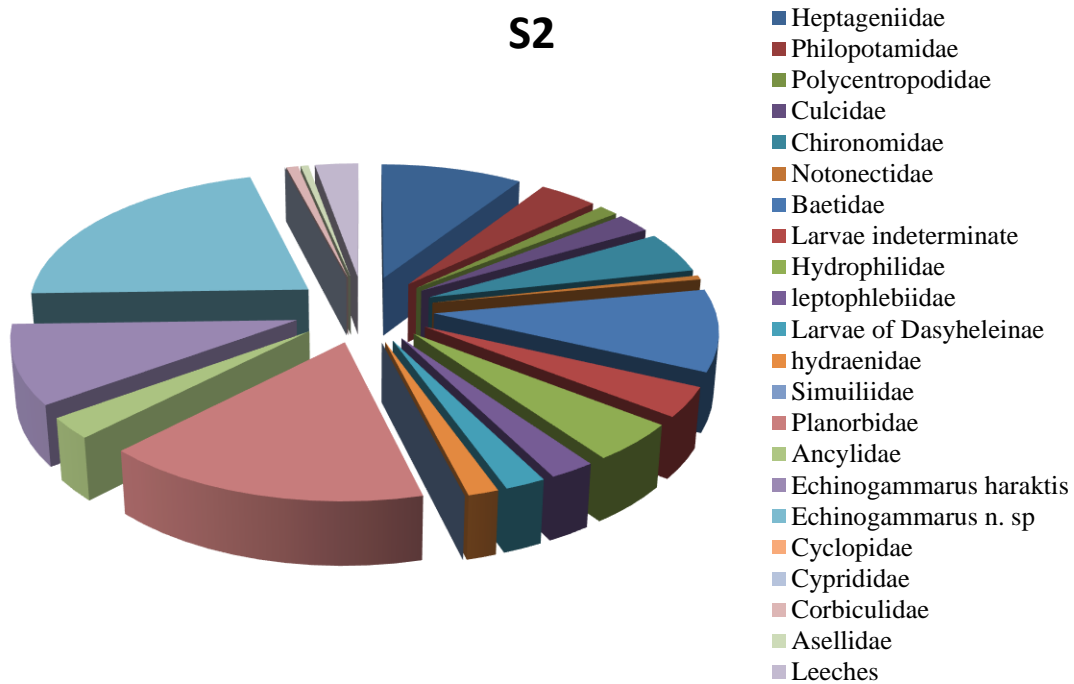


Figure 33-1 : Composition faunistique de la première station.

• **Station 2**

Cette station compte seulement 389 individus et 19 taxons. Cette faune est représentée essentiellement par les Insectes Baetidae, suivi par les Crustacés *Echinogammarus* 30,84%, suivi par les Mollusques 14,45 %, et enfin par les Sangsues (Leeches) 2,82 %, (Fig 33-2).



**Figure 33-2 :** Composition faunistique de la deuxième station.

• **Station 3**

Dans la station 3, il y'a 20 taxons et 374 individus. La faune récoltée est dominée par les Insectes 40,10 %, les Trichoptères et les éphéméroptères (22,60 %) sont redentés par les Philopotamidae et les Baetidae , respectivement, suivi par les Crustacés 33,15 % sont présentés par les *Echinogammarus Haraktis* 64,51 %,suivi par les Mollusques 25,13 %,On enregistre aussi la présence des Sangsues (Leeches) 1,6 %,(Fig,33-3).

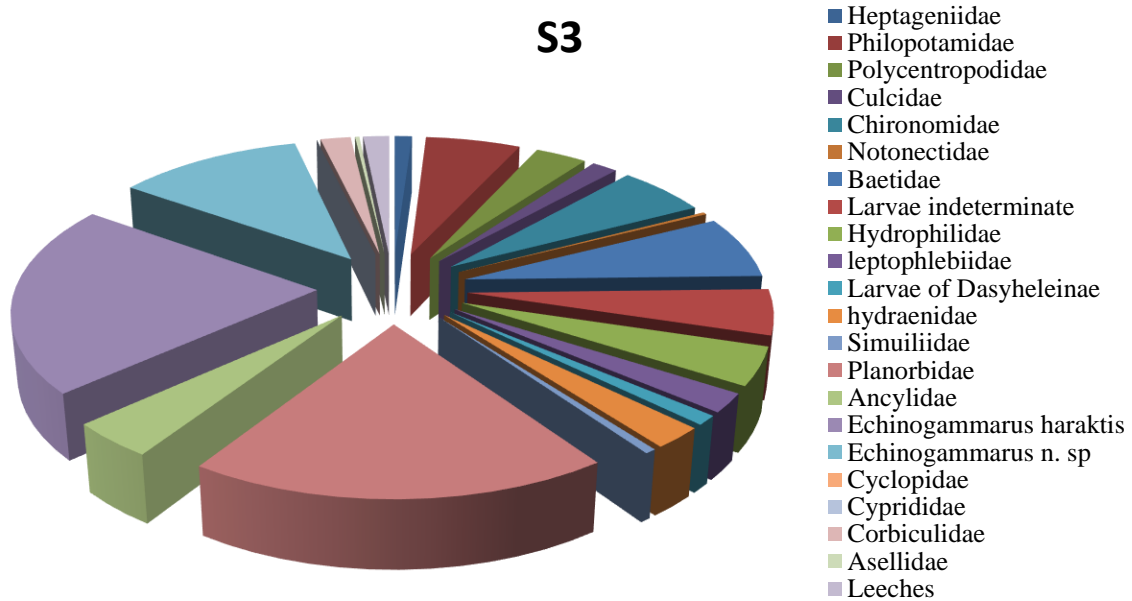
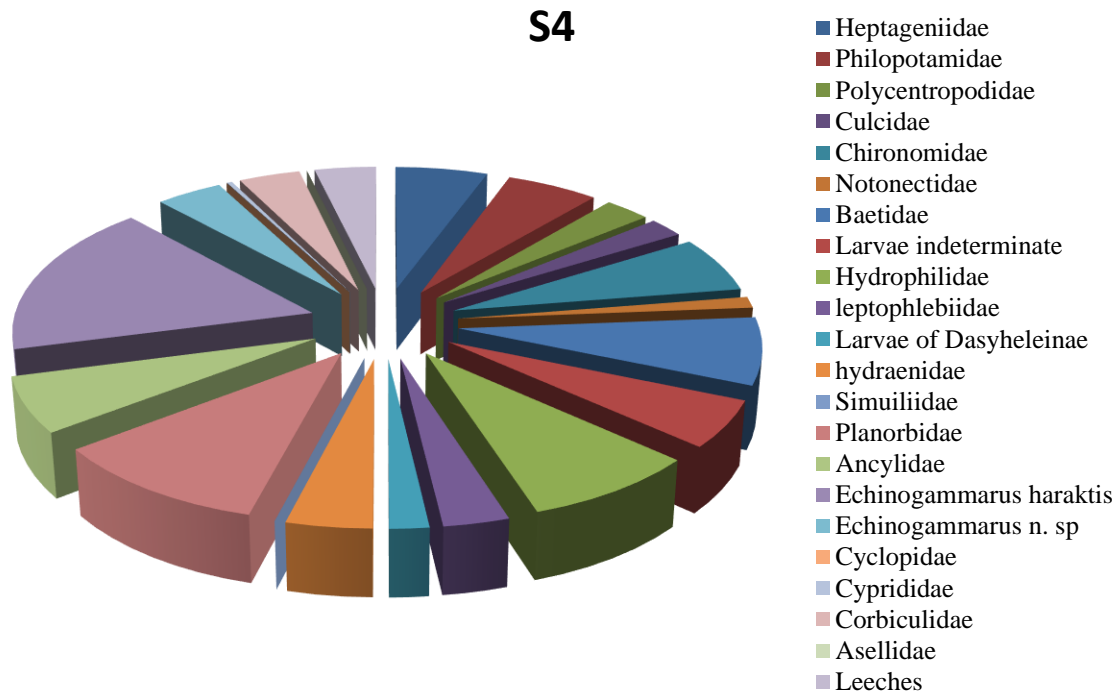


Figure 33-3 : Composition faunistique de la troisième station.

• **Station 4**

La composition de la biocénose aquatique de cette station est représentée par 19 taxons (320 individus). Les insectes sont bien représentés 54,06 % par les éphéméroptères 19,65 %, suivi par les crustacés avec un pourcentage de 21,56 % et les Mollusques avec un pourcentage de 20,62 %, et enfin les Sangsues (Leeches) avec un pourcentage de 3,75 % (Fig 33-4).



**Figure 33-4 :** Composition faunistique de la quatrième station

• **Station 5**

Cette station se distingue largement des autres par le plus petit nombre d'individus enregistré (233 individus), et de 20 taxons, dont les Insectes (50,21 %), sont les Déptères Chironomidae 19,65 %, suivi par les Mollusques représentés par une abondance de 24,46 %; les Crustacés *Echinogammarus haraktis* (22,44 %) et les Sangsues (Leeches) comptent 3 % (Fig 33-5).

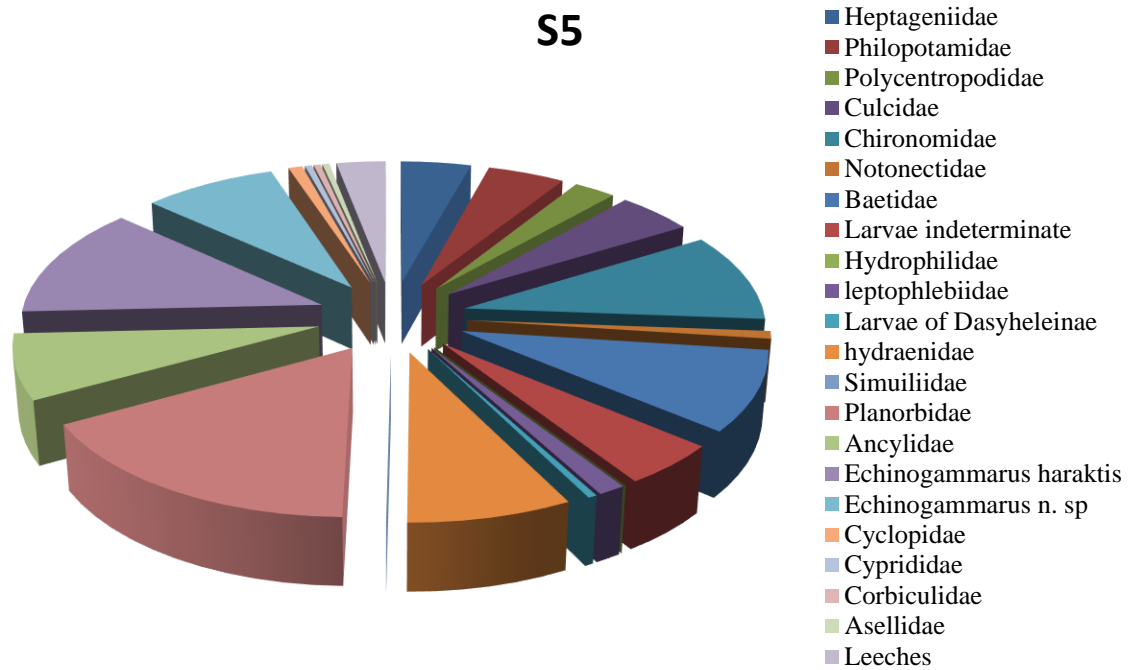
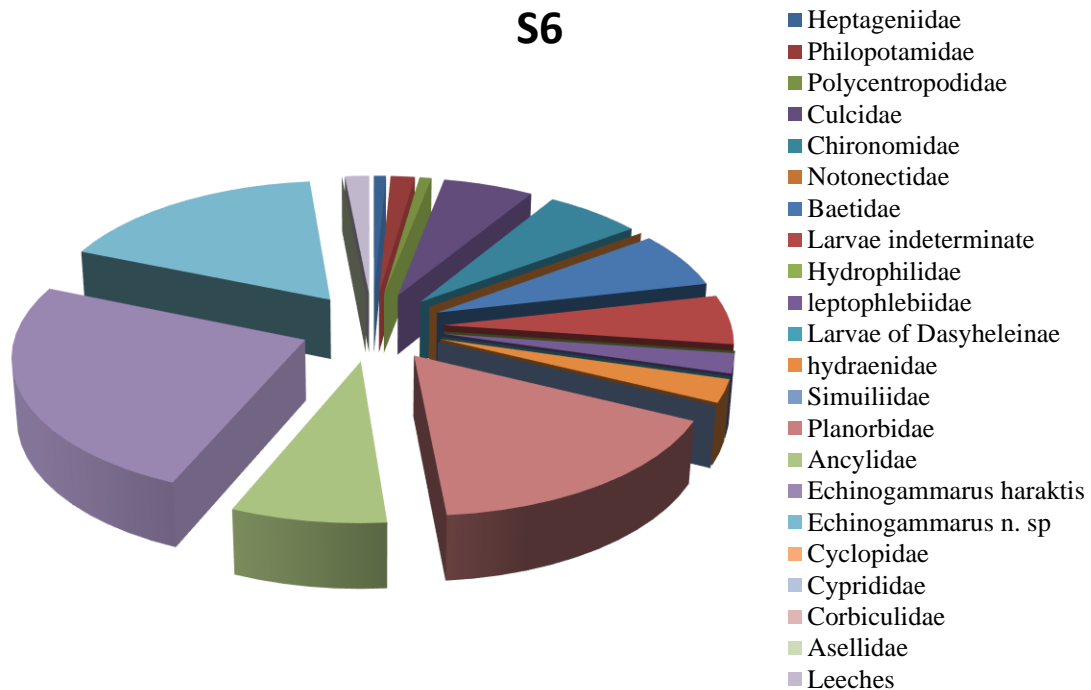


Figure 33-5 : Composition faunistique de la cinquième station.

• **Station 6**

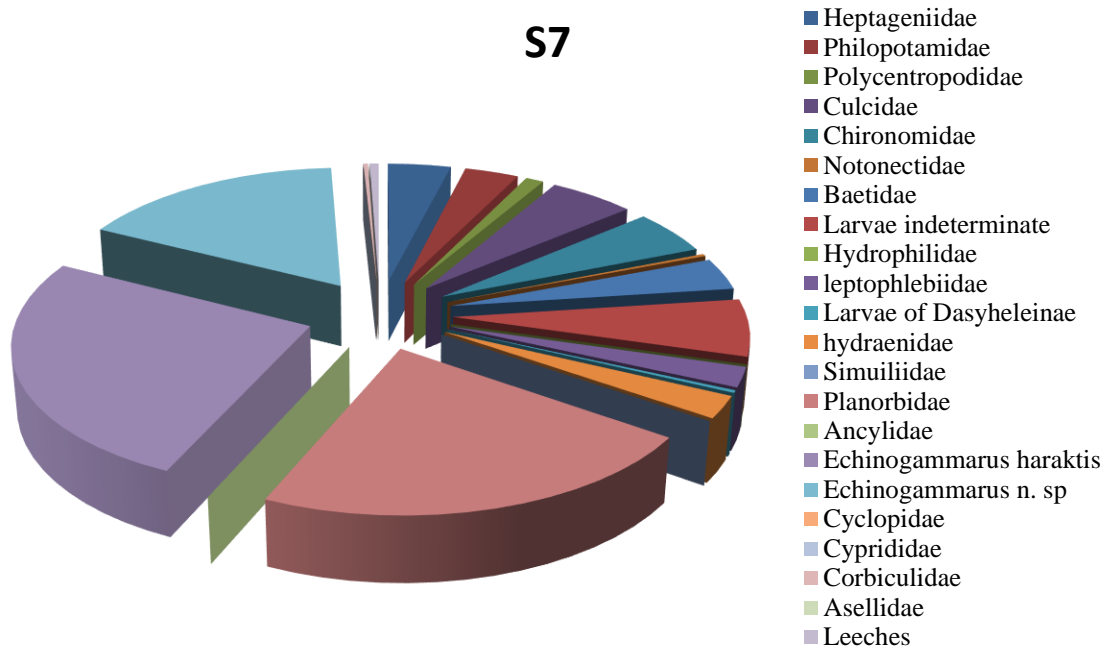
La station S6 abrite une faune faible avec 14 taxons avec un effectif de 261 individus (Fig.33-6). Les crustacés avec (42,14 %) de la faune totale récoltée de cette station et constituent le groupe le mieux représenté, les insectes représentés par une abondance de 32,18 %, et les mollusques avec un pourcentage de 24,13 %.



