

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AMAR TELIDJI – LAGHOUAT
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie

Spécialité : Ecologie Végétale et Environnement

**Contribution à l'étude des communautés des macro-invertébrés
benthiques dans la région de Laghouat : cas de l'Oued El-Ghicha**

Présenté par :

- **BOUGRINE INES**
- **OMAR SOUHA**

Devant le jury composé de :

- | | | |
|--------------------------|---------------------------------|------|
| ➤ Président : | Dr. Youcefi Mostapha Naceur | UATL |
| ➤ Examinatrice : | Dr. Abdesselam Amira | UATL |
| ➤ Encadreur : | Dr. Bensouilah soufyane | UATL |
| ➤ Co- Encadreur : | Dr. Benyahia Mohammed Elsseddik | UATL |

Juin 2024

REMERCIEMENT

TOUT d'abord, nous tenons à remercier **Dr. Bensouilah Soufyane**, notre encadreur, qui nous a encouragé, pour ses conseils avisés et son suivi de près de ce mémoire. Nous tenons à lui exprimer notre profonde gratitude pour sa disponibilité pour répondre à nos interrogations et nos incertitudes malgré un emploi du temps toujours chargé, pour le temps consacré aux corrections du manuscrit, pour ses idées scientifiques enrichissantes, sa gentillesse, sa bonne humeur et son soutien scientifique et moral.

Nous tenons aussi à présenter nos humbles remerciements aux membres de jury

Dr Youcffi Mostapha, pour l'immense privilège qu'il nous fait en acceptant de présider ce jury.

Dr. Abdesselam Amira, pour l'immense privilège qu'il nous fait en acceptant d'examiner ce travail.

On remercie particulièrement **Dr Benyahia Mohammed Elsseddik**, notre Co-encadreur pour sa disponibilité attentive, pour son soutien scientifique et moral, ainsi pour son suivi et encouragement tout au long de ce travail.

Sans oublier de remercier tous les enseignants d'écologie végétale et environnement.

DÉDICACES INÈS

**Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné le courage, la force.
Et la patience d'achever ce travail.**

Je me dédie ce succès et je voudrais me remercier pour ce qu'il est maintenant. Vous prierez parce que vous le méritez.

À mes côtés fidèles, à celle dont les prières ont été la raison de ma réussite et le baume de mes blessures, à mon ange dans la vie, ma Mère.

Que Dieu prolonge ta vie et accorde à ton cœur tout ce qu'il désire.

À celui dont je porte le nom, mon Père, merci pour tout ce que tu m'as donné.

À Habib, Yazid et Islem bien-aimé, à mon petit soutien, au meilleur de mes jours, et à celui qui m'a tendu la main dans ma faiblesse, je te souhaite prospérité et réussite dans la vie.

À mes amis de toujours : Sabah, Hiba, Younes, Mohamed, Aboubakar, Bachir et ma Promo. En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

À ma chère sœur Souha et la meilleure Irym dans ma vie.

Mes chères Sabah et Hiba nous avons partagé l'adversité et elles sont un espoir pour moi et pour terminer ma carrière d'étude j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout le temps,

À Mon khalo Mostapha.

DÉDICACES SOUHA

C'est avec un très grand honneur que je dédie ce travail :

A ma mère Fadila et à mon père Abdelghani qui n'ont jamais cessé de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes respects, ma reconnaissance et mon profond amour. Que dieux les protège et leur accords une longue vie pleine de santé et de bonheur.

A mon homme Mahieddine pour son soutien moral et ses conseils précieux tout au long de mes études.

A ma petite fille Irym.

A mes chers frères Mouhamed rafik et Ahmed taha et Adil.

A ma chère tante Siham.

A ma sœur que la vie m'a offert Ines.

A mes cousines et cousins et toute ma famille.

A mes copines : Arwa, Fatma, Aicha, Khouloud, Youssra, Asma, Rayane, Karima je suis tellement chanceuse de vous avoir dans ma vie.

A mes chères : Youssra, Yessmine et Rokia, qui ont fait de cette année une année très spéciale.

Résumé

Cette étude s'est intéressée à la biodiversité et à la structure des communautés de macro-invertébrés dans l'oued El-Ghicha, situé dans la région semi-aride du nord-ouest de l'Algérie. Un total de 1258 macro-invertébrés d'individues appartenant à 10 taxons ont été identifiés sur cinq stations d'échantillonnage. Les insectes constituaient le groupe le plus diversifié, tandis que les annélides et les mollusques n'étaient représentés que par un seul taxon chacun. La variabilité des communautés a été analysée à la fois Spatiotemporellement . L'étude a révélé une diversité faunistique notable, les arthropodes dominant la communauté avec 98,29% des individus capturés. Les insectes étaient le groupe le plus abondant, les éphéméroptères étant le taxon dominant. La richesse et l'abondance des macro-invertébrés variaient entre les stations et les mois, reflétant des conditions écologiques et des habitats distincts. L'indice de diversité de Shannon a indiqué que les stations 3 et 2 présentaient la plus grande diversité d'espèces, tandis que la station 5 affichait la plus faible diversité. L'équitabilité des abondances a révélé que la station 2 présentait la répartition la plus équilibrée des espèces, tandis que les stations 4 et 5 affichaient une domination plus marquée par quelques espèces. Cette étude fournit des informations précieuses pour comprendre le fonctionnement de l'écosystème aquatique et pour mettre en place des mesures de gestion et de conservation.

Mots clés : Macro-invertébrés, El-Ghicha, Communauté, Richesse spécifique, diversité taxonomique.

Abstract

This study focused on the biodiversity and community structure of macro-invertebrates in the El-Ghicha wadi, located in the semi-arid region of northwestern Algeria. A total of 1,258 macro-invertebrate individuals belonging to 10 taxa were identified across five sampling stations. Insects constituted the most diverse group, while annelids and mollusks were each represented by only one taxon. The variability of the communities was analyzed both Spatiotemporally . The study revealed notable faunal diversity, with arthropods dominating the community, comprising 98.29% of the individuals captured. Insects were the most abundant group, with mayflies being the dominant taxon. The richness and abundance of macro-invertebrates varied between stations and months, reflecting distinct ecological conditions and habitats. The Shannon diversity index indicated that stations 3 and 2 exhibited the greatest species diversity, while station 5 showed the lowest diversity. The evenness of abundances revealed that station 2 had the most balanced species distribution, while stations 4 and 5 displayed a more marked dominance by a few species. This study provides valuable information for understanding the functioning of the aquatic ecosystem and for implementing management and conservation measures.

Keywords: invertebrate macros, El-Ghicha, Community, Species richness, Taxonomic diversity

ملخص

اهتمت هذه الدراسة بالتنوع البيولوجي وبنية مجتمعات اللاقاريات الكبيرة في وادي الغيشة، الواقع في المنطقة شبه الجافة من شمال غرب الجزائر. تم تحديد ما مجموعه 1258 فرداً من اللاقاريات الكبيرة التي تنتمي إلى 10 فئات في خمس محطات أخذ عينات. كانت الحشرات تشكل المجموعة الأكثر تنوعاً، في حين كانت الحلقيات والرخويات ممثلة بفئة واحدة لكل منهما. تم تحليل تباين المجتمعات زمانياً ومكانياً. كشفت الدراسة عن تنوع حيواني ملحوظ، حيث هيمنت المفصليات على المجتمع بنسبة 98.29% من الأفراد الملتقطين. كانت الحشرات المجموعة الأكثر وفرة، وكانت ذوات الأجنحة القصيرة الفئة السائدة. تنوع ووفرة اللاقاريات الكبيرة تفاوتت بين المحطات والأشهر، مما يعكس الظروف البيئية والموائل المتميزة. أشار مؤشر تنوع شانون إلى أن المحطتين 3 و2 أظهرتا أكبر تنوع في الأنواع، في حين أظهرت المحطة 5 أقل تنوع. أظهر تساوي الوفرة أن المحطة 2 كانت تحتوي على التوزيع الأكثر توازناً للأنواع، في حين أظهرت المحطتان 4 و5 هيمنة أكثر وضوحاً من قبل بعض الأنواع. توفر هذه الدراسة معلومات قيمة لفهم عمل النظام البيئي المائي ولتطبيق إجراءات الإدارة والحفاظ.

كلمات مفتاحية: كائنات دقيقة لافقرية ، الغيشة، المجتمع، ثراء الأنواع، التنوع التصنيفي.

Liste des abréviations

(MOPG) : Matière organique particulaire grossière.

(MOPF) : Matière organique particulaire fine.

(C°) : Degrée Celsius.

(µm) : Micromètre.

(pH): Potentiel hydrogène.

(MDDEP) : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

(Nb.T) : Nombres Total.

(F.O) : fréquence d'occurrences

Liste de Figures

Figure 1 : Larve (Cliché original, 2024).....	10
Figure 2 : La morphologie générale d'une larve	10
Figure 3 : La morphologie d'une Diptère (Moisan, 2010).....	11
Figure 4 : Larve et Nymphes d'un diptère (Cliché original, 2024).	11
Figure 5 : La morphologie d'une Plécoptère (Moisan, 2010).....	12
Figure 6 : La morphologie d'une Lépidoptère (Moisan, 2010).	13
Figure 7 : Une Lépidoptère (Cliché originale, 2024)	13
Figure 8 : Notonectidae (Cliché originale, 2024)	14
Figure 9 : La morphologie d'une Notonectidae (Moisan, 2010)	14
Figure 10 : Trichoptères (Cliché originale, 2024)	15
Figure 11 : La morphologie d'une Trichoptères (Moisan, 2010).....	15
Figure 12 : Annélides – Oligochètes (Cliché originale 2024).....	16
Figure 13 : La morphologie des annélides – Oligochètes (Moisan, 2010).....	16
Figure 14 : Coléoptères (Cliché originale, 2024)	17
Figure 15 : Gastropode (Cliché originale, 2024).....	18
Figure 16 : La morphologie d'une Gastropode (Moisan, 2010).	18
Figure 17 : Crustacé (Cliché originale, 2024)	19
Figure 18 : La morphologie d'un crustacé (Moisan, 2010).	19
Figure 19 : Carte de situation administrative de la wilaya de Laghouat.....	21
Figure 20 : Photo représentative de la station d'étude. (Cliché Original, 2024).	22
Figure 21 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de LAGHOUAT (Découpage Administratif de l'Algérie & Monographie, 2008).....	24
Figure 22 : Variation des précipitations moyenne mensuelles dans la région d'Aflou	26
Figure 23 : Le régime pluviométrique saisonnier d'Aflou (2008.2018).....	27
Figure 24 : Situation de la région d'Aflou sur le Climagramme d'Emberger (1955).30	
Figure 25 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région.	31
Figure 26 : Tamis de largeur (500 microns).	33
Figure 27 : Des flacons en plastique.	33
Figure 28 : Une loupe binoculaire.	34
Figure 29 : pince.	34
Figure 30 : Guide entomologique.	34
Figure 31 : Flacon.	34
Figure 32 : Boites de pétri.	34
Figure 33 : Localisation des stations (Google earth ,2024).	36
Figure 34 : Disposition du filet troubleau et délimitation du coup de filet.....	37
Figure 35 : La prise des échantillons.	39
Figure 36 : Le tri et l'identification des échantillons.....	39
Figure 37 : Répartition Globale des invertébrés	43
Figure 38 : Répartitions Globales des Arthropodes	44
Figure 39 : Répartitions Globales des insectes	44
Figure 40 : Variation temporelle de la richesse Spécifique de macros invertébrées entre les 5 stations du site d'étude.	45
Figure 41 : La richesse Spécifique de macros invertébrées.....	46

Liste de Figures

Figure 42 : l'abondance de macros invertébrées dans la station 1.....	46
Figure 43 : l'abondance de macros invertébrées dans la station 2.....	47
Figure 44 : l'abondance de macros invertébrées dans la station 3.....	48
Figure 45 : l'abondance de macros invertébrées dans la station 4.....	48
Figure 46 : l'abondance de macros invertébrées dans la station 5.....	49
Figure 47 : La phénologie dans la station 1.	50
Figure 48 : La phénologie dans la station 2.	51
Figure 49 : La phénologie dans la station 3.	52
Figure 50 : La phénologie dans la station 4.	53
Figure 51 : La phénologie dans la station 5.	53
Figure 52 : Variation spatiale de l'indice de Shannon de macros invertébrées.	55
Figure 53 : Variation spatiale de l'indice d'équitabilité de macros invertébrées.....	56

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Précipitations moyennes mensuelles (2008-2018).	25
Tableau 2 : Régime pluviométrique saisonnier de la station d'Aflou (2008.2018)....	26
Tableau 3 : Variation des températures dans la période (2008-2018).	27
Tableau 4 : Les coordonnées des stations (GPS).	35
Tableau 5 : Calendrier de prélèvement.	36
Tableau 6 : Listes des taxa faunistiques d'Oued El-Ghicha	42
Tableau 7 : Les indices de diversité.	54

Sommaire

Remerciment

Dédicaces

Resumé

Abstract

ملخص

Chapitre 1 6

Généralité sur les macros invertébrées benthiques 6

1.1 . Définition de macros invertébrées :7

1.2. Morphologie :7

1.2.1. La tête : 7

1.2.2. Le thorax : 7

1.2.3. L'abdomen : 7

1.3. Importance de la macro invertébrée benthique :8

1.3.1. Effets de la pollution sur les macros invertébrées benthiques : 8

1.3.2. Macros invertébrés et transformation de la matière organique : 8

1.4. Avantages des macros invertébrées dans les cours d'eau :9

**1.5. Présentation de quelques groupes des macros invertébrées
benthiques :9**

1.5.1. Les Ephemeroptères : 9

1.5.2. Les Diptères : 10

1.5.3. Les Plécoptères : 12

1.5.4. Lépidoptères : 13

1.5.5. Notonectidae : 13

1.5.6. Trichoptères: 14

1.5.7. Annélides – Oligochètes : 15

1.5.8. Les Coléoptères : 16

1.5.9. Les Gastropodes : 17

1.5.10. Les crustacés : 18

Chapitre 2 20

Présentation de la zone d'étude 20

1. Situation géographique :21

Sommaire

2. Flore et végétation :	22
3. Pédologie :	23
4. Géologie et Géomorphologie :	23
5. Hydrogéologie :	23
6. Caractérisation bioclimatique :	25
6.1. Précipitation :	25
6.1.1. Pluviométrie annuelle moyenne :	25
6.1.2. Régime saisonnier :	26
6.2. Température :	27
6.2.1. L'amplitude thermique :	28
6.3. Synthèse climatique :	28
6.3.1. L'indice de De Martonne :	28
6.3.2. Climagramme d'Emberger :	29
6.3.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen :	30
Chapitre 3	32
Matériel et Méthodes	32
1. Matériel de terrain :	33
2. Matériel de laboratoire :	33
3. Méthodes de travaux :	35
4. Calendrier de prélèvement :	36
5. Plan d'échantillonnage :	36
6. Méthode d'échantillonnage de la faune benthique :	37
7. Protocole et Stratégie d'échantillonnage :	37
8. Le tri des échantillons :	38
8. Saison d'échantillonnage :	38
10. Analyse des données :	40
10.1. L'abondance :	40
10.2. La richesse spécifique S :	40
10.3. Indice de Shannon-Weaver H' :	40
10.4. L'Equitabilité E :	41
Chapitre 4	41
Résultats et discussion	41

Sommaire

<i>Résultats</i> :	42
1. Checklist des taxa faunistiques :	42
2. Analyses des taxons faunistiques récoltés :.....	43
3. Richesse Spécifique :.....	45
4. L'abondance de macros invertébrées :	46
4.1. En General sur l'abondance de macros invertébrées dans les stations étudiées :	49
5. La phénologie des taxa faunistiques au niveau des sites d'études :	49
5.1. En General sur La phénologie des stations étudiées :.....	54
6.1. Indice de Shannon et d'équitabilité :.....	54
6.1.1. L'indice de Shannon Weaver (H') :.....	54
6.1.2. Indice d'équitabilité :	55
<i>Discussion</i>	57
Conclusion et Perspectives	61
Conclusion :	62
Perspectives :	63
Références bibliographiques	64

Introduction

Introduction

Depuis le 19^{ème} siècle, les cours d'eau, en particulier dans les pays industrialisés, subissent une dégradation importante due à divers types de pollution (industrielle, urbaine et agricole). Face à cette situation, plusieurs pays ont mis en place des programmes de surveillance de l'intégrité biologique des cours d'eau afin d'évaluer la qualité des eaux de surface et la santé des écosystèmes aquatiques. Ces programmes s'appuient principalement sur l'étude des communautés de macro-invertébrés benthiques, des organismes vivant au fond des cours d'eau et sensibles aux perturbations environnementales. Les cours d'eau méditerranéens se distinguent par un régime hydrologique irrégulier marqué par des fluctuations brutales des débits. Le cycle annuel se caractérise par un pic au printemps et en automne, suivi d'une période d'étiage sévère en été (**Giudicelli et al, 1985**).

En Algérie, l'eau est une ressource d'une importance capitale en raison de sa rareté et de son cycle perturbé et déséquilibré. Les organismes aquatiques qui peuplent ces milieux fragiles présentent des préférences et des exigences spécifiques vis-à-vis des divers facteurs biotiques et abiotiques qui les entourent. Toute modification de ces facteurs, même minime, peut entraîner des perturbations significatives au sein des communautés aquatiques (**Ferguani et Arab, 2013**). En d'autres termes, la vulnérabilité des ressources en eau algériennes et l'équilibre précaire des écosystèmes aquatiques rendent ces derniers particulièrement sensibles aux changements environnementaux. Toute altération des facteurs biotiques et abiotiques, tels que la température, la salinité, la composition chimique de l'eau ou encore la présence de polluants, peut avoir des conséquences néfastes sur les communautés d'organismes aquatiques et perturber leur fonctionnement (**Ferguani et Arab, 2013**).

Au cours des dernières décennies, des efforts considérables ont été déployés en Algérie pour étudier la faune des macro-invertébrés benthiques des cours d'eau. Ces recherches visent à dresser un inventaire complet de ces organismes, à approfondir nos connaissances sur leur taxonomie, leur écologie et leur biogéographie (**Haouchine, 2011**).

Les macro-invertébrés benthiques constituent d'excellents indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques en raison de leur grande diversité et de leur sensibilité variable aux perturbations environnementales telles que la pollution et la dégradation

Introduction

de l'habitat. En effet, ces organismes occupent une place essentielle au sein des cours d'eau, jouant un rôle crucial dans les chaînes alimentaires en servant de nourriture à de nombreuses espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux (**Moisan et al., 2010**).

En d'autres termes, les macro-invertébrés benthiques s'avèrent être des sentinelles précieuses de l'état des cours d'eau. Leur présence, leur abondance et leur diversité permettent d'évaluer la qualité de l'eau et l'intégrité des écosystèmes aquatiques. De plus, leur rôle nutritionnel fondamental dans les réseaux trophiques aquatiques renforce leur importance écologique (**Moisan et al., 2010**).

Les écosystèmes les plus complexes et les plus dynamiques sont les cours d'eau. Ils sont cruciaux pour préserver la biodiversité, le fonctionnement des organismes et le cycle de la matière organique. Les activités humaines ont eu un impact plus ou moins significatif sur les réseaux hydrographiques du monde entier. La régression des espèces, la diminution des stocks de poissons, l'épuisement des eaux souterraines et la dégradation de la qualité de l'eau sont tous des effets anthropiques sur la plupart des cours d'eau (**Dynesius et Nilsson, 1994 ; Everard et Powell, 2002**).

Les biocénoses aquatiques subissent une variété d'influences humaines. En effet, la quantité et la qualité de l'eau seront affectées par les changements de morphologie, d'utilisation et de propriétés physicochimiques des cours d'eau. Les populations aquatiques peuvent être confrontées à des problèmes importants en raison de la dégradation et de la fragmentation des habitats (**Dynesius et Nilsson, 1994 ; Everard et Powell, 2002**).

La fragmentation croissante des milieux en Algérie due à la complexité des hydro systèmes et à la multiplicité des perturbations anthropiques d'une part, et aux conditions climatiques difficiles (régression de la pluviométrie, élévation de la température) d'autre part. Cela a conduit à des modifications profondes et rapides des communautés d'invertébrés, entraînant une perte de diversité et des déséquilibres démographiques (**Lounaci, 2005**).

L'un des problèmes les plus alarmants auxquels sont confrontés les êtres humains est la pollution de l'eau. C'est le résultat de l'activité humaine, de la croissance et des déplacements industriels à long terme, ainsi que de l'expansion rapide des zones

Introduction

urbaines qui sont rajeunies par d'autres usages utiles ou d'autres zones dans les rivières et les vallées.

Les macro-invertébrées benthiques sont importantes dans les écosystèmes aquatiques courants. Ils nourrissent de nombreux poissons, amphibiens et oiseaux. Il s'agit d'un groupe extrêmement diversifié et les organismes qui le composent sont sensibles à différents niveaux (**Lounaci, 2005**).

Notre étude menée à Laghouat, en Algérie, avait pour objectif d'analyser la répartition des communautés de macro-invertébrés dans l'oued El-Ghicha sur une période de cinq mois (janvier-mai 2024) afin d'améliorer la qualité de l'eau. La plupart des macro-invertébrés ont été identifiés au niveau de l'ordre et nous avons analysé leur diversité et leur abondance. Ces informations sont essentiels pour évaluer la santé de l'écosystème aquatique, car ces organismes sont sensibles à la pollution et jouent un rôle vital dans la chaîne alimentaire. Comprendre leur répartition guidera les efforts futurs de protection et de gestion des ressources en eau de l'oued El-Ghicha.

L'étude s'articule en quatre chapitres distincts :

L'introduction offre une présentation générale des macro-invertébrés benthiques, en abordant notamment leur définition, leur importance écologique et leur rôle en tant qu'indicateurs de la qualité de l'eau.

Le deuxième chapitre décrit en détail la zone d'étude, l'Oued El-Ghicha, en Algérie. Cette description inclut la localisation géographique, les caractéristiques physiques et hydrologiques, ainsi que le contexte environnemental de l'oued.

Le troisième chapitre présente la méthodologie employée dans l'étude. Il détaille les techniques de collecte des échantillons, les méthodes d'identification des macro-invertébrés et les analyses statistiques réalisées.

Le dernier chapitre présente les résultats obtenus lors de l'étude, notamment la diversité et l'abondance des macro-invertébrés benthiques dans l'Oued El-Ghicha. Ces résultats sont ensuite discutés en regard des objectifs de l'étude et des connaissances actuelles sur l'écologie des macro-invertébrés benthiques.

Introduction

En conclusion, cette étude apporte une contribution précieuse à la connaissance des communautés de macro-invertébrés benthiques dans l'Oued El-Ghicha. Les résultats obtenus fournissent des informations essentielles pour l'évaluation de la qualité de l'eau et la gestion durable des ressources en eau dans la région de Laghouat.

Chapitre 1

**Généralité sur les macros invertébrées
benthiques**

1.1 . Définition des macro-invertébrées :

Sont des organismes animaux visibles à l'œil nu tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs ou des mousses et algues qui les tapissent. Ils ne possèdent pas de squelette d'os ou de cartilage (**Tachet et al., 2006**).

Les macros invertébrées sont un groupe taxonomique très diversifié qui comprend plusieurs phylums. Ce groupe présente une grande diversité de formes, ce qui lui confère une grande variété de réponses potentielles aux perturbations. En conséquence, ce groupe est un excellent candidat pour la bio-évaluation (**Rosenberg et Resh, 1993**).

Pour la plupart, ils sont à l'origine de nombreux indices biotiques basés sur l'abondance ou la richesse d'un certain nombre de groupes taxonomiques indicateurs. (**Rosenber et Resh, 1993 ; Metcalfe Smith, 1996**).

1.2. Morphologie :

La majorité des macros invertébrées benthiques sont des insectes aquatiques. En fonction de leur cycle biologique, ils sont présents dans l'eau sous différentes formes : larve, nymphe, adulte (**Bedoud, 2018**).

Leur morphologie est généralement divisée en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen.

