

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité/ Option : Biodiversité et Environnement
Département : Ecologie et Génie de l'Environnement

THEME

**Les macroinvertébrés benthiques bioindicateurs de la qualité
écologique des milieux lotiques : cas d'Oued Cherf et affluents
Nord- Est d'Algérie**

Présenté par :

BRINET Asma
ZIAR Aya

Devant le jury composé de :

Président : Pr. NEDJAH Riad
Examinateur : Dr. YALLES SATHA Amina
Encadreur : Dr. BOUCHELAGHEM EL Hadi

Université 8 Mai 1945 Guelma
Université 8 Mai 1945 Guelma
Université 8 Mai 1945 Guelma

Juin 2022

REMERCIEMENTS

Avant tout remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour terminer ce modeste travail.

Nous tenons à remercier les membres du jury pour avoir bien voulu lire et corriger ce manuscrit.

Merci à Pr. NEDJAH Riad d'avoir accepté d'être le président du jury.

Merci également à Dr. YALLES SETHA Amina d'avoir accepté d'être examinatrice.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à notre encadreur. Monsieur BOUCHELAGHEM El Hadi, pour avoir accepté de nous encadrer dans cette étude, pour son sens de responsabilité et pour son sérieux, ses précieux conseils nous ont beaucoup aidés dans l'élaboration de ce modeste travail. Merci pour la qualité de votre encadrement fait de rigueur, de confiance, de disponibilité, de critiques et d'encouragements.

Un grand merci à tous nos professeurs, passés et présents, pour enrichir nos connaissances et nous guider. Nous ne pouvons pas vous remercier assez.

Nous ne pouvons terminer ce remerciement, sans exprimer notre profonde gratitude à nos sœurs et amies qui n'ont cessé de nous encourager et de nous aider jusqu'au dernier jour de notre recherche.

Merci à tous

DEDICACES

Ce travail est dédié à :

*L'homme que je n'ai pas eu la chance de connaître, à celui qui m'a donné naissance et qui nous a quittés très tôt, **mon père** mon roi.*

*À la prunelle de mes yeux, celle qui a toujours été à mes côtés, celle qui m'a comblé d'amour et de joie, les mots ne pourront jamais décrire mon amour pour elle, **ma chère maman**. Je vous aime fort.*

Que dieu vous accueille dans son vaste paradis.

*A mes chères sœurs: **Marwa, Manal***

*A le prince de la famille : **Djassim***

*A mes chères: **Chaima, Racha, Asma, Saida***

AYA

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour :

*À ceux qui m'ont soutenu dans les détails de ma vie, à ceux qui ne m'ont pas laissé au plus mal, à ceux qui m'ont porté à tous mes vœux, à ceux qui, après le désespoir, ont orné mes espérances, merci Vous **dieu**.*

À ma chère mère...

À celle qui s'est changée la nuit en jour pour m'assurer les bonnes conditions.

Tous ce qui je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.

*A mes anges, mes sœurs **Hanane el Meriem**, et mes chouchou **Anes et Achref**.*

A toute ma famille.

*À mes perles rares, mon sourire, mes meilleurs(es) amis(es) : **AYA, CHAIMA, SAIDA, RACHA**.*

A tous mes amis de promotion de 2^{ème} année master en biodiversité et environnement.

Toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

ASMA

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	
INDEX DES FIGURES	i
INDEX DES TABLEAUX	ii
INDEX DES PHOTOGRAPHIES	iii
INDEX DES ANNEXS	iii
SIGLES ET ABREVIATIONS	iv
RESUME	v
ABSTRACT	vi
ملخص	vii
INTRODUCTION	
GENERALE	1
1. Problématique	1
2. Portrait de la situation.....	3
3. Pourquoi utiliser les macroinvertébrés benthiques.....	3
CHAPITRE 1 : CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA REGION D’ETUDE	6
▪ 1.1. Caractéristiques physiques du milieu.....	6
▪ 1.1.1. Situation et cadre géographique.....	6
▪ 1.1.2. Réseau hydrographique.....	6
▪ 1.1.3. Contexte géologique.....	6
▪ 1.1.3.1. Structure géomorphologique	6
▪ 1.1.4. Occupation du sol.....	7
▪ 1.1.4.1. L’influence de l’agriculture intensive sur la qualité des eaux Souterraines.....	7
▪ 1.1.5. Les conditions climatiques et hydrologiques.....	7
▪ 1.1.5.1. Régime des précipitations.....	8
▪ 1.1.5.2. Les températures.....	9
▪ 1.1.5.3. Humidité relative.....	9
▪ 1.1.5.4. Vent.....	10
▪ 1.1.5.5. Relations entre la température et la précipitation.....	11
▪ 1.1.5.5.1. Diagramme de Bagnouls et Gaussen(1957).....	11
▪ 1.1.5.5.2. Quotient pluviométriques et étages bioclimatiques d’Emberger.....	12
CHAPITRE 2 : SITES ET METHODES D’ETUDES	14
▪ 2. 1. Méthodologie	14
▪ 2.1.1. Démarche générale	14
▪ 2.1.2. Caractéristiques des stations d’étude	15
▪ 2.1.3. Matériel.....	19
▪ 2.1.3.1. Matériel de terrain	19
▪ 2.1.3.2. Matériel de laboratoire	19
▪ 2. 1.4. Protocole et Stratégie d’échantillonnage	21
▪ 2.1.4.1. Méthode d’échantillonnage	21
▪ 2.1.4.2. Pré-tri et conservation des échantillons	22
▪ 2.1.4.3. Tri et détermination.	22
▪ 2.1.4.4. Mesure des caractéristiques physiques in situ.....	23

▪ 2.1.4.5. Identification des macroinvertébrés et analyses des données	24
▪ 2.1.4.5.1. Les Ephéméroptères	24
▪ 2.1.4.5.4. Les Trichoptères	25
▪ 2.1.4.5.2. Les Diptères	26
▪ 2.1.4.5.6. Les Odonates	27
▪ 2.1.4.5.9. Les Mollusques	28
▪ 2.1.4.5.10. Les Crustacés	28
▪ 2.1.4.5.2. Les Achètes	29
▪ 2.1.5. Analyse de données	30
▪ 2.1.5.1. Descripteurs biologiques	30
▪ 2.1.5.2. Détermination de l'indice biologique global (IBGN)	33
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION	35
▪ 3.1. Résultats	35
▪ 3.1.1. Paramètres physiques de l'eau	35
▪ 3.1.1.1. Température	35
▪ 3.1.1.2. Potentiel hydrogène	35
▪ 3.1.1.3. Conductivité électrique	36
▪ 3.1.1.4. Oxygène dissous	36
▪ 3.1.1.5. Salinité	37
▪ 3.1.1.6. Potentiel d'oxydoréduction	37
▪ 3.1.1.7. Totale des solides dissouts	38
▪ 3.1.1.8. Pression	38
▪ 3.1.2. Analyse globale de la faune benthique d'oued Bouhamdane et ces affluents.....	39
▪ 3.1.2.1. Check-list des taxa faunistiques.....	39
▪ 3.1.2.2. Analyse globale des macroinvertébrés benthiques.....	40
▪ 3.1.2.3. Richesse taxonomique.....	40
▪ 3.1.2.4. Abondance.....	41
▪ 3.1.2.5. Fréquence relative des macroinvertébrés par station d'étude.....	41
▪ 3.1.2.6. Indices écologiques	43
▪ 3.1.2.7. Détermination de l'indice biologique global (IBGN).....	45
▪ 3.2. Discussion.....	53
▪ 3.2.1. Caractéristiques environnementales.....	53
▪ 3.2.1.1. Qualité physico-chimique de l'eau.....	53
▪ 3.2.1.2. Indices de diversité.....	55
▪ 3.2.1.3. Evaluation de la qualité hydro biologique des cours d'eau	56
▪ CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	57
▪ BIBLIOGRAPHIE	58
▪ WEBOGRAPHIE	64
▪ ANNEXES	65

INDEXDES DES FIGURES

Figure 1.1: Variations mensuelles des précipitations (mm), Années 1994-2021.....	08
Figure 1.2 : Courbe d'évaluation des températures à la station météorologique de Guelma (Années 1994-2021).....	09
Figure 1.3 : Evaluation mensuelle des humidités relatives à la station météorologique de Guelma(Années 1994-2021).....	10
Figure 1.4 : Variations moyenne mensuelle de la vitesse de vent à la station météorologique de Guelma (années 1994-2021).....	11
Figure 1.5 : Diagramme de Bagnouls et Gausson (1957) à la station météorologique de Guelma (1994-2021).....	12
Figure 1.6 : Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1994-2021).....	13
Figure 2.1 : Réseau hydrographique du bassin de la Seybouse et Stations de prélèvements..	15
Figure 2.2 : Le matériel utilisé au terrain et au laboratoire.....	20
Figure 2.3: Morphologie générale des larves d'éphéméroptères (Moisan, 2010).....	24
Figure 2.4 : Morphologie générale des larves des trichoptères (Moisan, 2010.....	25
Figure 2.5: Larves de Diptères (Moisan 2010).....	26
Figure 2.6 : Morphologie générale des larves d'Odonates (Société générale d'otonatologie, 2007inBouchelaghem, 2008).....	27
Figure 2.7 : Morphologie générale des mollusques (Moisan, 2010).....	28
Figure 2.8: Morphologie générale des larves des crustacés (Moisan, 2010).....	29
Figure 2.9: Morphologie générale des Achètes (Moisan, 2010).....	30
Figure 2.10: Morphologie générale des planaires (Moisan, 2010).....	30
Figure 3.1 : Fluctuation de la température mensuelle selon les stations.....	35
Figure 3.2 : Fluctuation du potentiel hydrogène selon les stations.....	35
Figure 3.3 : Fluctuation de la conductivité électrique selon les stations.....	36
Figure 3.4 : Fluctuation d'Oxygène dissous selon les stations.....	36
Figure 3.5 : Fluctuation de la salinité selon les stations.....	37
Figure 3.6: Fluctuation du potentiel d'oxydoréduction selon les stations.....	37
Figure 3.7 : Fluctuation du total des solides dissouts selon les stations.....	38
Figure 3.8 : Fluctuation de la pression selon les stations.....	38
Figure 3.9 : Abondance de la faune globale des macros invertébrées dans la zone d'étude..	40
Figure 3.10 : Richesse taxonomique des stations étudiées.....	40
Figure 3.11: Abondance relative des groupes faunistiques selon les stations.....	41
Figure 3.12 : Fréquence des macros invertébrées de Zouabi.....	41

Figure 3.13 : Fréquence des macros invertébrées de Dahmane.....	42
Figure 3.14 : Fréquence des macros invertébrées d'Ain Makhoulouf.....	42
Figure 3.15 : Fréquence des macros invertébrées de Chenior.....	42
Figure 3.16 : Fréquence des macros invertébrées de Medjaz Amar.....	43
Figure 3.17 : variation de l'indice de diversité et d'équitabilité selon les stations.....	44
Figure 3.18 : variations de l'indice de Simpson selon les stations.....	45
Figure 3.19 : variations de l'indice de Hill dans la zone d'étude.....	46