**Figure 33-6 :** Composition faunistique de la sixième station.

- **Station 7**

Cette station compte 353 individus et 16taxons, Cette faune est représentée essentiellement par les crustacés (42,49 %), les *Echinogammarus Haraktis* c'est l'espèce le plus abondante avec une abondance de 25,77 % de la faune totale récoltée de cette station, suivis par les insectes 34,56 % sont représentés par les Diptères (10,48 %), les mollusques (22,37 %) représentés par les Planorbidae avec une abondance de 22,09 % (Fig. 33-7).



**Figure 33-7 :** Composition faunistique de la septième station.

• **Station 8**

Composé de 14 taxons (409 individus), le peuplement de cette station est dominé par les Insectes (50,36 %) du total des récoltes au sein de cette station, les Ephemeroptères sont les plus représentés avec un pourcentage de 51,45 %, suivi par les Crustacés (33,98 %) et les Mollusques (15,4 %), Le reste du peuplement présente des abondances peu faibles (Fig.33-8).

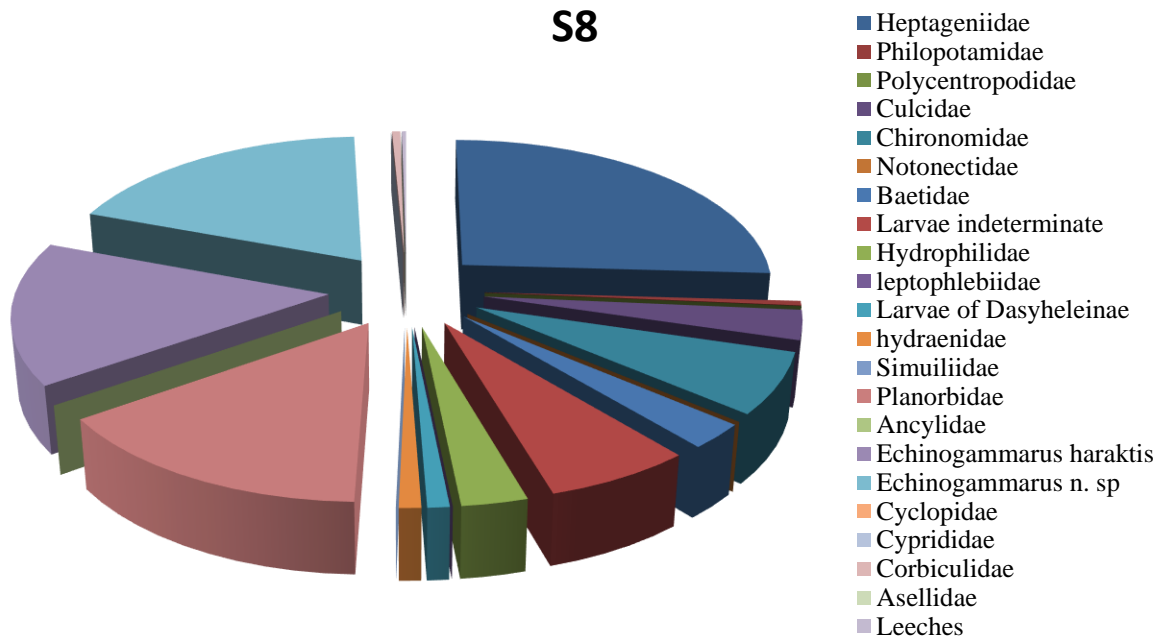


Figure 33-8 : Composition faunistique de la huitième station.

• **Station 9 :**

Cette station compte 605 individus et 20 taxons. Cette faune est représentée essentiellement par les Insectes (65,28 %), il y a les Ephemeropteres avec un pourcentage du 48,35 %, suivi par les Crustacés (16,19 %), suivi par les Mollusques 13,71 % (Fig 33-9).

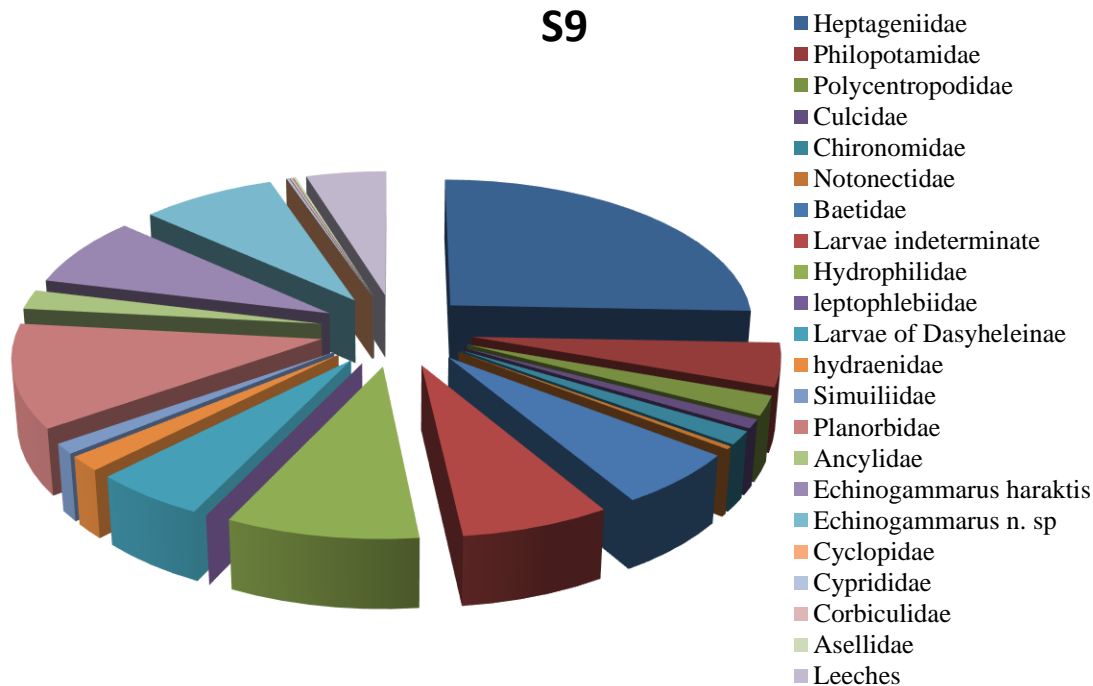


Figure 33-9 : Composition faunistique de la neuvième station.

• **Station 10**

Cette station se distingue largement des autres par le plus grand nombre d'individus enregistré (621 individus), et par de 14 taxons, parmi les Insectes (61,83 %), ce sont les Ephéméroptères par les Heptageniidae représentent 39,84 %, et des Ephéméroptères Bataedae (5,23%) et les Colioptères Hydrophilidae (13,54 %), suivi par les Crustacés représentés par une abondance de 35,93 %; les Mollusques Planorbidae(16,4 %) et les Lichens comptent 9,37% (Fig 33-10).

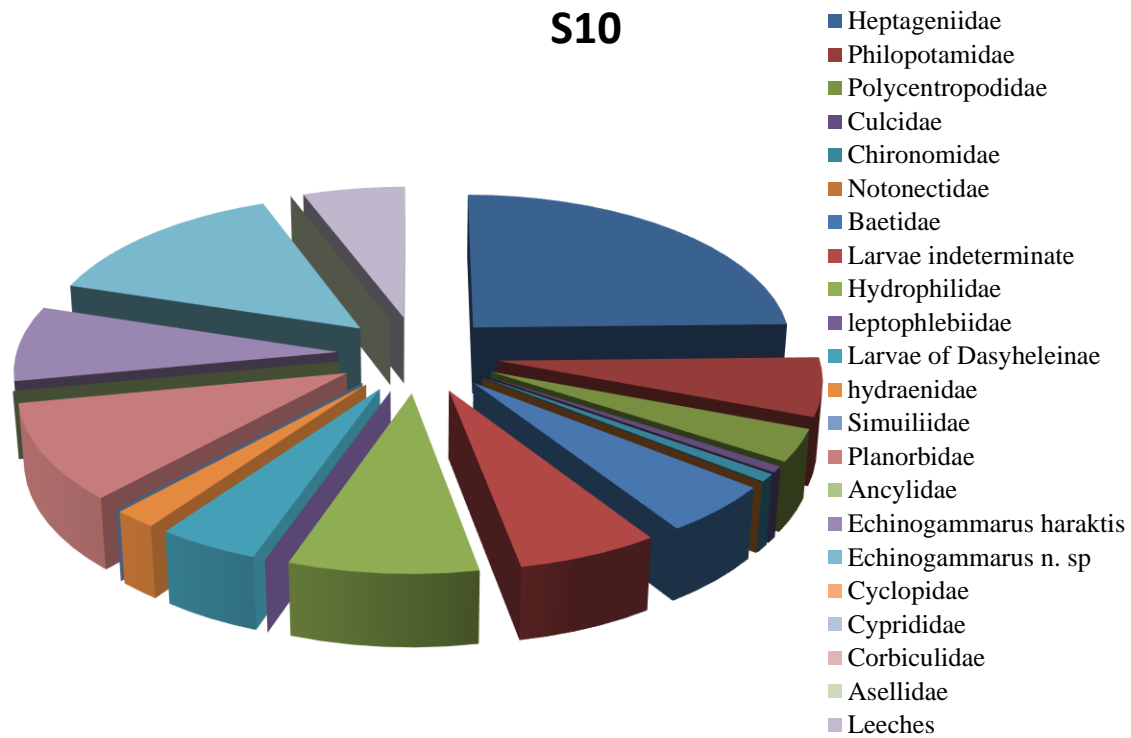


Figure 33-10 : Composition faunistique de la dixième station.

### 3.2.6. La distribution spatiale de la faune aquatique de la région d'étude

#### 3.2.6.1. La richesse taxonomique des stations de la région de Youkous

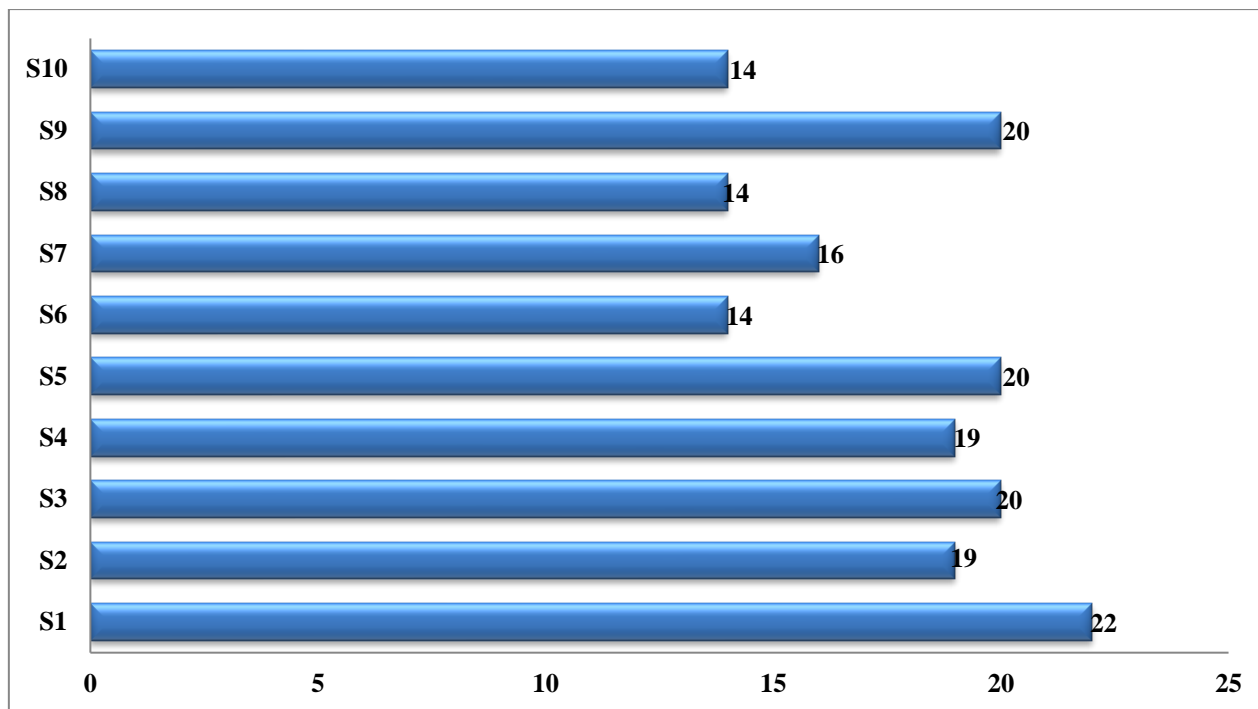
La région d'étude, de par son relief et sa topographie, offre une grande diversité de biotopes aquatiques, relatif la richesse taxonomique stationnelles, au long de la retenue étudiée. Le nombre de taxons varie d'un prélèvement à une autre, il fluctue entre un minimum de 14 aux stations 6 et 10 et un maximum de 22 taxons à la station 1.

Tableau n°11 : La richesse taxonomique de 10 stations de la région d'étude.

Famille	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Heptageniidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Philopotamidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Polycantropodidae	+	+	+	+	+	+	+		+	+
Culcidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Chironomidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Notonectidae	+	+	+	+	+		+		+	
Baetidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Larvules indéterminable	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hydrophilidae	+	+	+	+				+	+	+
leptophlebiidae	+	+	+	+	+	+	+			
Larve de Dasyheleinae	+	+	+	+	+		+	+	+	+
hydraenidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Simuliidae	+		+						+	
Planorbidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ancylidae	+	+	+	+	+	+			+	
<i>Echinogammarus haraktis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Echinogammarus n. sp</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cyclopidae	+				+					
Cyprididae	+			+	+				+	
Corbiculidae	+	+	+	+	+		+	+	+	
Asellidae	+	+	+		+				+	
Sangsue	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Richesse taxonomique</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>14</b>

L'analyse de la composition faunistique montre des différences entre les stations. Onze taxons sont communs à la majorité des stations, ce sont les Epheméroptères Heptageniidae et les Baetidae, les Trichoptères Philopotamidae, les Déptères Culcidae et les Chironomidae, les coléoptères hydraenidae, et les Crustacés *Echinogammarus*, et enfin les Mollusques Planorbidae et les Sangsues (Leeches), on signale la présence des laves indéterminables dans toutes les stations étudiées. D'autres taxons sont récoltés exclusivement dans des stations sont les Hémiptères Notonectidae dans les stations S1, S2, S3, S4, S5, S7 et S9, les Amphipodes Cyclopidae et

Cyprididae, Deux stations (S6, S10) sont caractérisées par une richesse taxonomique faible 14 taxons (Fig 34).