1.2.1. La tête :

Après la fusion de six segments, cette division disparaît et se transforme en une capsule plus ou moins ovoïde. Les antennes, les yeux et les nombreux poils sensoriels situés sur les parties de la bouche ou ailleurs forment la tête, semblable à une véritable tour de contrôle (**Vincent, 2010**).

1.2.2. Le thorax :

Il est composé de trois segments, chacun portant une paire de pattes. Le prothorax est le premier segment de la tête, le mésothorax est le segment intermédiaire et le métathorax est le segment relié à l'abdomen. Lorsqu'elles sont présentes, le mésothorax et le métathorax doivent porter les ailes (**Vincent, 2010**).

1.2.3. L'abdomen :

Composé de onze articles, généralement la partie la plus grande du corps des insectes. Il est composé de la majorité de la masse des viscères, du sang, des organes respiratoires et reproductifs. Les segments qui ont disparu de la tête et qui sont souvent

Généralité sur les macros invertébrées benthiques

dissimulés par les ailes sur thorax peuvent être vus très clairement à l'abdomen (Vincent, 2010).

1.3. Importance des macro-invertébrées benthiques :

Les macros invertébrées benthiques sont une composante importante des écosystèmes aquatiques Modéré. Ils servent de nourriture à de nombreux poissons, amphibiens et oiseaux. Il s'agit d'un groupe très diversifié et les organismes qui le composent ont des sensibilités différentes à différents stress, comme la pollution ou la modification de l'habitat. Les macros invertébrées sont les organismes les plus couramment utilisés pour évaluer la santé des écosystèmes d'eau douce (Moisan, 2010).

1.3.1. Effets de la pollution sur les macros invertébrées benthiques :

La composition des communautés de macro invertébrée benthique est fréquemment employée pour évaluer les répercussions de l'activité humaine sur les écosystèmes aquatiques et pour obtenir une abondance d'informations concernant la qualité de l'eau et de l'habitat (Woodcock et Huryn, 2007).

Ces indicateurs peuvent être utilisés pour repérer diverses formes de pollution, telles que la pollution organique, métallique, ainsi que pour détecter l'acidification de l'environnement (Camargo et al., 2004). Leur emploi dépend principalement de l'analyse des données relatives à leur alimentation, leur reproduction et leur utilisation de l'habitat (Camargo et al., 2004).

1.3.2. Macros invertébrés et transformation de la matière organique :

Dans un écosystème, les plantes constituent les principaux producteurs. Une grande partie des feuilles tombent ou sont emportées par le vent dans les eaux stagnantes ou courantes. Les broyeurs de macro invertébrés sont connus pour augmenter les taux de dégradation des déchets (Anderson et Sedell, 1979 ; Webster et Benfield, 1986 ; Graça, 2011).

Grâce à leur activité de consommation, ils convertissent la matière organique particulaire grossière (MOPG) en matière organique particulaire fine (MOPF), qui est utilisée par d'autres groupes d'invertébrés (collecteurs). Ainsi, les macros invertébrés jouent un rôle crucial dans la distribution du carbone au sein des nombreux maillons du réseau trophique et dans la transformation du carbone à un niveau organique. (Webster et Benfield, 1986 ; Suberkropp, 1998 ; Gessner et al., 1999).

Dans ce dernier cas, il est nécessaire d'attribuer les macros invertébrés benthiques à des groupes trophiques fonctionnels afin de comprendre leur rôle dans les

Généralité sur les macros invertébrées benthiques ---

processus écosystémologiques tels que la transformation de la matière organique dans les cours d'eau (Cummins, 1973 ; Cummins et Klug, 1979).

1.4. Avantages des macros invertébrées dans les cours d'eau :

Les communautés de macros invertébrées benthiques sont les plus utilisées pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques.

Les macros invertébrées ont de nombreux avantages, dont certains sont les suivants :

- Les Ubiquistes.
- Position cruciale dans la chaîne alimentaire.
- Le stade larvaire doit être suffisamment long.
- La mobilité est limitée.
- Un échantillonnage facile.
- Une grande variété de formats taxonomiques, fonctionnels et de cycles de vie.
- Tolérance variable aux différents types de polluants et à la dégradation du site.
- Connaissance des exigences environnementales.
- Clés de décision accessibles (Rahal, 2019).

1.5. Présentation de quelques groupes des macros invertébrées benthiques :

1.5.1. Les Ephéméroptères :

Les eaux courantes abondent fréquemment en larves d'Ephéméroptères, qui fréquentent principalement les biotopes des torrents, ruisseaux et rivières, représentant ainsi le groupe prédominant parmi les insectes aquatiques (Figure.1 et 2) (Thomas, 1981).

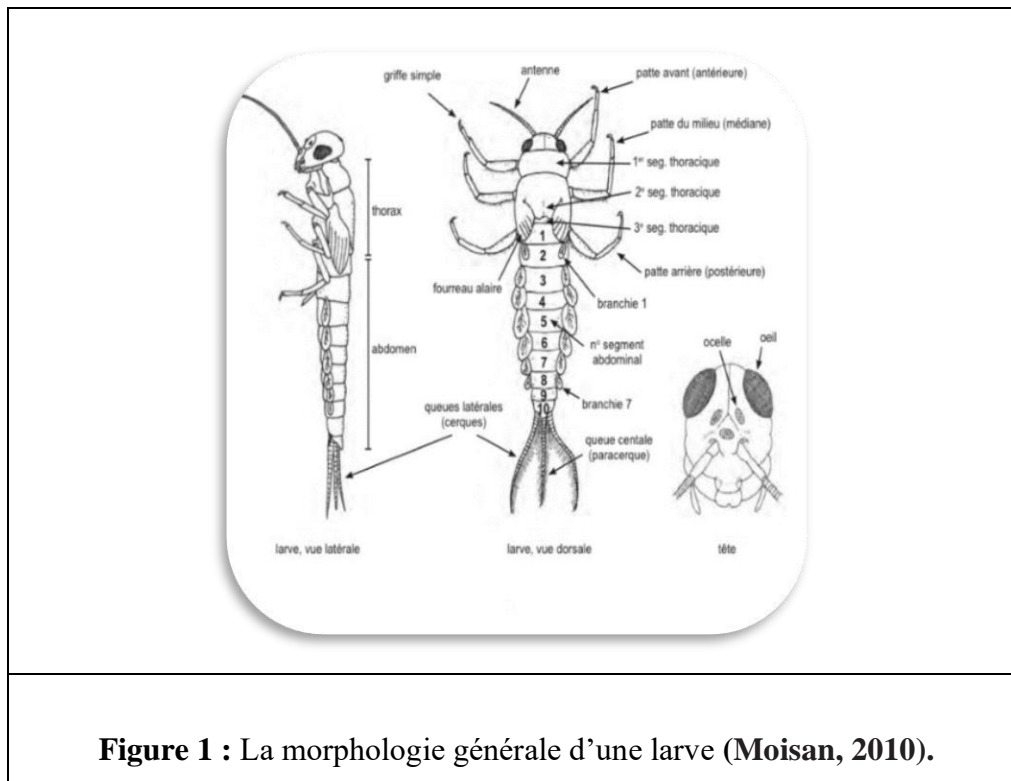


Figure 1 : La morphologie générale d'une larve (Moisan, 2010).

Classification: (Hyatt et Aems, 1891)

- Règne: Animalia.
- Embranchement: Arthropoda.
- Sous- embranchement: Hexapoda.y
- Classe: Insecta.
- Sous-classe: Ptérigota.
- Ordre : Ephéméroptère

1.5.2. Les Diptères :

Les Diptères et les Coléoptères forment le groupe d'ordres d'insectes le plus diversifié et abondant à l'échelle mondiale. Bien que les formes aquatiques soient moins fréquentes que les formes terrestres, elles revêtent souvent une importance économique et médicale. Ce groupe, caractérisé par une métamorphose complète, occupe une position prééminente parmi les insectes aquatiques, que ce soit en eau stagnante ou courante. Les stades larvaires aquatiques, comprenant de 3 à 4 mues, persistent pendant plusieurs semaines à près de 2 ans, selon les espèces. La plupart des espèces ont une génération par an, certaines en ont deux. Les larves présentent principalement une respiration cutanée ou branchiale (**Figure. 03 et 04**) (Johannsen, 1977) ; (Dejoux et al., 1983).

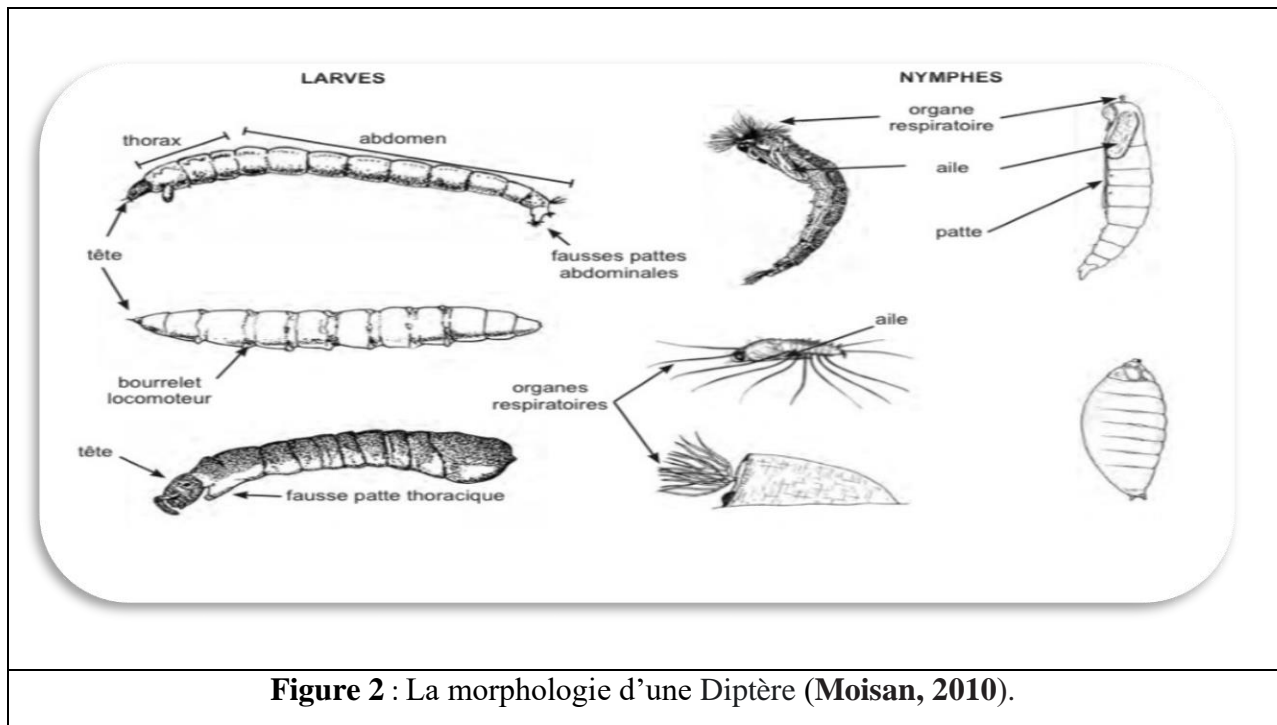


Figure 2 : La morphologie d'une Diptère (Moisan, 2010).

Classification: [(Linnaeus, 1758); (Tachet, 2010)].

- Règne: Animalia.
- Embranchement: Arthropoda.
- Sous-embranchement: Hexapode.
- Classe: Insecta.
- Sous – classe: Pterigota.
- Ordre: Diptera

1.5.3. Les Plécoptères :

Les larves des Plécoptères présentent une morphologie très similaire à celle des Ephéméroptères, se distinguant principalement par la présence de deux griffes aux tarsi (contrairement à une seule chez les Ephéméroptères). Deux autres caractères distinctifs peuvent compléter cette distinction.

Les Plécoptères possèdent toujours deux cirques articulés (généralement trois chez les Ephéméroptères, sauf pour le genre *Epeorus*). Lorsque des branchies sont présentes, elles se situent soit sous le cou, soit coxales, soit anales, mais jamais abdominales comme c'est le cas chez les Ephéméroptères (Figure. 05) (Illies, et al 1955 ; Hynes et al., 1977) ; Consiglio, 1980).

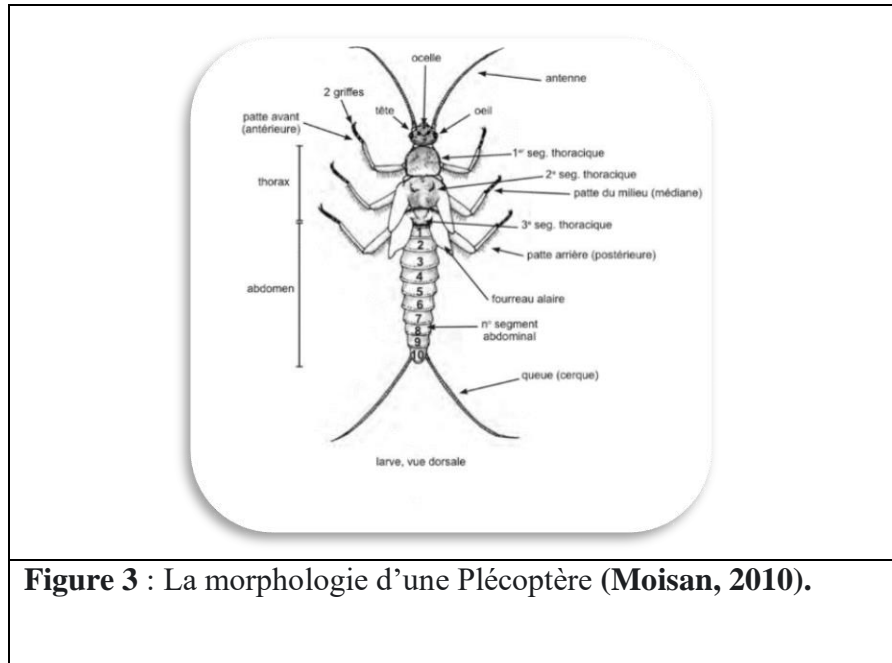


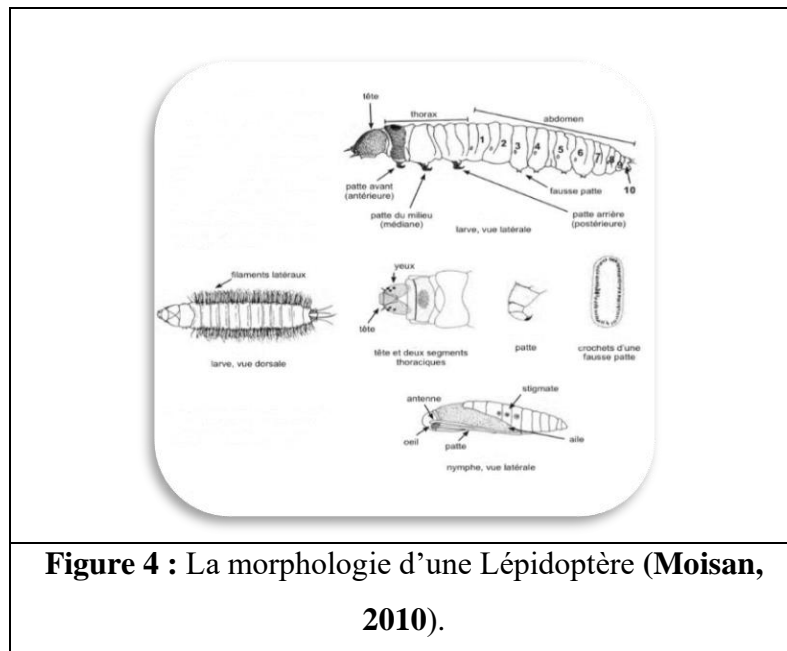
Figure 3 : La morphologie d'une Plécoptère (Moisan, 2010).

Classification: (Burmeister, 1839).

- Règne: Animalia.
- Embranchement: Arthropoda.
- Sous-Embranchement: Hexapoda (Mandibulates).
- Classe: Insecta.
- Sous-Classe: Ptérigota.
- Infra-Classe: Neoptera.
- Super-ordre: Orthopteroidea.
- Ordre: Plecoptera

1.5.4. Lépidoptères :

Les lépidoptères (papillons) appartiennent à un ordre d'insecte majoritairement terrestre à tous les stades de leur développement. Il existe pendant quelque temps des genres dont les larves et les nymphes sont aquatiques. Certaines d'entre elles, à l'instar des trichoptères, se construisent en un étui. On ne retrouve les lépidoptères qu'occasionnellement dans les prélèvements benthiques leur tolérance à la pollution est moyenne (**Figure. 06 et 07**) (Moisan, 2010).



Classification : (Linnaeus,1758)

- Règne : Animalia.
- Embranchement : Arthropoda.
- Sous- embranchement : Hexapode.
- Classe: Insecta.
- Sous-classe: Pterygota.
- Ordre: Lepidoptera

1.5.5. Hémiptères :

Caractéristiques particulières :

- Coloration inversée (foncé en dessous et clair sur le dessus).
- Rostre (bec) pointu et allongé.
- Corps épais, plat dessous et arrondi dorsalement.
- Pattes postérieures sans griffes (**Figure. 08 et 09**) (Moisan, 2010).

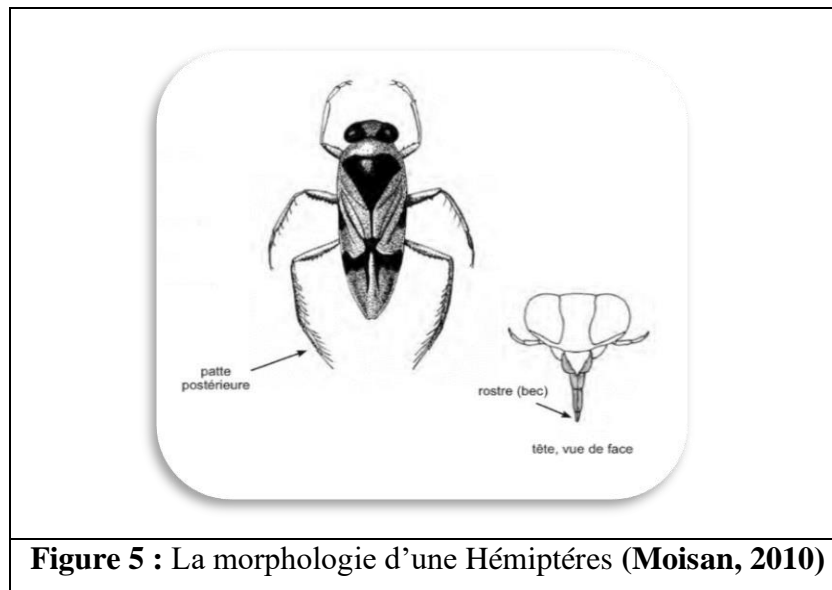


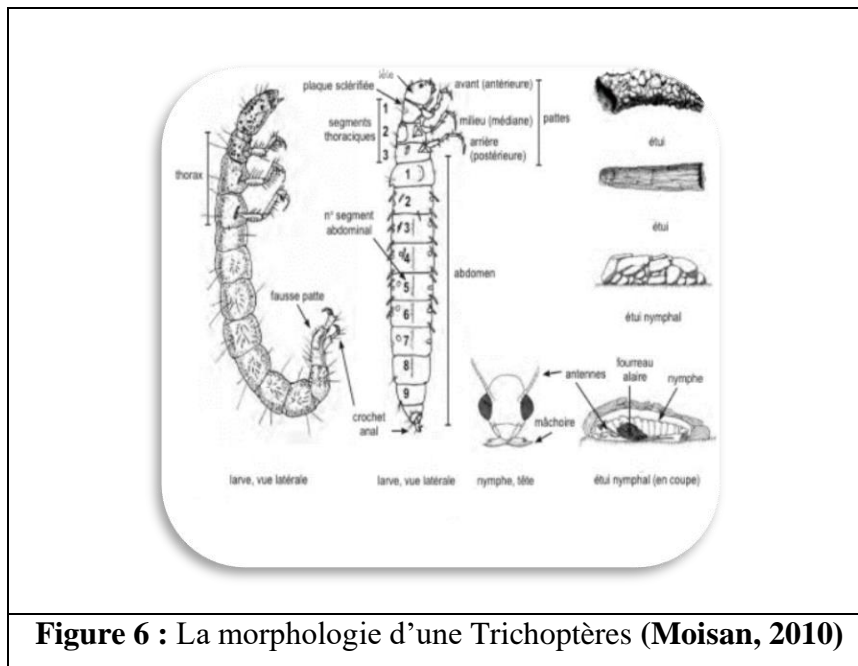
Figure 5 : La morphologie d'une Hémiptères (Moisan, 2010)

Classification : (Latreille, 1802).

- Règne : Animalia.
- Embranchement : Arthropoda.
- Classe : Insecta.
- Ordre : Hemiptera.
- Sous-ordre : Heteroptera.
- Infra-ordre: Nepomorpha.
- Super-famille: Notonectoidea.
- Famille: Notonectidae

1.5.6. Trichoptères :

Les trichoptères sont un ordre d'insectes aquatiques dont les larves et les nymphes sont aquatiques. La présence de deux crochets anaux est la principale caractéristique des larves. Ceux-ci sont placés de chaque côté de l'abdomen ou sur des fausses pattes. La tête et au moins une partie du thorax sont sclérifiés. L'abdomen d'une chenille est mou (**Figure. 10 et 11**) (Moisan, 2010).



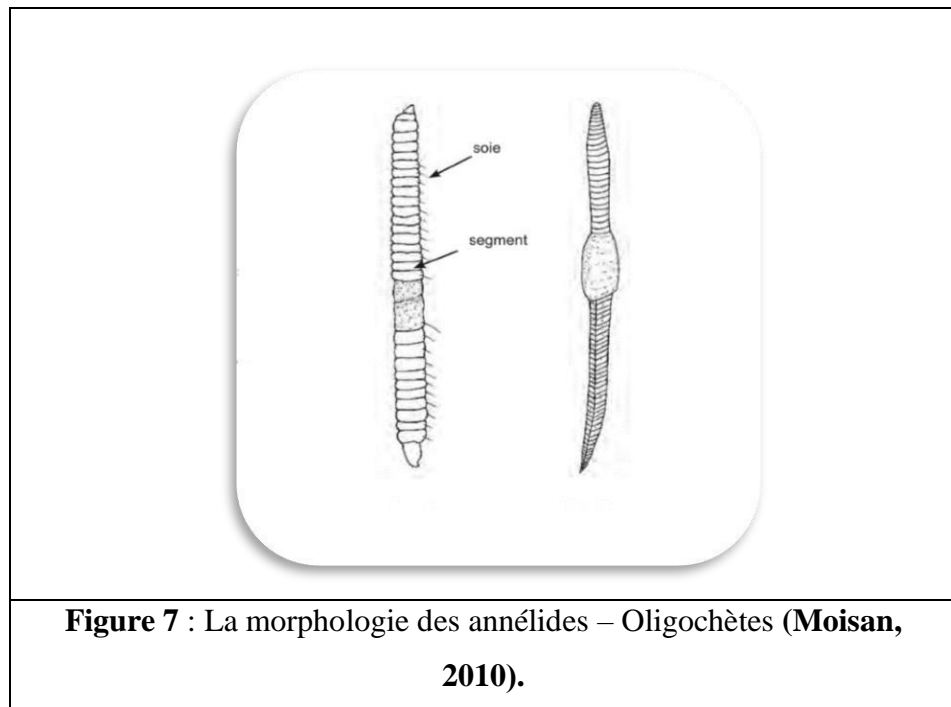
Classification : (Kirby, 1813).

- Règne : Animalia.
- Embranchement : Arthropoda.
- Sous-Embranchement : Hexapoda
- Classe : Insecta.
- Sous-Classe : Ptérigota.
- Infra-Classe: Neoptera.
- Ordre: Trichoptera

1.5.7. Annélides – Oligochètes :

Caractéristiques particulières :

- Corps mou, allongé et cylindrique composé de plusieurs segments similaires.
- Segments du corps portant des soies, parfois difficiles à voir.
- Ressemblance de certains avec les vers de terre de nos jardin (Moisan, 2010).
- Tolérants à la pollution (Figure. 12 et 13).