INDEXDES DES TABLEAUX

Tableau1.1 : Humidité relative mensuelles moyennes à la station de Guelma entre 1994-2021.....	10
Tableau 1.2 : Profil des variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent à la station météorologique de Guelma (années 1994-2021).....	11
Tableau 2.1 : Tableau de détermination de la classe de variété taxonomique.....	33
Tableau 2.2 : Tableau de détermination du groupe faunistique indicateur (G.I).....	34
Tableau 3.1 : Détermination de la classe de variété taxinomique.....	46
Tableau 3.2 : Détermination du groupe faunistique indicateur.....	46
Tableau 3.3 : Relevé des macros invertébrées benthiques de la station Zouabi selon l'IBGN.....	47
Tableau 3.4 : Relevé des macros invertébrées benthiques de la station Dahmane selon l'IBGN.....	48
Tableau 3.5 : Relevé des macros invertébrées benthiques de la station Ain Makhoulouf selon l'IBGN.....	49
Tableau 3.6 : Relevé des macros invertébrées benthiques de la station Chenior selon l'IBGN.....	50
Tableau 3.7 : Relevé des macros invertébrées benthiques de la station Medjez Amar selon l'IBGN.....	51
Tableau 3.8 : Exemple de classification de la pollution à partir de la valeur de H' , dans les habitats sableux/vaseux (d'après Simboura et Zenetos, 2002).....	56
Tableau 3.9 : Appréciation de la qualité des eaux en s'appuyant sur les résultats de l'indice IBGN.....	56

INDEXDES PHOTOGRAPHIES

Photo 01: Oued Cherf, Station Z1 Zouabi.....	16
Photo 02: Affluent Oued Cherf, Station D2 Dahmene.....	16
Photo 03: Oued Cherf, Station AM3 Ain Makhoulf.....	17
Photo 04: Affluent Oued Cherf, Station C4 Cheniour.....	18
Photo 05 : Oued Cherf, Station MA5 Medjez Amar.....	19

INDEX DES ANNEXES

Annexe 01. Evaluation des températures mensuelles de la région d'étude (Années 1994-2018).....	65
Annexe 02. Variations mensuelles des précipitations en (mm) (1994-2018).....	65
Annexe 03. Données climatiques (Précipitations et Températures) de Guelma (Années 1994-2018).....	65
Annexe 04. Les normes européennes d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau SEQ-Eau (Oudin et Maupas, 2003).....	66
Annexe 05. Les valeurs de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) selon Afnor, 1992.....	66
Annexe 06. Liste des 138 taxons (extrait de la norme AFNOR T 90-350, 1992).	67

Sigles et abréviations

ABH : Agence des bassins hydrographiques

C° : Degrés Celsius

CV : Classe de variété

DO: Oxygène dissous

EC : Conductivité électrique

Fig : Figure

GI : Le groupe faunistique indicateur

HR : Humidité relative

IBGN : Indice biologique global

NQE : Normes de Qualité Environnementale

ORP : Potentiel d'oxydo-réduction

P : Précipitation

pH : Potentiel hydrogène

PSU: Unité de salinité pratique

RS: Richesse spécifique

SAL : Salinité

T : Température

Tab : Tableau

TDS : Total des solides dissous

VT : La variété taxonomique

Résumé

Ce travail porte sur l'inventaire et la caractérisation de la diversité des macroinvertébrés benthiques le long de l'oued Cherf, à partir des prélèvements réalisés mensuellement entre février et mai 2022. Cinq (5) stations minutieusement choisis sur le profil longitudinal du cours d'eau, caractérisé par des régimes d'écoulement temporaires à permanents affecté souvent d'une très grande variabilité interannuelle. L'investigation des macroinvertébrés a été faite pendant la saison mouillée selon le protocole d'échantillonnage de l'indice biologique global normalisé (IBGN). Ainsi, un « Surber » d'une surface unitaire de $1/20 \text{ m}^2$ et de vide de maille de $100\mu\text{m}$ a été utilisé au niveau des cinq stations pour la récolte des macroinvertébrés. Avant les prélèvements, dix (10) paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité, salinité de l'eau, potentiel d'oxydo-réduction, concentration d'oxygène dissous, solides dissous totaux, résistivité, pression atmosphérique, transparence et profondeur) ont été mesurés à chaque station. La faune recensée au cours de cette étude se compose de 2794 individus correspondant à 14 Familles appartenant à 4 groupes faunistiques principales (insectes, Mollusques, Annélides et crustacés). L'effectif du peuplement benthique a montré que les Diptères, les Ephéméroptères et les Trichoptères sont les plus numériquement inventoriés. Les Mollusques, les Achètes, les Odonates et les Crustacés ne constituent qu'une faible fraction de la faune totale. Les résultats de l'indice (IBGN) ont révélé que les eaux de Cherf sont d'une qualité moyenne. La prépondérance de ces trois familles de macroinvertébrés polluo- sensibles atteste une qualité moyenne de ce cours d'eau. Les indices de diversités indiquent que la communauté des macroinvertébrés de Cherf est déséquilibrée et peu diversifiée. Les intenses activités humaines dans cette partie ont entraîné une pollution organique moyenne, qui a pour conséquence une prolifération des macroinvertébrés polluo- sensibles au détriment des polluo- résistants. Le but de ce rapport est de donner un premier aperçu de la diversité printanière des macroinvertébrés benthiques présents, ainsi que des informations qu'ils peuvent apporter en tant que bio indicateurs des contextes locaux.

Mots clés : Cherf, macroinvertébrés benthiques, bio indicateurs, substrats, perturbations physicochimiques.

Abstract

This work focuses on the inventory and characterization of the diversity of benthic macroinvertebrates along the Cherf wadi, from samples taken monthly between February and May 2022. Five (5) stations carefully chosen on the longitudinal profile of the course of characterized by temporary to permanent flow regimes often affected by a very high inter-annual variability. The investigation of macroinvertebrates was made during the wet season according to the sampling protocol of the standardized global biological index (IBGN). Thus, a “Surber” with a unit surface of 1/20 m² and a mesh size of 100 µm was used at the level of the five stations for the harvesting of macroinvertebrates. Before sampling, ten (10) physico-chemical parameters (temperature, pH, conductivity, water salinity, redox potential, dissolved oxygen concentration, total dissolved solids, resistivity, atmospheric pressure, transparency and depth) were measured at each station. The fauna identified during this study consists of 2794 individuals corresponding to 14 Families belonging to 4 main faunal groups (insects, Molluscs, Annelids and crustaceans). The number of benthic populations showed that Diptera, Ephemeroptera and Trichoptera are the most numerically inventoried. Molluscs, Achètes, Odonates and Crustaceans constitute only a small fraction of the total fauna. The results of the index (IBGN) revealed that the waters of Cherf are of average quality. The preponderance of these three families of pollution-sensitive macroinvertebrates attests to the average quality of this watercourse. The diversity indices indicate that the macroinvertebrate community of Cherf is unbalanced and not very diversified. The intense human activities in this part have resulted in average organic pollution, which results in a proliferation of polluo-sensitive macroinvertebrates to the detriment of polluo-resistant ones.

The purpose of this report is to give a first overview of the springtime diversity of benthic macroinvertebrates present, as well as the information they can provide as bioindicators of local contexts.

Keywords: Cherf, benthic macroinvertebrates, bioindicators, substrates, physicochemical disturbances.

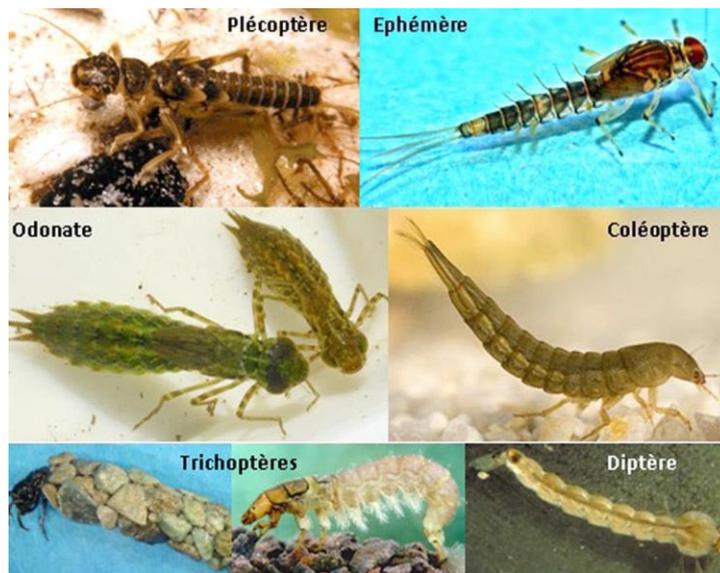
الملخص:

يركز هذا العمل على جرد وتوصيف تنوع اللاقاريات القاعية على طول وادي الشارف ، من العينات المأخوذة شهرياً بين فبراير ومايو 2022. تم اختيار خمس (5) محطات بعناية على المظهر الجانبي الطولي لمسار يتميز بالتدفق المؤقت إلى الدائم الأنظمة التي تتأثر غالباً بتقلبية عالية جداً بين السنوات. تم إجراء التحقيق في اللاقاريات الكبيرة خلال موسم الأمطار وفقاً لبروتوكول أخذ العينات الخاص بالفهرس البيولوجي العالمي الموحد (IBGN) وهكذا ، تم استخدام "Surber" بسطح وحدة تبلغ 20/1 م 2 وحجم شبكة 100 ميكرومتر على مستوى المحطات الخمس لحصاد اللاقاريات الكبيرة. قبل أخذ العينات ، تم قياس عشرة (10) متغيرات فيزيائية كيميائية (درجة الحرارة ، ودرجة الحموضة ، والتوصيلية ، وملوحة الماء ، وإمكانية الأكسدة ، وتركيز الأكسجين المذاب ، والمواد الصلبة الذائبة الكلية ، والمقاومة ، والضغط الجوي ، والشفافية ، والعمق) في كل محطة . تتكون الحيوانات التي تم تحديدها خلال هذه الدراسة من 2794 فرداً مقابل 14 عائلة تنتمي إلى 4 مجموعات حيوانية رئيسية (insectes, Mollusques, Annélides et crustacés). أظهر عدد التجمعات القاعية أن Diptera و Ephemeroptera و Trichoptera هي الأكثر جرداً عددياً. تشكل الرخويات ، و Achètes ، و Odonates والقشريات جزءاً صغيراً فقط من إجمالي الحيوانات. أظهرت نتائج مؤشر (IBGN) أن مياه الشرفة ذات جودة متوسطة. إن غلبة هذه العائلات الثلاث من اللاقاريات الكبيرة الحساسة للتلوث تشهد على متوسط جودة هذا المجرى المائي. تشير مؤشرات التنوع إلى أن مجتمع اللاقاريات الكبيرة في Cherf غير متوازن وغير متنوع للغاية. أدت الأنشطة البشرية المكثفة في هذا الجزء إلى متوسط التلوث العضوي ، مما أدى إلى انتشار اللاقاريات الكبيرة الحساسة للتلوث على حساب تلك المقاومة للتلوث.

الغرض من هذا التقرير هو تقديم نظرة عامة أولى على التنوع الربيعي للاقاريات القاعية الموجودة ، بالإضافة إلى المعلومات التي يمكن أن توفرها كمؤشرات بيولوجية للسياقات المحلية.

الكلمات المفتاحية : الشارف ، اللاقاريات القاعية ، المؤشرات الحيوية ، الركائز ، الاضطرابات الفيزيائية والكيميائية

INTRODUCTION GENERALE



INTRODUCTION GENERALE

1. Problématique

Il est bien reconnu dans la communauté scientifique que les macroinvertébrés aquatiques constituent un des groupes les plus performants pour réaliser un éco-diagnostic de la santé des cours d'eau. Le maintien de la qualité de l'eau est une préoccupation majeure pour une société qui doit subvenir à des besoins en eau de plus en plus importants, et ce, tant du point de vue quantitatif que qualitatif.