**Figure 34** : La richesse taxonomique des stations de la région d'étude.

### 3.2.6.2. Abondance Totale

L'abondance est un paramètre important pour la description d'un peuplement, il représente le nombre d'individus du taxon ( $i$ ) présent par unité de surface ou de volume (Ramade., 2003).

Il est variable aussi bien dans l'espace que dans le temps.

L'ensemble des échantillons prélevés dans cette étude a permis de récolter 4064 individus. La répartition des abondances totales est homogène dans toutes les stations (Fig, 35), Le nombre d'individu varie de 233 individus (S5) à 621 individus (S10), l'analyse des résultats montre que la station S10 enregistre l'effectif le plus élevé avec 621 individus (soit 15,28 % de la faune totale récolté), cette abondance est liée aux Heptageniidae, cette station est non protégés et riche par les arbres fruitières puits est non protégé, avec une profondeur moyenne et située à l'aval de l'oued, Il présente les conditions favorables pour la colonisation des espèces aériennes.

Cependant, les mollusques (gastéropodes) Planorbidae au deuxième rang avec une population de 600 individus. Enfin, les amphipodes Echinogammaridae: «*Echinogammarus haraktis* »et « *Echinogammarus n.sp* », se trouvent dans toutes les stations étudiées, il présentait quelques résistance à la pollution avec 562 et 533 individus.

Dans la région de Youkous la variation de la diversité des macro-invertébrées est liée à la diversité structurale des biotopes, Le substrat est assez varié le long du profile longitudinal mais très peu diversifié au sein de la station (Fig 35).

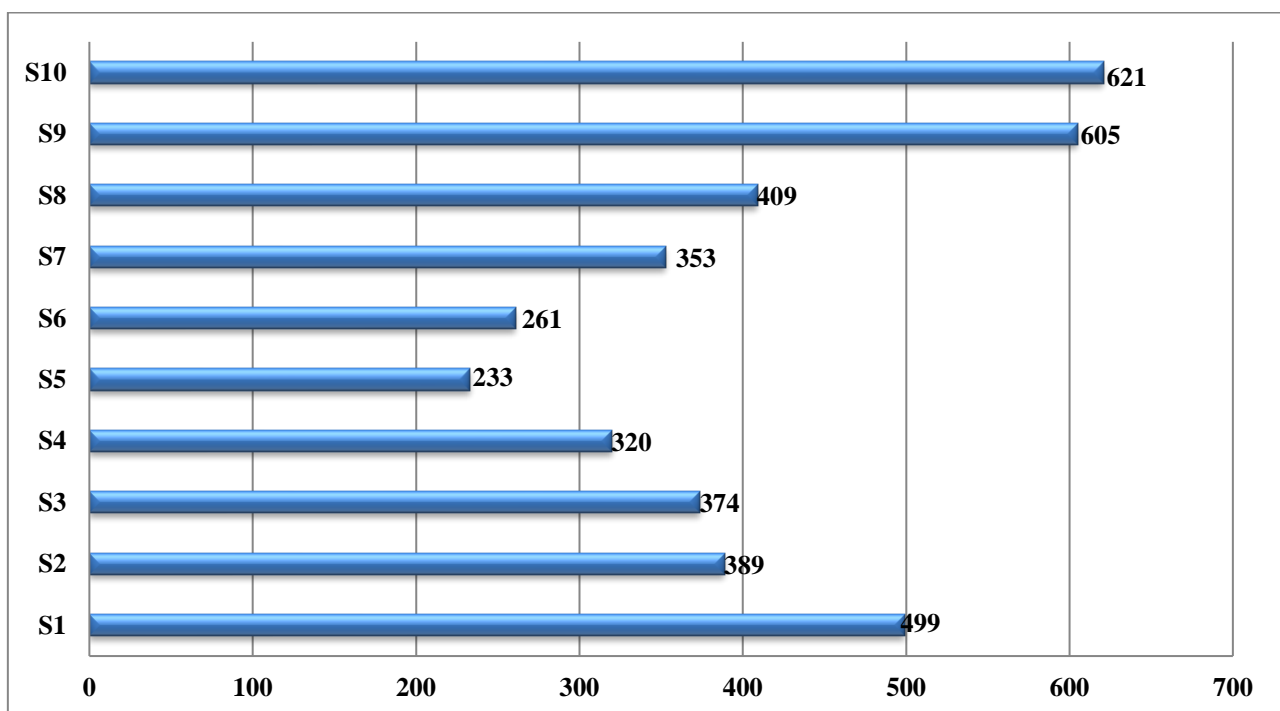


Figure 35 :L'abondance Total dans les stations d'étude.

### 3.2.6.3. L'indice de diversité

De tous les indices, la formule de Schannon-Weaver est l'indice le plus utilisé, il exprime le mieux la diversité des peuplements. Il présente l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse préalable sur distribution des espèces et des individus (Blondel, 1979 ; Legendre & Legendre 1979).

L'indice de Schannon-Weaver  $H'$  (Schannon-Weaver, 1963) convient bien à l'étude comparative des peuplements. Il est indépendant de la taille de l'échantillon et prend compte à la

fois de la richesse spécifique et de l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème.

H' est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèce est faible ou quelques espèces dominant ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti équitablement, Autrement dit, la diversité est minimale quant H, tend vers zéro (0), et est maximale quant H' tend vers ∞.

L'indice de diversité spécifique (Indice de Shannon- Wiener) est élevé lorsque la richesse taxonomique est importante et la répartition des individus entre taxons est équilibrée. Un peuplement moins diversifié avec des espèces dominantes se traduit par de faibles valeurs de cet indice. Les variations importantes de la diversité spécifique reflètent les différences de répartition de l'abondance des taxons.

**Tableau n° 12 :** La diversité spécifique de la région d'étude.

Station	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
H'	2,38	2,49	2,47	2,71	2,59	2,2	2,14	2,09	2,45	2,32

L'analyse de la diversité (Fig 36) entre les différentes stations mesurées par l'indice de Shannon, montre une variation entre 2.09 et 2.71, le plus haute la valeur a été marquée dans la station S4. Cela montre que les groupements décrits dans cette station sont plus diversifiée en espèces, dans la station S8, il y a une diminution de l'indice de Shannon-weaver et l'Equitabilité par rapport aux autres stations, cette faibles valeurs des indices de diversité, suggèrent la détérioration de la qualité de l'eau au niveau de cette station. En effet, elle entraîne la disparition de certaines espèces polluo-sensibles.

### **3.2.6.4. L'Indice d'Equitabilité**

Sachant que plus un peuplement est équilibré (pas de taxon largement dominant), plus il est stable et proche du climax et qu'a l'inverse, toute pullulation est le signe d'un déséquilibre du a une cause naturelle ou anthropique, L'indice d'équitabilité a été mis au point pour rendre compte de l'abondance relative de chaque taxon, Cet indice est dérivé de celui de Schannon-Weaver. On peut calculer l'équitabilité à partir de l'équitépartition ou diversité maximale (H'max), laquelle correspond au cas où toutes les espèces seraient représentées par le même nombre d'individu.

Tableau n° 13 : L'équitabilité des stations de la région d'étude.

Station	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
H'	0,38	0,48	0,42	0,47	0,46	0,4	0,36	0,35	0,38	0,36

L'indice d'équitabilité varie entre 0.34 en S8 et 0.47 en S4. Ces résultats montrent que la station S4 est le plus diversifié et équilibré dans l'ensemble des stations étudiés (Fig 36).

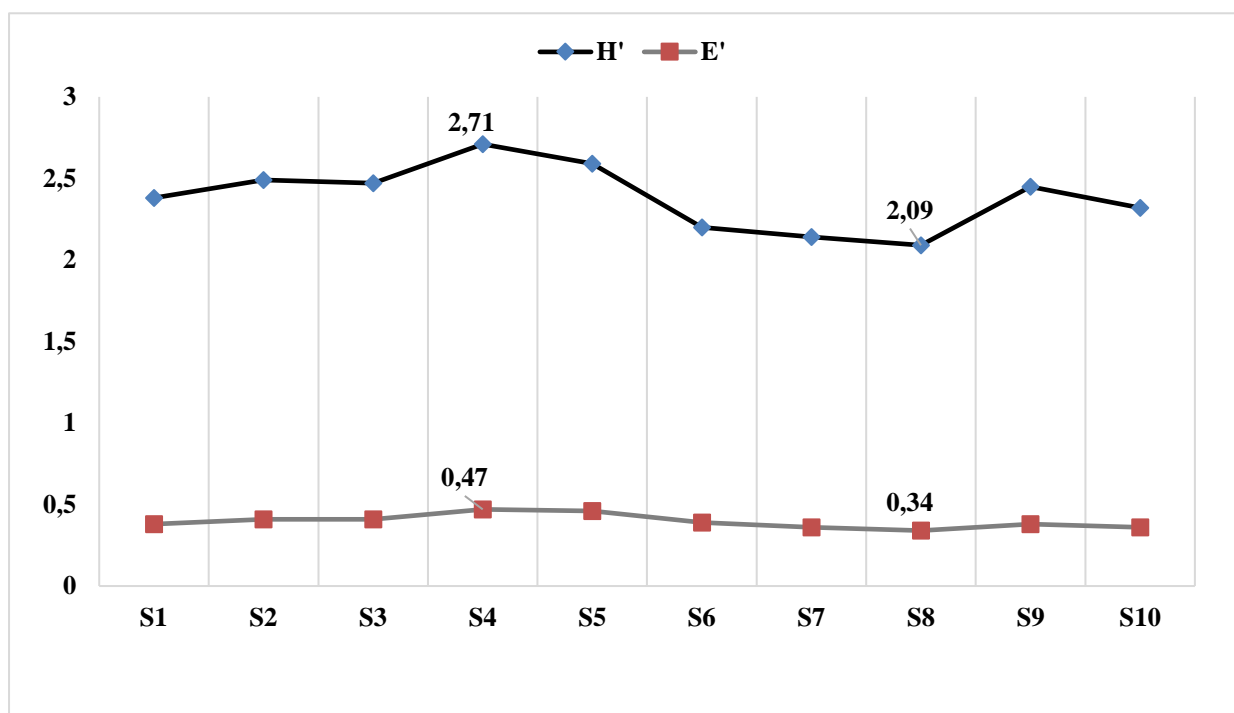


Figure 36: Variations de l'indice de la diversité Shannon-Weaver (H') et Equitabilité (E').

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de la station S4, la station présente un peuplement bien diversifié où plusieurs taxons sont numériquement représentés (richesse taxonomique), Dans la station S8, il y a une diminution de l'indice de Shannon Weaver et l'Equitabilité par rapport aux autres stations, cette faibles valeur des indices de diversité, suggèrent la détérioration de la qualité de l'eau au niveau de cette station, En effet, elle entraîne la disparition de certaines espèces polluo-sensibles.

**Discussion**

Du point de vue de la composition taxonomique, les organismes récoltés sont des Insectes (51.50 % des taxons), des Amphipodes (27.14 %), des Mollusques (18.5 %). Parmi les Insectes, l'ordre des Ephemeropteres est assez bien represente avec 03 taxa, suivi des Dipteres (04 taxa), des Coleopteres (02 taxa) et des Trichopteres (02 taxa) et dans une moindre mesure les Hemipteres (01 taxa). La famille d'insectes la plus diversifiee est celle des Chironomidae (8 taxa).

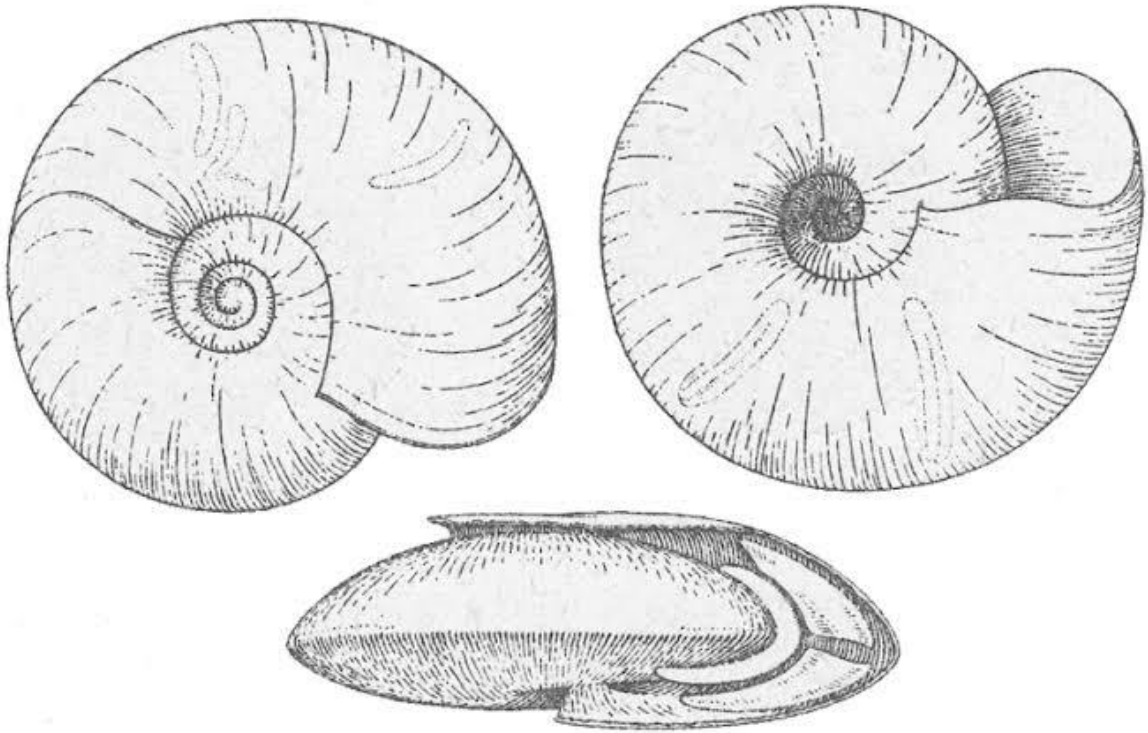
Diversite des Macroinvertebres Benthiques de l'Oued Youkous (Wilaya de Tebessa, Nord-Est de l'Algerie). D'une facon generale, la composition faunistique de la macrofaune benthique de l'oued

Youkous (Oued des eaux douces). Cependant, les Amphipodes sont assez bien representes tant au niveau des especes que des familles. Dans le site d'etude par exemple, seulement 5 familles d'Amphipodes (*Echinogammarus haraktis*, *Echinogammarus n. sp*, Cyclopidae, Cyprididae et Asellidae) ont ete recoltees presque dans toutes les stations.

La presence relativement diversifiee des Mollusques (3 familles) traduirait une bonne qualite des eaux. Ces organismes sont en effet reputes vivre dans des milieux bien oxygenes et de bonne qualite.

Les plus fortes valeurs de la richesse specifique, des densites et des indices de diversite de Shannon et d'equitabilite ont ete obtenues en mai et aout. Le peuplement est plus diversifie en mai et aout. En revanche, les plus faibles valeurs des indices de diversite et de d'equitabilite sont obtenues en Octobre, Novembre et Decembre. Le mois de mai semble le plus diversifie avec des valeurs de l'indice de diversite ( $H'$ ) et de richesse specifique plus elevees. Ce mois presente egalement une bonne valeur de l'indice de l'Equitabilite et une densite relativement elevee.