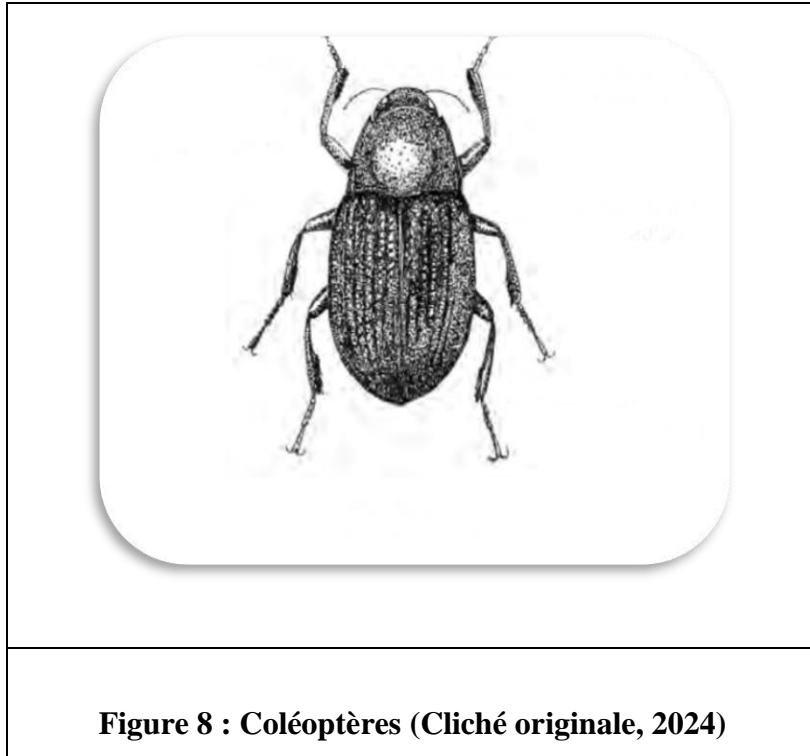
Classification: (Douakha et Stiti, 2015).

- Règne : Animalia
- Sous-règne : Bilateria
- Embranchement : Annelida
- Classe : Clitellata
- Sous-classe : Oligochaeta

1.5.8. Les Coléoptères :

Parmi les insectes holométaboles, seuls les coléoptères se trouvent à la fois sous forme adulte et larvaire dans les milieux aquatiques. Ils habitent une variété de milieux, tels que les sources, les ruisseaux, les torrents, les rivières à débit modéré et les rivières à débit quasi-stagnant, riches en végétation (Tachet *et al.*, 1980).

La caractéristique principale de cet ordre réside dans la présence d'une première paire d'ailes transformées en élytres chez l'adulte. Environ 15% des espèces de coléoptères sont considérées comme aquatiques (Figure. 14) (Tachet, 2010).



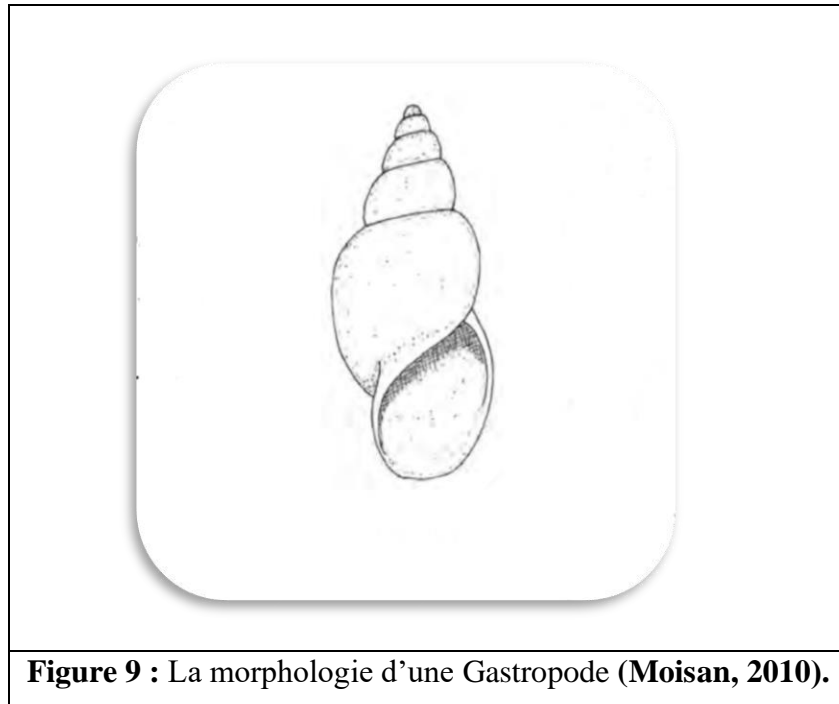
Classification: (Tachet, 2010).

- Règne: Animalia.
- Embranchement: Arthropoda.
- Sous - embranchement: Hexapoda.
- Classe: Insecta.
- Sous – classe: Pterigota.
- Ordre: Coleoptera

1.5.9. Les Gastropodes :

Les Gastéropodes, une classe majeure des Mollusques, représentent la deuxième plus grande classe du règne animal en termes de diversité d'espèces, après les insectes, avec environ 40 000 espèces différentes répertoriées. (Mathieu, 1995).

Les gastéropodes d'eau douce se divisent en deux sous-classes : les prosobranches, apparus au Cambrien, sont d'origine marine, avec parfois des représentants en eaux saumâtres, tandis que les pulmonés, apparus au Jurassique, ont une origine terrestre (Figure. 15 et 16) (Tachet et *al.*, 2000).



Classification : (Cuvier, 1795).

1.5.10. Les crustacés :

- Règne : Animalia
- Embranchement : Mollusca
- Sous-embranchement : Conchifera
- Classe : Gastropoda

Cette catégorie englobe un vaste éventail d'espèces marines, tandis qu'en eau douce, trois sous-classes sont associées aux macroinvertébrés benthiques : les Branchiures, les Branchiopodes et les Malacostracés (Tachet et al., 2010). On retrouve environ 40000 espèces (Mathieu, 1995).

Ainsi, l'abondance de crustacés est un indicateur de pollution organique. De plus, ils réagissent sensiblement à la présence de nitrates et de pesticides, ainsi qu'à l'acidification et au faible niveau d'oxygène dans les plans d'eau (Figure. 17 et 18) (Hullnudd, 2009).

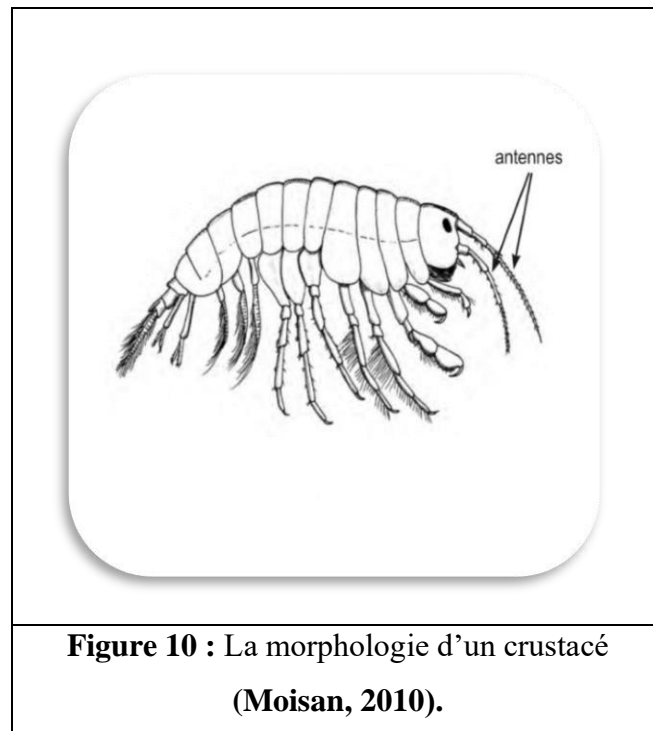


Figure 10 : La morphologie d'un crustacé
(Moisan, 2010).

Classification : (Brünnich, 1772).

- Règne : Animalia.
- Sous-règne : Bilateria.
- Infra-règne : Protostomia.
- Super-embr. Ecdysozoa.
- Embranchement : Arthropoda.
- Sous-embranchement: Crustacea

Chapitre 2

Présentation de la zone d'étude

Présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique :

La Wilaya de Laghouat se trouve à 400 km au sud de la capitale Alger, elle couvre une superficie de 25 052 km² et compte environ 661 700 habitants, avec une densité de population de : 26,41 Habitant /km². Laghouat est traversée par la chaîne de l'Atlas Saharien, où se trouvent des sommets dépassant les 2 000 mètres, notamment le "Djebel Amour" qui culmine à 2 200 mètres, situé à 100 km au nord-ouest de Laghouat (A.N.I.R.E.F, 2011).

Au nord, elle est bordée par Tiaret, à l'est par Djelfa, à l'ouest par El-Bayadh, et au sud par Ghardaïa (D.P.S.B ,2018). Elle est située entre latitude Nord 34°67' et Sud32°65', et les Longitudes Est 04°29' et Ouest 01°41' (Figure. 19).

La région d'El Ghicha est située à environ 145 km au nord-ouest de Laghouat, au cœur de la chaîne montagneuse des Amours de l'Atlas Saharien. Elle est délimitée au nord par les communes d'Aflou et de Sebgag, à l'est par les communes d'Oued Morra et d'Oued M'zi, à l'ouest par la commune de Taouila, et au sud par les communes d'Ain Madhi et de Tadjrouna. Elle se trouve à la latitude 33° 56' 00" Nord et 2° 09' 00" Est, avec une superficie de 730 km² (Figure. 19).

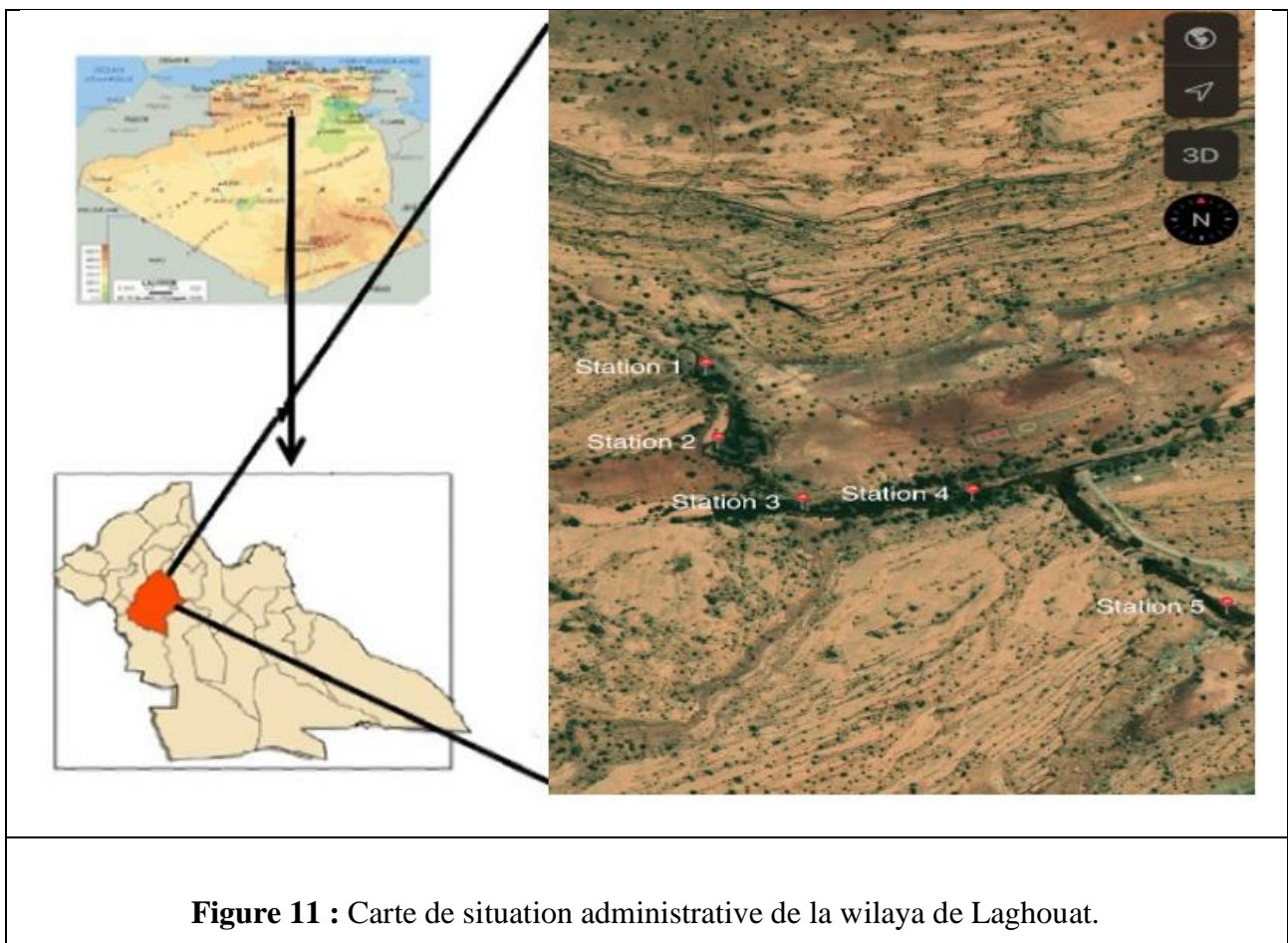


Figure 11 : Carte de situation administrative de la wilaya de Laghouat.

Présentation de la zone d'étude

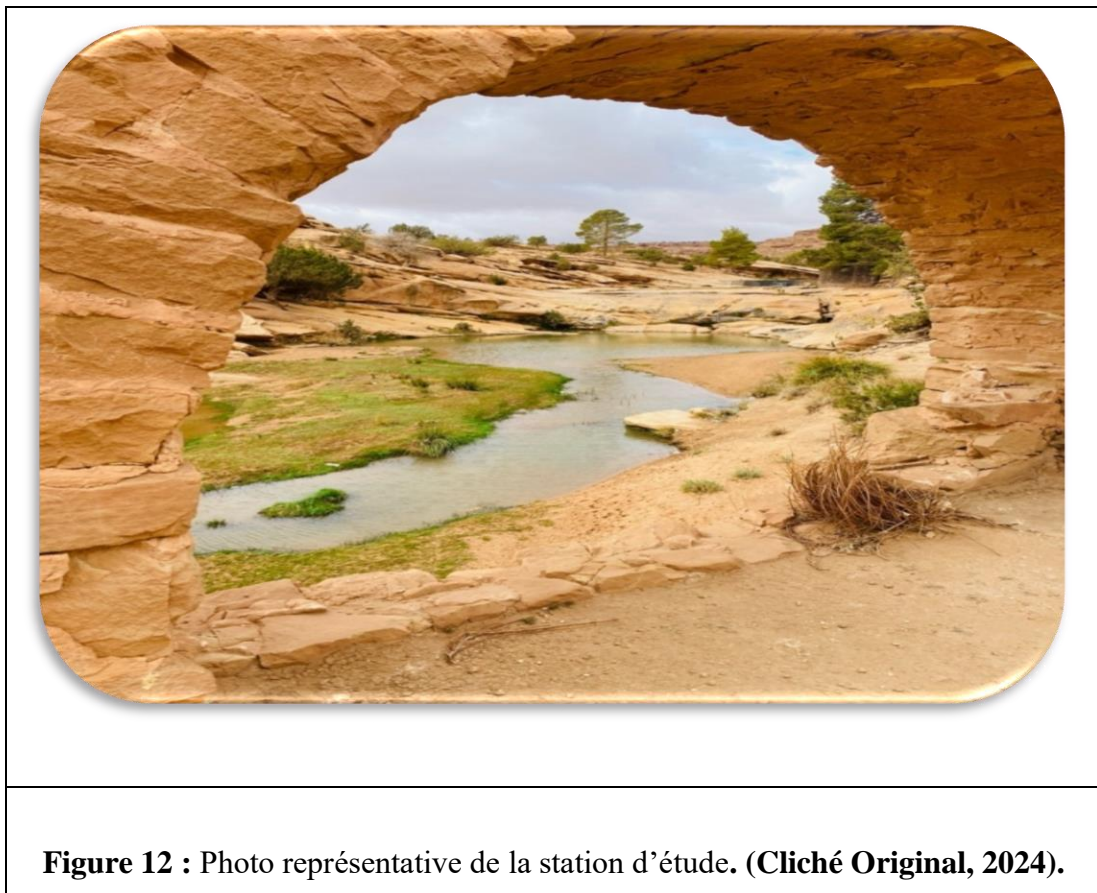
2. Flore :

Le Djebel Amour présente une végétation plus abondante que les montagnes environnantes, malgré la clarté et la dégradation de ses forêts. Cependant, on y trouve encore une bonne quantité de chênes verts et de pins d'Alep (**Despois, 1957**).

Les types de végétation présents dans la région d'El-Ghicha témoignent d'une écologie distincte. Au nord, dans la partie méridionale du Djebel Amour, on trouve des forêts de pins d'Alep et de chênes verts, ainsi que des formations de genévrier rouge, de pistachier de l'Atlas et d'alfa.

La partie sud d'El-Ghicha (**Figure. 20**), en bordure du piémont saharien, est principalement caractérisée par des étendues d'alfa. La région abrite également de nombreux oueds bordés de pistachiers de l'Atlas, de jujubiers, de tamaris et de *Retama raetam*. Enfin, des dayas, recouvertes de pistachiers de l'Atlas et de buissons de jujubiers, parsèment la région. (**Kouidri, 2013**).

Il convient également de mentionner les vastes zones de reboisement de pins d'Alep qui s'étendent dans la région, présentant des taux de réussite variables et des niveaux d'implantation très diversifiés. (**Kouidri, 2013**).



Présentation de la zone d'étude

3. Pédologie :

Selon (**Halitim, 1988**), les sols dans les régions arides d'Algérie sont principalement caractérisés par leur hydro-morphologie, leur composition minérale brute ou leur halomorphe. Ces derniers se divisent en plusieurs catégories : sols sans accumulation de sels, sols calcaires, sols gypseux et sols salés.

Les sols de la wilaya de Laghouat sont principalement constitués d'un apport alluvial caractéristique sur une croûte calcaire, peu développés, avec une texture légère et une faible teneur en matière organique, ce qui pose des défis pour l'agriculture. (**C.D.F, 1998 ; FAO, 2005**).

4. Géologie et Géomorphologie :

D'un point de vue géographique, l'Atlas Saharien peut être divisé d'ouest en est en trois régions distinctes : les Monts des Ksour, le Massif du Djebel Amour et les Monts des Ouled Naïl. Notre attention se porte spécifiquement sur le Massif du Djebel Amour. Cette montagne, au relief imposant, est principalement caractérisée par un paysage de plateau. Elle est constituée de deux ensembles géologiques majeurs : le jurassique, composé de calcaire et de marno-calcaire, et le crétacé, principalement constitué de grès (**Abed, 1982**).

Les sols présentent une texture légère, souvent recouverts de végétation d'alfa et d'armoise dans les zones non cultivées. Au sud, ces sols tendent à être sableux et dunaires, tandis qu'au nord, dans les bas-fonds, ils sont plus structurés et plus riches en argile (**DSA, 2014**).

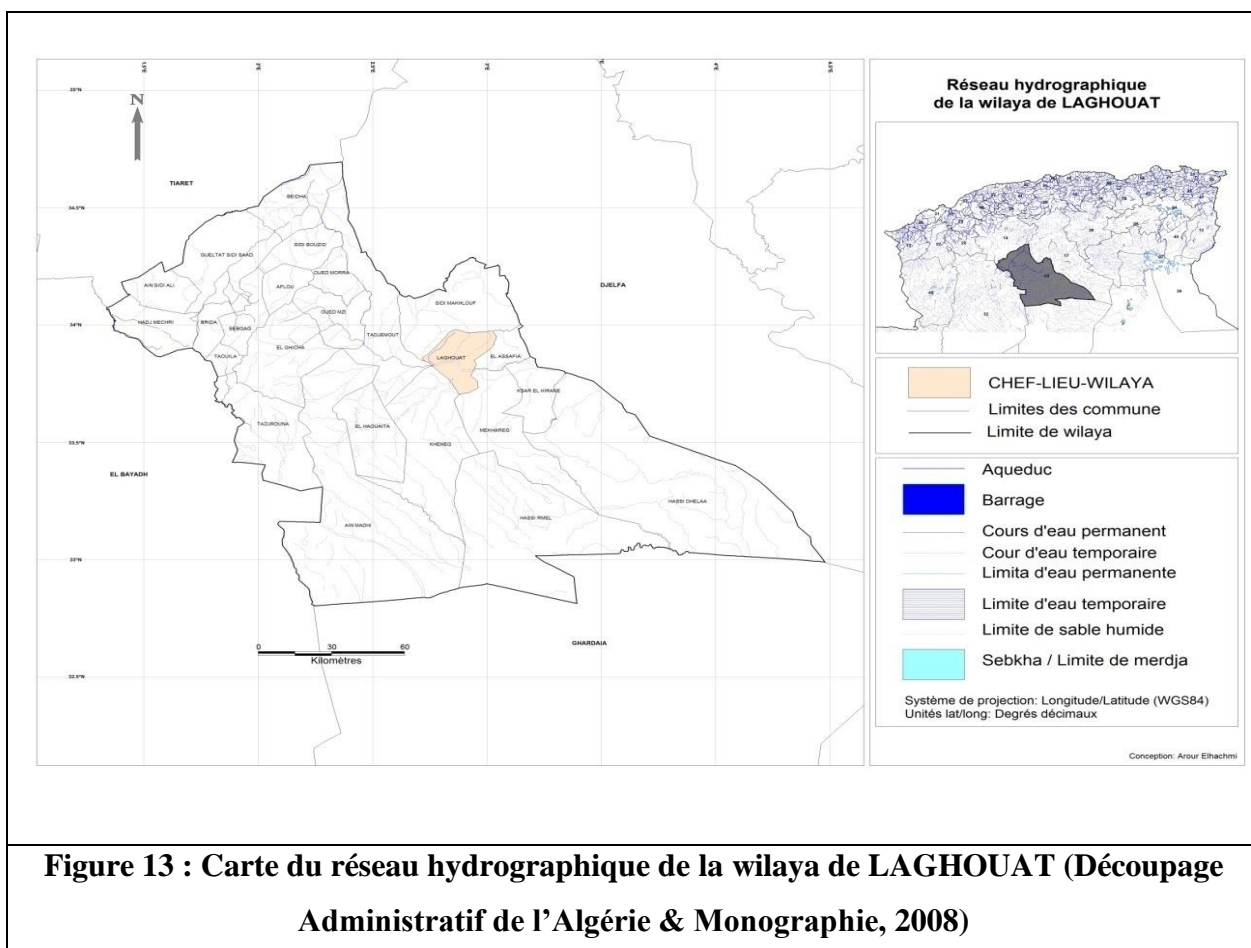
La région de Laghouat présente principalement trois types de sols distincts : les pentes des piémonts de l'Atlas saharien, la plaine alluviale de l'Oued M'Zi et un plateau à la surface plane recouvert d'une couche superficielle caillouteuse, généralement peu profonde. Ces sols sont souvent formés à partir de roches mères marneuses et calcaires, ce qui explique leur concentration en sels solubles et en calcaire (**Khadraoui, 2004**).

5. Hydrogéologie :

Le réseau hydrographique de faibles vitalités est structuré en un système endoréique où les eaux de pluies ont recueilli pendant les périodes de pluie. Étant située sur la partie nord-ouest de l'Atlas Saharien, la région d'Aflou se distingue par un réseau hydrographique étendu, principalement de nature endoréique (**Pouget, 1980**).