Les changements globaux se traduisent au sein des écosystèmes lotiques par une altération des caractéristiques physicochimiques et hydrologiques des cours d'eau, résultant souvent de l'intensification des activités anthropiques. Cela a un impact direct sur les macroinvertébrés benthiques qui sont de bons indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques (USEPA, 2002), et sont les plus utilisés pour l'évaluer (Hellawell, 1986 ; Barbour *et al.*, 1999 ; WFD, 2003).

Les macroinvertébrés benthiques possèdent des sensibilités variables à différents stress comme la pollution ou la modification de l'habitat. Certains groupes de macroinvertébrés tels que les vers sont ainsi peu sensibles aux perturbations, ils sont dits « polluotolérants », contrairement à d'autres tels que les plécoptères dits « polluosensibles ». Par ailleurs, ils sont présents dans l'ensemble des écosystèmes aquatiques et à plusieurs niveaux trophiques des biocénoses (consommateurs primaires et secondaires, décomposeurs) ; et peu mobiles en général : ils n'ont qu'une faible capacité de fuite. De ce fait, ils sont donc très représentatifs des conditions du milieu ; en conséquence ils sont relativement sédentaires et, pour beaucoup d'entre eux, ils se rencontrent sur tous les types de substrats et à tout moment de l'année. Ainsi, ils sont faciles à collecter et ne nécessitent pas de matériel d'échantillonnage sophistiqué. Face à des perturbations ou des pollutions majeures, ils ne peuvent ainsi que subir (pour les plus résistants) ou mourir (pour les plus sensibles). De plus, leur durée de vie est suffisamment longue (quelques mois à quelques années) pour fournir un enregistrement intégré de la qualité environnementale. Ils sont abondants et relativement faciles à collecter. Les macroinvertébrés benthiques sont ainsi considérés comme de très bons indicateurs de la qualité d'un milieu : on parle de « bioindicateurs ».

Pendant longtemps l'accent a été mis sur la qualité physico-chimique de l'eau, qui permet de mettre en évidence des pollutions, que l'on compare par la suite à des normes ou des critères de qualité éprouvés. Cette approche ne suffit pas pour dire si un cours d'eau est en bon état fonctionnel ou pas ; en effet, tout ce qui constitue le milieu physique ou l'habitat (berges, lit), les zones humides annexes contribue également au bon fonctionnement des cours d'eau. Cette

approche a ses limites, car elle peut prédire un impact alors qu'il n'y en a pas, ou bien ne pas prédire d'impact alors qu'il y a eu un. Selon une étude américaine (Thomas, 1993), cela peut se produire dans respectivement 36 % et 6 % des cas. L'approche traditionnelle peut être avantageusement complétée par un suivi biologique qui consiste à utiliser des organismes vivants, par exemple des microorganismes, des plantes ou des animaux, afin de mesurer les effets de la pollution de l'eau. Ainsi, le suivi biologique tient compte des effets combinés des produits chimiques, de l'effet des pics de contamination ainsi que de l'impact des perturbations écologiques comme l'eutrophisation, la présence d'espèces exotiques ou, encore, la dégradation des habitats.

La démarche biologique ou biocénétique vient compléter l'évaluation en permettant d'identifier ces mêmes perturbations par leurs effets sur les communautés animales et végétales ; afin de donner un aperçu des conditions et des pressions environnementales. Différents groupes d'espèces ont servi à de telles évaluations, bien que l'un des groupes les plus utiles demeure celui des macroinvertébrés benthiques. Les invertébrés benthiques sont de petits animaux, visibles à l'œil nu, ne possédant pas de colonne vertébrale et habitant le fond des lacs et des cours d'eau. Ils comprennent des organismes comme les crevettes, les vers, les écrevisses, les escargots d'eau, les moules et le stade aquatique de plusieurs larves d'insectes comme les libellules, les éphéméroptères, les trichoptères ou les diptères (moustique, mouche noire), qui sont sensibles aux modifications de la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques.

Historiquement, les communautés de macroinvertébrés aquatiques ont été utilisées dès les années 1960 pour évaluer la qualité biologique d'un cours d'eau. Cette approche s'est ensuite raffinée de manière à mieux tenir compte des communautés de macroinvertébrés, en observant le nombre d'espèces (diversité) et les espèces présentes (composition), puis en comparant des sites perturbés (sites d'essai) avec des sites de référence, ces derniers étant peu ou pas perturbés par les activités humaines, dans le but d'établir des critères d'évaluation biologique.

L'évolution au fil du temps des méthodes basées sur les invertébrés repose principalement sur les questions d'échantillonnage et de référentiel. La première méthode française est celle des « indices biotiques » proposée en 1967 par Verneaux & Tufféry et inspiré de travaux anglais. Cette approche a évolué en Indice Biologique de Qualité Générale (IBG), qui a fait l'objet d'une norme expérimentale en 1985, puis à une norme homologuée intitulée IBGN en 1992 qui a été révisée en 2004. L'I2M2 (Indice Invertébrés Multi-Métrique, 2012) représente la dernière évolution de ces approches.

2. Portrait de la situation

Plus récemment, huit missions d'échantillonnage ont eu lieu pour l'étude des effets des facteurs environnementaux sur les communautés benthiques des cours d'eau d'Oued Cherf au cours du printemps dans la période allant du mois de février jusqu'au mois de mai.2022. L'installation des cinq stations prospectées, réparties sur l'ensemble du cours d'eau dont deux localisées plus en amont sur les affluents de la rive gauche et celle de droite, a été faite en tenant compte des types de sédiments et, qui font l'objet d'un échantillonnage mi mensuel. Durant ces missions, plusieurs centaines d'insectes aquatiques adultes (**2794**) ont été capturés au moyen de pièges d'interception de type « Surber ». L'objectif de l'étude est d'acquérir de meilleures connaissances sur la distribution des macroinvertébrés benthiques et déterminer l'impact des ruisseaux drainant les terres agricoles environnantes sur la faune benthique d'Oued Cherf afin d'apprécier le niveau de perturbation du milieu. Et ceci selon le protocole d'échantillonnage de l'indice biologique global normalisé (IBGN), la méthode normalisée utilisée depuis 1992 (NF T 90-350- AFNOR, 1992, révisée en 2004) pour évaluer la qualité écologique des cours d'eau peu profonds à partir des macroinvertébrés. L'IBGN attribue une note de 0 à 20 d'après le nombre de familles d'invertébrés relevé et leur degré de polluo-sensibilité pour qualifier la qualité biologique d'un site.

3. Pourquoi utiliser les macroinvertébrés benthiques ?

Les macroinvertébrés sont sensibles aux changements physico-chimiques d'un cours d'eau, ils sont reconnus comme de très bons bioindicateurs de qualité écologique des lacs et rivières car ils sont en contact étroit avec leur environnement durant toute leur durée de vie ([Pinel-Alloul et al., 1996](#); [Tessier et al., 2008](#); [Tall et al., 2008](#)). Le suivi environnemental basé sur les macroinvertébrés est très efficace parce que ceux-ci ne répondent pas seulement aux polluants, mais aussi aux changements dans l'utilisation des terres dans le bassin versant et aux changements physiques et biologiques de l'habitat, qui sont difficiles à évaluer avec un suivi classique de toxicologie ou de chimie ([Rosenberg et Resh, 1993](#)).

Ces organismes constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques, puisqu'ils sont une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. Ils sont reconnus pour être de bons indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques dès les années 1960 en raison de leur sédentarité, de leur caractère ubiquiste de la répartition à différentes échelles spatiales et temporelles et de leur cycle de vie varié, de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat et de leur grande diversité avec au moins 150 familles, 700 genres et 4400 espèces,. Ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques à court terme (allant jusqu'à quelques années) des multiples

perturbations physiques (modifications de l'habitat), biologiques et chimiques dans les cours d'eau. Des espèces à forte valeur patrimoniale et faciles à récolter. L'occupation de plusieurs niveaux trophiques et un rôle fonctionnel important au sein de l'écosystème. De plus, l'habitat est le premier élément structurant les communautés de macroinvertébrés benthiques, il est nécessaire de le décrire et d'en évaluer la qualité. (Genin *et al.*, 1997) mentionnent que le peuplement biologique d'un secteur de cours d'eau dépend d'abord des capacités naturelles de ce secteur et secondairement, des détériorations ayant pu modifier l'eau, substrat, etc. Il importe donc d'avoir une bonne connaissance du milieu et de la communauté de macroinvertébrés benthiques pour comprendre les liens les unissant.

En Afrique du Nord les études hydrobiologiques se sont multipliées ces dernières années. Nous citons les travaux de Pihan et Mohati (1948,1983), Berthelemy (1973), Arab et Zebdi (1983), Gagneur *et al.* (1985), Boumaiza & Clergue-Gazeau (1986), Boumaiza & Thomas (1986), Malicky & Lounaci (1987), Bouzidi & Giudicelli (1987), Ait Mouloud (1988), Gagneur & Thomas (1988), Qninba *et al.* (1988), Gagneur & Aliane (1991), Clergue-Gazeau *et al.* (1991), Boumaiza & Thomas (1995), Zouakh (1995), Thomas (1998), Vaillant & Gagneur (1998), Samraoui et Menai (1999), Mebarki (2001), Arab (2004), Lounaci et Vinçon (2005), Lounaci (2005), Moubayed *et al.* (2007), Haouchine (2011), Chaib *et al.* (2011), Chaib *et al.* (2013).

Cette synthèse s'insère dans la recherche d'indicateurs permettant de mettre en relation perturbation des écosystèmes et structures benthiques, problématique actuellement en plein essor notamment sous l'impulsion des pays développés.

Le manuscrit que nous proposons s'organise de la façon suivante :

Un premier chapitre présente les caractéristiques générales de la région d'étude : la situation géographique, géologie, climatologie, perturbations anthropiques et enfin la description des habitats en tant que terrain d'échantillonnage de la macrofaune benthique; Le second chapitre traite les caractéristiques des stations d'étude ainsi que les méthodes et techniques mises en œuvre pour un échantillonnage représentatif; Le troisième chapitre qui représente la majeure partie de ce travail est consacré à l'étude de la faune benthique :

- Analyse globale de la faune ;
- Analyse qualitative et quantitative de la faune ;

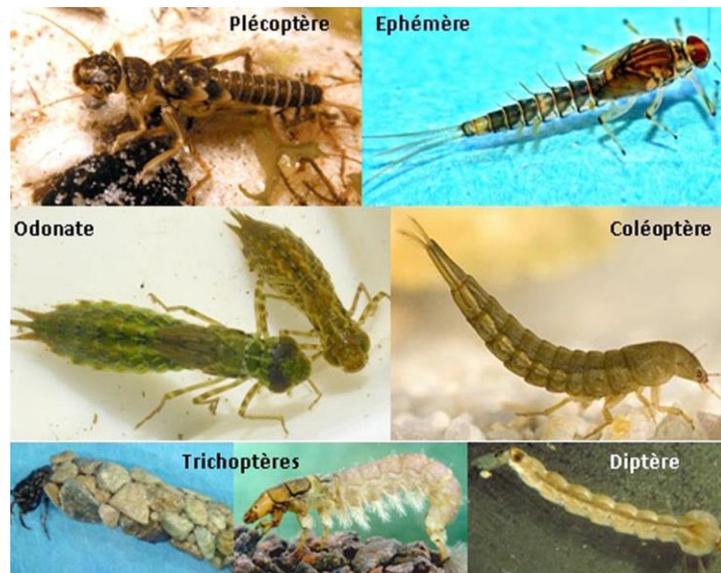
Évaluation de la qualité de l'eau par les voies physico-chimiques et biologiques.

Ce dernier expose les résultats obtenus à l'échelle locale et permet de discuter l'ensemble des travaux effectués dans cette étude.