# *Conclusion*



### Conclusion

Les eaux de surface jouent un rôle majeur dans l'alimentation en eau potable de la population rurale Algérienne. Elles participent aussi au développement des activités agricoles

Cette étude a pour objectif de déterminer la composition taxonomique des macro-invertébrés benthiques ainsi que la qualité physico-chimique de ce cours d'eau.

Notre étude est portée principalement sur les caractéristiques biologiques et écologiques les plus appropriées à cet écosystème, et pour cette raison nous avons eu recours à différentes méthodes d'analyse, que ce soit pour les paramètres physico-chimiques ou bien pour les indices biologiques (détection qualitative et détermination quantitative des différents taxons de macro-invertébrés les plus représentés et les plus abondants pour chaque station).

Cette première étude des eaux courantes de la région d'Youkous, nous a permis de tirer certaines conclusions :

En ce qui concerne la diversité biologique des eaux d'Oued Youkous, les résultats de ce travail nous ont révélé l'existence d'un total de **4064** individus repartis sur 22 familles et 4 classes.

Les insectes forment le groupe faunistique le mieux représenté en nombre d'espèces et en effectif avec 2084 individus repartis sur 12 familles, et 05 ordres. Viennent ensuite les crustacées avec 1140 individus repartis sur 05 familles. Les Mollusques viennent en troisième position avec 724 individus repartis sur 03 familles. Enfin, vient la classe des Achètes (les Sangsues) qui sont représentés par 116 individus repartis sur une seule famille.

La richesse totale en famille la plus élevée a été enregistrée dans la station 01 avec 22 familles, suivie par les stations 03 et 09 avec 20 familles chacune. Les stations les moins diversifiées en familles sont les stations 06, 08 et 10 avec 14 familles pour chaque station.

S'agissant des indices de diversité (indice de Shannon, d'équitabilité et diversité maximale), la station 04 qui détient la plus grande valeur de  $H'$  avec 2,71 bits, suivie par la station 05 avec une valeur de l'ordre de 2,59. Les stations avec  $H'$  les plus bas sont les stations 07 et 08 avec respectivement 2,14 et 2,09 bits.

Concernant les valeurs de l'indice d'équitabilité, celles-ci oscillent entre 0,47 pour la station 04 et 0,34 pour la station 08.

A propos de l'indice de diversité maximale ( $H_{max}$ ), ses valeurs varient entre 6,43 pour la station 10 et 5,45 pour la station 5.

L'analyse des indices de diversité (indice de Shannon, l'indice d'équitabilité ainsi que l'indice de diversité maximale) montrent qu'aucune des dix stations ne présente une diversité élevée, en effet, toutes nos stations se caractérisent par une diversité et une régularité faible.

Sur le plan hydro chimique (paramètres physico-chimiques), les résultats obtenus ainsi que la comparaison de ceux-ci avec les normes de l'OMS, ont démontré que les eaux d'Oued Youkous sont généralement de bonne qualité.

D'après ces résultats, la diversité des eaux de l'oued Youkous est plutôt moyennement diversifiées du côté faunistique et cette diversité est intimement liée aux teneurs des paramètres physico-chimiques. Tous ces paramètres nous donnent un aperçu de la lithologie et la géomorphologie de la région d'étude.

### **Perspectives et recommandations :**

Ces premiers résultats sont de nature à justifier la poursuite des investigations dans cette région, poursuite qui devra être menée en parallèle avec l'étude systématique plus précise des taxons déjà récoltés afin d'apporter une contribution à la connaissance de la biodiversité.

En augmentant dans la mesure du possible le nombre des stations étudiées sur la zone et la fréquence des prélèvements, ainsi que le nombre de paramètres mesurés.

Augmenter le nombre de prospections en prenant en considération tous les types d'habitats existants dans cette région, afin de rechercher des espèces non observées durant notre étude mais susceptibles d'y exister.

Effectuer des études similaires sur une grande échelle temporelle.

Etablissement de guides ou au moins de clés d'identification des espèces algériennes, en se basant sur d'éventuelles études génétiques.

*Référence  
bibliographique*

## Références Bibliographiques

- A -

1. **Ahonon A.S., 2011.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones montagneuses du sud-ouest du Togo : Cas du canton de lavie. Mémoire de Magister international. Univ De LOME.
2. **Ait-mouloud S., 1988.** Essais de recherches sur la dérive des macro-invertébrés dans l'Oued Aissi : faunistique, écologie et biogéographie. Mémoire de Magister, U.S.T.H.B., Alger : 118p.
3. **Angelier E. 2000.** Ecologie des eaux courantes. Tec & Doc. Paris. P 11.
4. **Anctil F, 2008.** L'eau et ses enjeux édition de Boeck université Février 2008.
5. **Arab A, 1989.** Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse Magister, U.S.T.H.B. 145p.
6. **Arab A, 2004.** Recherches faunistiques et écologique sur les réseaux hydrographiques du Chélif et du bassin versant du Mazafran. Thèse Doctorat, U.S.T.H.B. 145p.
7. **Arab A., Lek S., Lounaci A. et Park Y.S., 2004.** Spatial and Temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). Ann. Limnol. – Int. J. Lim., 40 (4): 317-327.
8. **Aymond. D, 1990.** Le traitement des eaux, 2ème Édition, 304 p. Diagnostique, aménagement, et gestion des rivières. Hydraulique et morphologie fluviales appliquées. Lavoisier. Paris. P 83- 86.

- B -

9. **Beaux, J-F, 2004.** L'environnement. Edition 2008. Nathan. France p 54-71.
10. **Barbault R. 1995.** Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité. 2ème édition- Masson, Paris – Milan – Barcelone. P. 15-19. Barbault, 1981).
11. **Bedel L., 1895.** Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitane) avec notes sur la faune des îles Canaries et de Madère. Première partie. Soc. Ent. Fr. (ed.) Paris : 402.

12. **Belaidi N, Taleb j, Gagneur., 2004.** Composition and dynamics of hyporheic and surface fauna in a semi-arid stream in relation to the management of a polluted reservoir. Thèse de Doctorat en sciences. P125.
13. **Belkhiri L., 2011.** Etude de la pollution des eaux souterraines : cas de plaine d Ain Azel. Est Algérie. Thèse de Doctorat en sciences : 2P.
14. **Benamar, D., Fatiha, H. et al., 2002.** Traitement des eaux du bassin hydrographique de la tafna (N-W Algeria) Desalination 152. Thèse de doctorat. P 113-124.
15. **Bertarand ,H, 1972.** Larve et nymphes des Coléoptères aquatiques du globe. In : Bulletin de la société entomologique de France, volume 79 (3-4), Mars-avril 1974, pp. 53-63.
16. **Berthelemy ,C, 1979.** Elmidae de la région paléarctique occidentale : systématique et répartition (Coleoptera, Dryopidea), *Annlslimnol*, 15(1) :103p.
17. **Blondel J, 1979.** Biogéographie et écologie, Masson édition, Paris : 173 p.
18. **Blondel J, Aronson J, Bodiou JY, Bœuf G., 2010.** The Mediterranean Region : Biological diversity in space and time. 2<sup>nd</sup> edition. Oxford university Press.
19. **Bouziani M, 2000.** L'eau de pénurie aux maladies. Ed : Ibn Khaldoun. Septembre 2000.
20. **Bremond et Vuichard. 1973.** Les paramètres de la qualité des eaux. La documentation française, Paris, 173p.

- C -

21. **Cerrighino R., 1992.** Influence des variations artificielles du débit sur la faune. Mémoire de Magister. 119p.
22. **Chahlaoui A. 1996.** Etude Hydrobiologique de l'Oued Boufekrane (Meknès), Impact sur l'environnement et la santé. Thèse d'Etat, Fac. Sci. Meknès. 234p.
23. **Chapman D., Kimstach V. 1996.** Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E and FN Spon, London, pp. 59-126.
24. **Chapman, D. V. (Ed.). 1996.** Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. CRC Press.

- D -

25. **Dajoz R. 1985.** Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée. 5ème édition. Gauthier Villard. Paris : 505p 83.
26. **Dakki M. 1979.** Recherches hydro-biologiques sur un cours d'eau du Moyen-Atlas (Maroc). Thèse de 3eme cycle, Aix- Marseille III. 126p.
27. **Djabri L., Ferrah Y., Bouhsina S., Fabrice C., Hani A., Djabri Y., Antonio P., Habes S. 2012 :** « Etats de la qualité des eaux en Algérie : cas des cours d'eau en région méditerranéenne (Kebir est, Seybouse et Medjerda), (extrême est algérien) », une publication, 872pages.
28. **Desjardins. R, 1990.** Le traitement des eaux. Ed : l'école polytechnique de Montréal. 2ème Édition revue et améliorée. 235P.
29. **Dole-Olivier M-J., Marmonier P., 2008.** La zone hyporhéique, une composante à ne pas négliger dans l'état des lieux et la restauration des cours d'eau. Thèse de doctorat. P3 – p18.
30. **Dolédec, S., & Statzner, B., 1994.** Theoretical habitat templets species traits, and species richness : 548 plant and animal species in the Upper Rhone River and its Floodplain. Freshwater biology, 31 (3),p 523-538.
31. **Dubourdiou G. 1956.** Étude géologique de la région de l'Ouenza (confins algéro-tunisiens). Thèse des Sciences, Paris, Publications du Service de la Carte Géologique de l'Algérie, Bulletin N° 10, Vol. 1, 659 p.
32. **Durosoy G. 1956.** Carte géologique de TEBESSA N° 206.

- E -

33. **Edwards F.W., 1923.** On some algerian species of Simulium. Archs Inst. Pasteur Alger, Annls Limnol. 24 (3) 1988. 647-653.

- F -

34. **Fekhaoui M, 1990.** Les aspects comportementaux de la toxicité aiguë du chrome chez les truites arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* R). Thèse de doctorat. 476p.

35. **Gagneur J., Giani N., & Martinez-Ansemil E., 1986.** Les Oligochètes aquatiques d'Algérie. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 122 : 119-124.
36. **Gagneur J. & Thomas A.G.B., 1988.** Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie. I.- Répartition et écologie (1ère partie) ( Insecta, Ephemeroptera). Bull.Soc. Hist.nat. Toulouse, 124 : 275-284.
37. **Gagneur J. & Clergue-Gazeau M., 1988.** Les Simulies d'Algérie (Diptera, Simuliidae).I. Premières données biogéographiques et écologiques sur les espèces de l'Ouest algérien. Annls Limnol., 24 (3) : 275-284.
38. **Gagneur J & Aliane N., 1991.** Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie. In : Albatercedor, J. & Sanchez-Ortega, A. (eds.), Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera : 311-323. – Sandhill Crane Press Inc., Grainesville FL, USA.
39. **Gagnon E. et Pedneau J., 2006.** Sur Vol Benthose, guide du volontaire, programme de surveillance volontaire des petits cours d'eau. Edition CVRB. Québec. Canada.
40. **Gaujous, D. 1995.** La pollution des milieux aquatiques. Edition Lavoisier, Editeur Tec & Doc Lavoisier, 220 p.
41. **Gaujous, D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. 2ème Edition. 217p.
42. **Gauthier H., 1928.** Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Thèse Doctorat, Alger : 149p. 59 figs., 3 pls., 5 cartes.
43. **Ghazali D., Zaidi A., 2013.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source ain salama-jerri (Région de Meknès-Maroc). Journal, ISSN 1112-3680, 12, 25-36 p.
44. **Gouaidia. L 2000.** Approche hydrochimique d'une nappe en zone semi-aride cas de la nappe alluviale de la plaine de Tébessa extrême Nord-est Algérien. Mémoire de magistère Université de Annaba.
45. **Gouaidia, L., 2008.** Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi aride, cas de la nappe de Meskiana nord est Algerien (Doctoral dissertation, Annaba).

**46. Groen .J ,1988.** Nitrate rich groundwater in villages of Northwestern Burkina Faso, African journal of Earth Sciences 7:999-109.

**47. Guasmi I., Djabri L., Hani A., Lamouroux C. 2006.** « pollution des eaux de l'oued Medjerda par les nutriments », publication, Larhyss Journal, 119pages.

**48. Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec 2010.** Dépôt légal – Bibliothèque et archives nationales du Québec, 2010.

**- H -**

**49. Hadjab R, Khammar H, Nouidjem Y, Saheb M, Merzoug D., 2018.** Ecology and Biodiversity of Underground Water in A Semi-Arid Region of the Hauts Plateaux of Eastern Algeria. Biodiversitas Journal of Biological Diversity 20 (12). 2019.

**50. Hamzaoui D., 2009.** Impact des changements climatiques sur la répartition de la faune Benthique de l'oued Saoura (wilaya de Bechar). Mémoire de Magister, U.S.T.H.B., 80p.

**51. Hamzaoui, D. 2015.** Etude de la répartition des macroinvertébrés benthiques de l'oued Saoura (wilaya de Béchar) (Doctoral dissertation).

**52. Hebert S., Legre S, 2000.** Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, 5 p.

**53. Haouchine S., 2011.** Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie. Mémoire de magister en sciences biologiques.

**- K -**

**54. Kerdoud, S, 2006.** le bassin versant de Beni Haroun eau et pollution. Mémoire de Magister. Université Mentouri, Constantine. 169p.

**55. Kolkwitz R, Marsson M., 1902.** Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. Prüfungsanst. Wasserversorgung. Abwasserreinigung, 1, 33-72.

**- L -**

**56. Lacroix. G, 1991.** Lac et rivières milieux vivants. Eco-guide. Bordas. p 94.

- 57. Lakhdari. F. T., 2014.** Contribution à la connaissance de la stygofaune d'Algérie : Etude de la qualité de l'eau et la faune aquatique des puits de la région de Mascara (Nord Ouest Algérien). Mémoire de Magister en Ecologie et Biodiversité des Ecosystèmes Continentaux. Université. Abou Bakr Belkaid. Tlemcen, 89p.
- 59. Lamotte. M., et Bourlière E. F., 1971.** Problèmes d'écologie : L'échantillonnage des peuplements animaux des milieux aquatiques. Édit. MASSON, Paris, 294 p.
- 60. Legendre, L & Legendre, P., 1979.** Ecologie numérique, Le traitement multiple des données écologiques, 2ème Edition Masson, Paris : 206 p.
- 61. Lestage J.A., 1925.** Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères recueillis en Algérie par M.H Guathier et liste des espèces connues actuellement de l'Afrique du Nord. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord, 16 : 8-18.
- 62. Leynaud, G. (1968).** Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. BTI Ministère de l'agriculture, 224-881.
- 63. Loukam, L., 2012.** Dimensionnement du réseau d'assainissement du POS R ville Oum El Bouaghi. Mémoire de Magister 2012.
- 64. Lounaci A., 1987.** Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'Oued Aissi (Grande Kabylie). Thèse Magister, U.S.T.H.B., 133p.
- 65. Lounaci-Daoudi D., 1996.** Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou. Thèse Magister, Univ. Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou : 152p.
- 66. Lounaci A., B. Brosse S. Thomas A. & Lek S., 2000(a).** Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an algerian stream: the Sebaou wadi. *Annls Limnol.*, 36 (2):123-133.
- 67. Lounaci A., Brosse S., Ait-mouloud S., Lounaci-Daoudi D. & Mebarki M. 2000b.** Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream : a species check-list of the Sebaou River basin (Tizi-Ouzou). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 136.
- 68. Lounaci A., 2005.** Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse de doctorat d'état en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie). 208p.