Présentation de la zone d'étude

- L'Oued Sebgag, situé à 20 km à l'ouest d'Aflou, est l'un des principaux cours d'eau de la région. Il se forme en aval de plusieurs sources permanentes.
- L'Oued Touil, traversant ainsi les Hautes Plaines. Il parvient à traverser les chaînes stellaires afin de devenir l'Oued Chélif.
- L'Oued Seklafa, le principal affluent de l'Oued M'Zi, se trouve dans la région sud-est d'Aflou. Il mesure 40 km de long et draine un bassin de 775,6 km².
- L'Oued Sidi Nacer voit le jour à la pointe nord-occidentale du Djebel Amour, dans la région d'El Bayadh. Il bénéficie de diverses sources d'alimentation, telles que celles d'El Hadj Mecheri et de Sidi Nacer. Il s'étend sur une distance de 120 km, se déplaçant du sud-ouest au nord-est.
- Le bassin versant, qui se trouve au nord du Chott Chergui, s'étend sur une superficie de 1972 km². Généralement, ces cours d'eau se déplacent temporairement, principalement pendant l'hiver. (Pouget, 1980).



Présentation de la zone d'étude

6. Caractérisation bioclimatique :

La région d'étude se trouve dans un climat semi-aride caractérisé par des températures élevées et des précipitations variables et insuffisantes. Malgré cela, il existe des contrastes climatiques qui résultent principalement des variations de température, de saison des pluies et de degré d'aridité. Les précipitations dans cette région se situent généralement entre 280 et 300 mm.

6.1. Précipitation :

Les précipitations comprennent diverses formes d'eau, telles que la pluie, la neige, la rosée, le brouillard et la gelée, qui représentent toutes les chutes d'eau atteignant le sol. Cette quantité d'eau est mesurée en millimètres et correspond à la hauteur d'eau qui couvrirait une surface d'un volume de 10m³/ ha. Elles sont évaluées à l'aide de la pluviométrie (**Prevost, 1999**).

6.1.1. Pluviométrie annuelle moyenne :

La pluviométrie, en raison de sa variabilité spatio-temporelle considérable, est l'aspect climatique le plus significatif. L'analyse de sa moyenne annuelle sur une décennie a été réalisée. Les données fournies dans le tableau ci-dessous concernent la période allant de (**2008 à 2018**).

Tableau 1 : Précipitations moyennes mensuelles (2008-2018).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
P (mm)	33.4	28	21.1	29.8	36.3	12	11.5	8.3	33.6	15.5	25.6	17.7	272.8

Source : ONM, (2019)

En se basant sur les données répertoriées dans le (**Tableau. 01**), la moyenne annuelle des précipitations s'élève à environ 272,8 mm. Les mois de septembre et janvier se distinguent comme les plus pluvieux, avec des moyennes de 33,6 mm et 33,4 mm respectivement. En revanche, le mois d'août enregistre les précipitations les plus faibles, atteignant 8,3 mm.

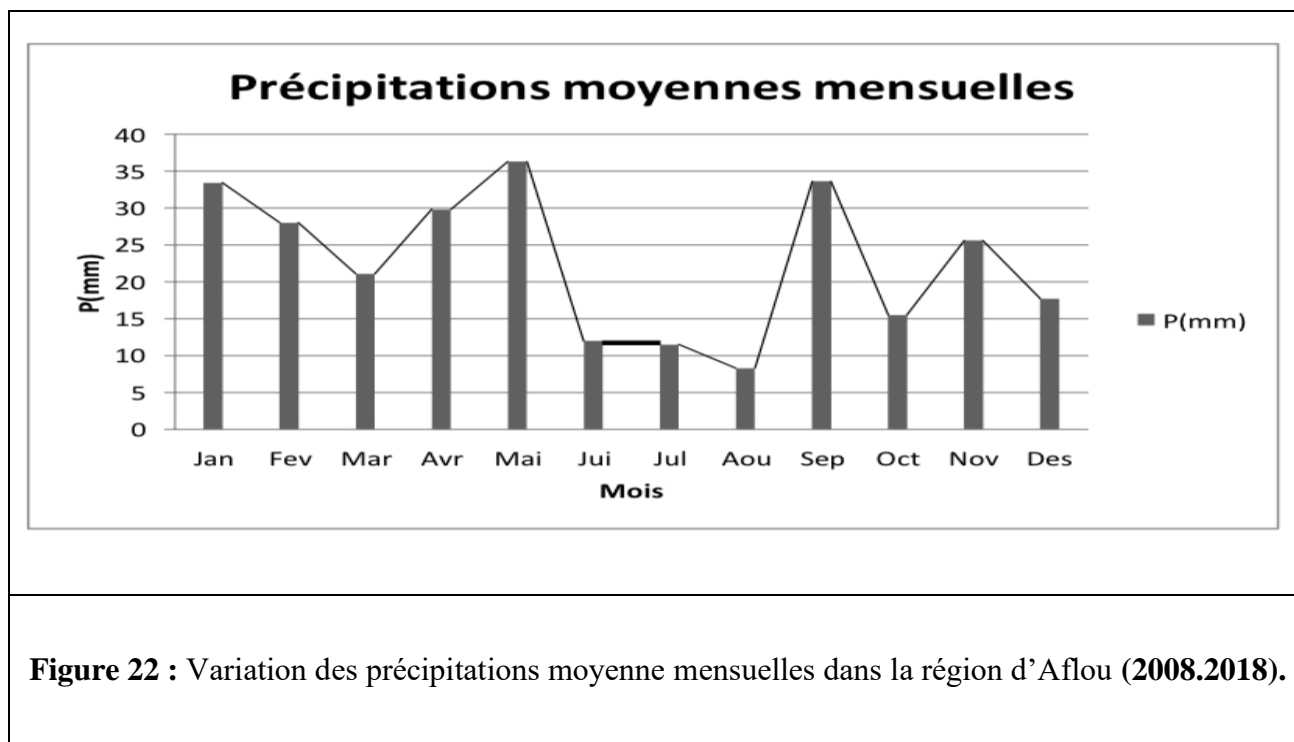


Figure 22 : Variation des précipitations moyenne mensuelles dans la région d’Aflou (2008.2018).

6.1.2. Régime saisonnier :

La simple connaissance de la moyenne annuelle des précipitations ne suffit pas à caractériser le régime pluviométrique d'une région. Il est indispensable de compléter cette information en déterminant la répartition saisonnière des pluies tout au long de l'année ainsi que leur variation (Chaumentou et Paquin ,1945).

Le régime des précipitations est également utilisé comme un indicateur distinctif du climat. Pour les plantes, la distribution des précipitations est plus cruciale que la quantité totale de pluie reçue chaque année. Ce qui importe le plus est l'eau disponible pendant leur cycle de croissance (Aidoud, 1983). Le régime pluviométrique saisonnier est représenté dans le (Tableau. 02).

Le régime saisonnier est défini comme étant le calcul des quantités de pluie de chaque saison, nous avons considéré quatre saisons de trois mois chacune :

- Printemps (P) : pour le mois de Mars, Avril et Mai ;
- Automne (A) : pour le mois de Septembre, Octobre et Novembre ;
- Hiver (H) : pour le mois de décembre, janvier et février ;
- Eté (E) : pour le mois du Juin, Juillet et Août.

Tableau 2 : Régime pluviométrique saisonnier de la station d’Aflou (2008.2018).

Présentation de la zone d'étude

Saisons	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Type
P (mm)	79,1	87,2	31,8	74,7	P, H, A, E

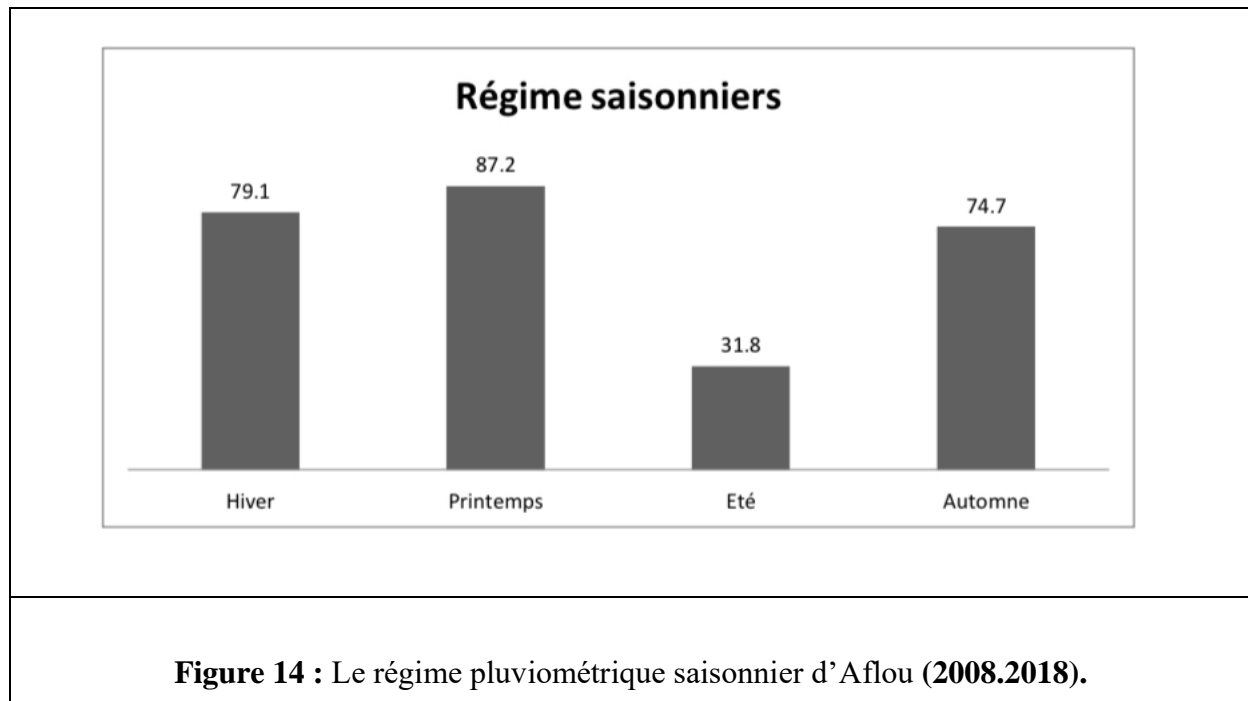


Figure 14 : Le régime pluviométrique saisonnier d'Aflou (2008.2018).

D'après le (Tableau. 02) et la (Figure. 23) notre région d'étude a un régime saisonnier de type printemnal ; Printemps ; Hiver ; Automne ; Eté « **P.H.A.E** ».

6.2. Température :

La température est un élément essentiel qui influence l'évaluation du déficit en eau et joue un rôle crucial dans la détermination du climat régional. De plus, elle est indispensable pour fournir l'énergie nécessaire aux plantes (Mahi, 2014). Le tableau suivant indique la variation des températures min et max dans la période (2008 - 2018).

Tableau 3 : Variation des températures dans la période (2008-2018).

Présentation de la zone d'étude

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Max	9,1	11	14,6	17,9	22,8	29,3	33,8	32,3	26,6	20,7	13,7	9,3	20,1
Min	-5,8	-3,6	-1,8	0,8	4,7	10,2	13,8	12,9	8,6	4,6	-1,5	-3,6	3,3
Moy	<u>1,7</u>	3,7	6,4	9,3	13,8	19,7	<u>23,8</u>	22,6	17,6	12,7	6,1	2,8	11,7
M-m	<u>14,9</u>	14,6	16,4	17,1	18,1	19,1	<u>20</u>	19,4	18	16,1	15,2	13	<u>16,8</u>

D'après le (**Tableau. 03**), nous remarquons que le maximum des températures a été enregistré durant le mois de juillet (23,8 °c) et le minimum enregistré durant le mois de janvier (1,7°c).

Le tableau signale que les températures moyennes mensuelles sont maximales au cours de la période de juin à septembre (**saison chaude**) pour la station d'Aflou. A Aflou huit (08) mois sont octroyés à la période froide (**octobre à mai**), et atteint -5.8 °C à janvier. En ce qui concerne les steppes algériennes, elles sont délimitées par les isothermes de -2°C et 6°C. Ces températures basses expliquent pourquoi certaines espèces, qui ont besoin d'hivers tempérés pour survivre, sont absentes de la région (**Benabdli et Bouazza, 2000**).

6.2.1. L'amplitude thermique :

L'amplitude thermique moyenne entre les températures extrêmes mensuelles, appelée également l'indice des écarts thermiques mensuels ou indice de continentalité, revêt une grande importance en climatologie. Elle permet de déterminer si une région est plus influencée par le climat maritime ou continental. La classification thermique des climats repose largement sur cette amplitude

- Climat insulaire : $M-m < 15^{\circ}\text{C}$;
- Climat littoral : $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$;
- Climat semi-continentale : $25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$;
- Climat continental : $M-m > 35^{\circ}\text{C}$.

Cet indice permet de situer notre région d'étude dans les climats littoral : Aflou : $M-m=16,8$.

Climat littoral.

6.3. Synthèse climatique :

6.3.1. L'indice de De Martonne :

D'après **Ozenda (1982)**, l'indice d'aridité de De Martonne est représenté par la formule

Présentation de la zone d'étude

Suivante : $I = P/(T+10)$.

P : total des précipitations annuelles en (mm). (P Aflou=272.8 mm).

T : température moyenne annuelle en degré Celsius. (T Aflou =12.65 °C).

Cet indice est une expression très simple, qui permet de classer les stations selon leurs degrés d'élécité. D'après **Prevost (1999)**, L'indice de De Martonne est d'autant plus bas que le climat est plus aride et nous pouvons distinguer plusieurs classes :

- Climat très sec ($I < 10$) ;
- Climat sec ($I < 20$) ;
- Climat humide ($20 < I < 30$) ;
- Climat très humide ($I > 30$).

L'indice de De Martonne de la région El-Ghicha est de l'ordre de 12.04, ce qui permet de classer la région dans un climat sec.

6.3.2. Climagramme d'Emberger :

Le climagramme d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la région, représenté en abscisse par la moyenne des minima des températures du mois le plus froid, et en ordonnée par le quotient pluviométrique Q2 d'Emberger (Emberger, 1955). Le quotient pluviométrique Q2 est calculé pour une moyenne de 12 ans allant de 2004 Jusqu'à 2015 par la formule modifier de Stewart, 1969 : $Q2 = 3.43 P / (M - m)$.

Q2 : quotient pluviométrique d'Emberger (représente la première coordonné sur le Climagramme ;

P : pluviosité annuelle (mm)=272.8 mm.

M : moyenne des maximas du mois le plus chaud = 33.8°C.

m : moyenne des minima du mois le plus froid = -5.8 °C (représente la deuxième coordonné sur le climagramme).

D'après la (**Figure. 24**), La station d'Aflou se situe sous un étage bioclimatique semi-aride à hiver très froid, d'où la valeur calculée de Q2 (**2008/2018**) = 23.62.

Présentation de la zone d'étude

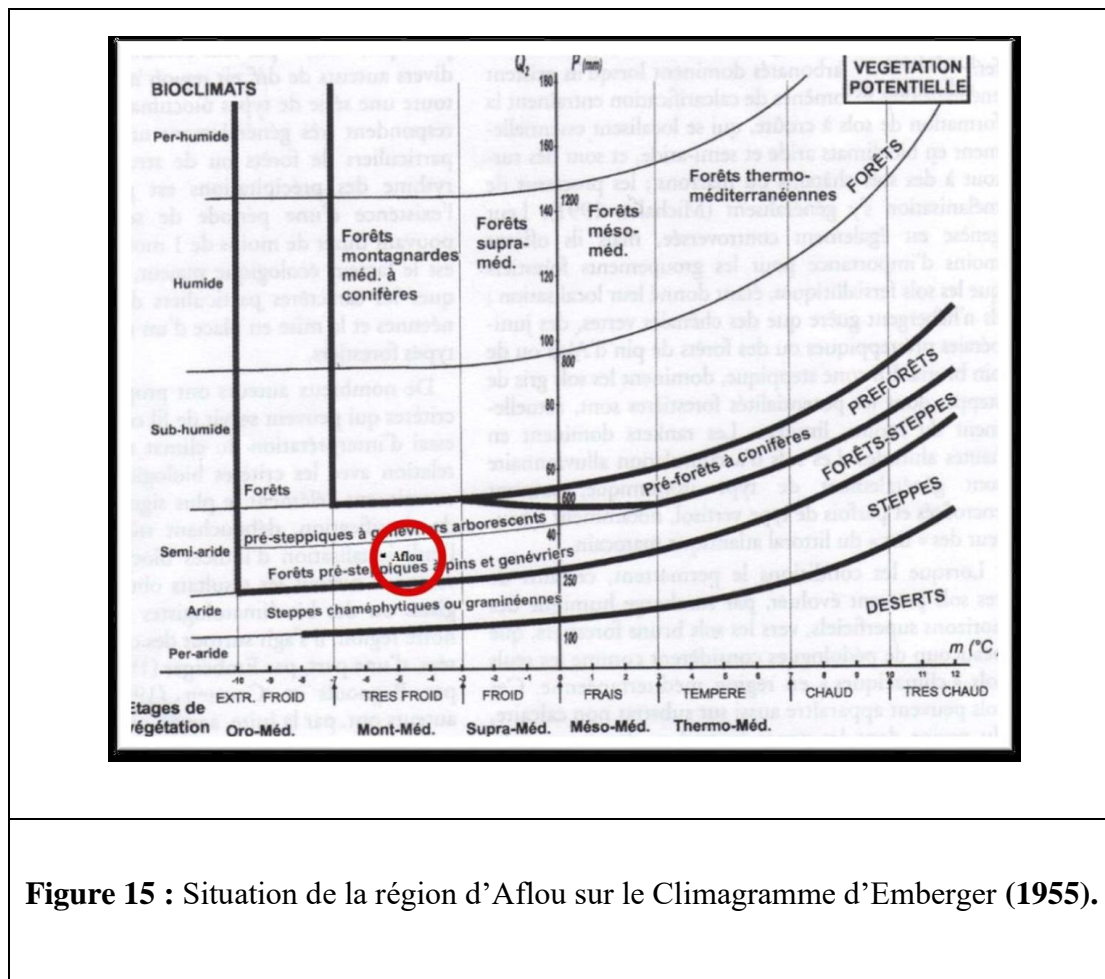
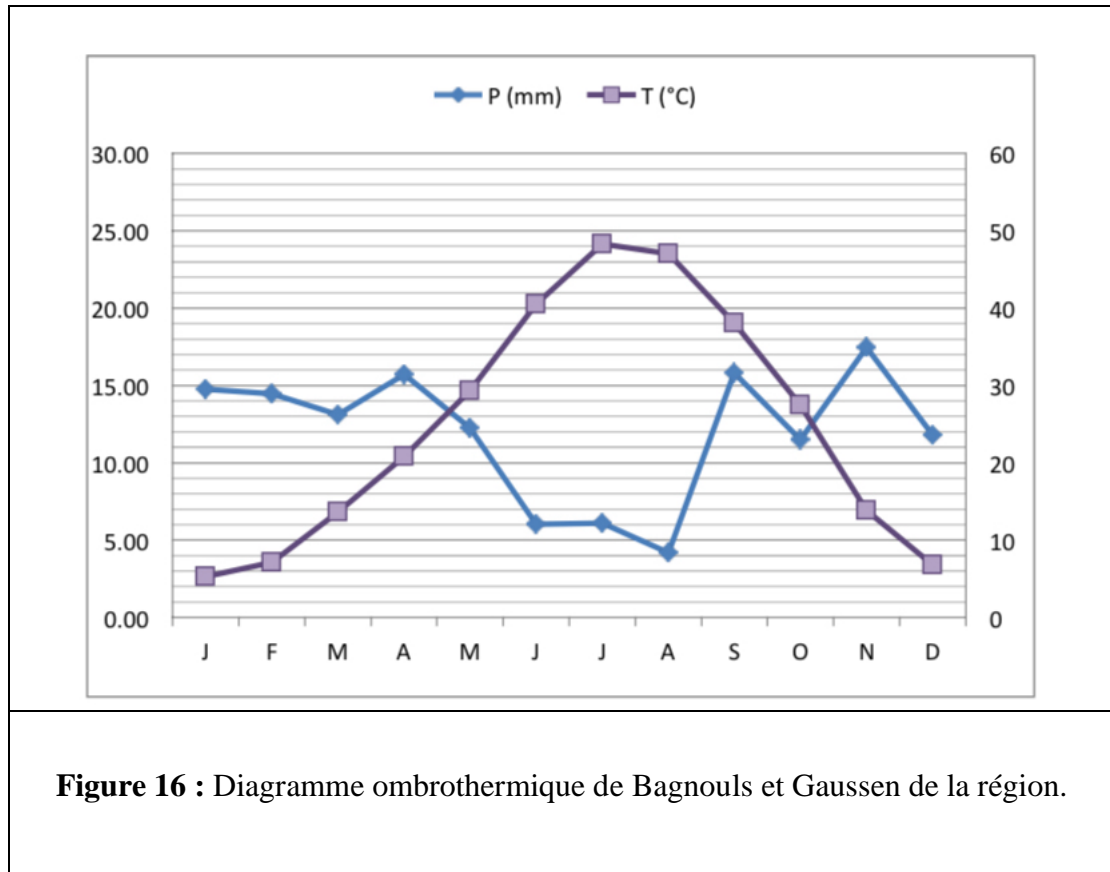


Figure 15 : Situation de la région d'Aflou sur le Climagramme d'Emberger (1955).

6.3.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson :

Selon Mahi (2014), divers indices climatiques ont été développés pour synthétiser le climat d'une région. Pour identifier la période sèche de l'année, Gausson propose une méthode qui implique de comparer mois par mois le rapport entre les précipitations et la température. Pour ce faire, les moyennes mensuelles de température et les totaux mensuels de précipitations sont représentés sur un même graphique, en utilisant une échelle où $1^{\circ}\text{C} = 2 \text{ mm}$ de pluie.

Les périodes sèches sont définies comme celles où la courbe des précipitations se situe en dessous de la courbe des températures. Ces périodes sont représentées par une zone hachurée, tandis que les saisons humides $P > 2T$ (Mahi, 2014).



Le diagramme (**Figure. 25**) montre une période sèche estivale typique du climat méditerranéen ; elle dure de six (06) mois de Mai à Octobre.

Chapitre 3

Matériel et Méthodes

Matériels et Méthode

Pour garantir une méthodologie bien organisée, adaptée à chaque étude de cas, il est crucial de choisir soigneusement les sites d'échantillonnage et d'utiliser le matériel approprié. L'objectif de l'échantillonnage est de collecter une variété représentative des macro- invertébrés à chaque site visité, chaque sortie pendant les 5 mois (**de Janvier à Mai 2024**).

1. Matériel de terrain :

- Tamis de 30 cm de largeur (500 microns).
- Boîte de transport pour échantillons.
- Agent de conservation (alcool éthylique à 70 %).
- Des flacons en plastique.
- Des pinces.
- Appareil photo.
- GPS.



Figure 17 : Tamis de largeur (500 microns) (Cliché original, 2024).



Figure 18 : Des flacons (Cliché original, 2024).

2. Matériel de laboratoire :

- Loupe binoculaire.
- Carnet de notes.
- Étiquettes.
- Flacon en verre.
- Des pinces.
- Boîtes de pétri.
- Des gants.
- Guide d'identification de principales macros invertébrées benthiques d'eau douce du Québec de Éthanol (70%). (Pour la conservation du matériel biologique).



Figure 19 : Une loupe binoculaire (Cliché original, 2024).



Figure 20 : pince (Cliché original, 2024).

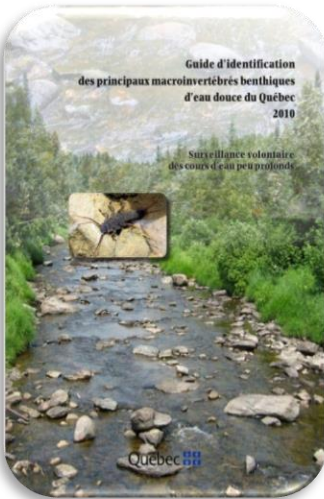


Figure 21 : Guide entomologique.



Figure 22 : Flacon (Cliché original, 2024).



Figure 23 : Boîtes de pétri (Cliché original, 2024).