En conclusion cette première approche permet de formuler des hypothèses sur les variations spatiotemporelles des fonctionnalités d'un cours d'eau. Celles-ci doivent être vérifiées par des études plus poussées. Une stratégie d'échantillonnage répliquable et standardisée des peuplements benthiques, d'un cours d'eau est proposée.

CHAPITRE 1

CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA REGION D'ETUDE



1.1. Caractéristiques physique du milieu

1.1.1. Situation et cadre géographique

La zone de notre étude était le bassin d'oued Cherf. Qui fait partie du bassin versant de la Seybouse. Selon l'Agence du Bassin Hydrographique (ABH), le Bassin d'Oued Cherf est situé dans la partie nord-est du territoire algérien. Elle forme la zone frontalière de trois États : Guelma, Souk Ahras et Oum El Bouaghi, d'une superficie de 2 900 kilomètres carrés et d'une longueur de 88,61 kilomètres carrés (ABH 1999). Oued Charef se réunit avec oued Bouhamdan (37,49 km) à Medjez Amar (36° 26'35,82"N, 7° 18'39,36"E) pour former oued Seybouse (134,74 km) (Bensakhri, 2014).

1.1.2. Réseau hydrographique

L'hydrographie du bassin d'oued Cherf est simple. La station de mesure hydrologique Moulin Rochefort est le point de rencontre des différentes vallées et de leurs affluents. Oued Cherf s'est réalisé par la conquête par érosion rétrograde à travers la colline sud pour restaurer les eaux des hautes plaines qui étaient autrefois sans débit marin, et il existe aujourd'hui de nombreuses vallées drainant ces vastes étendues. (Halimi, 2008).

Parmi elles, on cite la vallée de Tifeche, située à l'est du bassin, qui suit l'axe axial de la plaine du même nom. D'autre part, la ligne simultanée qui forme la plaine de Khamisa est irriguée par oued Krab, et s'élargit par oued Behiz, et oued Ain al-Safa, dont les eaux s'écoulent du versant sud de la chaîne de l'Atlas. (Bensakhri, 2014).

Oued Crab qui se jette dans l'oued Tiffech formant l'oued de Hamimine en aval, se réunissent au sud-ouest de Sedrata et donnent l'oued Cherf qui passe au pied du Dj Zouabi. (Halimi, 2008).

1.1.3. Contexte géologique

1.1.3.1. Structure géomorphologique

Selon les travaux géographiques anciens réalisés par plusieurs auteurs, le bassin versant de l'oued Cherf est caractérisé par une composition géologique très complexe.

- Unité écaillée à dominance marneuse ou marno-calcaire du Sellaoua, qui se présente en forme de Klippe d'oued settara-Bir Bouhouche.
- Unités mixtes de Djebel Hammimat à faciès écaillés de l'oued au Nord et de Djebel Hammimat au Sud.

En aval du bassin versant et du site d'implantation du barrage de Foug El Khanga, le Miocène est majoritairement marneux. Il s'agit de grès à matrice calcaire très friable et de marnes issues de sédiments marins. Le pendage pointe vers le nord et la topographie met en évidence un grès calcaire blanc dur qui s'érode moins rapidement que les marnes (Kherifi, 2016).

Sur la rive droite et le flanc du Djebel Zouabi, les formations gréseuses miocènes sont recouvertes de marnes, qui contiennent du gypse, du sel gemme et de la dolomie du Trias. Celles-ci se développent sur plus de 15 km vers l'est jusqu'à Sedrata.

En rive gauche à environ 04 km à l'ouest du site, la Klippe du chenal de Settara est observée sur le versant sud de l'anticlinal du Kef bllel, qui est constitué de terres albi-agères de couleur marnoschiste à grive et à patine grise bio particulière. Le Bulconien et le Cénomaniens du socle, à faciès marneux et à petits bio microcristaux blancs, sont délimités au sud par l'affleurement de l'oued Settara, surmontant la géotectonique de Sallaoua. Plus au sud, ces formations chevauchent l'échelle du Djebel Hammimat. Plus au sud, on observe également la Klippe de Bir Bouhouch, constituée principalement de topographie miocène, crétacée et triasique (Kherifi, 2016).

1.1.4. Occupation du sol

1.1.4.1. L'influence de l'agriculture intensive sur la qualité des eaux souterraines

L'étude d'Energoprojekt (2003) sur l'hydro-aménagement agricole des sous-bassins versants a identifié trois unités pédologiques. La première est constitué de sols peu développés, la deuxième de sols vertisols et la troisième de sols magmatiques calcaires bruns.

Ces sols ont généralement une texture semi fine, dont le taux de matière organique est irrégulier (entre 0,15 et 3 %), le taux de CaCo₂ supérieur à 12 %, et le pH (entre 8 et 8,5). La conductivité électrique est inférieure à 2000 µS/cm. (Kherifi, 2016).

Le couvert végétal protège le sol de l'érosion, et lui apporte de la matière organique comme les feuilles et les branches., réduisent le ruissellement de surface et améliorent la capacité d'infiltration d'eau du sol.

La végétation dans le bassin d'Oued Charef est associée aux précipitations, et lorsque celles-ci sont inférieures à 500 mm/an, la végétation est clairsemée.

Quant à la culture, elle comprend toutes les terres agricoles cultivées ou cultivées, les terres agricoles occupant plus de 65 % du bassin versant total. Cependant, le secteur agricole se caractérise par des conditions climatiques plutôt sèches. En hiver, l'érosion est sévère en raison du manque de couverture végétale, et la pente topographique passe en moyenne de 2 % sur les hautes plaines à 14 % sur les montagnes. (Halimi, 2008).

1.1.5. Les conditions climatiques et hydrologiques

Pour caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons tenu compte des données météorologiques récoltées de la station météorologique principale fonctionne à Belkheir à 3km au nord-est de la ville de Guelma sur 25 années (1994- 2021).

La détermination du climat se fait généralement à partir de moyennes établies à partir de mesures statistiques annuelles et mensuelles de données atmosphériques locales (température, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent) sur une série de 20 ans ou plus. Ces paramètres affecteront directement le cycle de l'eau, le cycle biologique, le cycle du carbone et le cycle de l'azote, qui seront décrits plus loin.

Le climat affectera le cycle de l'azote en affectant la croissance des plantes, qui à son tour affecte l'absorption par les racines. Elle affectera également de manière significative l'infiltration de l'eau dans le sol, notamment par les précipitations, et donc le transport des engrais et des substances phytosanitaires dans le sol.

Pour caractériser écologiquement le climat de la zone d'étude, nous avons utilisé une étude variable simple basée sur des valeurs moyennes et extrêmes pour tous les indicateurs climatiques. La moyenne donne une image lisse de la réalité. Cela est particulièrement vrai pour les températures subies par cette région. Mais, comme l'a souligné (Daget, 1967), à l'intérieur d'un même régime thermique, les moyennes mensuelles et annuelles intègrent les températures vraies, ce qui permet de justifier leur emploi.

1.1.5.1. Régime des précipitations

Les précipitations sont un facteur climatique très important qui conditionnent l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères. En effet, les précipitations sont elles-mêmes sous la dépendance de la température qui règle l'intensité de l'évaporation au niveau des surfaces marines. Elles sont régulées par trois autres facteurs : l'altitude, la longitude (elles augmentent de l'Ouest vers l'Est) et la distance à la mer (Bensakhri, 2014).

La précipitation annuelle moyenne établie au cours des années (1994-2021) était de 589,84 mm, mais les valeurs annuelles ont varié de 309,90 mm par an (2017) à 938,50 mm (2003) (Fig. 1.1). Autrement dit, la volatilité est forte d'une année sur l'autre. L'écart-type standard atteint 85,26 mm et l'écart moyen arithmétique atteint 69,66 mm par an (2003).

Au cours de 27 années d'observation, la région de Guelma a connu six années très humides ($P. > 700$ mm), cinq années humides ($700 > P. > 600$ mm), dix années moyennement humides ($600 > P. > 500$ mm), cinq années moyennement sèches ($500 > P. > 400$ mm) et deux années sèches ($P. < 400$ mm).

Les précipitations tombent principalement entre septembre et mai, avec 36 à 91 jours de pluie selon les années. En moyenne, décembre et janvier enregistrent les précipitations les plus importantes : 71,07 et 91,33 mm, respectivement. Novembre est arrivé troisième à 68,53 mm. À l'opposé, juin (13,64 mm) et juillet (4,06 mm) sont très secs.

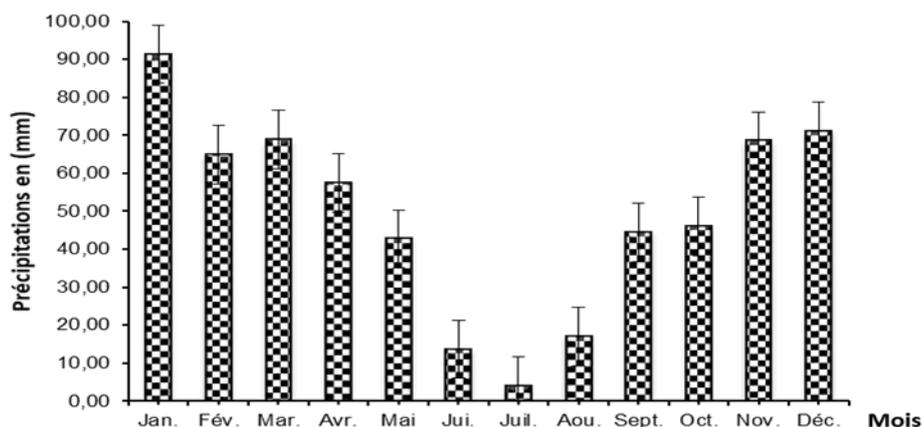


Figure 1.1: Variations mensuelles des précipitations (mm), Années 1994-2021

1.1.5.2. Les températures

La température (T) représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne.

Sa moyenne annuelle est de 18,17°C, avec un minimum moyen journalier de 8,86°C et un maximum moyen journalier de 28,75°C.

Sur une base mensuelle, la température moyenne varie de 9,81°C en janvier à 26,60°C en juillet. La valeur minimale quotidienne moyenne variait de 1,86 °C en janvier à 17,60 °C en août, et la valeur maximale quotidienne variait de 18,80 °C en janvier à 39,81 °C en août (Fig. 1.2).

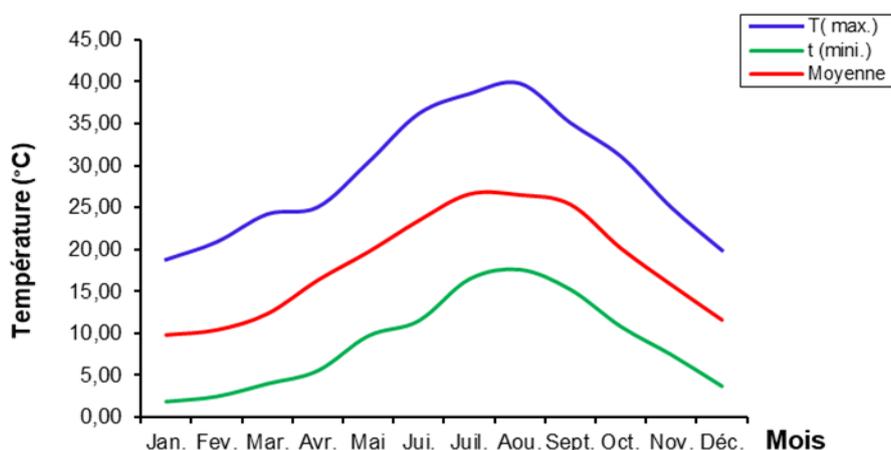


Figure 1.2 : Courbe d'évaluation des températures à la station météorologique de Guelma
(Années 1994-2021)

1.1.5.3. Humidité relative

L'humidité relative (HR) est une mesure de la vapeur d'eau dans l'air. Plus précisément, il s'agit de la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, exprimée en pourcentage (% HR) de la quantité nécessaire pour atteindre un niveau de saturation à la même température.