**69. Lounaci A. & VinÇon G., 2005.** Les Plécoptères de la Kabylie du Djurdjura (Algérie) et biogéographie des espèces d'Afrique du Nord ( Plecoptera), *Ephemera*, 6(2) : 109-124.

- M -

**70. Malichy H. & Lounaci A., 1987.** Beitrag zur taxonomie und faunistik der cherfliegen von Tunisien, Algerien und Moroko ( Trichoptera). *Opusc. Zool. Flumin*, 14 : 1-20.

**71. Margat et Andréassian, 2008.** L'eau. Situation et perspectives. 2eme édition. Paris. P63-65.

**72. Mathuthu AS, Zaranyika FM, Jonnalagadda SB., 1993.** Montoring of Water quality in upper Mukuvisi River in Harare, Zimbabwe. *Environment international*, 1993.

**73. Mazuer P. et al., 2007.** Comparaison des deux pratiques d'échantillonnage des macroinvertébrés aquatiques. Ed. DIREN. Laurène : 05P.

**74. Mebarki M., 2001.** Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (Parc National du Djurdjura, oued Sébaou et oued Boghni) : faunistique, écologie et biogéographie des macroinvertébrés benthiques. Thèse de Magister.

**75. Merzoug, S. E. 2009.** Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda (Doctoral dissertation, Université 8 mai 1945 de Guelma).

**76. Merzoug. D ; Khiari. A ; Aït Boughrou .A. et Boutin. C. 2010.** Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum El Bouaghi (Nord-Est algérien). *Hydroécologie Appliquée*. Tomel 17-22p.

**77. Monod, 1989.** Mémento technique de l'eau. Tome I. 1989. : Dégrèvement. 9<sup>ème</sup> édition. 592p.

**78. Moubayed J., Ait-mouloud S. & Lounaci A., 1992.** Les Chironomides (Diptera) d'Algérie. I. Bassin de l'oued Aissi ( Grande Kabylie). *NachrBl. Bayer. Ent.*, 41 (1) : 21-29.

**79. 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.

- N -

**80. Navas L., 1929.** Insectes Névroptères et voisins Barbarie. Septième série. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord*, 7 (20) : 57-60.

- R -

**81. Ramade. F, 1995.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed : EDISCIENCE international. 690p.

**82. Ramade. F, 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed : EDISCIENCE international. 690p.

**83. Ramdani .M, 1986.** Ecologie des crustacés (Copépodes, Cladocères et Ostracodes) des daya marocaines .Thèse d'état Marseille I.376p.

**84. Raymond. D, 1990.** Le traitement des eaux, 2ème Édition, 304 p.

**85. Rodier J. 1984.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition Dunod Paris.p.1123-1365.

**86. Rodier X., 2000.** Le système d'information géographique TOTOPI : Topographie de Tours Pré-Industriel, Les petits cahiers d'Anotole, 4, 22/12/2000, 28600 signes, 5 fig.

**87. Rodier, J., Legube, B., Merlet, N, 2009.** L'Analyse de l'Eau. 9è édition. Dunod : Paris. 1579 pp. 2009.

- S -

**88. Sacchi C.F .et Testard, 1971.** Ecologie animale : organismes et milieu. Edition.

Doin ; 480p.

**89. Samraoui B. & Menai R., 1999.** A contribution to the study of Algerian Odonata. *Int.J. Odonatology*, 2 (2): 145-165.

**90. Seurat ( L.G.). 1934.** Etudes zoologiques sur le Sahara Central. Mission du Hoggar III ( Fév-Mai 1928). *Mem. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord*, 4: 5-195.

- T -

91. **Tachet , H., Bournaud, M., Richoux PH., 1980.** Introduction à l'étude des vertébrés d'eau douce, Edition Univ de Lyon I, Association française de limnologie : 155p.
92. **Tachet , H., Bournaud, M., Richoux PH., et Usseglio - Polatera PH., 2000.** Invertébrés des eaux douces : Systématique, Ecologie, Biologie. Edition CNRS-Paris : 588p.
93. **Thomas J D. (1981).** Journal of Natural History, 27: 795-806.P.
94. **Thomas A. & Gagneur J., 1994.** Compléments et corrections à la faune des Epheméroptères d'Afrique du Nord. 6. Alainities sadani n.sp. d'Algérie ( Ephemeroptera, Baetidae) Bull. Soc. Hist.nat. Toulouse, 130 : 43-45.
95. **Thomas A., 1998.** A previsional checklist of the Mayflies of North Africa (Ephemeroptera). Bull. Soc.hIST ; NAT ; Toulouse, 134 : 13-20.
96. **Townsend, C. R., Scarsbrook, M. R., & Dolédec, S., 1997.** The intermediate disturbance hypothesis, refugia, and biodiversity in streams. Limnology and oceanography, 3<sup>eme</sup> édition,42 (5), 938-949.

- V -

97. **Vaillant F., 1955.** Recherches sur la faune madicole de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Thèse Doctorat, Université de Paris ( Zool), 11 : 258p.
98. **Vilaginés R, 2003.** Eau et environnement et santé publique. Ed : Tec & Doc, 2ème édition. Paris.198p.

- W -

99. **Waterst ,F, 1965,**Interprétation of invertebrate drift in stream,Ecology,43:324-334.
100. **Woodiwiss, F., 1960.** Trent biotic index of pollution. 2<sup>nd</sup> Quiquennial abstract of statistics relaying to the Trent Watershed. Trent River Authority.
101. **W.H.O. 1987.** Global pollution and health results of related environmental monitoring. Global Environment Monitoring system, WHO, UNEP.

- Y -

102. **Yasri N., 2009.** Diversité, écologie et biogeography des macroinvertébrés de quelques affluents du Mazafran. Mémoire de Magister, USTHB, 96p.

- Z -

**103. Zerguine K., Samraoui B. & Rossaro B., 2009.** A survey of chironomids from seasonal ponds of Numidie, Northeastern Algeria. *bioll. Zool. Agr. Bachic. Ser. II*, 41 (3): 167 – 174.

# *Annexes*

# ***Annexes***

---

## **Annexe I**

### **Protocoles expérimentaux**

#### **1. La Température**

La température à une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux (les eaux souterraine et superficielles). La température des eaux de surfaces variée selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres. L'élévation de la température s'accompagne d'une diminution de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface et d'une diminution de la solubilité des gaz, en plus cette augmentation de la température favorise l'autoépuration, et accroît la vitesse de sédimentation (Loup, 1974) La mesure de la température est effectuée sur le terrain à l'aide d'un multi paramètre WTW (multiP3 PH /LF SET) portatif. Nous lirons directement la température exprimée en degré Celsius (C°).

#### **2. Le pH**

**Principe :** La mesure du pH traduit l'acidité ou la basicité (alcalinité) d'un milieu.

**Appareillage:** Le pH est mesuré par un pH-mètre multi paramètres, modèle WTW 340i

**Mode opératoire :** On plonge l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon pour lire la valeur du pH en tenant compte de la température.

- **Le pH**

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau, c'est-à-dire de la concentration en ions hydrogène (H<sup>+</sup>). Le pH des eaux naturelles varie de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Les variations dans les cas extrêmes affectent les eaux naturelles. On admet, en général, qu'un pH naturel entre 6,5 et 8,5 caractérise les eaux où la vie se développe de manière optimale.

La valeur de la température de l'eau est influencée par la température de l'air mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduaire chaudes.

## Annexes

---

- Classifications des eaux d'après leur pH (AGRIGON, 2000; HAKMI, 2002).

pH<5	Acidité forte: présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée: majorité des eaux de surface
5.5<pH	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité forte, évaporation intense

### 3. Détermination des matières en suspension (RODIER, 2005)

#### Méthode par centrifugation

**Principe :** L'eau est centrifugée à 4500 tr/min pendant 15 minutes. Le culot est recueilli, séché à 105°C et pesé.

**Mode opératoire :** Centrifuger un volume d'eau de façon à recueillir au moins 30 mg de matières. Séparer le liquide surnageant par siphonage sans perturbation du dépôt et jusqu'à une hauteur de 10 mm de liquide au-dessus du dépôt. Les culots de matière sont transvasés dans une capsule tarée. Rincer les tubes à centrifuger par 3 fois avec une petite quantité d'eau distillée (20 ml) introduire les eaux de lavages avec le culot dans la capsule séchée à 105°C.

Evaporer l'eau de la capsule au bain-marie. Sécher à l'étuve à 105°C jusqu'à masse constante.

Laisser refroidir au dessiccateur et peser.

Expression des résultats

M1 : la masse de la capsule vide

M2 : la masse de la capsule pleine après dessiccation à 105°C

V : le volume d'eau traitée en millilitres. La teneur en milligrammes de matières totales en suspension par litre d'eau est donnée par l'expression :

$$(M_2 - M_1) = \frac{1000}{V}$$

### 4. Le taux des sels dissous (TDS) (RODIER, 1984)

Après avoir étalonné rigoureusement l'électrode de taux des sels dissous, placer cette électrode dans l'eau de lixiviation à analyser.

## **Annexes**

---

La mesure peut s'effectuer en sélectionnant dans le menu "affichage numérique" en attendant que la valeur affichée se stabilise; le résultat est donné en (mg/l).

### **5. Mesure de la salinité (RODIER, 1984)**

Après avoir rincé rigoureusement l'électrode de toute trace de salinité, placer cette électrode dans l'échantillon à analyser.

La mesure peut s'effectuer en sélectionnant dans le menu "affichage numérique" en attendant que la valeur affichée se stabilise; le résultat est donné en (%).

### **6. La conductivité électrique**

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs alors que les composés organiques sont de mauvais conducteurs. Ainsi, la conductivité peut se définir comme étant la quantité de sels dissous dans l'eau. Elle est exprimée généralement en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences en ce qui concerne ce paramètre.

$$\text{Résistivité ( } \Omega \cdot \text{cm)} = \frac{1000000}{\text{conductivité } \mu\text{S/cm}}$$

Appareillage

La CE est mesuré par un Conductimètre multi paramètres, modèle WTW 330i

#### **Mode opératoire**

Après avoir rincé soigneusement l'électrode du Conductimètre, placer cette électrode dans l'échantillon à analyser.

#### **Expression des résultats**

La mesure peut s'effectuer en sélectionnant dans le menu «affichage numérique » en attendant que la valeur affichée se stabilise ; le résultat est donné en ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

### **7. Mesure de la turbidité (RODIER, 1984)**

Réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute.

## Annexes

---

**Principe :** Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée.

**Appareillage :** Tur B 430 IR Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm, de diamètre.

### Mode opératoire

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéiser et effectuer rapidement la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

### Expression des résultats

La mesure est obtenue directement en NTU

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

## 8. Dosage du calcium et $\Sigma$ (Ca + Mg) par complexométrie (RODIER, 1984)

### Principe

Cette méthode est basée sur la formation de complexes, le réactif organique le plus souvent utilisé dans le cas de  $\text{Ca}^{2+}$  et Mg est le sel disodique de l'acide éthylènediamineterocétique (EDTA  $\text{Na}_2$  ou complexe III).

A pH 12 à 13, on obtiendra un complexe comprenant Ca, et à pH 9 à 10 des complexes comprenant Ca et Mg.

Dans chaque cas, on utilise des indicateurs spécifiques.

**pH**

**(M-Réactif) + EDTA  $\longrightarrow$  (M-EDTA) + Réactif.**

**Couleur 1**

**Couleur 2**

## **Annexes**

---

### **Réactifs**

- EDTA Na<sub>2</sub> (C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>Na<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O) M<sub>p</sub>=372,24 g.mol<sup>-1</sup>, divalent à sécher à 80°C pour une solution à N/50, peser 3,7228 g, mettre dans un récipient qui ne soit pas en verre, étalonnage par une solution à titre précis d'un sel de Ca ou Mg très stable .
- NaOH à 2N
- Tampon ammoniacal avec : 54g de NH<sub>4</sub>Cl, 350 ml de NH<sub>4</sub>OH à 25% (315 ml si à 28%), H<sub>2</sub>O distillée q.s.p 12 PH.
- Murexide (puparate d'ammonium), indicateur spécifique de Ca (le Mg ne gêne pas). En mélange solide : 200g dans 100g de NaCl pulvérisé.
- Noir Eriochrome T (NET) .Dosage de Ca + Mg. En mélange solide : 1g dans 100g de NaCl pulvérisé

### **Mode opératoire**

Dosage de Ca<sup>2+</sup>

- Prélever 50 ml de solution à doser
- Ajouter 3 ml de NaOH à 2N (si l'échantillon est acidifié avec 2 ml de HNO<sub>3</sub>, ajouter 6 ml...).
- Ajouter la murexide (quelques grains), on obtient une couleur rose bonbon.
- Verser l'EDTA à N/50 jusqu'à passage à une couleur violet pourpre soit V ml Dosage de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> - prélever 50 ml de solution à doser.
- Faire chauffer à 60°C (si plus de 4 mg/l de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> , ajouter 10 gouttes HCL à 20% et faire bouillir 1 à 2 mn, faire bouillir sans rien ajouter si déjà présence de HNO<sub>3</sub>...).
- Ajouter le tampon ammoniacal : 5 ml - Ajouter l'indicateur de concentration : quelque grain.

Titre immédiatement.

- Verser l'EDTA à N/50 jusqu'à obtention d'une couleur bleu cobalt. Soit Vv.

Expression des résultats Pour une prise d'essai de 50 ml : TH (meg/l) = 2Vv/5.

## **Annexes**

---

### **9. Le Chlorure (Cl<sup>-</sup>)**

Le chlorure est un sel mobile, non toxique, très répandu dans la nature sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl<sub>2</sub>). Leur présence dans les eaux dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse (Rodier et al., 1984), à la pénétration de l'eau de mer dans les régions côtières et à la pollution provenant des rejets urbains et industriels.

Dosage des ions chlorure :

- **Méthode argentimétrique**

Les ions de chlorure sont dosés par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO<sub>3</sub>) et précipités à l'état de chlorure d'argent (précipité blanc), l'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>). La fin de la réaction est indiquée par l'apparition d'un précipité rouge (chromate d'argent). Ce dosage doit être réalisé en milieu neutre.

### **10. Dosage des sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) (RODIER, 1984)**

#### **Principe**

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de Tween 20 ou de polyvinylpyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectrophotomètre.

#### **Réactifs** -Solution d'acide chlorhydrique au 1/10

-Solution de Tween 20 à 25%

- Solution de Chlorure de baryum stabilisée :

-chlorure de baryum.....10g

- Solution de Tween 20..... 20ml

-l'eau distillé..... 100ml.

-Solution étalon de sulfate de sodium à 150 mg/L de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

-sulfate de sodium anhydre..... 0,221g

- l'eau distillé..... 1000 ml

#### **Mode opératoire**

- Dans une fiole, introduire successivement :

## Annexes

---

- 50 ml de l'échantillon à analyser
- Ajouter 1ml d'acide chlorhydrique à 1/10
- Ajouter 5ml de la solution de chlorure de baryum stabilisé
- Agiter et laisser reposer pendant 15mn
- Agiter à nouveau et passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde :  $\lambda = 650\text{nm}$

La courbe donne directement la teneur en sulfate exprimée en milligrammes par litre d'eau.