3. Méthodes de travaux :

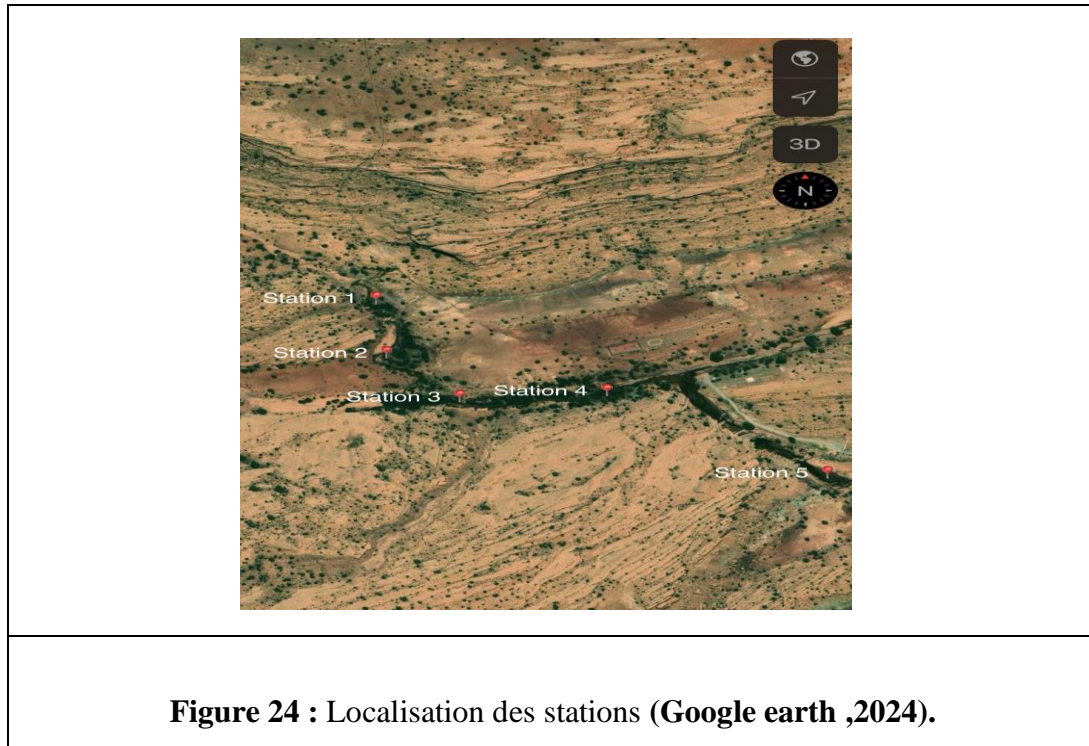
Choix du site : Le choix des stations est basé sur :

- L'accessibilité du site
- La proximité,
- La sécurité,
- La densité de la végétation).
- L'éloignement des régions urbaines.

Afin de mener à bien ce travail, nous avons réalisé une étude exhaustive des macro-invertébrés dans les laboratoires pédagogiques du département de biologie de la Faculté des Sciences de l'UATL. Cette étude a porté sur l'échantillonnage de macro-invertébrés à partir de cinq stations différentes le long de l'oued El-Ghicha (**Figure. 20**).

Tableau 4 : Les coordonnées des stations (GPS).

	Coordonnées GPS	
	Nord	Est
Station 01	33,95528°N	2,12251°E
Station 02	33,95494° N	2,12274° E
Station 03	33,95333° N	2,12355° E
Station 04	33,95345° N	2,12564° E
Station 05	33,95154° N	2,12915° E



4. Calendrier de prélèvement :

Les données d'échantillonnage des macro-invertébrés benthiques de l'oued El Ghicha ont été collectées mensuellement de janvier à mai 2024. Le calendrier d'échantillonnage est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Calendrier de prélèvement.

Année	2024				
Mois	15 Janvier	15 Février	15 Mars	15 Avril	15 Mai

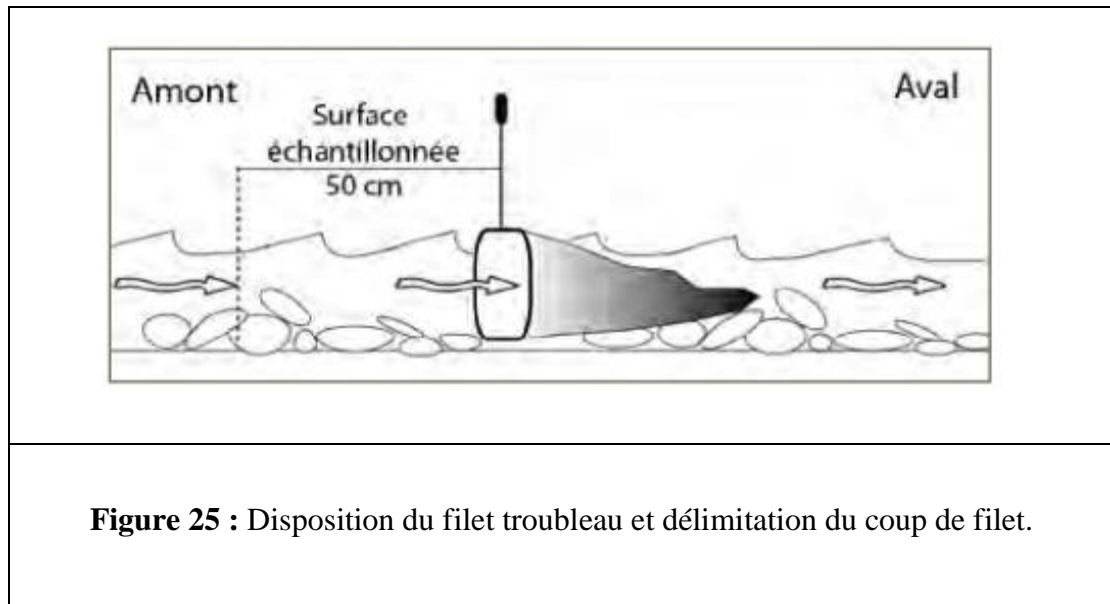
5. Plan d'échantillonnage :

De janvier à mai 2024, cinq stations réparties le long de l'oued El Ghicha, à 150 mètres d'intervalle, ont été échantillonnées mensuellement. Une seule visite a été effectuée sur chaque station tous les 30 jours, en respectant une durée d'échantillonnage constante pour assurer la cohérence des données.

6. Méthode d'échantillonnage de la faune benthique :

L'échantillonnage des macro-invertébrés benthiques est fait à l'aide d'un filet troubleau, ou D-net, ou tamis d'une largeur de 30 cm avec une maille d'ouverture de 600 µm. Les macro- invertébrés sont délogés en passant le filet dans l'habitat ciblé (sable, Caillaux, végétation et roche).

Les échantillons sont conservés sur place dans l'éthanol (70%).



7. Protocole et Stratégie d'échantillonnage :

L'habitat des macros invertébrés benthiques, comme celui de tout organisme vivant, comprend des éléments biologiques (par exemple, la végétation), physiques (comme le substrat et l'écoulement) et chimiques (notamment le pH et l'azote). La diversité biologique des rivières est fortement influencée par la qualité de leur habitat. Ainsi, pour améliorer le suivi de macros invertébrés benthiques, l'évaluation de leur environnement habitat fournit des informations complémentaires précieuses (**Moisan, 2011**).

L'objectif de l'échantillonnage était de prélever un échantillon représentatif de la population des Macros invertébrés de la vallée. Il était donc recommandé de prélever des échantillons à différentes stations le long du cours d'eau, comprenant des zones d'eau calme, des zones d'eau vive, et des zones sous et sur les rochers. Cependant, la plupart de macros invertébrés seront généralement situés sous de gros rochers submergés.

Matériels et Méthode

8. Le tri des échantillons :

Le tri a été effectué au laboratoire sous une loupe binoculaire selon les étapes suivantes :

- La séparation des taxons à l'œil nu.
- Comptage des taxons de chaque sortie ainsi de chaque station.
- Identification des taxons sous une loupe binoculaire à l'aide des guides entomologiques (Moisan, 2010).

9. Saison d'échantillonnage :

Selon les buts pour suivis par l'étude, la saison d'échantillonnage peut varier. L'automne est toutefois privilégié pour les raisons suivantes :

- Grande richesse taxonomique (Jones et al., 2005).
- Reflète les conditions d'été (Jones et al., 2005), particulièrement en ce qui a trait à la pollution agricole.
- Beaucoup de données acquises au MDDEP lors de cette période.



Figure 26 : La prise des échantillons (Cliché original, 2024).



10. Analyse des données :

L'organisation d'un peuplement : Les divers peuplements qui constituent une biocénose peuvent se définir quantitativement par un ensemble de descripteurs, il est possible de décrire la structure de la dominance, la diversité spécifique (**Ramade et al., 1994**).

10.1. L'abondance :

Est le nombre d'individus d'une population donnée présent par unité de surface ou de volume.

10.2. La richesse spécifique S :

Est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré effectivement présentes sur un site d'étude et d'un moment donné (**Boulinier et al., 1998**).

La richesse spécifique est fréquemment utilisée comme une variable reflétant l'état d'un système et intervient souvent dans les efforts de gestion et de conservation de la biodiversité ainsi que dans l'évaluation de l'impact des activités anthropiques sur la biodiversité (**Nicholas et al., 1998**).

10.3. Indice de Shannon-Weaver H' :

Permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu et d'observer son évolution au cours du temps. Cet indice a l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus.

$$H' = -\sum (P_i \times \log_2 P_i) \text{ où } P_i = n_i / N.$$

- S= Nombre d'espèces contenues dans l'échantillon.
- P_i = fréquence de l'espèce i .
- N_i : nombre d'individus d'une espèce de rang i .

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 minimal quand il est égal à zéro c'est-à-dire quand l'échantillon contient une seule espèce. Il est maximal (théoriquement infini) lorsque tous les individus appartiennent à des espèces différentes, dans ce cas H' est égale à $\log_2(S)$ (**Boukli, 2012**).

10.4. L'Equitabilité E :

Accompagne l'indice de Shannon, appelé également indice d'équi-répartition ou de régularité. Cet indice permet d'estimer la répartition des espèces au sein des relevés en évaluant la proportion des espèces dominantes et dominées. Il se calcule à partir de la valeur de H' et de la richesse spécifique S , il s'écrit :

$$J' = H' / H_{\max} = H' / \log_2(S)$$

L'Equitabilité varie de 0 à 1, elle tend vers 0, quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une ou deux espèces (une ou deux espèces dominantes), elle est de l'ordre de 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Insensible à la richesse spécifique, il est très utile pour comparer dans notre étude les dominances potentielles entre les différents niveaux de végétation ou entre dates d'échantillonnage (**Boukli, 2012**).

Chapitre 4

Résultats et discussion

Résultats et discussion

Résultats :

1. La liste des taxa faunistiques :

Sur total de 05 sorties effectuée du 15 janvier au 15 Mai 2024 nous avons recensées 10 taxa faunistiques pour les macros invertébrées sur l'ensemble de 27 relevés.

Tableau 6 : Listes des taxa faunistiques d'Oued El-Ghicha

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Nb.T	F.O
<i>Arthropode</i>	<i>Insectes</i>	<i>Éphéméroptères</i>	<i>Baetidae</i>	640	5/6
		<i>Diptères</i>	<i>Chironomoda</i>	167	3/6
		<i>Plécoptères</i>		19	1/6
		<i>Lépidoptères</i>		14	1/6
		<i>Hémiptères</i>	<i>Notonectidae</i>	12	1/6
		<i>Trichoptères</i>		90	2/6
		<i>Coléoptères</i>	<i>Gyrinidae</i>	32	1/6
	<i>Crustacés</i>	<i>Amphipodes</i>		296	4/6
<i>Annélides</i>	<i>Oligochètes</i>			19	1/6
<i>Mollusques</i>	<i>Gastropodes</i>			3	1/6

Nb.T : Nombres Total.

F.O : fréquence d'occurrences.

Résultats et discussion

- Parmi les macro-invertébrées que nous avons recensées :



Figure 28 : Larve d'éphéméroptère (Cliché original, 2024).



Figure 29 : Larves et Nymphe d'un diptère (Cliché original, 2024).



Figure 30 : Une Plécoptère (Cliché original, 2024).



Figure 31 : Une Lépidoptère (Cliché originale, 2024).



Figure 32 : Une Notonectidae (Cliché originale, 2024).



Figure 33 : Trichoptère (Cliché originale, 2024).



Figure 34 : Annélides - Oligochètes (Cliché originale 2024).



Figure 35 : Une Coléoptère (Cliché originale, 2024).



Figure 36 : Gastropode (Cliché originale, 2024).

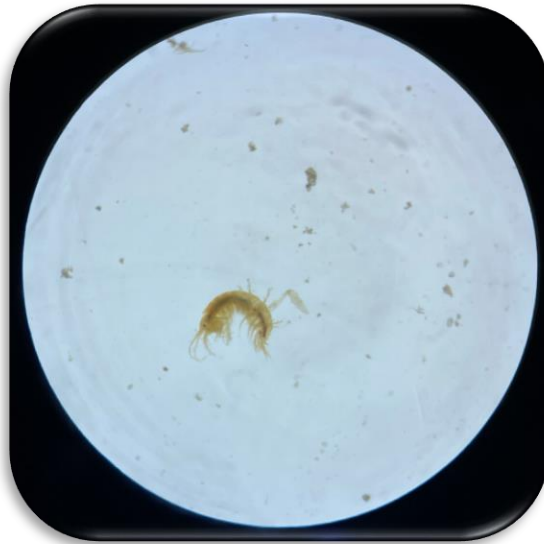
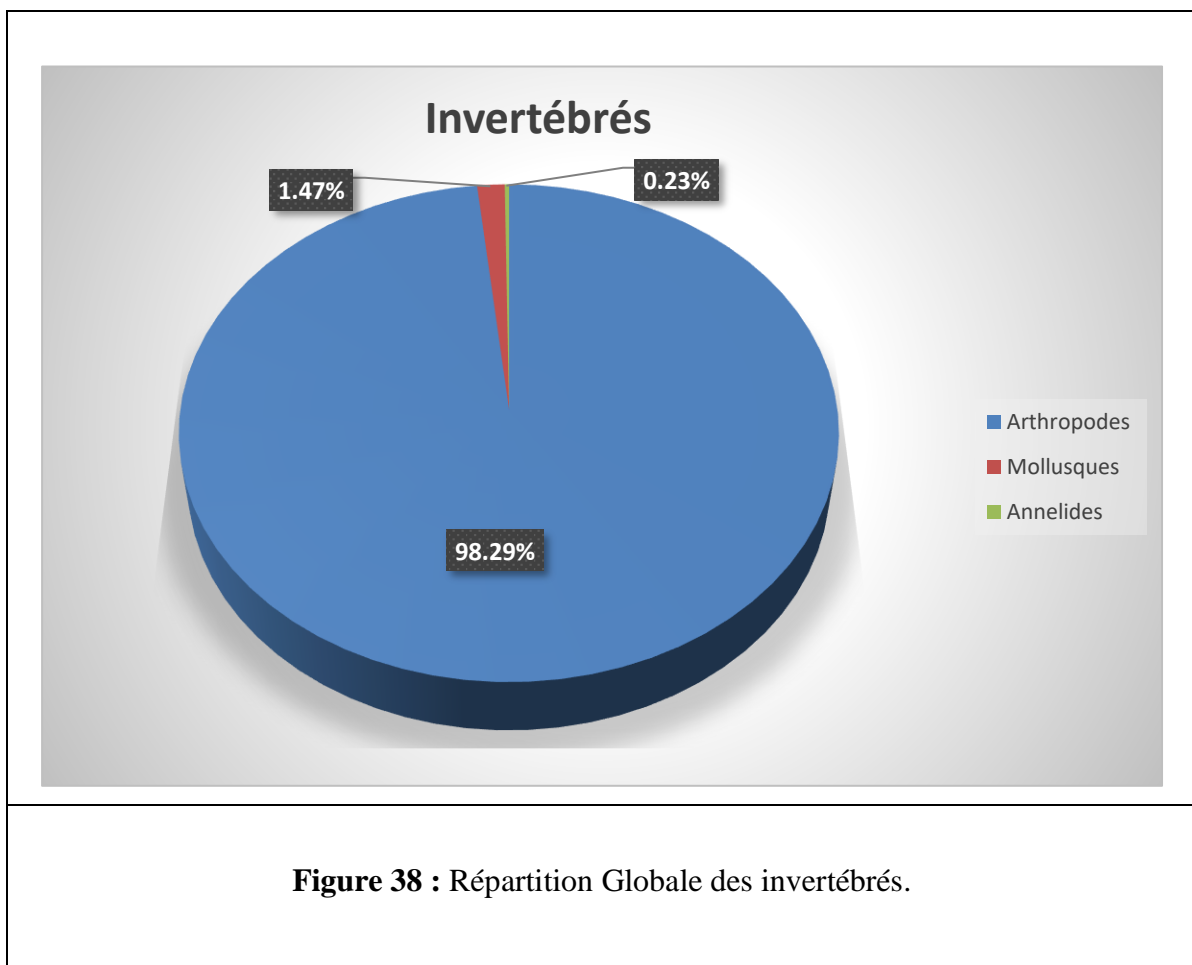


Figure 37 : Une Crustacée (Cliché originale, 2024).

2. Analyses des taxons faunistiques récoltés :

La (Figure.38) illustre la répartition globale des invertébrés. Comme le montre clairement cette figure, les invertébrés sont majoritairement représentés par les arthropodes, qui constituent 98,29 %. Les mollusques et les annélides représentent respectivement 1,47 % et 0,23 %. D'après les résultats, les arthropodes dominent dans ces 05 stations.



La (Figure.39) présente la répartition globale des arthropodes. Cette figure met en évidence la prédominance des insectes, qui représentent 76,69 % du nombre total d'arthropodes recensés et 23,30 % des crustacés.

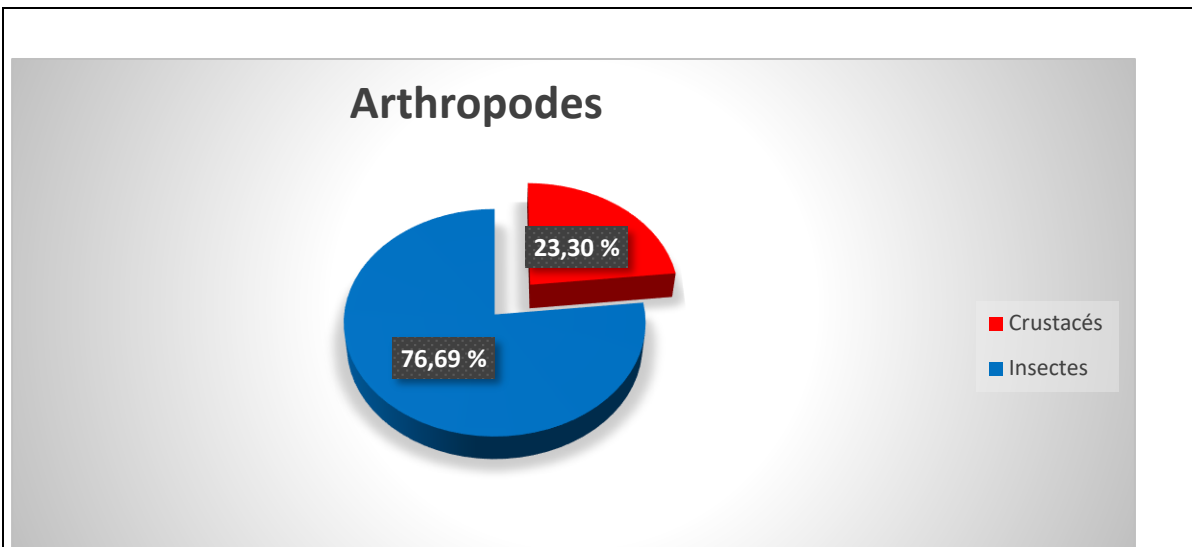


Figure 39 : Répartitions Globales des Arthropodes.

La (Figure.40) montre la répartition globale des insectes. Au sein de la classe des insectes, les éphéméroptères affichent les effectifs les plus élevés, représentant 65,7 % des insectes recensés. Les diptères occupent la deuxième place dans cette classe avec 17,14 %, suivis des trichoptères avec 9,24 %. Les hémiptères, quant à eux, présentent le pourcentage le plus faible avec 1,23 %.

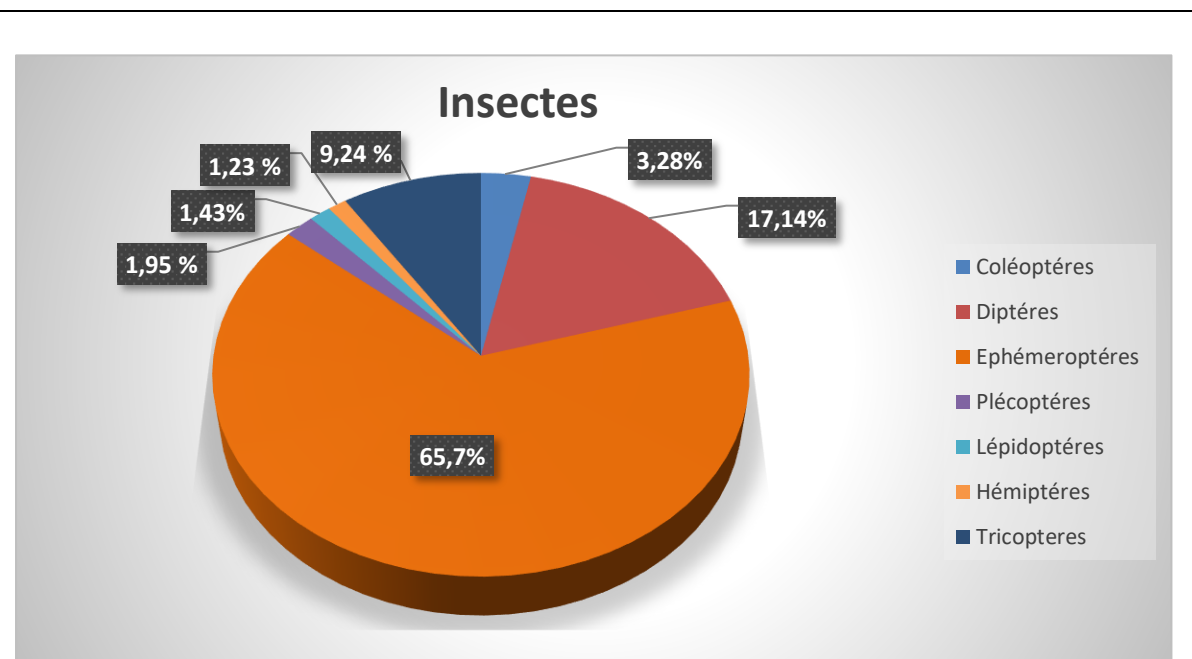
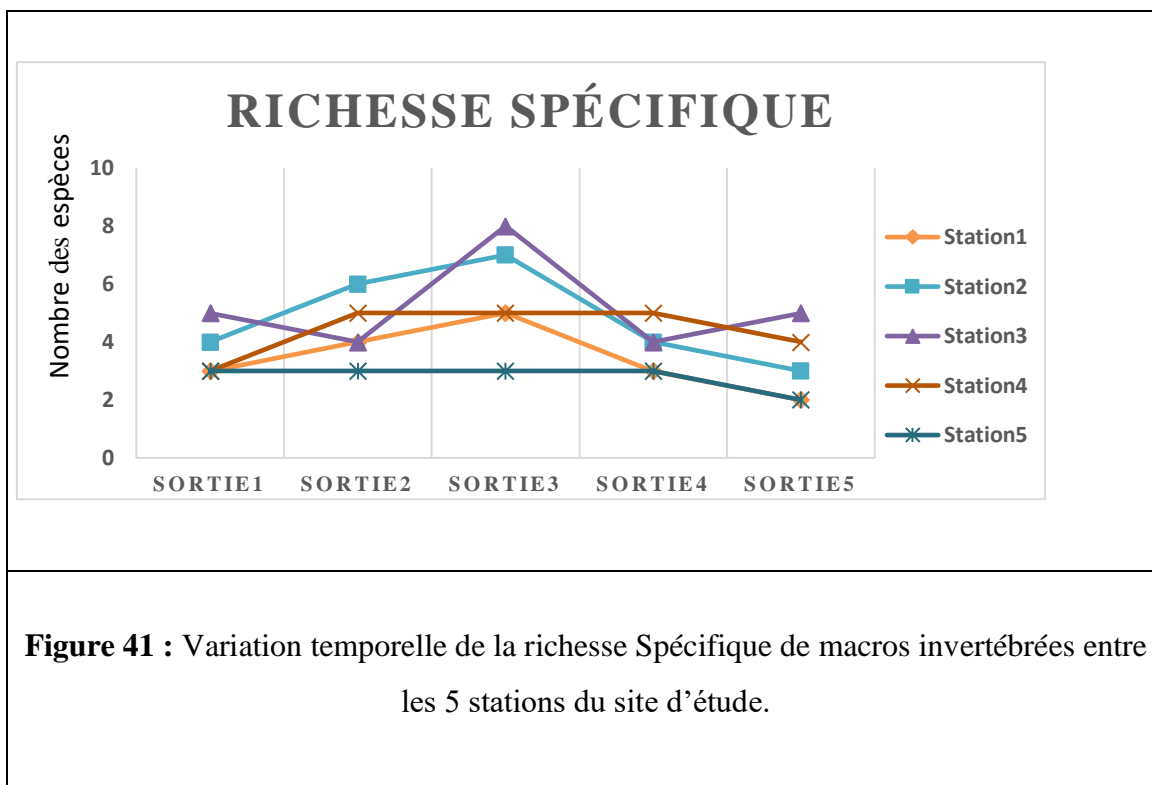