L'HR est hautement proportionnelle à la température et très sensible aux variations de la température. Plus la température augmente, plus l'air sèche (baisse de l'HR) et plus la température diminue, plus l'air devient humide (augmentation de l'HR). La pression répond au principe élémentaire suivant : plus la pression diminue, plus l'air sèche (baisse de l'HR) et plus la pression augmente, plus l'air devient humide (augmentation de l'HR).

L'humidité relative annuelle moyenne n'est que d'environ 68,92 %. En conséquence, nous avons enregistré les valeurs d'humidité relative les plus basses (55,57 et 56,71%) en juillet et août (les plus chauds) respectivement, tandis que la valeur la plus élevée était en janvier, février et décembre (> 75%) (Tab. 1.1).

Tableau1.1: Humidité relative mensuelles moyennes à la station de Guelma entre 1994-2018

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Jui.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H.R (%)	76,99	75,74	74,22	73,14	69,02	60,46	55,57	56,71	66,55	69,79	73,09	75,82

La figure 1.3 montre qu'octobre, novembre, décembre, janvier, février et mars ont une humidité relative élevée, tandis que les mois les plus chauds, juin, juillet et août, ont une humidité relative faible.

En conséquence, l'humidité relative dans la région de Guelma est faible, avec une humidité moyenne minimale de 55,57 % en juillet et maximale de 76,99 % en janvier.

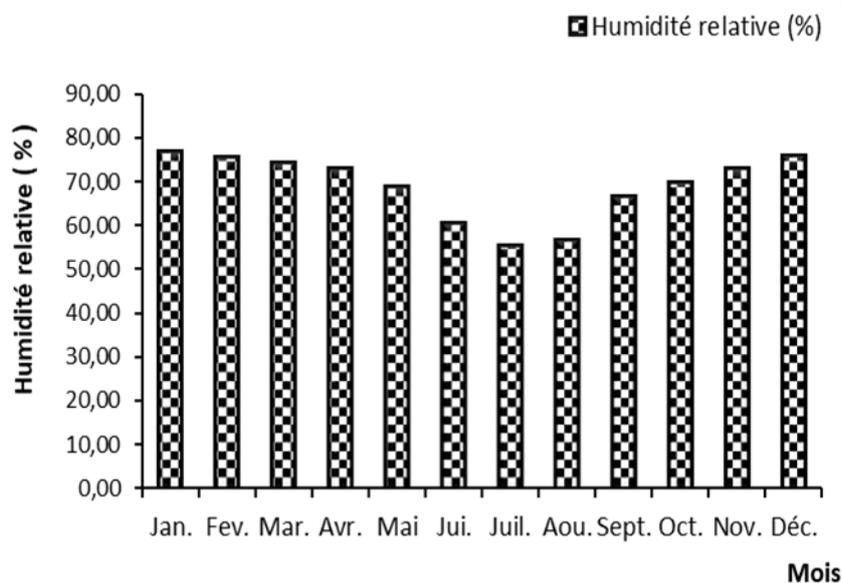


Figure 1.3 : Evaluation mensuelle des humidités relatives à la station météorologique de Guelma (Années 1994-2021)

1.1.5.4. Vent

Le vent est le mouvement de l'atmosphère, une masse de gaz qui se trouve à la surface d'une planète. Sa force est liée à sa vitesse. La vitesse et l'amplitude géographique des vents peuvent être très variables dans l'espace et dans le temps. S'exprime en kilomètres par heure (km/h), équivalente à une vitesse.

L'Homme l'utilise aujourd'hui comme source d'énergie : l'éolien.

Nous avons obtenu des données de vent de surface de la Station Météorologique de Guelma (1994 à 2021) (Tab. 1.2).

La figure 1.4 montre l'évolution saisonnière de la vitesse du vent sur la base des moyennes mensuelles dans la région de Guelma. On estime en été un maximum de 2,47 m s⁻¹ en août et un minimum de 1,36 m s⁻¹ en octobre.

Tableau 1.2 : Profil des variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent à la station météorologique de Guelma (années 1994-2021)

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Jui.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Vent (m/s)	1,75	1,85	1,80	1,79	1,70	1,86	1,79	2,47	1,56	1,36	1,70	1,71

La force du vent (Fig. 1.4) a varié de 1,36 à 2,47 msec⁻¹, forte en décembre, février, mars et août, puis s'est progressivement affaiblie en novembre jusqu'à un minimum. Puis elle a augmenté d'intensité jusqu'en janvier avant de décroître à nouveau.

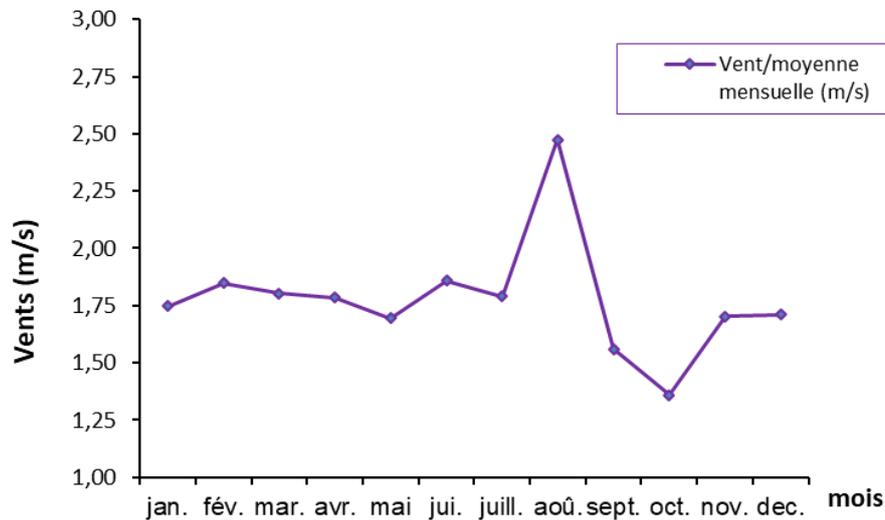


Figure 1.4 : Variations moyenne mensuelle de la vitesse de vent à la station météorologique de Guelma (années 1994-2021)

1.1.5.5. Relations entre la température et la précipitation

1.1.5.5.1. Diagramme de Bagnouls et Gaussen(1957)

Sur un graphique, on porte :

- **En abscisses :**
- Les mois de l'année (en commençant par ceux qui ont des jours courts : Janvier pour l'hémisphère nord, juillet pour l'hémisphère sud).

- **En ordonnées :**

- à gauche, les précipitations mensuelles P (en millimètres)
- à droite, les températures moyennes T (en °C) à une échelle double de celle des précipitations. Pour $P < 2T$, la courbe ombrique passe sous la courbe thermique. La surface d'intersection indique la durée et l'importance de la période sèche comme indiqué (Fig. 1.5). Que nous utilisons pour déterminer l'indice de chaleur sèche.

D'après ce graphique, on remarque que la saison sèche s'étend sur une période de 6 mois, à partir de fin avril jusqu'à début novembre.

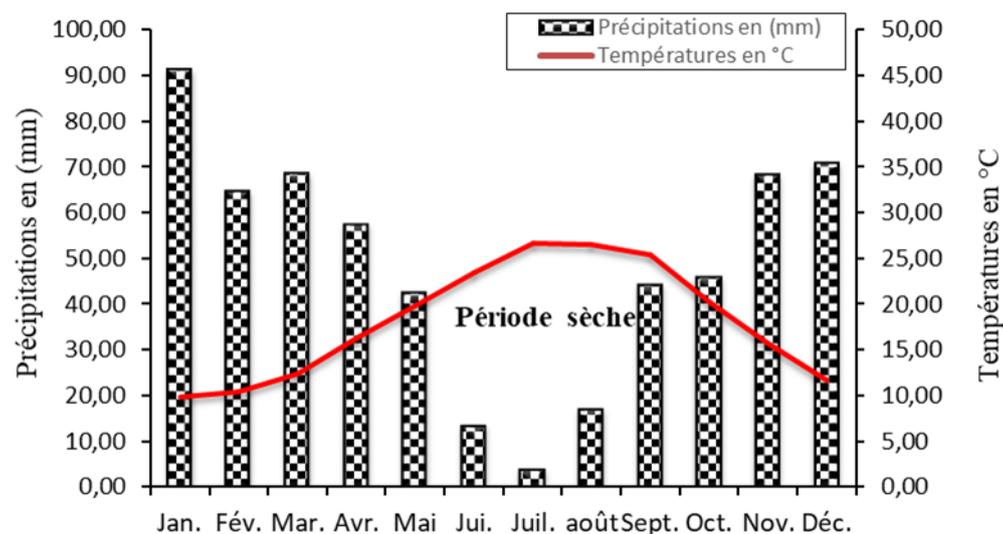


Figure 1.5 : Diagramme de Bagnouls et Gaussen (1957) à la station météorologique de Guelma (1994 –2021)

1.1.5.5.2. Quotient pluviométriques et étages bioclimatiques d'Emberger

Le quotient de précipitations ou indice climatique proposé par Emberger (1971 a) permet d'identifier les cinq différents types de climat méditerranéen, du plus sec au climat de haute montagne, climats que seul le Maroc possède dans toute la région méditerranéenne.

Les limites de la séparation entre les différentes phases bioclimatiques sont encore imprécises. Il est important de noter qu'il ne s'agit pas de lignes au sens géométrique, mais de lignes de transition pour les plantes mixtes. Des limites d'observation sont tracées pour observer les changements dans la couverture végétale.

Nous avons utilisé le quotient de précipitations d'Emberger qui est plus couramment utilisé en Afrique du Nord pour déterminer le type de climat, qui dépend du régime des précipitations et de la température selon la formule suivante:

En appliquant la formule suivante élaborée par Stewart pour l'Algérie et le Maroc, soit :

$$Q_2 = 3.43 (P/M-m) \text{ (Stewart, 1968).}$$

- Q : le quotient pluviométrique d'Emberger
 - P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm : 589,84
 - M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C : 39,81
 - m : Moyenne des minima du mois le plus froid en °C Avec : 1.86 où (M-m = 37.95)
- Notre région (Guelma) présente un $Q_2 = 53.31$ ce qui la classe dans l'étage bioclimatique à végétation semi-aride à hiver frais. (Fig. 1.6).

Le Q_2 est inversement proportionnel à l'aridité, ce climagramme nous permet de déterminer les étages bioclimatiques et les variantes thermiques, c'est ainsi que notre zone d'étude est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride supérieur à variante thermique à hiver frais (Fig. 1.6).

Emberger a précisé 4 étages bioclimatiques :

Humide, sub-humide, semi-aride et aride,

et 4 variantes thermiques :

A hiver froid : $m < 0^\circ\text{C}$;

A hiver frais : $0 < m < 3^\circ\text{C}$;

A hiver doux ou tempéré : $3 < m < 5^\circ\text{C}$;

A hiver chaud $m > 7^\circ\text{C}$.