### 11. Dosage de l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)<sub>4</sub>(RODIER, 2005)

#### Méthode de Nessler

##### Principe

Le réactif de Nessler (iodo-mercurate de potassium alcalin) en présence d'ions ammonium est décomposé avec formation d'iodo de dimercuriammonium qui permet le dosage spectrophotométrique des ions ammonium

##### Réactifs

- Solution de tartrate double de potassium et de sodium :
- Tartrate de potassium et de sodium..... 500g
- Eau distillée choude... .....q.s.p 1000 ml
- Réactif de Nessler
- Solution mère étalon à 1g/L d'ammonium :
- Chlorure d'ammonium .....2,97g
- Eau distillée... ..... q.s.p 1000 ml
- Solution fille étalon à 10 mg/l d'ammonium

##### Mode opératoire

Ajuster le volume du distillat à 250 ml et introduire 50 ml de distillat dans une fiole jaugée. Ajouter 2 ml de tartrate, mélanger, puis 2 ml de réactif de Nessler et mélange

Préparer un témoin à partir d'eau distillée. Laisser au repos 10 minutes. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm en tenant compte la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

## **Annexes**

---

### **Expression des résultats**

La courbe donne la teneur en ammonium exprimée en milligramme dans la prise d'essai de distillat.

### **12. Dosage de nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) (RODIER, 1984)**

#### **Principe**

Suivant l'origine des eaux, la teneur en nitrate est assez variable. La méthode à la sulfanilamide a une sensibilité de l'ordre de quelques microgrammes par litre.

Sous l'action des phénomènes biologiques, l'équilibre entre l'ammoniaque, les nitrites et les nitrates peut évoluer rapidement. Il convient donc de procéder au dosage du nitrite le plus tôt possible après le prélèvement en le conservant à 4°C.

#### **Réactifs**

-Réactif mixte :

- Sulfanilamide .....40g
- Acide phosphorique.....100 ml
- N-1-Naphtyl éthylène diamine..... 2 g
- Eau distillée..... q.s.p 1000 ml

#### **Mode opératoire**

-Prendre 50 ml d'eau à analyser

-Ajouter 1 ml du réactif mixte, et mélanger. Préparer un témoin à partir d'eau distillée.

Laisser au repos 10 minutes. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 543 nm en tenant compte la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

- L'apparition de la coloration rose indique la présence des nitrites

Pour avoir la concentration en  $\text{NO}_2^-$  on doit multiplier la valeur par 3,29.

### **13. Dosage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) (RODIER, 1984)**

#### **Méthode au salicylate de sodium**

#### **Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent le paranitrosalicylate de sodium,

## Annexes

---

coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique :

### Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 0,5% à renouveler toutes les 24heures.
- Acide sulfurique concentré. (d=1,84).
- Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium :
  - hydroxyde de sodium .....400 g
  - Tartrate double de sodium et de potassium.....60 g
  - Eau distillée... ..... 1000ml

Faire dissoudre les sels dans de l'eau. Laisser refroidir et compléter à 1000ml.

A conserver dans un flacon en polyéthylène.

-Solution mère étalon d'azote nitrique à 1000 mg/l :

- Nitrate de potassium anhydre... ..... 0,722g
- Eau distillée... ..... 1000ml
- Chloroforme (pour conserver)... ..... 1 ml

-Solution fille étalon d'azote nitrique à 0,005g/l.

### Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%.
- Evaporer à sec à l'étuve 75 à 88° C (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps).laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde :  $\lambda = 420 \text{ nm}$

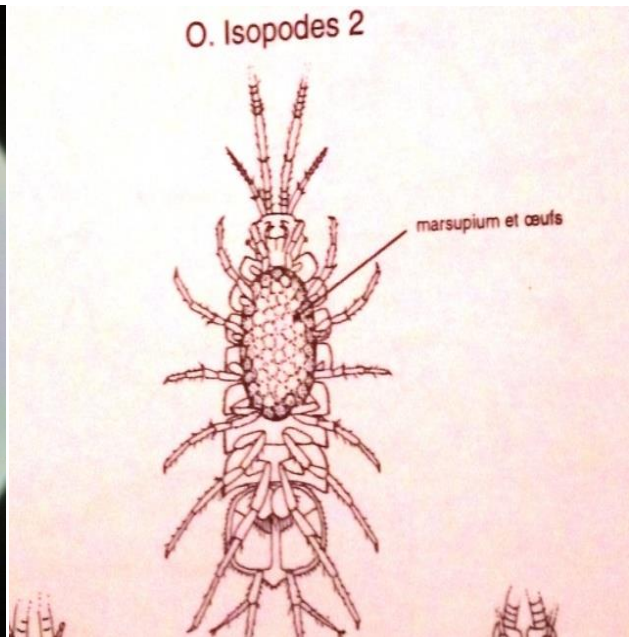
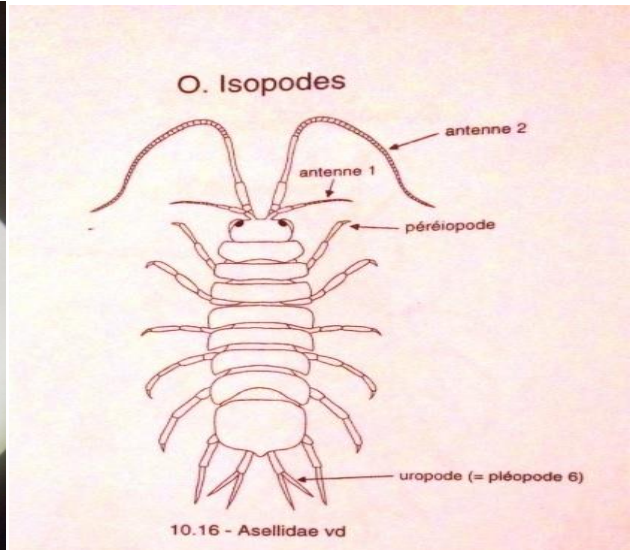
### Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau, pour obtenir la teneur en nitrates (NO<sup>3-</sup>) multiplier ce résultat par 4,43.

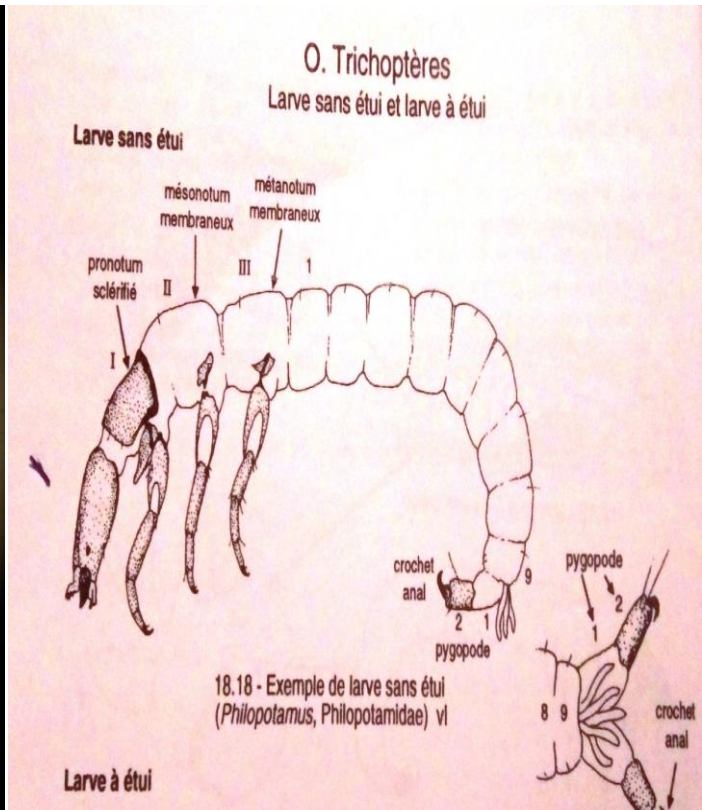
# Annexes

## Annexe II

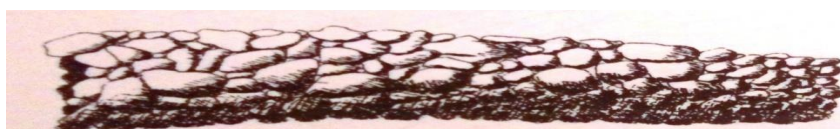
Quelques photos de la faune récoltent



## Asellidae



Philopotamidae

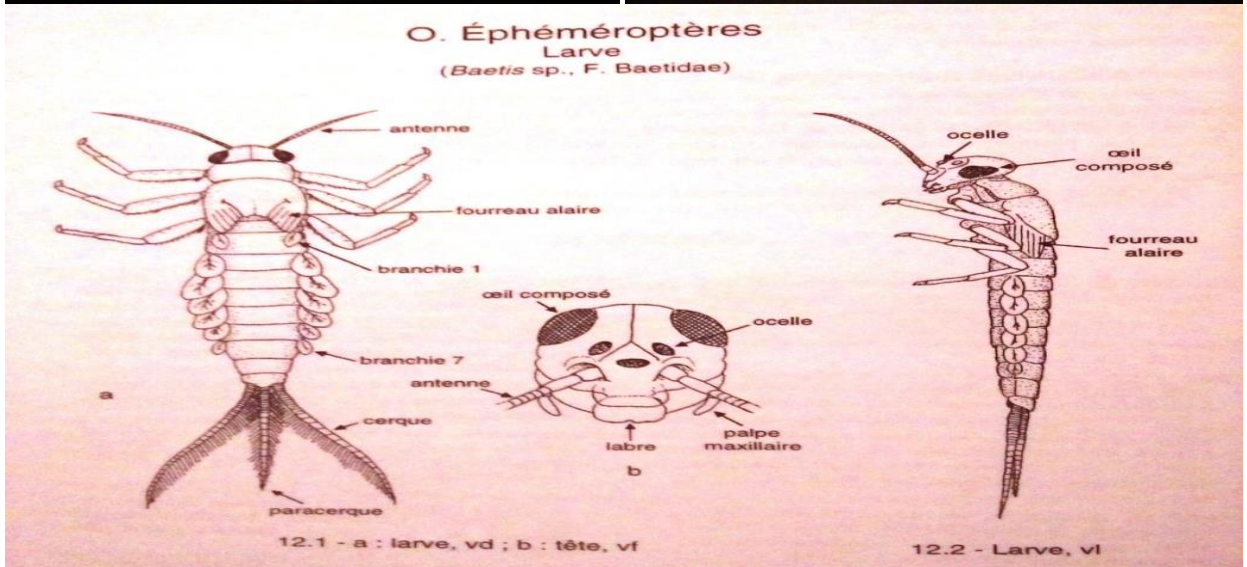
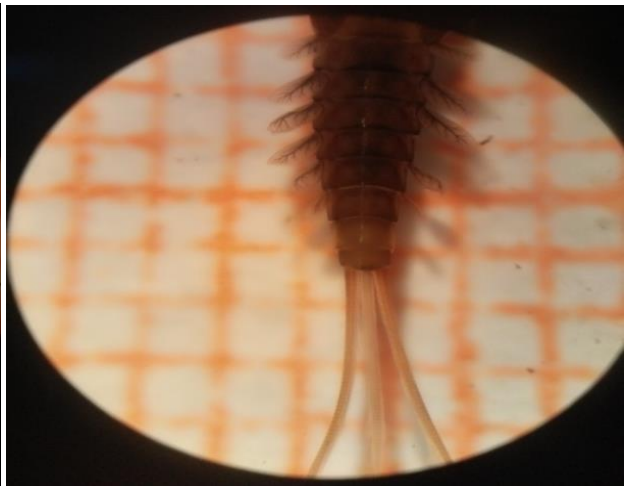
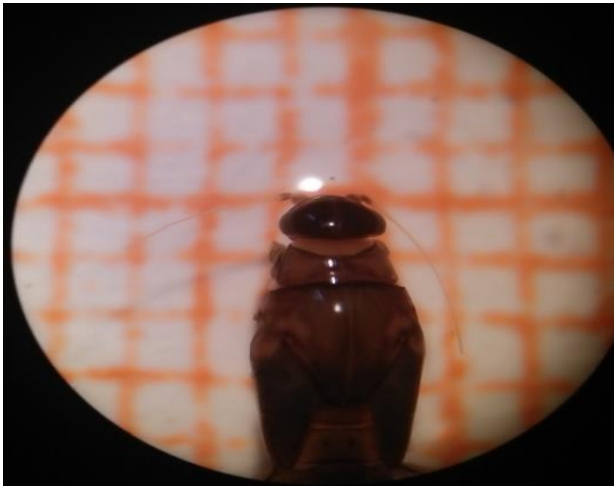


18.22 - Étui de la larve 18.20 vi



18.23 - Extrémité postérieure de l'étui vp

Larve Trichoptères



Baetidae



*Echinogammarus monod*



# *Résumé*

البحوث المائية البيولوجية في واد يوكوس (ولاية تبسة بشرق الجزائر)

دراسة بيئية للافقاريات الكبيرة والتوزيع الأفقي للتجمعات

واد يوكوس هو مجرى يقع في شمال شرق الجزائر بالقرب من واد الشارف ووادي بوحمدان, وحوضه من أكثر المجاري المائية اتساعا في الجزائر وأرضه من أكثرها خصوبة. ينظم هذا النظام المائي إلى البحر الأبيض المتوسط بالقرب من عنابة، ولم يخضع أبدا لدراسة في تركيبته البيولوجية.

خلال دراستنا لوادي يوكوس, قمنا بإعداد قائمة جرد للمجموع الحيواني الذي يتكون من 22 نوع (بثروة إجمالية تبلغ 4064 فرد).

أتاح تحليل التركيب الحيواني إلى تقييم حالة هذا الوسط البيئي. حيث أظهر هذا التحليل أن فئة الحشرات (51,50%) وهي الأكثر تواجدا في هذا الوادي بـ 5 رتب تنتمي بشكل رئيسي إلى :

les coléoptères ، (25.08 %) les diptères ، (43.90%) Les Ephemeroptères (18.73%) وبأقل نسبة les Hémiptères و les Trichoptères وبجانب الحشرات توجد les sangsues (18.5%) و les mollusque (27.14%) les Amphipodes (2.85%) وهم الأقل تواجدا.

أظهرت نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية أن مياه واد يوكوس ذات نوعية جيدة وفقا لمعايير المياه السطحية, ويرجع ذلك إلى عدة أسباب بما في ذلك وجود الأنواع الحساسة للتلوث, وتوازن الوسط مع عدد المساكن الصغيرة بحيث توجد بقعة في المنبع ومتنوعة في المصب.

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد طبيعة وأهمية العلاقات التي قد توجد بين تنوع أصناف الحيوانات المائية ونوعية المياه. تأثير المعايير الفيزيوكيميائية على التواجد والتنوع البيولوجي لمختلف عائلات اللافقاريات في مناطق الدراسة.

الكلمات المفتاحية: أم البواقي, التنوع البيولوجي, الحيوانات القاعية, الجودة الفيزيوكيميائية, واد.

# **Recherches hydrobiologiques sur l'Oued Youkous (Wilaya de Tébessa Est d'Algérie)**

## **« Bioécologie des macro-invertébrés et distribution spatiale des peuplements »**

### **Résumé**

L'oued Youkous est une rivière du nord-est de l'Algérie formée près de Tébessa par l'oued Cheref et l'oued Bouhamdane, son bassin est l'un des plus étendus d'Algérie et ses terres sont des plus fertiles. Elle rejoint la Méditerranée près d'Annaba, ce hydrosystème n'a jamais fait objet d'étude de sa composition biologique. L'objectif étant de préciser la nature et l'importance des relations pouvant exister entre la diversité des taxons de la faune aquatique et la qualité d'eau. L'impact des paramètres physico-chimiques sur la présence et la diversité des différents familles de macro-invertébrés dans les stations d'étude.