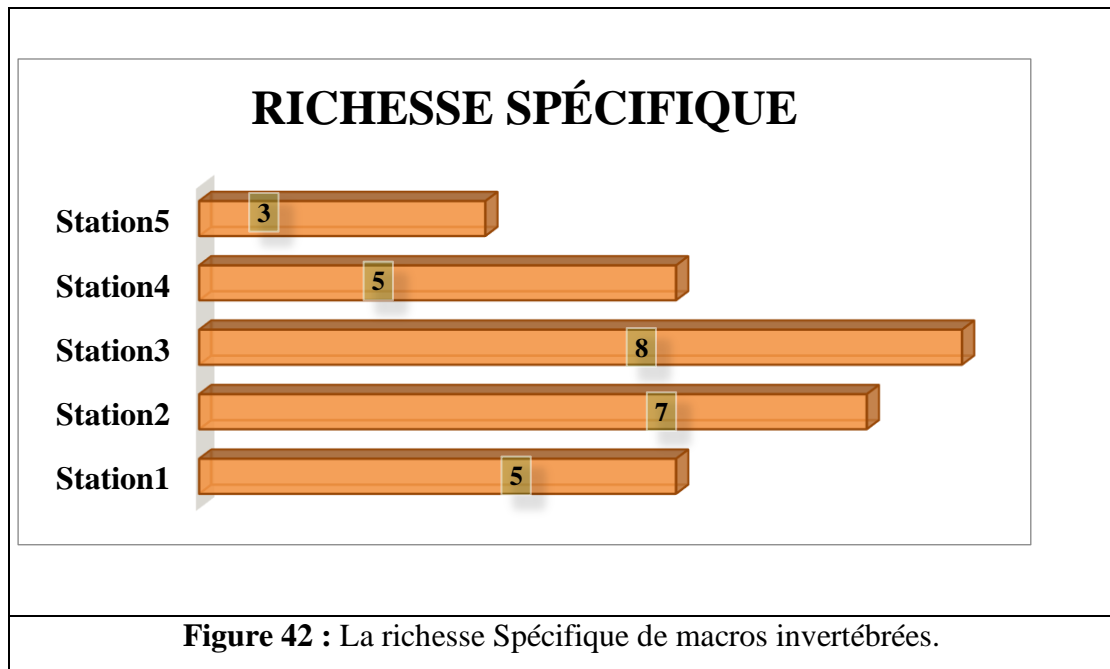
Figure 40 : Répartitions Globales des insectes.

3. Richesse Spécifique :

La (Figure.41) dépeint la variation temporelle de la richesse spécifique des macro-invertébrés entre les 5 stations du site d'étude. Elle met en évidence l'évolution temporelle de cette richesse spécifique dans l'espace et le temps. On observe que le pic de cette richesse est atteint au mois de mars, suivi de février, puis d'avril et enfin de janvier. Le mois de mai présente la richesse spécifique la plus faible.

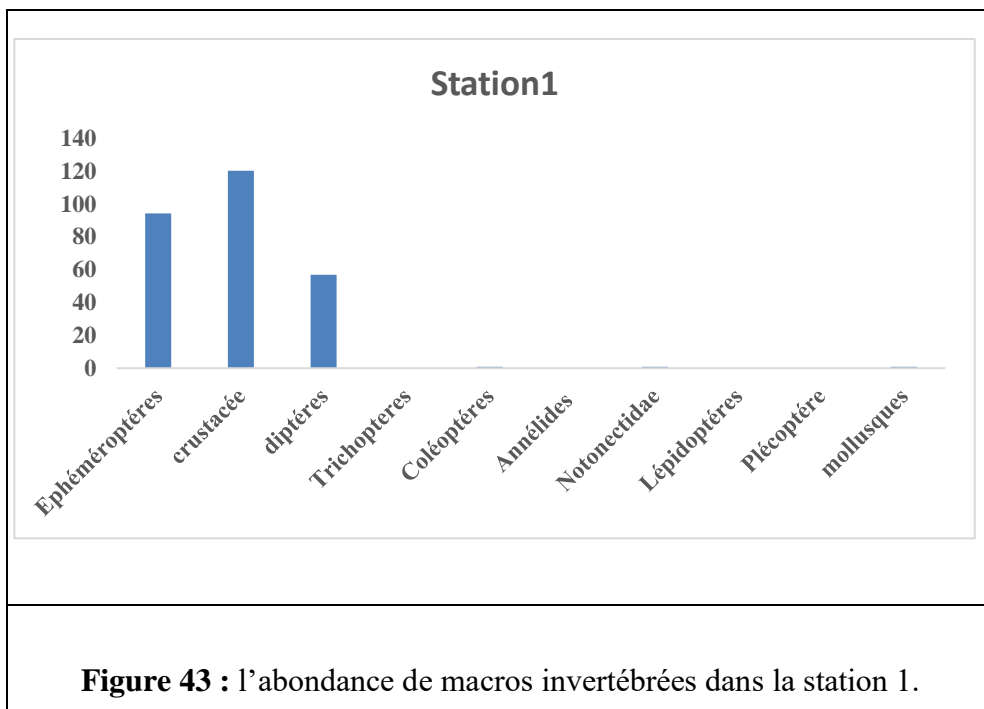


Comme le montre La (Figure.42) la richesse spécifique des macro-invertébrés. On observe que la richesse spécifique la plus élevée est enregistrée dans la station 3 avec 8 taxons. La station 2 suit avec 7 taxons, tandis que les stations 1 et 4 comptent chacune 5 taxons. La station 5 présente la richesse spécifique la plus faible avec 3 taxons.



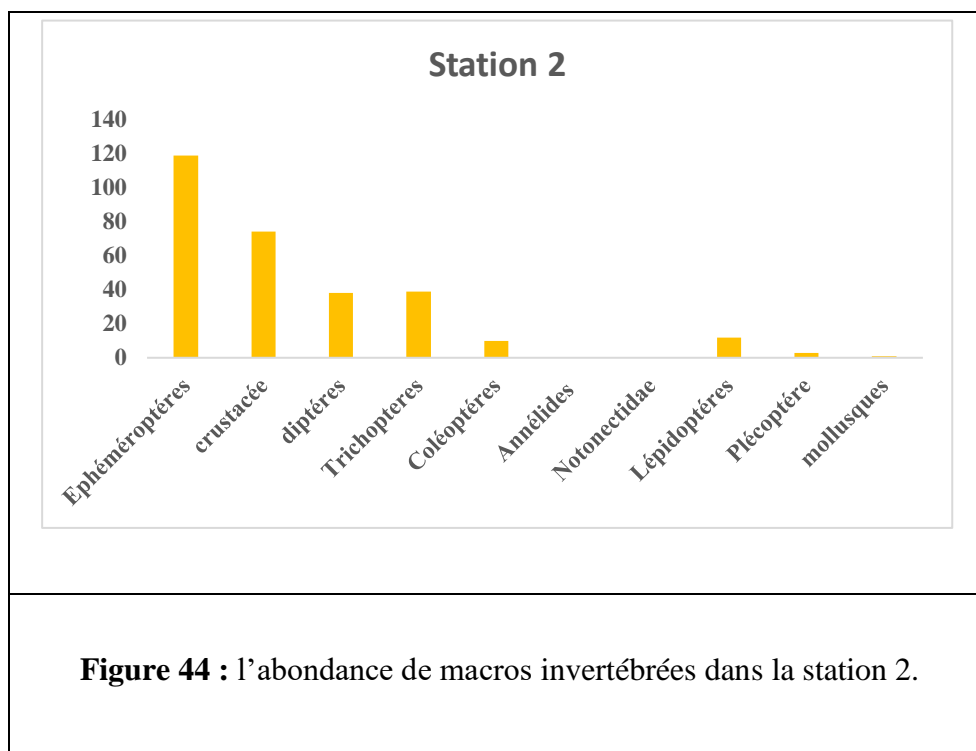
4. L'abondance de macros invertébrées :

D'après La (Figure.43) l'abondance des macro-invertébrés dans la station 1. On observe que les crustacés présentent l'abondance la plus élevée avec 120 individus, suivis des éphéméroptères avec 94 individus. Les diptères occupent la troisième place avec 57 individus, tandis que les coléoptères, les notonectidae et les mollusques comptent chacun 1 individu.

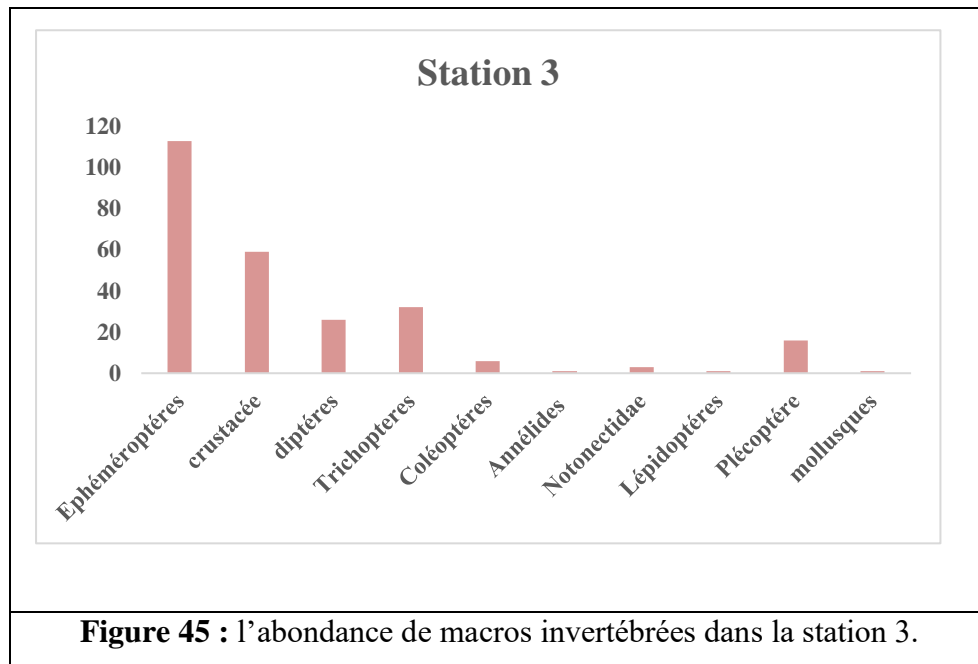


Résultats et discussion

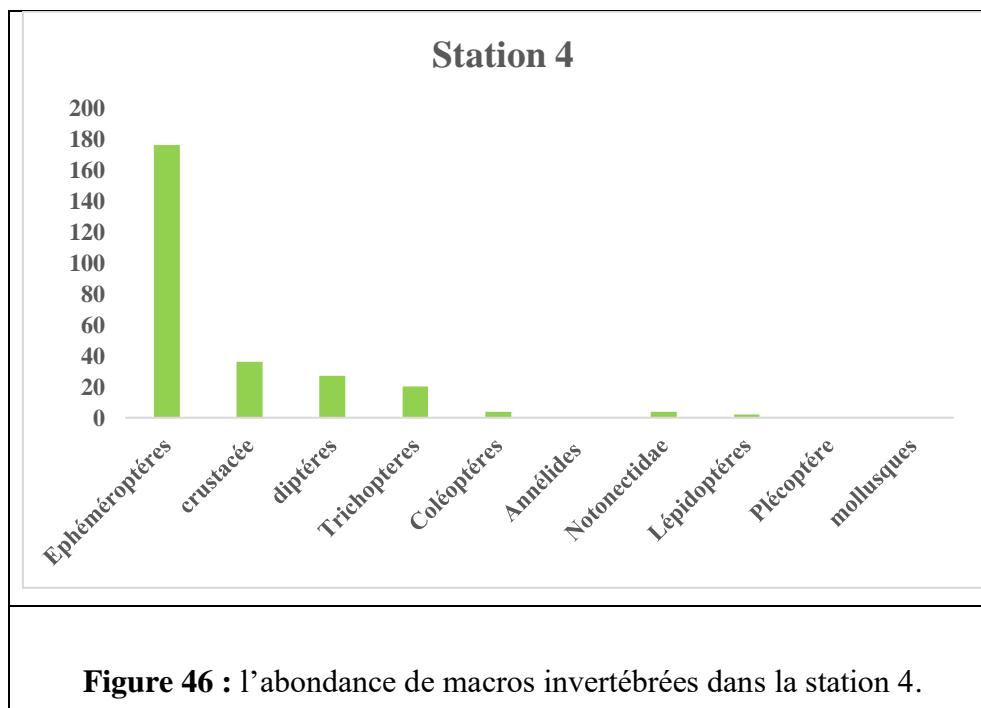
Les résultats de La (Figure.44) présente l'abondance des macro-invertébrés dans la station 2. On observe une nette dominance des éphéméroptères avec 119 individus, suivis des crustacés avec 74 individus. Les trichoptères et les diptères occupent respectivement la troisième et quatrième place avec 39 et 38 individus. Viennent ensuite les lépidoptères et les coléoptères avec 12 et 10 individus respectivement. Enfin, les plécoptères et les mollusques comptent respectivement 3 et 1 individus.



La (Figure.45) révèle l'abondance des macro-invertébrés dans la station 3. On observe une nette dominance des éphéméroptères avec 113 individus, suivis des crustacés avec 59 individus. Les trichoptères et les diptères occupent respectivement la troisième et quatrième place avec 32 et 26 individus. Viennent ensuite les plécoptères avec 16 individus, suivis des notonectidae avec 3 individus. Enfin, les mollusques, les lépidoptères et les annélides comptent chacun 1 individu.

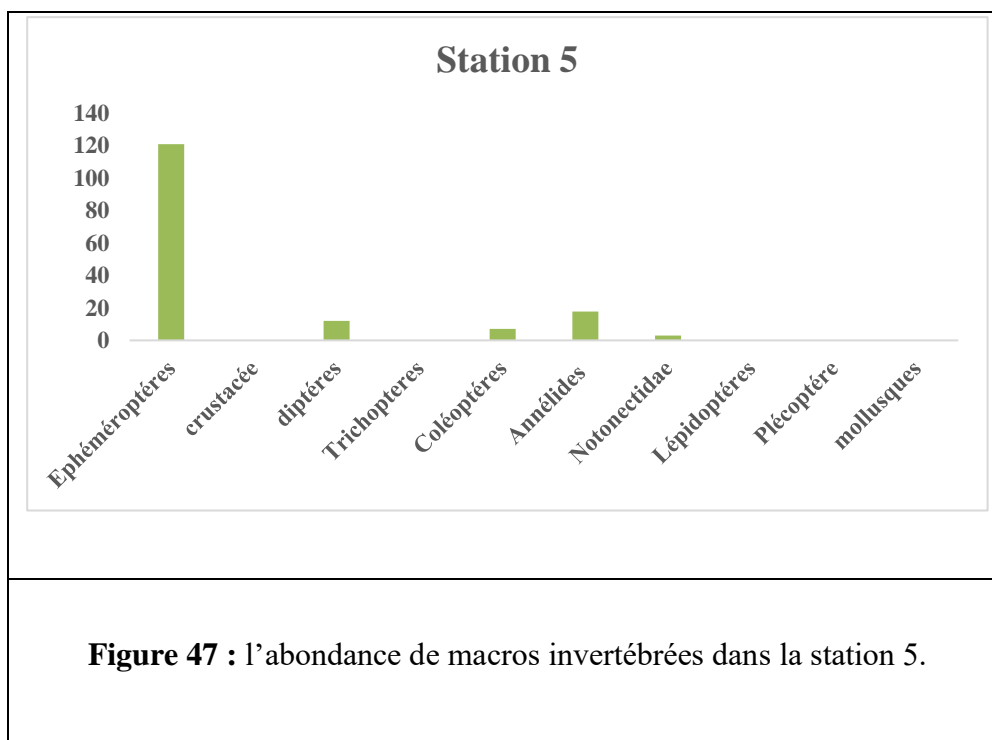


Comme le démontre La (**Figure.46**) l'abondance des macro-invertébrés dans la station 4. On observe une nette dominance des éphéméroptères avec 176 individus, suivis des crustacés avec 36 individus, des diptères avec 27 individus et des trichoptères avec 20 individus. Les coléoptères et les notonectidae occupent ensuite la cinquième place avec 4 individus chacun. Enfin, les lépidoptères comptent 2 individus.



Résultats et discussion

La (Figure.47) indique l'abondance des macro-invertébrés dans la station 5. On observe une nette dominance des éphéméroptères avec 121 individus, suivis des annélides avec 18 individus et des diptères avec 12 individus. Viennent ensuite les coléoptères avec 12 individus et les notonectidae avec 3 individus.

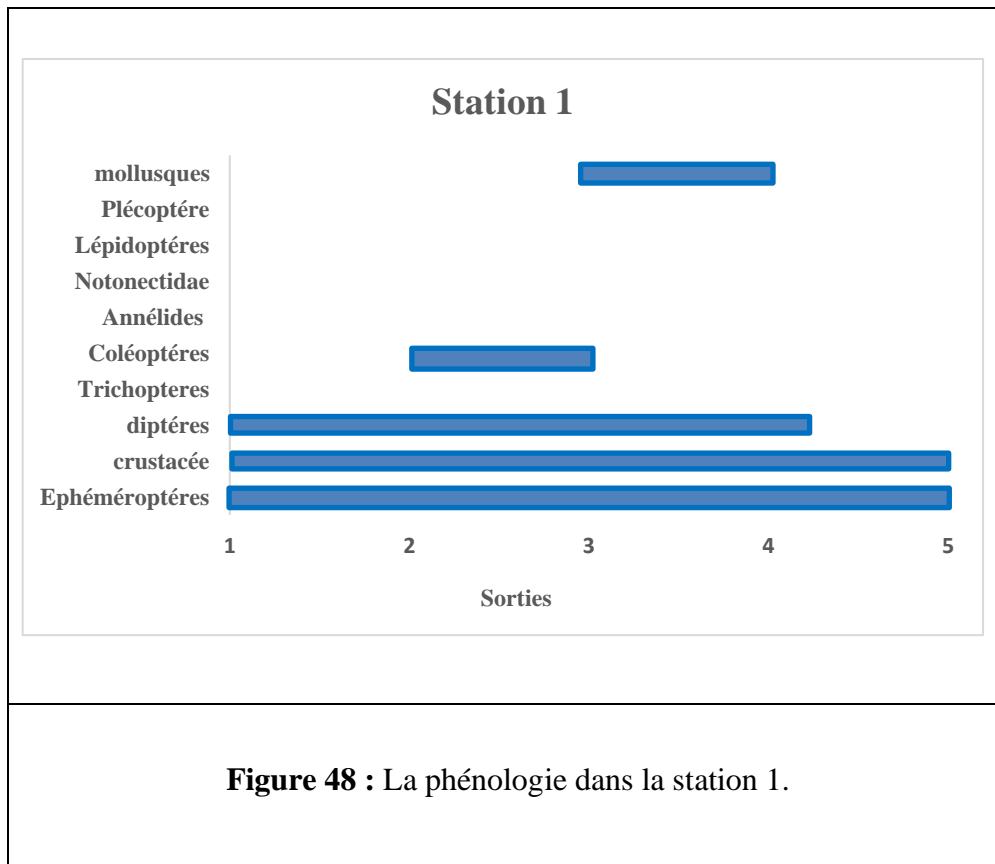


4.1. Bilan sur macro-invertébrées dans les stations étudiées :

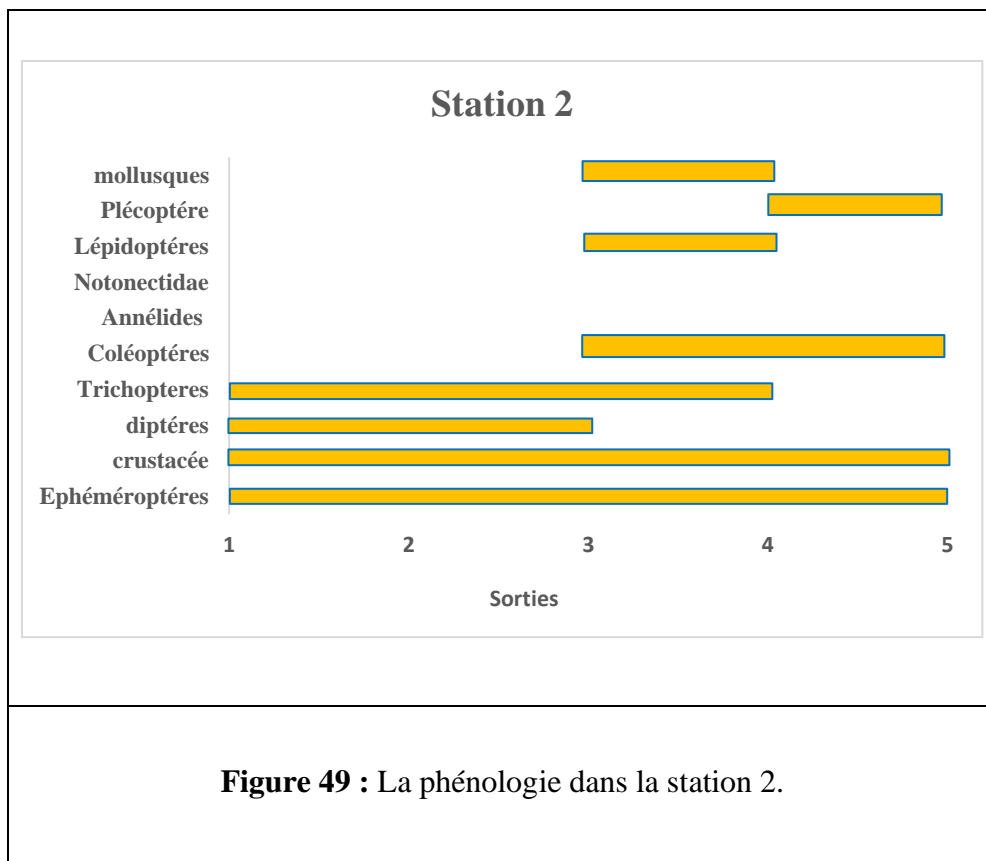
L'analyse des macro-invertébrés à travers les stations 1 à 5 révèle une dominance claire des éphéméroptères dans toutes les zones. Les crustacés occupent une place importante dans les stations 1, 2 et 3, suivis par des effectifs modérés de diptères et de trichoptères dans la plupart des stations. La diversité faunistique est la plus forte en station 1 et décline graduellement jusqu'à la station 5.