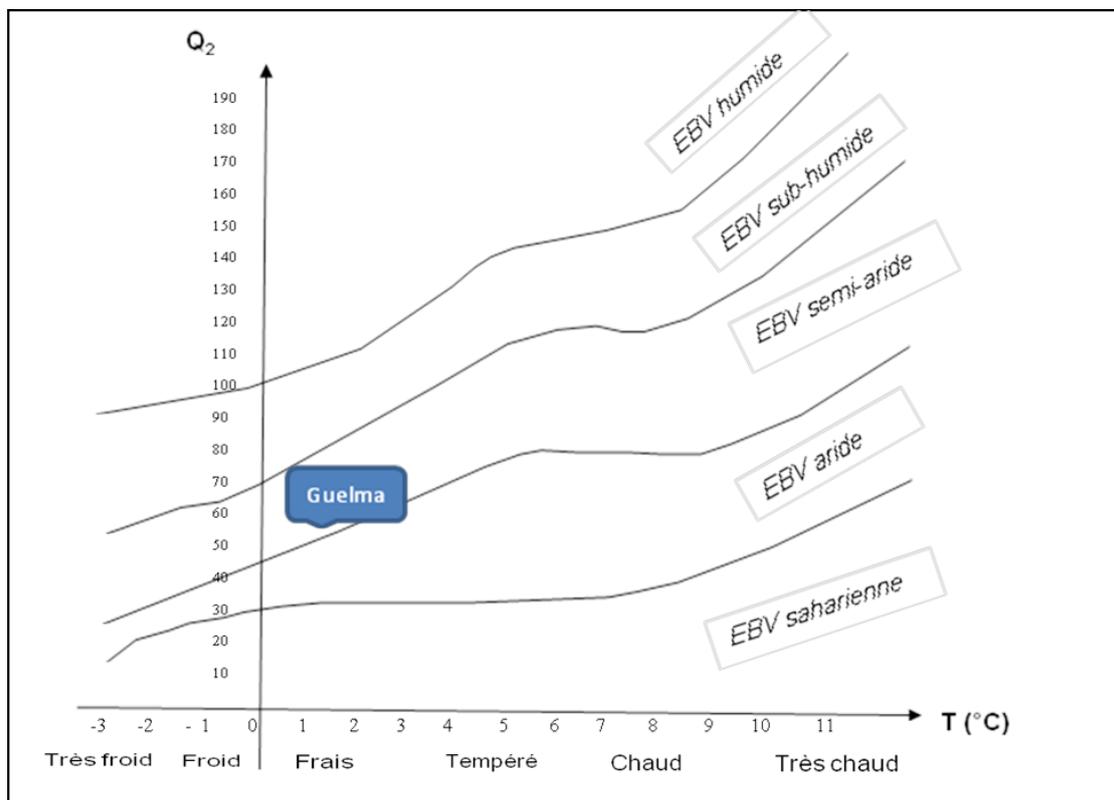
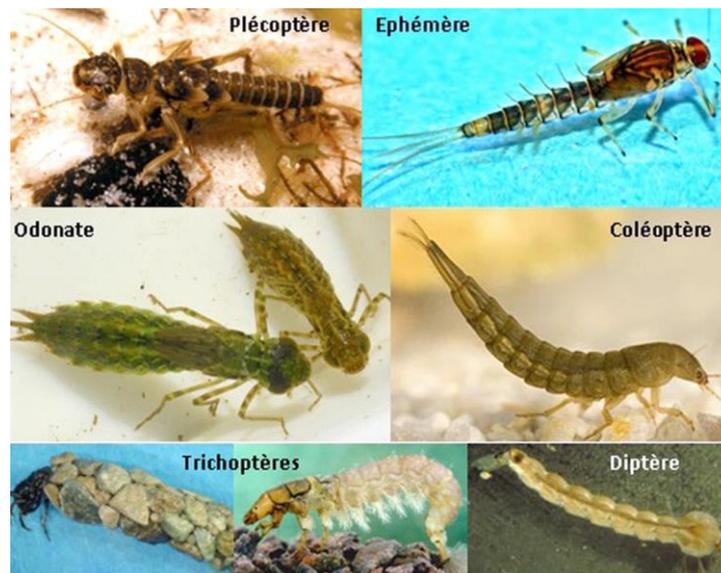


Figure 1.6 : Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1994-2021).

CHAPITRE 2

SITES ET METHODES D'ETUDE



2. 1 Méthodologie

2.1.1 Démarche générale

L'écoulement des eaux aboutit à un profil longitudinal du cours d'eau qui se rapproche d'un profil d'équilibre où l'ensemble de paramètres hydrauliques, morpho-métriques, physiques et chimiques ont des valeurs qui varient régulièrement de l'amont vers l'aval, et que ces paramètres sont par conséquent corrélés. Dans un hydrosystème, les biotopes et leurs habitats, présentent une grande diversité de structures et, leur répartition spatiale varie selon leur position le long du continuum fluvial (Fig. 2.1) (Illies & Botosaneanu, 1963 ; Verneaux, 1976 ; Vannote *et al.*, 1980). Pente, courant, granulométrie du substrat, température, alcalinité, conductivité, pH sont des facteurs écologiques susceptibles d'intervenir dans la répartition des organismes ; leurs valeurs croissent et décroissent régulièrement sur un profil longitudinal.

Le courant (lié à la pente) et la température sont les deux facteurs essentiels qui conditionnent les possibilités d'existence des organismes en fonction de leurs limites de tolérance. Ce sont des facteurs dits limitants (Angelier, 2000). D'autres facteurs écologiques tels que la végétation (ripisylve et végétation aquatique), la distance à la source, l'orientation et le mode d'alimentation des cours d'eau ainsi que les influences humaines ont également une certaine importance, car ils agissent sur les facteurs fondamentaux et par conséquent, ils ont une influence indirecte sur la faune. D'autres travaux montrent l'importance des paramètres conditionnant l'occupation spatiale et temporelle des différents habitats. Certains d'entre eux, comme la nature du substrat et la vitesse du courant, sont habituellement considérés comme facteurs écologiques majeurs susceptibles d'influencer directement la répartition de la faune benthique (Hynes, 2001 ; Minshell & Minshell, 1977). Pour chacune des stations prélevées, plusieurs paramètres ont été déterminés afin de caractériser au mieux les conditions environnementales adjacentes. Les paramètres non conservatif (température, pH, conductivité, oxygène dissous) ont pu être mesurés in-situ à l'aide d'un appareillage électrique.

Cette analyse est menée à l'échelle du cours d'eau d'oued Cherf, d'une part parce qu'il s'agit d'une région majeure d'activité agricole et, d'autre part parce que le Cherf est l'un des deux principaux affluents du fleuve Seybouse. Cinq stations ont été retenues et prospectées sur le Cherf de l'amont vers l'aval (Fig. 2.1). Le choix de ces stations a été effectué en tenant compte de certains paramètres tels que : l'altitude, la diversité des biotopes, leur situation par rapport aux agglomérations et aux sources de pollution et sur leur accessibilité. Dans un contexte de restitution de la continuité écologique des cours d'eau. Afin de pouvoir mesurer l'impact des activités anthropiques sur la qualité biologique du cours d'eau, huit campagnes de prélèvements ont été exécutées pour la réalisation d'IBGN sur ces sites, allant du mois de février au mois de mai de l'année 2022, aux dates suivantes : (10/02/2022,23/02/2022) ; (07/03/2022,16/03/2022) ; (07/04/2022,20/04/2022) et (02/05/2019,19/05/2022). Le présent document présente les différentes localités que nous avons eu l'occasion de visiter au cours de ces campagnes de prélèvements ainsi que les résultats obtenus lors de ces campagnes.

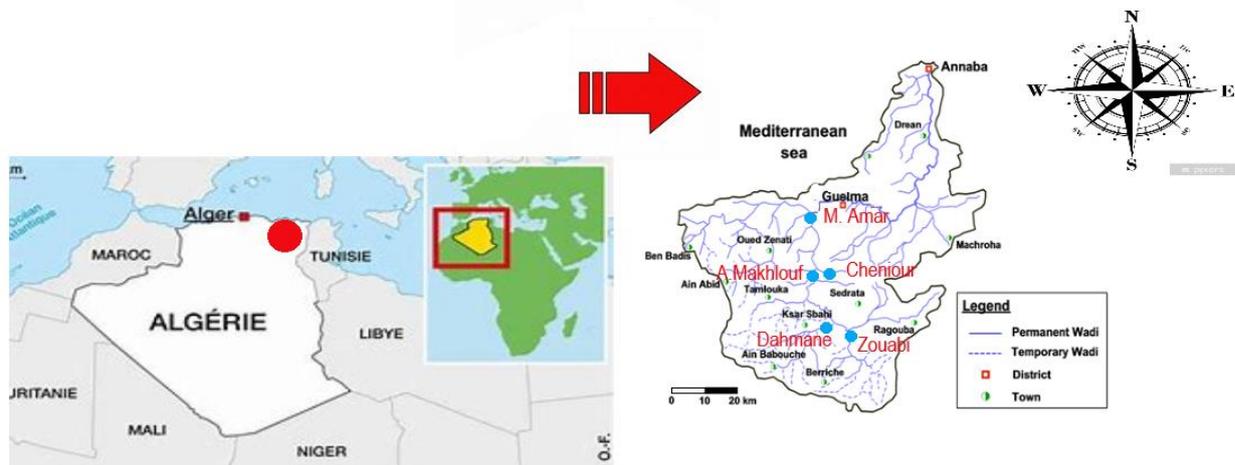


Figure 2.1. : Réseau hydrographique du bassin de la Seybouse et Stations de prélèvements.

2.1.2 Caractéristiques des stations d'étude

▪ Station Zouabi (Z1)

- Communes concernées (département) : Sedrata -- Souk Ahras.
- Localisation et coordonnées Lambert : N 36° 04. 47, 25' - E 007° 29.37, 15'.
- Altitude (en m) : 752 .0

Le chevelu hydrographique dans ces régions s'étend en patte d'oie, sur une plaine caractérisée par un complexe de landes sèches à carapace dure, calcaire, d'âge quaternaire, est séparée de celle de Khamissa – Sedrata, plus étroite, par le chaînon anticlinal de Dréa, à noyau triasique, important relief (1123m), qui, avec une direction N.E.-S.W., finit vers le Sud sous les dépôts quaternaires de la grande plaine des Herectas (Blayac, 1912). La plaine de Khamissa est arrosée par oued Krab. Oued Zouabi, appelé ainsi oued Lahamimine, prend sa source de la réunion des deux oueds Tiffrech et Krab, il chemine au pied de l'imposant massif tellien de Trias du djebel Zouabi pour atteindre l'oued Cherf, où les eaux s'étaient décantées dans le barrage de Foum El Khanga, au Moulin Rochefort, qui s'est noyé après la mise en eau des terrains submergés du barrage ; profondeur entre 25 à 50 cm ; largeur moyenne entre 8 à 12 m, la vitesse d'écoulement d'eau moyenne est estimée 1.05 m/s. Quant au substrat il est formé de substrat travertin. L'eau ici est de couleur noirâtre due principalement aux rejets domestiques se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organique, des sels minéraux et des détergents, elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans la région. La composition du cortège floristique est constituée de *Juncus sp*, de *Typha sp*, et de *Phragmites australis*. La station est située au sein d'une zone d'influence agricole relativement importante.



Photo 01: Oued Cherf, Station Z1 Zouabi.