Au cours de notre étude sur l'oued Youkous, nous avons dressé un inventaire faunistique comptant 22 taxons différents (d'une richesse totale de 4064 individus).

L'analyse de la composition faunistique a permis une évaluation de l'état de ce milieu. Cette analyse a révélé que la classe des Insectes (51,50%) est la plus représentée par 5 ordres appartiennent surtout aux : les Ephéméroptères (43,90 %), les Diptères (25,08 %) et les Coléoptères (18,73%), et dans une moindre mesure les Trichoptères et les hémiptères. A côté des insectes il y'avait les Amphipodes (27,14 %), les Mollusques (18,5%), et enfin les sangsues (2,85%) est sont les moins représentés.

Les résultats physico-chimiques montrent que l'eau d'oued Youkous est de bonne qualité par rapport les normes des eaux superficielles cela est dû à plusieurs raisons citons la disparition des taxons polluo-sensibles, l'uniformisation du milieu avec un nombre de micro habitats plus réduits souvent en amont et leurs diversifier on aval.

**Mots clés** : OEB, biodiversité, faune benthique, qualité physico-chimique, oued.

# **Hydrobiological research on the Oued Youkous (Wilaya of Tébessa East of Algeria)**

## **« Bioecology of macroinvertebrates and spatial distribution of populations »**

### **Abstract**

The Oued Youkous is a river in the north-east of Algeria formed near Tébessa by the Oued Cheref and the Oued Bouhamdane, its basin is one of the most extensive in Algeria and its land is one of the most fertile. It joins the Mediterranean near Annaba, this hydrosystem has never been the subject of a study of its biological composition. The objective is to specify the nature and importance of the relationships that may exist between the diversity of taxa of the aquatic fauna and the quality of the water. The impact of physico-chemical parameters on the presence and diversity of different families of macro-invertebrates in the study stations.

During our study on Wadi Youkous, we drew up a faunal inventory with 22 different taxa (with a total richness of 4064 individuals).

The analysis of the faunal composition allowed an evaluation of the state of this environment. This analysis revealed that the class of insects (51.50%) is the most represented by 5 orders belonging mainly to: Ephemeroptera (43.90%), Diptera (25.08%) and Coleoptera (18.73%), and to a lesser extent Trichoptera and Hemiptera. Beside the insects there were Amphipods (27.14%), Molluscs (18.5%), and finally Leeches (2.85%) are the least represented.

The physico-chemical results show that the water of Oued Youkous is of good quality compared to the norms of surface water. This is due to several reasons, such as the disappearance of polluosensitive taxa, the uniformization of the environment with a number of micro-habitats that are often reduced upstream and their diversification downstream.

**Key words:** EPO, biodiversity, benthic fauna, physico-chemical quality, wadi.

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/346964706>

# BIODIVERSITY AND ECOLOGY OF SURFACE WATER FAUNA OF OUED YOUKS IN TEBESSA REGION (NORTHEAST OF ALGERIA)

Article in *Pollution Research* · November 2020

CITATIONS

0

READS

69

5 authors, including:



**Salima Belala**

Université Larbi Ben Mhidi

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

SEE PROFILE



**Hadjab Ramzi**

Université Larbi Ben Mhidi

16 PUBLICATIONS 12 CITATIONS

SEE PROFILE



**Khammar Hichem**

Université Larbi Ben Mhidi

20 PUBLICATIONS 20 CITATIONS

SEE PROFILE



**Menouar Saheb**

Université Larbi Ben Mhidi

60 PUBLICATIONS 287 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Bird-habitat relationships in riparian forests in north-eastern Algeria. [View project](#)



Status and diurnal behavior of greater flamingo *Phoenicopterus roseus* in Algerial Eastern high plains [View project](#)

## BIODIVERSITY AND ECOLOGY OF SURFACE WATER FAUNA OF OUED YOUKS IN TEBESSA REGION (NORTHEAST OF ALGERIA)

S. BELALA<sup>1,2</sup>, R. HADJAB<sup>1,2</sup>, H. KHAMMAR<sup>1,2</sup>, M. SAHEB<sup>1,2\*</sup> AND D. MERZOUG<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Functional Ecology and Environment.

<sup>2</sup>Life and Nature Sciences Department, Faculty of Exact Sciences and Life and Nature Sciences, University of "Larbi Ben M'hidi", Oum El bouaghi, 1<sup>st</sup> November 1954, Oum el Bouaghi 04000, Algeria

(Received 10 June, 2020; accepted 9 July, 2020)

### ABSTRACT

We studied for the first time the ecology and biodiversity of surface water in a semi-arid region of the highlands of Eastern Algeria. The results obtained from the investigations of 10 stations from February 2018 to January 2019 at the region of Hammamet (Tebessa) in the Oued Youks showed that this aquatic fauna is composed of 22 taxa (families) and 4064 individuals, and is dominated by Insects (51%) and crustaceans (28%). The knowledge and comparative examination of wildlife diversity in this study area can be used for environmental monitoring and management of surface waters.

**KEY WORDS:** Biodiversity, Surface Water, Aquatic fauna, Oued Youks, Algeria

### INTRODUCTION

Benthic macroinvertebrates are generally used as biological indicators to elucidate the impact of changes in environmental characteristics and the ecological strategies of different species to 'restore' some of these characteristics (Dolédec and Statzner, 1994; Townsend *et al.*, 1994; Vaillant, 1998). This structure is well studied in Europe and North America (Wohl *et al.*, 1995; Chaib *et al.*, 1995; Guinand *et al.*, 1996; Hawkes, 1979; Verneaux, 1982; Jacobsen *et al.*, 1997). Nevertheless, the available work on North Africa, generally limited in space and time, is most often devoted to systematics and rarely to their ecology or biogeography (Berthelemy, 1973; Boumaiza and Thomas, 1986; Boumaiza and Clergue-Gazeau, 1986; Dakki and Thomas, 1986; Malicky and Lounaci, 1987; Bouzidi and Giudicelli, 1987; Gagneur and Thomas, 1988; Gagneur and Clergue-Gazeau, 1988; Clergue-Gazeau, Lek and Lek, 1991; Moubayed *et al.*, 1992; Boumaiza, 1994; Lounaci-Daoudi, 1996; Raviart, 1998; Lounaci *et al.*, 2000; Mebarki, 2001; Arab *et al.*, 2004; Lounaci, 2005; Lounaci and Vinçon, 2005). Research on the

populations and ecology of invertebrates in Algeria's continental aquatic ecosystems was scarce and incomplete until the 1980s. It was only after the 1980s that several studies were carried out in different regions of the country (Merzoug *et al.*, 2010; Arab *et al.*, 2004; Belaidi *et al.*, 2004). So far, in North Africa, very few studies on the spatial organization and structure of benthic communities have been carried out (Khammar *et al.*, 2019). However, this region seems to be very interesting and could, due to the climatic constraints specific to these environments very different from the conditions in southern Europe, induce strong differences. The main objectives of this study are to determine the spatial organization and structure of invertebrate communities according to environmental characteristics.

### Study Area

#### Geographical Location (Hammamet)

The region of El Hammamet (Youks, the baths) has a surface area of 375 km<sup>2</sup>, its geographical coordinates are: 35° 26' 54" North, 7° 52' 11" East

(Fig.1). The stations of my studies are located between the altitude of 950m to 1050m. It is limited to the North by Morsott, to the East by Tébessa, to the South by Chéria and to the West by Meskiana. The region is characterized by different types of relief: mountains, hills and plains. The study region belongs to the domain of the Eastern Saharan Atlas, on the Algerian-Tunisian borders, precisely the Tébessa Mountains, which constitute the eastern part of the Nemmemcha Mountains. The Saharan Atlas constitutes a chain extended from southwest Algeria to the Tunisian border. The study focussed on the eastern part of this area (eastern Saharan Atlas), in the region of Hammamet. This region belongs to the semi-arid bioclimatic stage, characterized by a cold winter and a very hot summer.

### The Choice of Biological Sampling Point

We have chosen these quotations according to the objective of the study. To do this, we selected ten (10) points based on their characteristics (flow, flora density, depths, bed width), and then put a small flag as a marker for each station and habitat. Sampling was done from the month of February 2018 to January 2019. Seasonal wildlife samples were carried out with a net collector.

The wildlife harvested during each sampling was fixed in place where 98% pure ethanol was used, and then extracted, sorted, counted and finally identified in the laboratory. The settlement of the origin aboveground, which is usually formed by the larvae of immature insects, so, the wildlife aboveground was determined only at the level of the family.

## RESULTS

### Global Fauna Composition

The analysis of fauna of 10 stations in the region of the study revealed that these ecotones are home to aquatic fauna which average taxonomic richness is close to 14.8 taxa by the station, but actually varies from 14 to 22 taxa from one station to the other. Four zoological groups were represented in our collections. They include the insects that are most plentiful (51%), crustaceans (28%), molluscs (Gastropods) (18%) and Leeches (3%). (Fig. 2).

### Taxonomic Richness

The analysis of figure 3 relating to the spatial distribution of the taxonomic richness, shows a variation of the wealthy taxonomy from one station

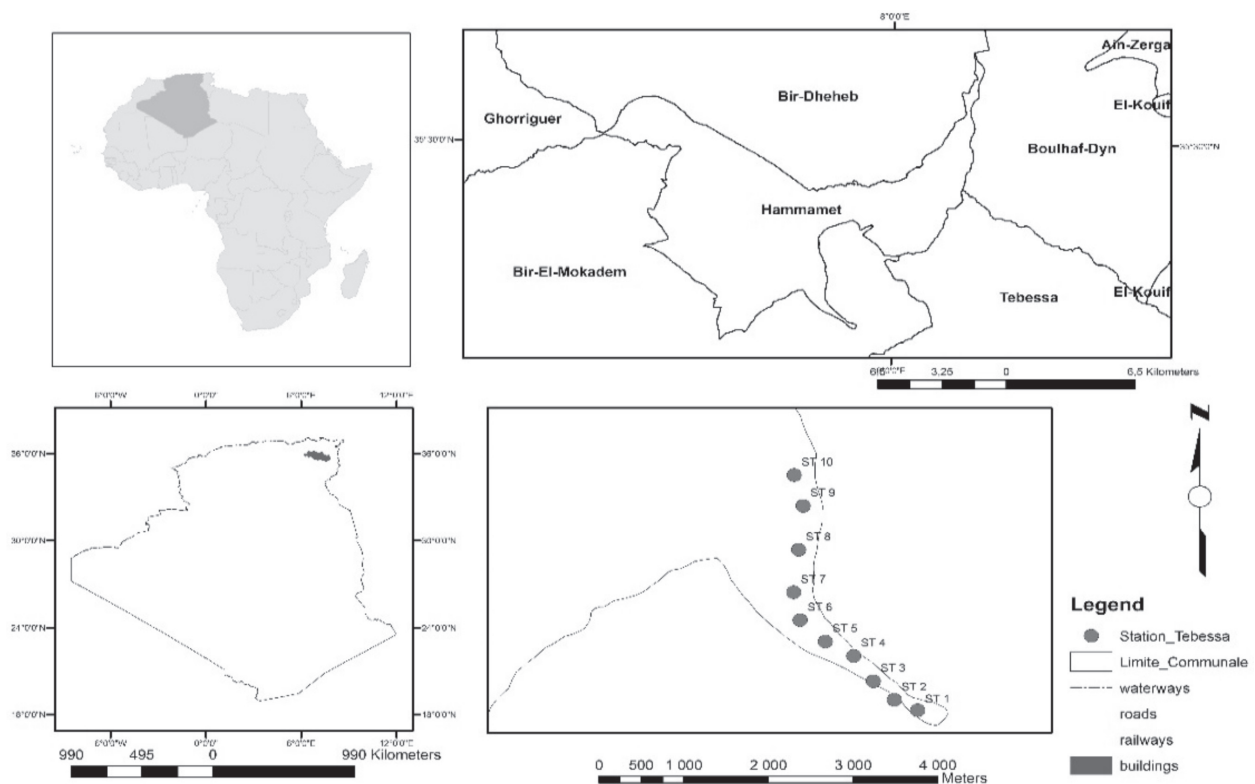


Fig. 1. Geographical location of Ouad Youks.

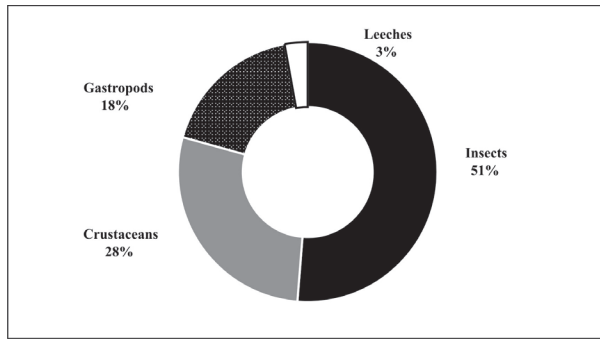


Fig. 2. General Structure of Zoological groups.

to another. There were a total of 22 taxa, the number of taxa fluctuated between a minimum of 14 taxa collected in the station ST6 and ST8, a maximum of 22 taxa collected in station ST1. The majority of the stations have delivered more than 19 taxa (ST1, ST2, ST3, ST4, ST5 and ST9). Others have delivered only 14 to 19 taxa like the ST6, ST7, ST8 and ST10.

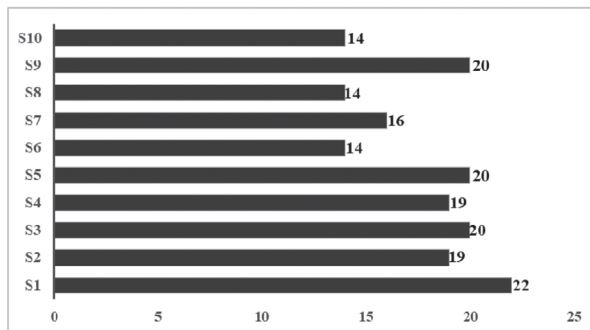


Fig. 3. Spatial Variation of the taxonomic richness of wildlife harvested in the different resorts.

**Abundance**

The Ephemera Heptageniidae is the taxon dominant in these habitats with 616 individuals. However, the molluscs (Gastropods) Planorbidae ranked second with a population of 600 individuals, finally, the amphipods Echinogammaridae: “*Echinogammarus haraktis*” and *Echinogammarus n.sp.* can be found in all of the studied stations, it presented some resistance to pollution with 562 and 533 individuals for each. (Fig. 4).

**Diversity Index**

The analysis of the diversity (Fig. 5) between the different stations measured by the Shannon Index, shows a variation between 2.09 and 2.71, the highest value was marked in station S4. This shows that the groupings described within this station are more diversified in species, while the lowest value was

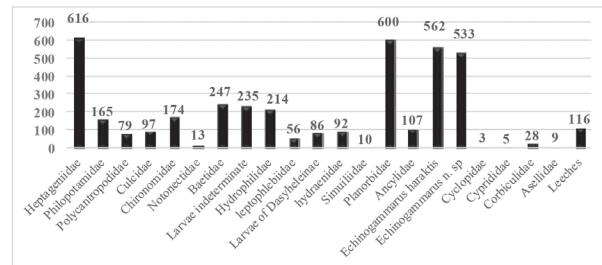


Fig. 4. Spatial Variation in the number of individuals of wildlife harvested in the different stations.