5. La phénologie des taxa faunistiques au niveau des sites d'études :

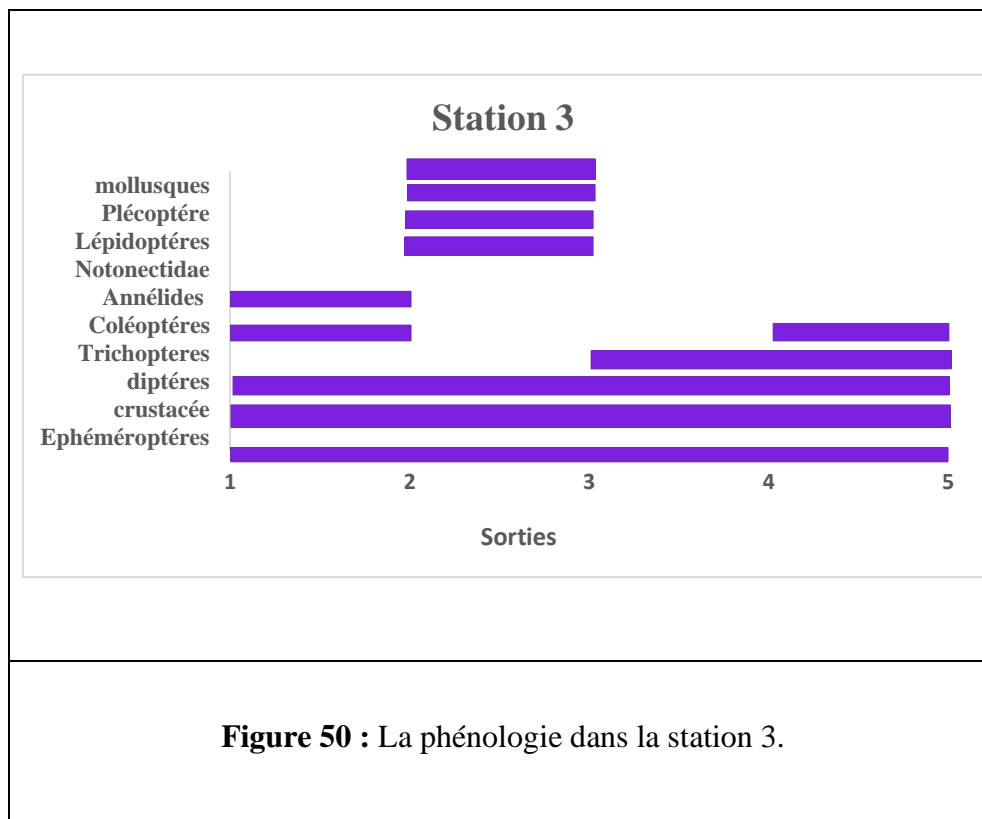
La (Figure. 48) met en évidence la phénologie des macro-invertébrés dans la station 1. On observe la présence des éphéméroptères et des crustacés tout au long de la période d'étude, de janvier à mai. Les diptères sont présents de janvier à avril, mais disparaissent en mai. Les coléoptères sont présents uniquement en janvier et février, tandis que les mollusques sont présents uniquement en février et mars.



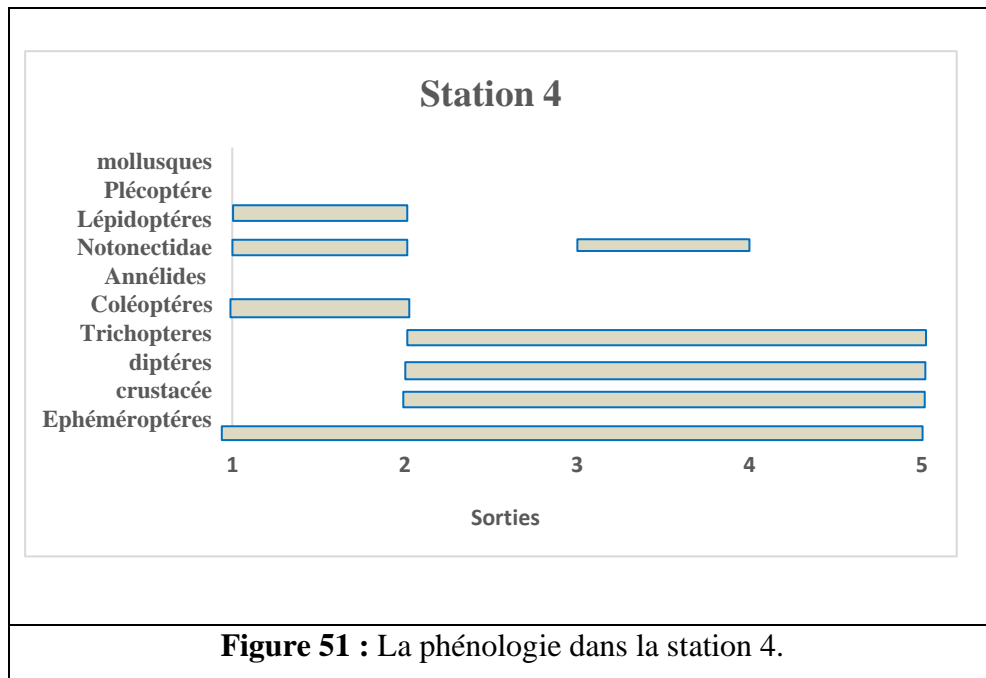
La (Figure. 49) démontre la phénologie des macro-invertébrés dans la station 2. On observe la présence des éphéméroptères et des crustacés tout au long de la période d'étude, de janvier à mai. Les diptères sont présents de janvier à mars, tandis que les trichoptères sont présents de janvier à avril. Les coléoptères sont présents de février à avril, les lépidoptères de février à mars, les plécoptères d'avril à mai et les mollusques de février à mars.



L'analyse de la (Figure. 50) révèle une phénologie des macro-invertébrés à la station 3 caractérisée par une présence variée des taxons étudiés sur une période de cinq mois, de janvier à mai. Les éphéméroptères et les crustacés occupent la station de manière continue tout au long de l'étude, tandis que les diptères s'absentent temporairement de mars à avril. La présence des trichoptères se manifeste de février à avril, tandis que les coléoptères occupent la station en deux périodes distinctes : en janvier et d'avril à mai. Les annélides, quant à eux, ne sont observés qu'en janvier. Enfin, un groupe regroupant les notonectidés, les lépidoptères, les plécoptères et les mollusques présente une présence ponctuelle, limitée à la période de février à mars.



L'analyse de la (**Figure.51**) appuie la phénologie des macro-invertébrés à la station 4, caractérisée par une présence dynamique des taxons étudiés sur une période de cinq mois, s'étendant de janvier à mai. Les éphéméroptères occupent la station de manière continue tout au long de l'étude, tandis que les crustacés, les diptères et les trichoptères sont présents de février jusqu'à la fin de la période d'étude en mai. Concernant les coléoptères, leur présence s'observe de janvier à mars. Les notonectidés, quant à eux, occupent la station en deux périodes distinctes : en janvier et de mars à avril. Enfin, les lépidoptères sont présents uniquement dans la période de janvier.



L'analyse de la (Figure. 52) dévoile la phénologie des macro-invertébrés à la station 5, caractérisée par une présence variée des taxons étudiés sur une période de cinq mois, s'étendant de janvier à mai. Les éphéméroptères occupent la station de manière continue tout au long de l'étude, tandis que les diptères sont présents de février à mai. Les coléoptères, quant à eux, occupent la station de février à avril. Les notonectidés et les annélides sont observés uniquement au mois de janvier.

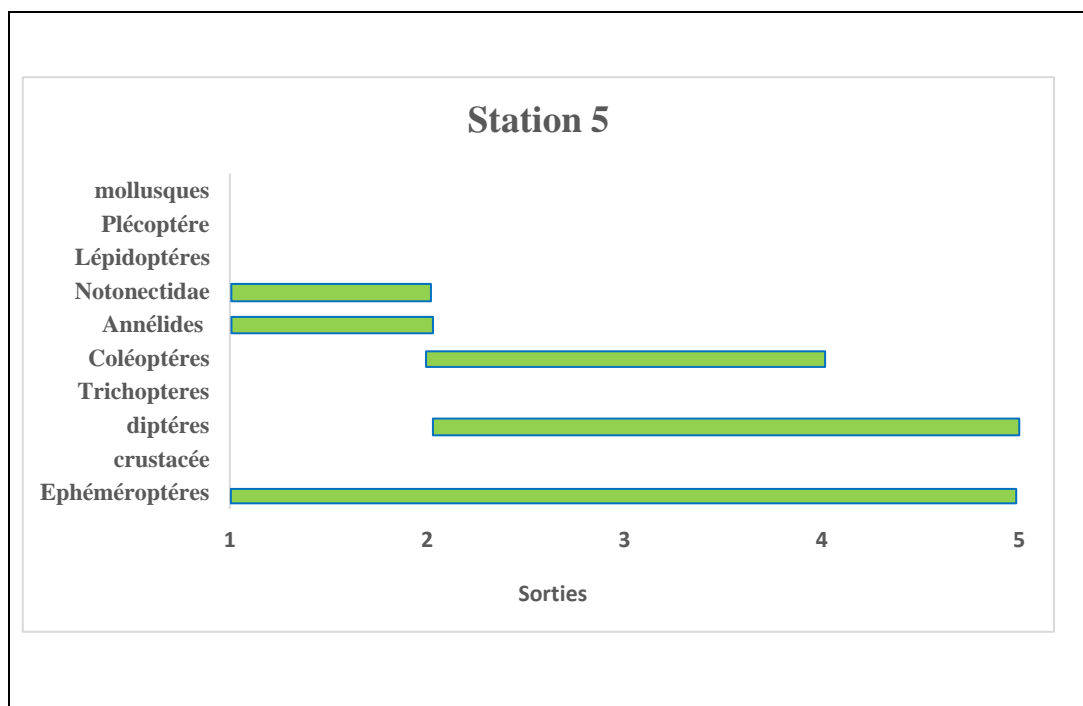


Figure 52 : La phénologie dans la station 5.

5.1. Bilon sur La phénologie des stations étudiées :

L'analyse des (Figure.48 à 52) indique une dynamique temporelle variée de la présence des macro-invertébrés dans cinq stations d'étude sur une période de cinq mois (janvier à mai). Les éphéméroptères et les crustacés se démarquent par leur omniprésence dans toutes les stations. La présence des autres taxons (diptères, trichoptères, coléoptères, annélides, notonectidés, lépidoptères et plécoptères) s'avère plus variable et saisonnière, reflétant probablement des conditions écologiques et des habitats distincts entre les stations. On observe par exemple une absence temporaire des diptères en station 3 (mars-avril) et une présence exclusive des annélides et des notonectidés en station 5 durant le mois de janvier.

6. Les indices de diversité :

6.1. Indice de Shannon et d'équitabilité :

L'indice de Shannon Weaver (H') et d'équitabilité (E) ont été calculé par station.

Tableau 7 : Les indices de diversité.

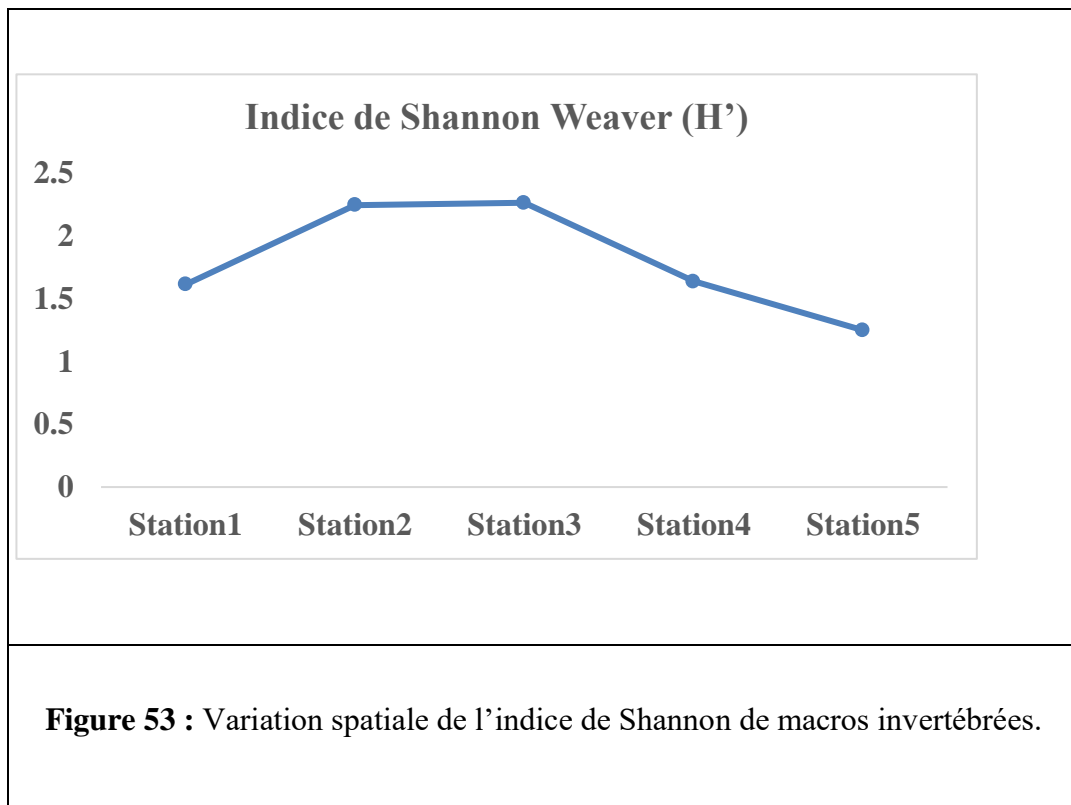
	Richesse (S')	Indice de Shannon Weaver (H')	Indice d'équitabilité (E)
Station 1	5	1,6110505	0,62323941
Station 2	7	2,24145163	0,74715054
Station 3	8	2,25838905	0,67984284
Station4	5	1,63355236	0,58188309
Station5	3	1,24602853	0,53663528

6.1.1. L'indice de Shannon Weaver (H'):

La (Figure. 53) présente la distribution spatiale de l'indice de Shannon de la diversité de macros invertébrées. Les valeurs les plus élevées de l'indice de Shannon sont observées aux stations 3 et 2, avec respectivement 2,25 et 2,24. Cela indique que ces stations présentent la plus grande diversité d'espèces de macros invertébrées. Les

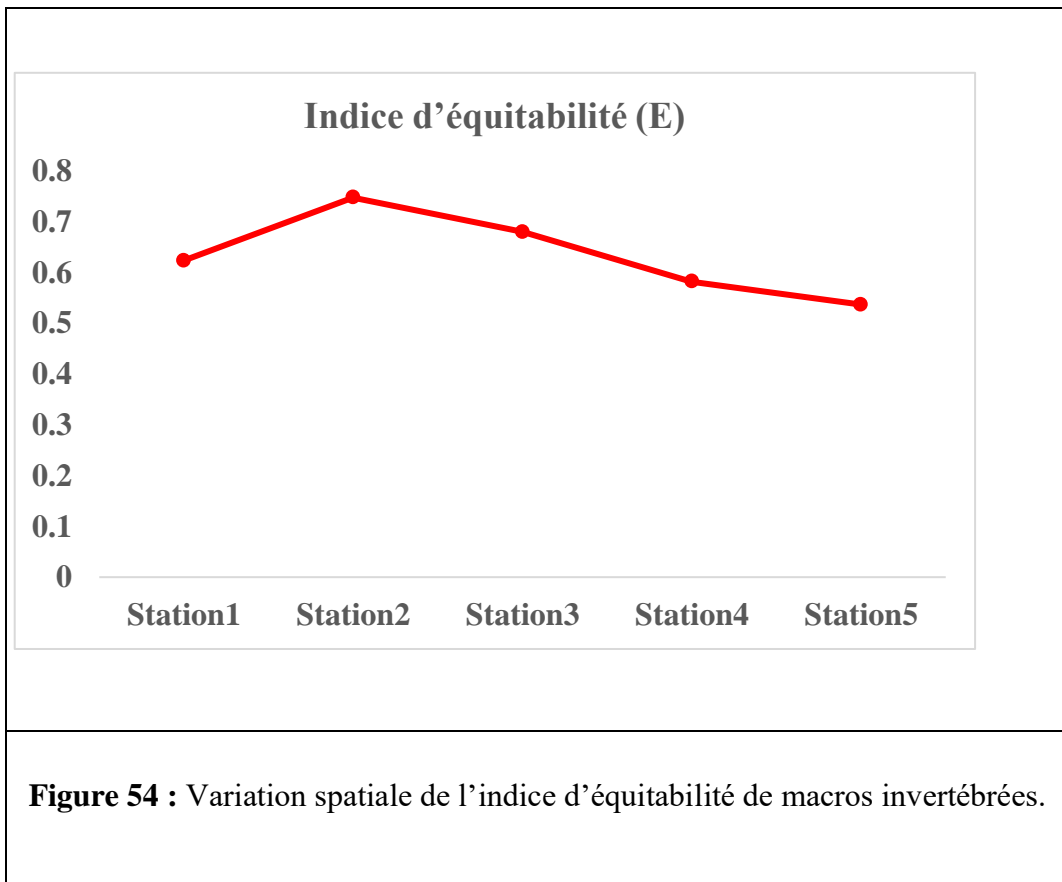
Résultats et discussion

stations 1 et 4 suivent avec des valeurs de 1,63 et 1,61 respectivement, suggérant une diversité modérée d'espèces. Enfin, la station 5 affiche la valeur la plus faible de l'indice de Shannon, soit 1,24, indiquant la diversité la plus faible de macros invertébrées parmi les stations étudiées.



6.1.2. Indice d'équitabilité :

D'après la (**Figure. 54**), la station 2 affiche la valeur d'équitabilité la plus élevée, soit 0,74. Cela suggère que les abondances des différentes espèces de macros invertébrées sont relativement équilibrées à cette station. Les stations 3 et 1 suivent avec des valeurs d'équitabilité de 0,67 et 0,62 respectivement, indiquant une répartition des abondances plus inégale, avec quelques espèces plus abondantes que d'autres. Enfin, les stations 4 et 5 présentent les valeurs d'équitabilité les plus faibles, soit 0,58 et 0,53 respectivement. Cela signifie que la domination par quelques espèces est encore plus marquée à ces stations



Résultats et discussion

Discussion

Les cours d'eau d'Oued El-Ghicha abritent une diversité faunistique notable, composée de 10 taxons répartis en trois groupes zoologiques principaux. Les insectes ils dominent largement la communauté avec 7 taxons, représentant 76,69% de l'ensemble. Les crustacés ils constituent 23,30% de la faune, avec 2 taxons recensés. Cette composition faunistique du macrofaune benthique correspond aux observations effectuées dans d'autres cours d'eau d'Afrique du Nord (**Giudicelli et Dakki, 1984 ; Dakki, 1992 ; Lounaci et al., 2000 ; Arab et al., 2004 ; Zougaghe et al., 2009 Haouchine, 2011 ; Lakhdara et al., 2014 ; Sellam et al., 2017 et Ghougali et al., 2019**). Parmi les insectes, les éphéméroptères sont les plus abondants, suivis des diptères et des trichoptères. Ce constat concorde avec les résultats d'études menées au Maroc (**Giudicelli et Dakki, 1984**) et en Algérie (**Arab et al., 2004 ; Sellam et al., 2017 ; Ghougali et al., 2019**).

L'étude révèle une faible abondance de Coléoptères dans les cours d'eau d'Oued El-Ghicha, avec seulement 32 individus recensés. Malgré cette faible abondance, la diversité taxonomique des Coléoptères est également limitée, avec un seul taxon identifié. Ce taxon a été principalement observé sur des substrats constitués de végétation et de rochers. Cette faible richesse en Coléoptères contraste avec les observations effectuées dans d'autres rivières des régions arides et semi-arides d'Afrique du Nord. En effet, des études menées à Laghouat (4 taxons), Djelfa (11 taxons) et Bouira (7 taxons) ont révélé une diversité taxonomique des Coléoptères plus importante (**Sellam et al., 2017**). De même, les rivières de Moulay Idriss Zerhoun au Maroc abritent 13 taxons de Coléoptères (**Ben Moussa et al., 2014**). La faible diversité des Coléoptères dans les cours d'eau d'Oued El-Ghicha peut s'expliquer par plusieurs facteurs, tels que la qualité de l'eau, la disponibilité des habitats et les interactions biotiques. Les Coléoptères sont les seuls insectes holométaboles à présenter à la fois une forme larvaire et une forme adulte dans les milieux aquatiques. Ils colonisent une variété d'habitats, notamment les sources, les cours d'eau de source, les rivières à courant modéré et les rivières quasi stagnantes avec végétation (**Tachet et al., 1980**).

Résultats et discussion

Les cours d'eau d'Oued El-Ghicha présentent une faible représentation des ordres d'insectes Plécoptères, Lépidoptères et Hémiptères, comparés aux autres groupes. Les Hémiptères, représentés par la famille Notonectidae (12 individus), se concentrent dans quelques stations en aval. Les Plécoptères, quant à eux, sont limités aux eaux supérieures de l'oued. Les plécoptères n'avaient pas été signalés dans des travaux antérieurs sur les rivières de Laghouat (Oued M'zi), Djelfa (Oued Djedir) et Bouira (Oued Sahel) en Algérie (**Sellam et al., 2017**) et à Moulay idriss Zerhoun au Maroc (**Ben Moussa et al., 2014**), Oued Boufekrane (**Chahlaoui, 1996**) et à l'Oued Ouislane (**Aboukacem, 2007**). Cette faible représentation s'explique probablement par la sensibilité de ces taxons aux perturbations anthropiques et à leurs préférences d'habitat (**Haouchine., 2011**). En effet, les Plécoptères sont connus pour leur exigence en termes de qualité de l'eau et préfèrent les eaux courantes de haute altitude bien oxygénées (**Giudicelli et Dakki, 1984 ; Giudicelli et al., 1985 ; Dakki, 1986 ; Chergui et al., 1990**). De plus, les températures estivales élevées dans la région pourraient également limiter leur présence (**Berrahou et al., 2001**). L'absence de ces taxons dans certaines stations en aval pourrait donc refléter une altération de la qualité de l'eau due aux activités humaines (**Ben Moussa et al., 2014**). La présence ou l'absence de ces taxons peut donc servir d'indicateurs précieux de l'état de santé des écosystèmes aquatiques.

Cette étude fournit une première analyse de la composition des communautés d'insectes dans les cours d'eau d'Oued El-Ghicha et met en évidence certains facteurs environnementaux qui semblent influencer la structure de ces communautés.

Le total des 10 taxons de macro-invertébrés benthiques enregistrés dans notre inventaire confirme la faible diversité qualitative et quantitative des taxons révélée dans des études antérieures sur les oueds d'Afrique du Nord qui partagent avec d'autres rivières méditerranéennes les caractéristiques d'être soumises à un large éventail de fluctuations hydrologiques et de conditions physiques extrêmes (**Arab et al., 2004 ; Lounaci et al. 2000 ; Belaidi et al., 2004**). En conséquence, les cours d'eau intermittents hébergent généralement moins d'espèces que les cours d'eau permanents (**Del Rosario et Resh 2000**). La richesse taxonomique observée dans la région semi-aride d'El-Ghicha était inférieure à celle observée dans les régions à climat plus humide dans le nord de l'Algérie avec des précipitations annuelles plus élevées, comme dans la

Résultats et discussion

région de la Kabylie (**Lounaci, 2005**) ou dans le cours d'eau de la Soummam (**Zouggaghe et Moali 2009**).

La faible richesse taxonomique également rencontrées dans d'autres régions bioclimatiques arides et semi-arides d'Algérie (**Bebba et al., 2015; Sellam et al., 2017**) peuvent s'expliquer par les conditions environnementales instables, principalement l'absence fréquente de flux, des niveaux d'eau insuffisants quand elle coule et par les températures estivales élevées dépassant 35 °C qui entraînent une augmentation des périodes de sécheresse, ce qui influence négativement la biodiversité qui a tendance à être faible (**Arab et al., 2004**). A priori, ce phénomène a également été observé dans les cours d'eau temporaires de toutes les régions du monde : Californie, bassin méditerranéen, Chili, Afrique du Sud et sud-ouest de l'Australie (**Williams, 1996 ; Bonada, 2003**). Les assemblages d'insectes étaient également dominés en termes d'abondance par les éphéméroptères, les diptères et les trichoptères.