▪ **Station D2 : Dahmene affluent de Cherf**

- Communes concernées (département) : Ksar Sbahi -- Oum El Bouagui
- Localisation et coordonnées Lambert : N 36° 03. 21,52' - E 007° 19. 43,19'
- Altitude (en m) : 750.0

L'oued Settara qui à son amont, prend le nom de Dahmene, avec ses quatre affluents reçoit les eaux résiduaires de Ksar Sbahi, de Aïn Babouche, de Berriche, et des cours d'eau de haute montagne d'allure torrentueuses de djebel Sidi Rghis, la montagne la plus élevée du bassin de la Seybouse; son point culminant est à 1636 m, et du flanc Est de la chaîne des Chebka, la plus mal partagée en raison de ses plissements très aigus, leur pente est des plus faibles. C'est une section de 14.4 km de longueur, comprise entre l'extrémité amont du remous du barrage de Foum El Khanga (Moulin Rochefort), et la confluence des oueds El Mebdoua, Dahimine, Aïn Babouche, et Ouassah. Dans ce bief, les rives qui surgissent ici à substrat, fait de calcaires sénoniens (Blayac, 1912). L'eau est de couleur grisâtre, les polluants urbains sont dominants ici, représentés par les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se débarrassent les habitants d'une agglomération ainsi que les rejets industriels rejetés par les entreprises en quantités variables selon l'importance de l'agglomération et son activité. Profondeur entre 25 à 50 cm ; largeur entre 8 à 10 m, la vitesse d'écoulement d'eau aborde les 0.70 m/s. Dans cette zone, les formations végétales qui se développent le long des berges des cours d'eau : *Juncus sp*, *Typha sp*, *Phragmites australis*, et *Tamarix sp*.



Photo 02: Affluent Oued Cherf, Station D2 Dahmene.

▪ Station AM3 : Ain Makhlouf

- Communes concernées (département) : Aïn Makhlouf
- Localisation et coordonnées Lambert : N 36° 14. 30,02' - E 007° 18. 38,57'
- Altitude (en m) : 596.9

Site exceptionnel par l'excellent état de conservation, outre les vallées anticlinales de l'oued El Aar et de l'oued Cheniour. Ces mêmes terrains fortement redressés sur les bords d'un synclinal Est- Ouest, forment les hautes falaises et les crêtes du Kef El Resbass (977m), et du Ras Stah (1258m) (Blayac, 1912).

Le cours du Cherf sur cette section, aux côteaux boisés, et landes formant un continuum d'espaces peu ou pas anthropisés exceptionnel, le ruissellement et l'érosion ont fait apparaître la roche primitive. Profondeur entre 25 à 50 cm ; largeur entre 20 à 60 m, la vitesse d'écoulement d'eau aborde les 1.45 m/s. Le lit est constitué de blocs de pierres semi émergés ; de galets et de cailloux dont certains sont recouverts de périphyton et de quelques algues filamenteuses. Ce site intègre par ailleurs un affluent de faible cours d'eau venant d'une source en contre- bas du plateau non loin du site dépose du calcaire formant un travertin très épais de hautes collines de nature de calcaire Karstiques, rappelant celles de Hammam Debagh. L'eau devient plus claire ici, mais reste l'agriculture, l'élevage et l'aviculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterraines.

La végétation rivulaire est composée surtout : *Juncus sp*, *Typha sp*, *Phragmites australis*, *Tamarix sp*, *Nerium oleander* et *Thymelaea hirsuta*.



Photo 03: Oued Cherf, Station AM3 Ain Makhlouf.

▪ Station C4 : Affluent Cheniour

- Communes concernées (département) : Aïn Larbi
- Localisation et coordonnées Lambert : N 36° 14. 53, 07' - E 007° 26. 36, 98'
- Altitude (en m) : 552.0

Outre les vallées anticlinales de « l'oued el Aa r » et de « l'o. Cheniour », ces mêmes terrains fortement redressés sur les bords d'un synclinal E.-W. Forment les hautes falaises et les crêtes du kef el Resbass (977 m.) et du ras Stah (1.258 m.). Entre le confluent de ces deux oueds, proéminent les monts « El Abiod » et « Bir el Menten » formés surtout par les calcaires blancs à Inocérames du Crétacé supérieur. Le relief ici s'abaisse ; il est même transformé en un véritable plateau constitué par un travertin très épais. Ce travertin presque marmoréen a été déposé par une

source thermale qui existe en contre- bas du plateau. Cette source dépose toujours du calcaire, mais elle est certainement moins forte qu'elle ne l'était dans le passé. Elle est aujourd'hui à quelques mètres seulement au - dessus du thalweg de l'oued Cheniour ; elle s'est fait jour probablement à la faveur des plissements suivis de faille en profondeur qui ont amené à jour le dôme de l'oued Cheniour à noyau de Barrémien et d'Aptien (Blayac, 1912). L'eau est claire dans ce bief mais des contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés ou azotés issus des déchets animaux et des engrais commerciaux, notamment des nitrates sont forts probablement présents, devant l'extrême activité agricole sur les parages. Le lit de l'o. Cheniour est moins approfondi est constitué de galets et de cailloux d'une taille moyenne semi émergés recouverts d'algues filamenteuses ; et à une altitude de 752 m ; profondeur entre 20 à 40 cm ; largeur entre 4 à 8 m, la vitesse d'écoulement d'eau rapproche les 1.92 m/s. La végétation représentée essentiellement par *Juncus sp*, *Tamarix sp*, *Olea europaea*, et *Nerium oleander*, La végétation aquatique est formée d'algues filamenteuses et de quelques Characées au niveau des zones sub stagnantes des rives.



Photo 04: Affluent Oued Cherf, Station C4 Cheniour

▪ Station MA5 : Medjez Amar

- Communes concernées (département) : Medjez Amar
- Localisation et coordonnées Lambert : N 36° 26.19, 31' - E 007° 18.54, 12'
- Altitude (en m) : 246.2

L'oued Cherf qui se jette dans la Seybouse à Medjez Amar, en est l'affluent le plus important, avec celui de Bouhamdane dont le confluent avec la Seybouse est en ce même endroit. Le site repose sur dépôts meubles sablo-vaseux récents, recouvert d'une large plage de galets actives qui tendent à se recouvrir de mousses par endroits. La région se situe aux pieds du flanc ouest de la Mahouna (dont le sommet culmine à 1417m), qui dans son ensemble est un vaste synclinal de grés medjaniens (Blayac, 1912), il présente un relief montagneux principalement occupé par des zones forestières. La section du cours d'eau entre Aïn Makhlof et Medjez Amar est dérivée par le barrage de Foum EL Khanga, le débit laissé dans celui-ci subit donc toutes les fluctuations que lui causent les lâchers. Il s'ensuit une turbidité et un colmatage du fond qui, en certains points, est fréquemment remanié par le charriage de matériaux plus gros, permet encore à la faune aquatique de se maintenir suffisamment. Profondeur entre 30 à 70 cm ; largeur moyenne entre 10 à 20 m, la vitesse d'écoulement d'eau moyenne est estimée 1.65 m/s. Quant au substrat il est formé de galets et de rocs de différentes tailles qui parsèment tous le lit du cours d'eau.

Site remarquable par l'excellent état de conservation, La végétation comprend surtout : *Juncus sp*, de *Typha sp*, de *Tamarix sp*, de *Pistacia lentiscus*, *Nerium oleander*, *Olea europaea*, *Ricinus communis*, *Ziziphus spina-christi*, *Rumex obtusifolius*, et *Arctium lappa*.

La station est située au sein d'une zone d'influence agricole relativement importante.



Photo 05 : Oued Cherf, Station MA5 Medjez Amar

2.1.3 Matériel

2.1.3.1 Matériel de terrain

- Appareil de mesure des paramètres de la qualité de l'eau de terrain (multi-paramètres).
- Gants latex.
- Tamis (0.5mm).
- Tubes en verre à visse de 15ML.
- Flacons à Formole (10%).
- Flacon à Alcool.
- Surber.
- Echantillonneur de type Haveneau (cadre de 1/20 m²) et troubleau.
- Chronomètre.
- Glacières portative.
- Fiches de terrain.
- Appareil photo.
- Des bottes.

2.1.3.2 Matériel de laboratoire

- Etiquettes.
- Pincettes.
- Pinceaux.
- Boîtes de pétri.
- Loupe binoculaire.
- Guides d'identification des macros invertébrés.
- Formol (10%).
- Ethanol.



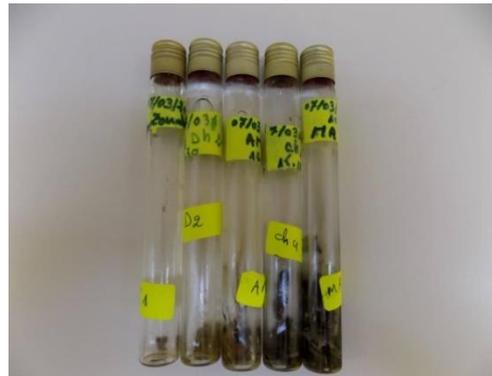
(a) Appareil de mesure des paramètres de la qualité de l'eau de terrain (multi-paramètres)



(b) Glacières portative



(c) Surber



(d) Tubes en verre à visse de 15MI



(e) Loupe binoculaire



(f) Guides d'identification des macros invertébrés



(g) Pincettes



(h) Boîtes de pétri

Figure 2.2 : Matériel utilisé

2. 1.4 Protocole et Stratégie d'échantillonnage

L'habitat des macros invertébrés benthiques, comme celui de tout autre organisme vivant possède des composantes biologiques (ex. : végétation), physiques (ex. : substrat, écoulement) et chimiques (ex. : pH, azote). La diversité biologique des rivières est étroitement liée à la qualité de l'habitat. Ainsi, afin de bonifier le suivi des macros invertébrés benthiques, l'évaluation de l'habitat environnant, offre un complément d'information utile (Moisan, 2011).

Le travail d'échantillonnage avait pour but de restituer un échantillon représentatif de la population de grands invertébrés de la vallée. Il était donc préférable d'échantillonner à différentes stations du cours d'eau (eau calme, eau vive, sous et sur les rochers). Cependant, la plupart des grands invertébrés se trouveront sous de grosses pierres submergées.

Un protocole d'échantillonnage a été défini selon les critères imposés par l'indice biologique global normalisé (IBGN). Et applicable en toutes saisons, cependant il est préférable d'éviter les périodes de hautes eaux. Les prélèvements ne doivent pas être effectués lors d'événements hydrologiques exceptionnels préjudiciables aux invertébrés (fortes crues ou sécheresses) (Bouati & Boualleg, 2019).

2.1.4.1 Méthode d'échantillonnage

D'abord commencé par choisir les stations d'échantillonnage, ce choix s'est basé sur l'accessibilité au site et sa commodité d'échantillonnage, la profondeur et l'altitude : en effet 5 stations ont été choisies au niveau d'oued cherf.

Une fois arrivée sur le site, ont été enregistré sur la fiche technique préparée au préalable, l'heure, la date, les coordonnées GPS et les paramètres organoleptiques (couleur, odeur, profondeur et largeur de lit).

Nous avons noté :

- ✓ Les différents types de végétations qui existent dans chaque site visité.
- ✓ Nous avons aussi inscrits les différentes activités

A l'aide d'un appareil (multi-paramètres) nous avons évolué les paramètres suivants :

- pH.
- Température.
- Potentiel d'oxydo-réduction.
- Oxygène dissous.
- salinité.
- Conductivité électrique.
- Total des Solides Dissous
- La résistivité.
- La pression.

Après avoir fini cette tâche, nous avons entamé les échantillonnages :

- Des échantillons ont été prélevés sur les macroinvertébrés trouvés sur les pierres dans les parties submergées de la surface, sont recueillies et rincées et l'eau de rinçage est passée sur le tamis de 0,5 mm de maille.
- Les individus visibles sont préalablement recueillis, cet échantillonnage a été effectué à l'aide d'un Surber, d'ouverture d'une surface unitaire de 1/20 m² et de vide de maille de 100µm de vide de mailles. Il doit être bien nettoyé avant de commencer l'opération afin d'éviter la contamination par des spécimens n'appartenant pas à la station.
- L'engin est déposé sur le fond du cours d'eau à contre-courant. Les pierres et galets de la surface échantillonnée ont été retournés et nettoyés à l'ouverture du Surber au moyen d'une brosse pour arracher les espèces fixées ainsi que celles agrippées au substrat.