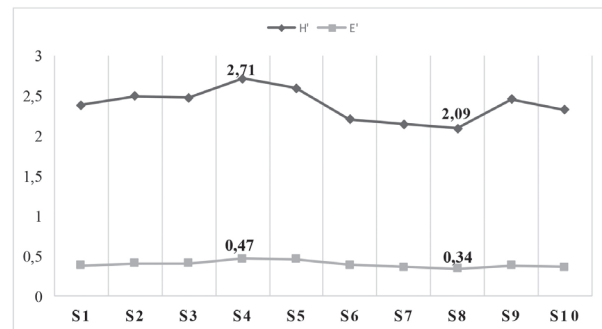


Fig. 5. Variation in diversity and equitability of wildlife harvested.

recorded in station S4 shows a low species richness. Equitability Index varies between 0.34 in ST4 and 0.47 in S4. These results show that station S4 is the most diversified and balanced in the set of stations studied.

**DISCUSSION**

Oued Youks is a very complex watercourse seen that this one is located between 2 rocky mounts of djebel Bouakous (more than 1300 metres of altitude) of major importance which constitutes a reservoir of faunistic and floristic biodiversity with species of various biogeographical origins.

In addition, the main causes of pollution are the dissolution of organic matter in water, animal dejected that live on the banks of the wadi, fertilizers and chemicals used in the gardens near the wadi, organic pollution that comes from plant or animal waste, or that is caused by the dissolution of organic matter in water or by natural phenomena.

The studies carried out through the sampling of 10 Youks wadi stations, allowed us to identify a wide range of macroinvertebrates. The global biodiversity contains 22 taxa and 4064 individuals collected during this study. The richness studied in the stream of the study area remains lower than that recorded in the region of Greater Kabylia (Lounaci,

1987), as well as that obtained in the region of Béchar (Hamzaoui, 2015), but it is higher than that recorded in the Tafna region (Sifi, 2014) and that recorded in the Soummam watershed (Zouggaghe and Moali, 2009). This high number of taxa is probably the result of the increase in the number of species collected in the sampling efforts which are mostly of surface origin. These were mainly aerial fauna. The studies carried out through sampling included groups of insects that represent the majority of taxa collected such as: Ephemeroptera, Diptera and Coleoptera, Trichoptera and Hemiptera. After insects, we find amphipods, such as Gammarens, to a lesser extent Cyclopidae and Cyprididae. Molluscs are poorly represented by the Planorbidae, Ancyliidae and Corbiculidae, and finally come the leeches.

17 most frequent families are presented in most of the stations especially Heptageniidae, Planorbidae, Gammarens, the 5 other families such as Simuliidae, Cyclopidae, Cyprididae and Asilidae appear in 2 to 5 stations.

The presence of these species depends on the structural diversity of the biotopes, the substrate is quite varied along the longitudinal profile but very little diversified within the station, and also the influence of some environmental factors (altitude; geomorphology of the rivers; anthropic action) on the biodiversity of these environments.

Although insects represent the majority of taxa collected (51.50%), the order Ephemeroptera (43.90%) are more abundant, where the dominant family is Heptageniidae with a relative abundance of 67.02 %, which are remarkably native to mountainous areas, they generally live on and under a hard substratum (stones, pebbles, boulders), the large number of specimens captured is probably due to a strong vegetation cover in stations S1,S2, S8,S9,S10 followed by Diptera (25.08%) which have a great capacity to colonize polluted and unpolluted biotopes (Khammar *et al.*, 2019), They are invertebrates known for their tolerance to pollution and generally prefer high temperatures (Sabrina, 2011), which is what we have observed that they are abundant mainly in the summer period, the family Diptera is the most dominant family Chironomidae, with an abundance of 33.14%, At the time of emergence and reproduction, adults often form at the edge of the wadi, Chironomidae is found in the larval stage in almost all stations including in tree cavities, decaying vegetation, soil. In addition, some species

of epigenetic origin are present in the majority of the stations studied, such as Diptera larvae (44.76%). Coleoptera present in abundance (18.73%), Hydrophilidae 54.59% are found in stations S1, S2, S3, S4, S8, S9, S10 but absent in stations S5, S6, S7 because they prefer areas with high vegetation cover, followed by Trichoptera (11.66%) which are adapted to life in fresh water. Philopotamidae are found in abundance (67.62%) in all stations, living among the rocks, they feed exclusively on plants (Noyes, 1914; Nielsen, 1942; Jones, 1949). And finally, the order Hemiptera present by a small number Only the family Notonectidae which does not adapt to this type of environment.

After insects come the amphipods with a wide distribution in all stations with a relative abundance of 27.14% where we find the Gammarens (99.27%) are more numerous at the edge of fresh water and occupy all types of habitats: from lotic to lentic. In our study region, all species were found in Algeria, only *Echinogammarus haraktis* was caught at all stations and a lack of a few families at most of the stations studied that do not prefer this type of environment such as Cyprididae and Cyclopidae. It should also probably be pointed out that a new species is found in cohabitation with *E.haraktis*, is an *Echinogammarus* belonging to the *Echinogammarus-simoni* group (Ayati *et al.*, 2019). And after amphipods we find molluscs which prefer this type of water very rich in oxygen, and are never abundant in continental aquatic environments. Calcium content and the nature of the substrate are the predominant factors of proliferation (Ghamizi, 1998; Koramoko, 2009). Only 17.81% are represented in our crops. The family Planorbidae with an abundance of 85.22%, followed by Ancyliidae and Corbiculidae, their rarity would be related to the sampling methods (Haicha, 2012), or the disturbances observed in the areas of these stations result in a modification of the substrate, that is why the number of species is low.

Finally, leeches live in freshwater environments, their abundance is 2.85%, which is very low and is due to sampling methods.

The frequency of the fauna in the stations of the study area can indicate that the water quality is good, and this explains to us that these species are bioindicators, especially the great richness in families of the Gammarens and Ephéméroptères are naturally synonymous that proves the very good quality of the environment in which they are found.

In these study environments the diversity of

fauna is maximal, and this horizontal distribution is a response to the various feeding patterns and differences in association with the surface environment and different life cycles, where this type of permanent streams remains relatively well fed. Indeed, this Wadi offers a great biological diversity, a high density of taxa and shelters most of the taxa sensitive to pollution. It is more interesting to maintain this living environment for a continuity of biodiversity and environmental quality.

## REFERENCES

- Arab, A., Lek, S., Lounaci, A. and Park, Y.S. 2004. Distribution patterns of benthic macroinvertebrates in an intermittent river. *Annls. Limnol.* 40 (4): 317-327.
- Belaidi, N., Taleb, A. and Gagneur, J. 2004. Composition and dynamics of hyporheic and surface fauna in a semi-arid stream in relation to the management of a polluted reservoir. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*. 40 (3) : 237-248). EDP Sciences.
- Berthélemy, C. 1973. Données préliminaires sur les Plécoptères de Tunisie : Avec un tableau dans le texte. Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte *Limnologie: Verhandlungen*. 18 (3): 1544-1548.
- Boumaiza, M. 1994. Recherches sur les eaux courantes de Tunisie. Faunistique, Ecologie et Biogéographie. Insecta, Plecoptera. Thèse de doctorat d'Etat es-Sciences Biologiques. *Fac. Sc. Tunis*. 191-202.
- Boumaiza, M. and Clergue-Gazeau, M. 1986. Le peuplement simuliidien de la Tunisie : I. Inventaire faunistique et biogéographie (Diptera-Nematocera). In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*. 22(1) : 31-39. EDP Sciences.
- Boumaiza, M. and Thomas, A. G. B. 1986. Répartition et écologie des Ephéméroptères de Tunisie (1ère partie) (Insecta, Ephemeroptera). *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*. 63 (4) : 567-599.
- Bouzidi, A. and Giudicelli, J. 1987. Contribution à l'étude faunistique et écologique des simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc. II. *Simulium* (Obuchovia) marocanum n. sp. et les espèces méditerranéennes d'*Obuchovia* Rubzov. In: *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*. 23(3) : 185-195. EDP Sciences.
- Chaib, N., Samraoui, B., Marziali, L. and Rossaro, B. 2011. Chironomid taxocenosis in a South Mediterranean wadi, the Kebir-East (Algeria). *Studi Trent. Sci. Nat.* 89 : 29-34 29
- Clergue-Gazeau, M. and Lek, S. 1991. Les Simulies d'Afrique du nord: nouvelles données sur la répartition de la faune du Maroc et biogéographie des espèces maghrébines (Diptera, Simuliidae). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*. 24 (1) : 47-59.
- Dakki, M. and Thomas, A. G. B. 1986. *Rhithrogena ayadi* n. sp., Ephéméroptère nouveau du Moyen Atlas marocain (Heptageniidae). In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*. 22(1): 27-29. EDP Sciences.
- Doledec, S. and Statzner, B. 1994. Theoretical habitat templates, species traits, and species richness: 548 plant and animal species in the Upper Rhône River and its floodplain. *Freshwater Biology*. 31(3) : 523-538.
- Gagneur, J. and Clergue-Gazeau, M. 1988. Les Simulies d'Algérie (Diptera: Simuliidae). I. Premières données biogéographiques et écologiques sur les espèces de l'Ouest-Algérien. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*. 24 (3) : 275-284. EDP Sciences.
- Gagneur, J. and Thomas, A. G. B. 1988. Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie. I. Répartition et écologie (1ère partie) (Insecta, Ephemeroptera). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*. 124 : 213-224.
- Ghamizi, M. 1998. *Les Mollusques des eaux continentales du Maroc: Systématique et Bioécologie*. Doctorate Diss, Marrakech.
- Guinand, B. Ivoll, J. M. and Tachet, H. 1996. Longitudinal distribution of Trichoptera in the Loire River (France): simple ordination methods and community structure. *Hydrobiologia*. 317 (3) : 231-245.
- Haicha, 2012. Contribution à la connaissance de la stygofaune d'Algérie. Etude de la faune des puits de la nappe alluviale de la basse Tafna. [Thèse. Magistère]. Univ. Tlemcen, Algeria.
- Hamzaoui, D. 2015. Etude de la répartition des macroinvertébrés benthiques de l'oued Saoura (wilaya de Béchar) (Doctoral dissertation).
- Hawkes, H.A. 1979. Invertebrates as indicators of water quality. In : Biological indicators of water
- Jacobsen, D. Schultz, R. and Encalada, A. 1997. Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude. *Freshwater Biology*. 38(2) : 247-261.
- Jones (J. R. E.). 1949. A further ecological study of the calcareous streams in the « Black Mountain » district of South Wales. *J. Anim. Ecol.* 18 : 142-159.
- Karamoko, M. 2009. Étude de la biologie, de l'écologie et du comportement d'un escargot terrestre d'intérêt économique, *Limicolaria flammea* Müller, 1774, en milieu d'élevage. (Thèse de doctorat unique). Université de Cocody-Abidjan, Ivory Coast.
- Khammar, H., Hadjab, R. and Merzoug, D. 2019. Biodiversity and distribution of groundwater fauna in the Oum-El-Bouaghi region (Northeast of Algeria). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 20(12).
- Khaoula, A., Ramzi, H., Hichem, K., Sonia, D., Christophe, P. and Ezzeddine, M. 2019. Origin, diversity and distribution of freshwater epigeal amphipods in

- Maghreb. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*. 55 : 13. EDP Sciences.
- Lounaci, A. 1987. Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aissi (Grande Kabylie) (Doctoral dissertation, Alger).
- Lounaci, A. 2005. Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie) (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat d'état en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou (Algérie)).
- Lounaci, A. and Vinçon, G. 2005. Les Plécoptères de la Kabylie du Djurdjura (Algérie) et biogéographie des espèces d'Afrique du Nord (Plecoptera). Article in French]. *Ephemera*. 6 : 109-124.
- Lounaci, A., Brosse, S., Thomas, A. and Lek, S. 2000. Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the Sébaou wadi. In *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology*. 36(2) : 123-133. EDP Sciences.
- Lounaci-Daoudi, D. 1996. Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou (Doctoral dissertation, Thèse de Magister, Université de Tizi-Ouzou).
- Malicky, H. and Lounaci, A. 1987. Beitrag zur Taxonomie und Faunistik der Köcherfliegen von Tunesien, Algerien und Marokko (Trichoptera). *Opuscula Zoolog. Fluminensia*.
- Mebarki, M. and Lounaci, A. 2001. Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (parc National du Djurdjura, Oued Sébaou et Oued Boghni) [ressource textuelle, sauf manuscrits] : faunistique, écologie et biogéographie des macroinvertébrés benthiques.
- Merzoug, D. Khiari, A. Boughrous, A. A. and Boutin, C. 2010. Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est algérien). *Hydroécologie Appliquée*. 17 : 77-97.
- Moubayed, J., Ait-Mouloud, S. and Lounaci, A. 1992. Les Chironomidae (Diptera) d'Algérie. I : Bassin de l'Oued Aissi (Grande Kabylie). *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*. 41 (1) : 21-29.
- Nelson, S.M. and Lieberman D.M. 2002. The influence of flow and other environmental factors on benthic invertebrates in the Sacramento River, USA. *Hydrobiologia*. 489 : 117-129
- Nielsen, A. 1942. Über die Entwicklung und Biologie der Trichopteren mit besonderer Berücksichtigung der Quelltrichopteren Himmerlands. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 17 : 255-631.
- Noyés, A. 1914. The Biology of the net spinning trichoptera of cascadilla creek. *Ann. Ent. Soc. Am.* 7 (4): 251-272 + 3 pl. quality. T.A. Evison (ed.), J. Wiley and Sons, London, pp 2: 1-2.45.
- Raviart, P. A., Thomas, J. M., Ciarlet, P. G. and Lions, J. L. 1986. Introduction à l'analyse numérique des équations aux dérivées partielles (Vol. 2). Paris : Dunod.
- Sabrina, H. 2011. Recherches sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie. Université de Tizi Ouzou, Algeria.
- Sifi, A. 2014. La dynamique de la faune aquatique dans une zone de source cas de l'Oued Chouly.
- Thomas, A.G.B. 1998. A provisional checklist of the Mayflies of North Africa (Ephemeroptera). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*. 134 : 13-20.
- Townsend, C.R. and Hildrew, A.G. 1994. Species traits in relation to a habitat temple for river systems. *Freshwater Biology*. 31 : 265-275.
- Vaillant, F. 1955. Recherches sur la faune madicole de France, de Corse et d'Afrique du Nord. *Mem. Mus. Hist. Nat., Paris (Zool.)*. 11 : 258.
- Verneaux, J. Coll. 1982. Une nouvelle methode pratique d'évaluation de la qualite des eaux courantes. Un indice biologique de qualite generale (IBG). *Ann. Sc. Univ. Franche-Comte Besancon, Biol. Anim.* 4(3): 11-21.
- Wohl, D. L., Wallace, J. B. and Meyer, J. L. 1995. Benthic macroinvertebrate community structure, function and production with respect to habitat type, reach and drainage basin in the southern Appalachians (USA). *Freshwater Biology*. 34 (3) : 447-464.
- Zougaghe, F. and Moali, A. 2009. Variabilité structurelle des peuplements de macro-invertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie, Afrique du Nord). *Revue d'écologie*.