Les éphéméroptères et Les diptères étaient particulièrement les taxons les plus dominants, comme cela a été observé dans d'autres cours d'eau méditerranéens arides et semi arides en Afrique du Nord (**Sellam et al., 2017**). **Pires et al., (2000)**, ont indiqué que les diptères et les éphéméroptères étaient également les taxons dominants dans les cours d'eau intermittents au Portugal, en raison de leur capacité de tolérer la sécheresse et leurs mécanismes de recolonisation efficaces. Les Chironomidae étaient parmi les familles les plus abondantes notées à Oued Elma et Oued Yabous avec des larves adhérant à des substrats stables tels que des pierres et des roches, probablement en raison de leur habitude de filtrage (**Tachet et al., 2010**) et leur tolérance à des niveaux modérés de pollution (**Augusto et Marcos, 2010**).

Oued El-Ghicha, situé dans un étage bioclimatique Semi arides, présentait une bonne biodiversité par rapport aux autres oueds. Cette diversité entre les sites étudiés est probablement due aux perturbations anthropiques de l'écosystème aquatique, comme certains sites souffrant de pollution domestique. De même, (**Azrina et al., 2006**) et (**Cereghino et al., 2002**), ont notés que la richesse en espèces est sensible à l'impact humain sur les écosystèmes aquatiques, en particulier sur les insectes aquatiques, qui sont souvent de bons indicateurs des conditions environnementales dans les cours d'eau et sont donc très sensibles à la pollution.

Résultats et discussion

Selon **Decrouy (2020)** les annélides forment un groupe d'animaux très varié, Il existe plus de 1,300 espèces, parmi lesquelles on retrouve des animaux terrestres, marins et d'eau douce, Les annélides les plus connus sont les espèces de vers de terre, une espèce fondamentale pour le recyclage de la matière organique, Mais ce groupe comprend des espèces aussi diverses comme le sont les sangsues ou les souris de mer. Dans les stations d'étude, les Annélides représentent une faible proportion de la faune totale, avec seulement 0,23% (**Figure. 38**). Cette valeur est cependant supérieure à celle observée par (**Boudrari, 2022**). Les Annélides ne sont présents que dans deux stations, les stations 3 et 5 (**Figure. 38**). Ils sont représentés par une seule classe, les Oligochètes. Les Oligochètes sont un groupe d'animaux annélides connus communément comme "vers", Leurs segments sont très réduits, ils peuvent même ne pas apparaître (**Decrouy, 2020**). La richesse en espèces peut être un bon descripteur de l'influence des perturbations anthropiques sur les cours d'eau (**Compin et Cereghino 2003**).

Les mollusques d'eau douce se trouvent dans un large éventail d'habitats d'eau douce, ils ont des stratégies variées sur l'histoire de la vie et présentent des interactions écologiques complexes, Ces organismes présentent des degrés variables de susceptibilités aux changements des conditions du milieu (**Legendre et al., 1984**). Les mollusques aquatiques occupent des milieux très variés et sont généralement de bons indicateurs de l'évolution des milieux, Ils occupent par ailleurs une place de grande importance au sein. Des écosystèmes aquatiques (**Doucet, 2009**), Les mollusques aquatiques sont exclusifs a ce milieu et, leur déplacement est très lent. Les Mollusques, représentés par la classe des Gastéropodes, constituent un groupe zoologique présent dans les stations d'étude. Ils représentent 1,47% de la faune totale (**Figure. 38**), ce qui est supérieur à la proportion observée par (**Boudrari, 2022**).

Les Crustacés constituent l'une des classes de l'embranchement des Arthropode (**Charpon, 1999**), qui regroupe les animaux au corps segmenté dont chaque segment, relié aux autres par des membranes articulaires, porte une paire d'appendices articulés. Leur corps est enveloppé dans une cuticule tégumentaire chitineuse sécrétée par l'épiderme (**Beaumont et Caissier, 1998**). Les crustacés se distinguent des autres classes (les Mérostomes, les Arachnides, les Myriapodes, les Insectes) par la présence de 2 paires d'antennes (Antennules et Antennes), par la possession de nombreux autres appendices et, chez ses représentants aquatiques, par des dispositifs comme les branchies pour extraire l'oxygène de l'eau. Comme tous les arthropodes, les crustacés

Résultats et discussion

possèdent des yeux à facettes, leur donnant un champ de vision très important (Grimes *et al.*, 2004). Les Crustacés constituent un groupe dominant au sein des stations d'étude, représentant 23,30% de la faune totale (**Figure. 39**). Cette valeur est supérieure à celle observée par (**Zouggaghe et Moali, 2009**).

L'indice de diversité de Shannon (H') et l'indice d'équitabilité de Pielou (E) présentent des valeurs comprises entre 1,24 et 2,25 et 0,53 et 0,74, respectivement, pour les 5 stations échantillonnées. Ces valeurs sont proches de celles observées dans d'autres études menées par (**Ghougali et al., 2019**).

Conclusion et Perspectives

Conclusion et Perspectives

Conclusion :

L'étude menée sur les macro-invertébrés dans cinq stations d'un cours d'eau a permis de dresser un état de la richesse spécifique, de l'abondance et de la phénologie de ces taxons sur une période de cinq mois (janvier à mai). Les résultats révèlent une diversité faunistique notable, avec un total de 10 taxons recensés sur l'ensemble des stations. Les arthropodes dominent largement la communauté, représentant 98,29% des individus capturés, tandis que les mollusques et les annélides constituent des groupes minoritaires avec des pourcentages respectifs de 1,47% et 0,23%.

Parmi les arthropodes, les insectes se distinguent comme le groupe le plus abondant, représentant 76,69% du total des arthropodes recensés. Les éphéméroptères constituent le taxon dominant au sein des insectes, avec une part de 65,7% des individus capturés, suivis des diptères (17,14%) et des trichoptères (9,24%). Les autres groupes d'arthropodes, tels que les crustacés (23,30%), les coléoptères (0,49%) et les plécoptères (0,23%), affichent des abondances relativement plus faibles.

L'analyse de la richesse spécifique des macro-invertébrés met en évidence une variation temporelle et spatiale. Le pic de richesse est atteint au mois de mars, suivi de février, avril et janvier. La station 3 présente la richesse spécifique la plus élevée avec 8 taxons, tandis que la station 5 affiche la valeur la plus faible avec 3 taxons.

L'abondance des macro-invertébrés varie également entre les stations et les mois. Les éphéméroptères dominent l'abondance dans toutes les stations. Les crustacés occupent une place importante dans les stations 1, 2 et 3, suivis par des effectifs modérés de diptères et de trichoptères dans la plupart des stations.

L'analyse phréologique révèle une présence variée des taxons étudiés selon les stations et les périodes de l'année. Les éphéméroptères et les crustacés sont présents dans toutes les stations tout au long de la période d'étude, tandis que les autres taxons présentent des phénologies plus saisonnières.

L'indice de Shannon de la diversité des macro-invertébrés indique que les stations 3 et 2 présentent la plus grande diversité d'espèces, tandis que la station 5 affiche la diversité la plus faible. L'équitabilité des abondances révèle que la station 2

Conclusion et Perspectives

présente la répartition la plus équilibrée des espèces, tandis que les stations 4 et 5 affichent une domination plus marquée par quelques espèces.

En conclusion, l'étude des macro-invertébrés dans ce cours d'eau a permis de mettre en évidence une richesse faunistique notable, avec une dominance des arthropodes et en particulier des insectes. La diversité et l'abondance des taxons varient selon les stations et les périodes de l'année, reflétant probablement des conditions écologiques et des habitats distincts. Ces résultats fournissent des informations précieuses pour la compréhension du fonctionnement de l'écosystème aquatique et pour la mise en place de mesures de gestion et de conservation.

Perspectives :

Sur la base des résultats de cette étude, il est recommandé de poursuivre les recherches sur les macro-invertébrés dans ce cours d'eau afin d'approfondir les connaissances sur leur diversité, leur abondance et leur phénologie. Il serait également intéressant d'étudier les facteurs environnementaux qui influencent la distribution et la dynamique de ces taxons. Ces informations complémentaires permettraient de mieux comprendre le fonctionnement de l'écosystème aquatique et de proposer des mesures de gestion et de conservation plus efficaces.

Il est également recommandé de mettre en place un programme de surveillance des macro-invertébrés afin de suivre l'évolution de leurs populations dans le temps. Ce programme pourrait permettre de détecter d'éventuels changements environnementaux et d'évaluer l'efficacité des mesures de gestion mises en place.

Enfin, il est important de sensibiliser le public à l'importance des macro-invertébrés pour le bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Cette sensibilisation pourrait se faire par le biais de campagnes d'information et d'éducation.

Références bibliographiques

Références

- A.N.I.R.E.F., 2011.** Agence Nationale d'intermédiation et de régulation foncière.
- Abed S. (1982).** Litho stratigraphie et sédimentologie du Jurassique moyen et supérieur du Djebel Amour (Atlas saharien). Thèse 3ème cycle, Univ.de Pau. 242p.
- Aboukacem A., 2007.** Étude hydrobiologique comparative des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès. Impact sur la Sante et l'Environnement. Thèse d'Etat, Fac. Sciences. Université Moulay Ismail, Meknès (Maroc), 159p.
- Aidoud A. (1983)** Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud-Oranais : phytomasse, productivité primaire et applications pastorales. Thèse Doct. 3ème Cycle. Univ.H.boumediene, Alger, 256 p. + ann.
- Anderson, N. H., et Sedell, J. R. (1979).** Detritus processing by macros invertebrates in stream ecosystems. Annual review of entomology, 24(1), 351-377.
- Arab A., Lek S., Lounaci A., Park Y.S., 2004.** Spatial and temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). Annales de Limnologie. International Journal of Limnology, 40(4): 317-327.
- Augusto O., Marcos C., 2010.** Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an Atlantic Forest fragment. Theringia. Série Zoologia, Porto Alegre, 100(4): 291-300.
- Azrina M.Z., Yap C.K., Rahim Ismail A., Ismail A., TAN S.G., 2006.** Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. Ecotoxicology and Environmental Safety, 64(3):337-347.
- Beaumont, A., Cassier, P., 1983.** Biologie Animale des Protozoaires, Métazoaires, épithélioneuriens. Tam2 édition DUNOD, Paris. 254 p.
- Bebba N., El Alami M., Arigue S.F., Arab A., 2015.** Mesological and biotypological study of Mayflies populating in Abdi wadi (Algeria). Journal of Materials and Environmental Science, 6(4):1164-1177.
- Bedoud, D. (2018).** Contribution à l'inventaire des macro-invertébrées de la région de Guelma.
- Belaidi N., Taleb A., 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. Annales de Limnologie. International Journal of Limnology, 40(3): 237-248.

Références bibliographiques

- Ben Moussa A., Chahlaoui A., Rour E., Chahboune M., 2014.** Diversité taxonomique et structure du macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khoumane. Moulay idriss Zerhoun, Maroc. *Journal of Materials and Environmental Science*, 5 (1): 183-198.
- Benabdli K. (2000).** Evaluation de l'impact des nouveaux modes d'élevages sur l'espace et l'environnement steppique, comme de Ras el Ma (Sidi Bel Abbas Algérie) Option Médit, 39p.
- Bonada N., 2003.** Ecology of the macroinvertebrate communities in Mediterranean rivers at different scales and organization levels. PHD thesis, University of Barcelona, Barcelona.355p. <https://www.tdx.cat/>.
- Bouati B., Boualleg S., (2019).** Les macros invertébrées benthiques bio-indicateurs de la qualité écologique des milieux lotiques : cas d'Oued Bouhamdane et affluents Nord-Est d'Algérie. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945, Guelma. 100p
- Bouati B., Boualleg S., (2019).** Les macros invertébrées benthiques bio-indicateurs de la qualité écologique des milieux lotiques : cas d'Oued Bouhamdane et affluents Nord-Est d'Algérie. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945, Guelma. 100p.
- Boudrari, S. (2022).** Les Macro-Invertébrés Benthiques dans l'Oued El Abiod (Est Algérien). Inventaire, diversité, abondance, variation spatial et valeurs de tolérance (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA).
- Boukli H, S., (2012).** Bio-écologie des Coléoptères (Arthropodes-Insectes) du marais salé de l'embouchure de la Tafna (Tlemcen) (Doctoral dissertation).
- Boulinier, T., Nichols, J.D., Sauer, J.R., Hines, J.E. et Pollock, K.H., (1998).** Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability. *Ecology* 73 (3) the Ecological Society of America: 1018.
- Burmeister, H. 1839.** Hand buchder Entomologie. Zweiter Band. BesondereEntomologie. Zweite Abtheilung. Raukerfe. Gymnognatha. (ZweiteHälfte; vulgo Neuroptera). - pp. [1], 757-1050. Berlin.
- C.D.F., 1998.** Conservation Des Forêts. Présentation du sous-secteur des forêts. Laghouat, 33p
- Camargo, J. A., Alonso, A. et De la Puente, M. 2004.** Multimetric assessment of nutrient enrichment in impounded rivers based on benthic macros invertebrates. *Environmental Monitoring and Publishers*, 96:233-249.

Références bibliographiques

Céréghino R., Cugny P., Lavandier P., 2002. Influence of intermittent hydropeaking on the longitudinal zonation patterns of benthic invertebrates in a mountain stream. *International Review of Hydrobiology*, 87(1): 47-60.

Chahlaoui A. (1990). Essai d'évaluation hydrobiologique de l'impact écologique d'un barrage collinaire : Ait Lamrabetiya (Oulmès) sur l'environnement et la santé. Thèse pour l'obtention du diplôme d'études supérieures de 3ème cycle, Université Mohammed V, Faculté des Sciences, Rabat; 133p.

Chaumonton.E.P.1945. Flore médicinale. Vol 5. Edition Panckoucke. Université compléteuse184p.

Chergui H., Chavanon G., Berrahou A., Melhaoui M., 1990. À propos des Plécoptères du Maroc oriental. *Bulletin de l'Institut Scientifique. Rabat*, 14: 51-53.

Compin A., Cereghino R., 2003. Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance in the Adour-Garonne stream system (France). *Ecological Indicators*, 3(2): 135-142.

Cummins, K. W. (1973). Trophic relations of aquatic insects. *Annual review of entomology*, 18(1), 183-206.

Cummins, K. W., et Klug, M. J. (1979). Feeding ecology of stream invertebrates. *Annual review of ecology and systematics*, 10(1), 147-172.

Cuvier, G. 1795. Description de deux espèces nouvelles d'insectes. – *Magasin Encyclopédique, ou Journal des Sciences, des Lettres et des Arts* 1: 205-207, Pl. Paris.

D.P.S.B., 2018. Monographie de la wilaya de Laghouat.

Decrouy, Antoine 2020 : Annélides - Noms, exemples et caractéristiques. <https://www.planeteanimal.com/annelides-noms-exemples-et-caracteristiques-3291.html>

Dejoux, C., Lauzanne, L. and Lévêque, C., 1984. Evolution qualitative et quantitative de la faune benthique dans la partie est du lac Tchad. *Cah. ORSTOM Sér. Hydrobiol.* 3: 3-58.

Del Rosario, R.B., Resh V.H., 2000. Invertebrates in intermittent and perennial streams: is the hyporheic zone a refuge from drying? *Journal of the North American Benthological Society*, 19(4): 680-696.

Des pois J. (1957) Le Djebel Amour (Algérie). Publications de la faculté des lettres d'Alger. IIe série— Tome XXXV. 158p.

Douakha, N., et Stiti., A., (2015). Etude comparative des communautés des

Doucet. G (2009). Gastéropodes aquatiques et bivalves. *Margaritifera* n°2, mai 2002

Références bibliographiques

DSA, 2014. Direction des Services Agricoles Etat des lieux de la station actuelle de la willaya Laghouat, 24p.

Dynesius M., Nilsson C. 1994. Fragmentation et régulation du débit des systèmes fluviaux dans le tiers nord du monde. *Science*, 266 5186, 753-762.

Emberger L, (1955) Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Lab. Bot., Montpellier*, 7, 3-43.

FAO, 2005. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Ferguani, H. et Arab, A., (2013). Utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs de pollution d'Oued El Harrach. 4^{ème} Congrès International des Populations et des Communautés Animales Taghit, Algérie. *Communications internationales* : 205-212.

Gessner, M. O., Chauvet, E., et Dobson, M. (1999). A perspective on leaf litter breakdown in streams. *Oikos*, 377-384.

Ghougali F., Si Bachr A., Chaabane N., Brik I., Ait Medjber R., Rouabah A., 2019. Diversity and distribution patterns of benthic insects in streams of the Aurès arid region (NE Algeria). *Oceanological and Hydrobiological studies*, 48(1) : 31:42.

Giudicelli J., Dakki M., 1984. Les sources du Moyen Atlas et du Rif (Maroc) : faunistique (description de deux espèces nouvelles de Trichoptères), écologie, intérêt biogéographique. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 54(1) : 83-100.

Giudicelli J., Dakki M., Dia A., 1985. Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 22(4): 2094-2101.

Graça Martins, et Ponte, J. (2011). Organisation et traitement des données. *Organisation et traitement des données*.

Grimes, M Et Al., 2004- Biodiversité Marine Et Littorale Algérienne- Ed.Sonatrach- Ed. DIWAN, Alger- 362p.

Halitim, A., 1988. Les sols des régions arides d'Algérie. Ed. OPU, Algérie, 384p.

Haouchine S., 2011. Recherche sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie. 116p.

Hullnudd, (2009). Les crustacés de la source du Ru Saint-Roch. *La Marne*, 28 octobre 2009, 1p.

Hyatt, Alpheus and Sheldon, J. M. Arms. 1891. "A Novel Diagrammatic Representation of the Orders of Insects." *Psyche* 6, 11–13.

Références bibliographiques

Illies J. 1955. Mouche à pierre ou plécoptères le monde animal de l'Allemagne et les parties adjacentes de la mer. Ed Fisher Verlag p. 150.

Jones, C., K. M. Somers, B. Craig Et T. B. Reynoldson, 2005. Ontario Benthos Bio-monitoring Network Protocol Manual, Ontario, Ontario Ministry of Environment.

Khadraoui A., 2004. Eaux et sols en Algérie (Gestion et impact sur l'environnement). Ed, Houma, Ouargla Algérie, 393p.

Kirby, William, 1813: Strepsiptera, a new Order of Insects proposed; and the Characters of the Order, with those of its Genera, laid down. Transactions of the Linnean Society of London, vol. 11, no. 1. 86-123.

Kouidri M. (2013) Contribution à l'étude de l'avifaune nicheuse de la région de l'Atlas saharien.Doc.Bioanimal.Univ.BADJI MOKTAR ANNABA.

Lakhdara D., Bouslama Z., Belabed A., 2014. Caractérisation des Macro Invertébrés et les Amphibiens dans Différents Plans D'eau de L'extrême Nord-est Algérien. European Journal of Scientific Research, 123(1):38:58.

Legendre, P., Plan, D., Aucla, M.J., 1984. Succession des communautés de gastropods dans deux milieux différant par leur degré d'eutrophisation. Journal of Zoology, 62(11), 2317–2327.

Lounaci A., 2005. Recherche sur la faunistique, l'écologie et biogéographie des macroinvertébrées des cours d'eau de Kabylie. Thèse doctorat d'état. U.M.M.T.O: 209 p.

Lounaci A., Brosse S., Thomas A., Lek, S., 2000. Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the Sebaou wadi. Annales de Limnologie - International Journal of Limnology, 36(2): 123-133.

Lounaci, A. 2005. Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macros invertébrées 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.

Mahi, B. (2014). Apport de la géomatique dans l'identification des zones d'agriculture cas des zones à haut potentiel céréalier de wilaya de Laghouat. Mémoire de master en amélioration et production des plants. Université de Djelfa. 152p.

Mathieu, D. and Phan-Tan-Luu, R. (1995) Approche méthodologique des surfaces de réponse. In : Plan d'expériences Applications à l'entreprise, Editions Technip, Paris, 211-278.

Références bibliographiques

Moisan J. 2010. Guide d'identification des principales macros invertébrées benthiques d'eau douce du Québec, surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs. 86 p.

Moisan J., Pelletier L., (2011). Protocole d'échantillonnage des macros invertébrés benthiques d'eau douce du Québec, Cours d'eau peu profonds à substrat meuble 2011, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-61166-0 (PDF), 39 pages.

Moisan, J., 2010. Guide d'identification des principaux macros invertébrés benthiques d'eau douce du Québec, 2010 – Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-58416-2 (version imprimée), 82 p. (incluant 1 ann.).

Nicholas, J.D., Boulinier, T., Hines, J.E., Pollack, K.H. et Sauer, J.R., (1998). Estimating rates of local species extinction, colonization and turnover in animal communities' Ecological applications. Ecological Society of America, 8 (4).

OZENDA, Paul. Les végétaux dans la biosphère. **1982.**

Pires A.M., Cowx I.G., Coelho M.M., 2000. Benthic macroinvertebrate communities of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin (Portugal). Hydrobiologia, 435: 167-175.

Pouget M., 1980. – Les relations sol-végétation dans les steppes sud algéroises. Trav. Et doc. Orstom, Paris, 555p.

Prévost P 1999, Les bases de l'agriculture. Ed. Technique et documentation, Paris 243P.

Rahal, C. et Mills, M. C. (2019). A sciento-metric review of genome-wide association studies. Communications biology, 2(1), 9.

Ramade, F., Lagadic, L., Caquet, T., (1994). The role of biomarkers in environmental assessment (5). Invertébrées/ populations and communities. Ecotoxicology, 3(3), 193-208.

Resh VH et Rosenberg DM, (1993) : Bio surveillance de l'eau douce et macro invertébrés benthiques (N°504.4FRE). New York, NY, États-Unis: Chapman & Hall, pp, 10-27.

Sellam N., Zouggaghe F., Pinel Alloul B., Mimouni A., Moulaï R., 2017. Taxa richness and community structure of macroinvertebrates in rivers of different

Références bibliographiques

bioclimatic regions of Algeria. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8(5): 1574-1588.

Suberkropp, K. (1998). Microorganisms and organic matter decomposition. *River ecology and management: lessons from the Pacific coastal ecoregion*, 120-143.

Subphylum Crustacea Brünnich, 1772."In: Z.-Q. Zhang (ed.), *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa* 3148: 1-237.

Tachet, H. ; Bournaud, M. ; Richoux, P. ; Usseglio-Polatera, Ph. 2000.*Invertébrés des eaux douces : Systématique, Ecologie, Biologie*. Ed CNRS-Paris.

Tachet, H. Richoux, P. Bournaud, M. Usseglio-Polatera, P. 2010. *Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie*. Paris. CNRS EDITIONS, Nouvelle édition.

Tachet.H, Richoux.P et Bournaud.M,U.-P.P,(2006) :*Invertébrés d'eau douce :Systématique ,biologie ,écologie .CNRS 2ème édition,(Paris),588pp.*

Thomas A.G.B. 1981. *Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie d'insectes torrenticoles du sud-ouest de la France (Éphéméroptères et Diptères), avec quelques exemples de perturbations par l'homme*. Thèse Doctorat. Université Paul Sabatier, Toulouse. 330 p.

Vincent, J. L. Pierrakos, C (2010). *Sep sisbiomarkers: a review*. *Criticalcare*, 14, 1-18.

Webster, J. R., et Benfield, E. F. (1986). *Vascular plant breakdown in fresh water ecosystems*. *Annual review of ecology and systematics*, 17(1), 567-594.

Williams D.D., 1996. *Environmental constraints in temporary fresh waters and their consequences for the insect fauna*. *Journal of the North American Benthological Society*, 15(4): 634-650.

Woodcock, T. S. et Huryn, A. D. 2007. *The response of macros invertebrate production to a pollution gradient in a headwater stream*. *Freshwater biology*, 52 :177-196.

Zouggaghe F., Moali A., 2009. *Structural variability of benthic macroinvertebrate stands in the Soummam watershed (Algeria, North Africa)*. *Revue d'Ecologie, (Terre Vie)*, 64(4): 305-321.

Références bibliographiques

Sites Web :

Carte du réseau hydrographique de la wilaya de LAGHOUAT Découpage Administratif de l'Algérie et Monographie, 2008.
<http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com>