2.1.4.2 Pré-tri et conservation des échantillons

Le contenu recueillis est vidé dans un récipient blanc, afin d'en faciliter le tri, un tamis a été utilisé pour récupérer la faune la plus représentative, qui ensuite, va être renfermée dans des flacons en verre. Le nom de la station, la date et l'heure sont inscrits sur chaque tube, Les échantillons obtenus des différents milieux, ont été transportés au laboratoire dans une glacière à 4 °C, où ils ont été triés sous une loupe binoculaire afin d'être identifiés, (Bouati & Boualleg, 2019).

2.1.4.3 Tri et détermination

Au laboratoire, les organismes benthiques sont extraits des tubes. Les échantillons sont bien rincés à l'eau du robinet pour éliminer les éléments grossiers (feuilles, cailloux, plantes, etc...).

Après nettoyage, les échantillons sont versés dans des boîtes de Pétri pour tri, identification et quantification sous une loupe binoculaire, parfois à l'œil nu. Cette opération est réalisée à l'aide d'une pince et un pinceau fine afin de préserver la forme de l'échantillon. L'unité taxonomique retenue dans ce travail est la famille, par ce que c'est une unité taxonomique plus stable (Bouati & Boualleg, 2019).

Après avoir constaté et identifié tous les échantillons, ils sont placés dans des tubes contenant de l'éthanol pour les conserver, avec un nom et un numéro sur chaque tube.

L'identification des organismes benthiques se fait à l'aide de clés d'identifications présentes dans les guides d'identification des macroinvertébrés : Tachet Henri *et al.* (2010) et Moisan Julie (2010).

2.1.4.4 Mesure des caractéristiques physiques in situ

À l'aide d'un multi paramètres portable (marque HANNA HI 9828), les paramètres physico-chimiques de chaque station échantillonnée mensuellement ont été mesurés. Ces paramètres étaient : température (T) exprimée en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$), pH, salinité (SAL) en (psu), conductivité électrique (EC) en $\mu\text{s}/\text{cm}$, oxygène dissous(DO) en (mg/L), TDS en (ppt), et le potentiel d'oxydo-réduction (ORP) en (mV), la résistivité ($\text{M}\Omega\text{-cm}$), et la pression (PSI).

▪ Température

La température de l'eau est une qualité importante dans les paramètres environnementaux. La mesure de la température de l'eau nous permet de voir les propriétés chimiques, biologiques et physiques de l'eau, car elle contrôle les types de vie aquatique qui y vivent. Il régule la concentration maximale d'oxygène dissous dans l'eau. Il affecte le niveau d'oxygène dissous dans l'eau et la vitesse des réactions chimiques et biologiques.

▪ Potentiel hydrogène

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Il détermine si une substance est acide, neutre ou basique. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie.

▪ Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25 $^{\circ}\text{C}$. La conductivité est également l'un des moyens de valider les analyses physico-chimiques de l'eau.

▪ Oxygène dissous

L'oxygène dissous est la quantité d'oxygène gazeux O_2 dissous dans l'eau. L'oxygène pénètre dans l'eau par absorption directe de l'atmosphère, par déplacement rapide ou comme déchet de la photosynthèse des plantes. La température et le volume d'eau en mouvement affectent les niveaux d'oxygène dissous. L'oxygène dissous est un facteur essentiel.

▪ Salinité

La salinité est l'une des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Mesure la concentration d'une eau en sels dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium,...) au travers de la conductivité électrique de cette eau. Cette salinité est sans unité, mais elle est encore souvent exprimée en gramme de sel par kilogramme d'eau (g/kg), en gramme de sel par litre d'eau (g/l).

• TDS

Total des Solides Dissous est une valeur utilisée pour évaluer la qualité de l'eau. L'unité de mesure pour le TDS est exprimée en microgramme par litre. Elle détermine la quantité totale des substances organiques et inorganiques dissoutes dans un liquide.

2.1.4.5 Identification des macros invertébrées et analyses des données

2.1.4.5.1 Les Ephéméroptères

Les Éphéméroptères correspondent à un ordre d'insectes hémimétaboles dont les larves sont exclusivement aquatiques. Sont les plus anciens des insectes aquatiques, ils sont connus depuis le Carbonifère.

Celles-ci se caractérisent typiquement par la présence d'yeux composés (Tachet *et al*, 2010). La présence de deux (rare) ou trois queues (deux cerques et un paracerque) (Moisan, 2010). De pattes portant une seule griffe au tarse et de branchies abdominales (au moins chez les larves âgées) en position latérale ou latéro-dorsale (Tachet *et al*, 2010). Les larves ont tous dix segments abdominaux.

On détermine leur numéro (le même que celui des branchies) en comptant à partir du dixième, c'est-à-dire de l'extrémité de l'abdomen. De façon générale, ils sont sensibles à la pollution (Fig. 2.3).

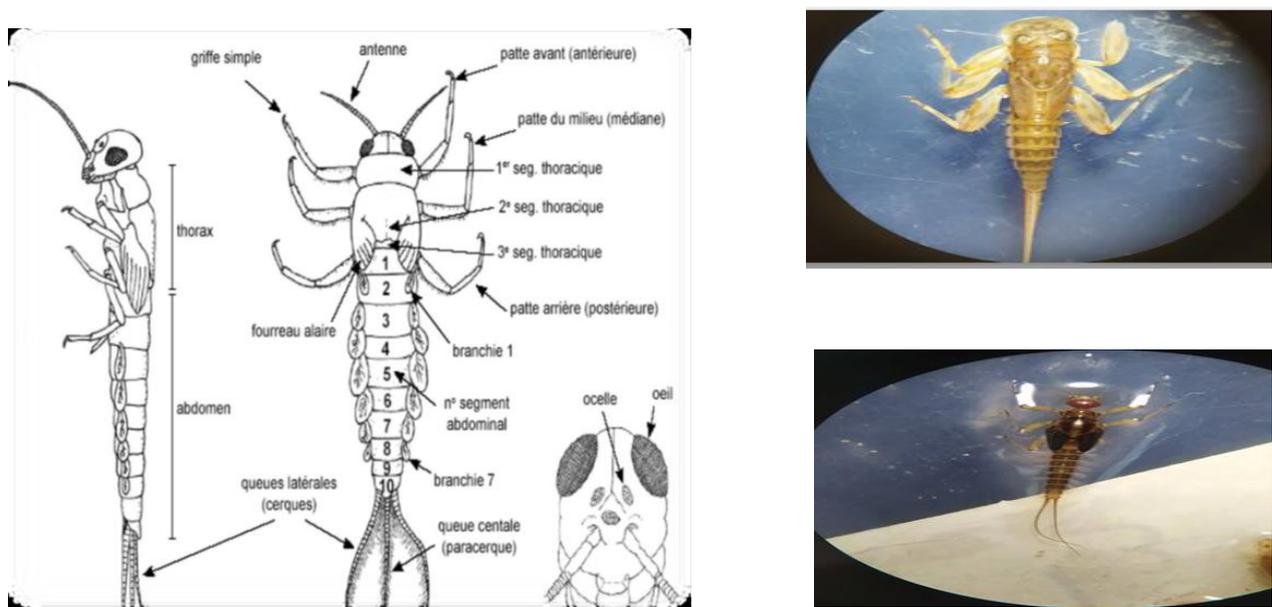


Figure 2.3 : Morphologie générale des larves d'éphéméroptères (Moisan, 2010).

2.1.4.5.2 Les Trichoptères

Les Trichoptères sont des insectes holométaboles dont les larves et les nymphes sont aquatiques (Tachet *et al*, 2010).

La principale caractéristique des larves est la présence de deux crochets anaux. Ceux-ci sont situés au bout de l'abdomen de chaque côté ou sur des fausses pattes. La tête ainsi qu'au moins un segment thoracique sont sclérifiés (durs) (Moisan, 2010).

La tête est totalement sclérifiée et constitue une capsule céphalique, les yeux sont réduits à de simples taches Oculaires, les antennes sont en général très courtes. Les pièces buccales se composent d'un labre, d'une paire de mandibules dont la forme varie en fonction du régime alimentaire, portent souvent des touffes de soies sur leur face interne (Tachet *et al*, 2010).

L'abdomen est mou comme celui d'une chenille, composé de neuf (9) segments, toujours membraneux du segment 1 au segment 8 sur le dernier tergite abdominal (Moisan, 2010). Plusieurs larves de trichoptères se construisent un étui. Constitués de petites pierres ou de débris végétaux, les fourreaux ont des formes très diverses selon la famille.

Elles possèdent de longues antennes et deux paires de fourreaux alaires, Leurs mâchoires sont longue et se croisent habituellement. De façon générale, les trichoptères sont sensibles à la pollution. La famille des Hydropsychidae a cependant une tolérance moyenne à la pollution (Fig. 2.4).

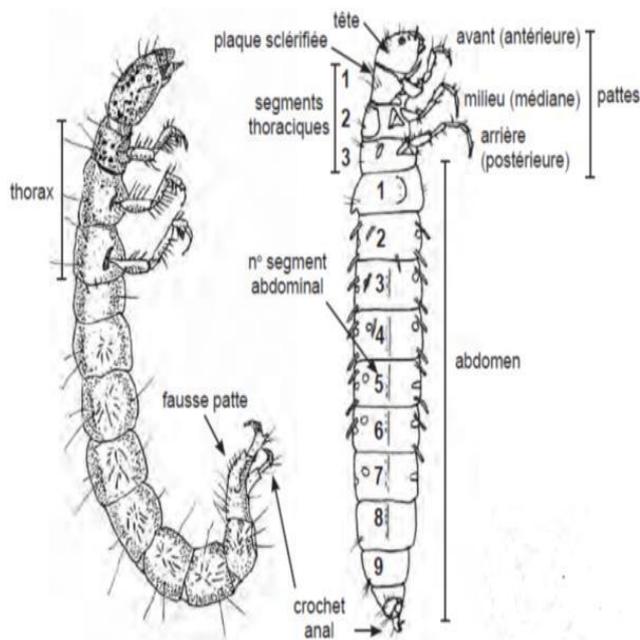


Figure 2.4 : Morphologie générale des larves des trichoptères (Moisan, 2010).

2.1.4.5.3 Les Diptères

Les Diptères sont le deuxième ordre d'insectes le plus important après les Coléoptères. La plupart des Diptères sont terrestres. Seules quelques familles sont adaptées à la vie aquatique aux stades larvaire et nymphal (Moisan, 2010).

Les larves de diptères sont caractérisées par l'absence de pattes thoraciques qui peuvent être remplacées par des pseudopodes ou des bourrelets locomoteurs. La capsule céphalique est, soit bien individualisée (larve eucéphale), soit sclérifiée et rétractile dans les premiers segments thoraciques (larve hémicéphale), ou totalement régressée (larve acéphale). Le corps comprend de onze à quinze segments dont les trois premiers sont thoraciques (Tachet *et al*, 2010).

La fin de l'abdomen peut porter des soies et/ou des appendices. La tête est soit distincte, soit indistincte. Des nymphes sont également présentes dans les cours d'eau. La nymphe est l'état intermédiaire entre la larve et l'adulte. Elle peut être libre, dans une enveloppe souple fixée au substrat, ou enfermée dans une enveloppe dure. En milieu aquatique, la famille la plus importante est celle des Chironomidae, qui est considérée tolérante à la pollution. Les autres diptères ont une tolérance moyenne. De toutes les nymphes, seules celles des Chironomidae seront identifiées à la famille (Fig. 2.5).

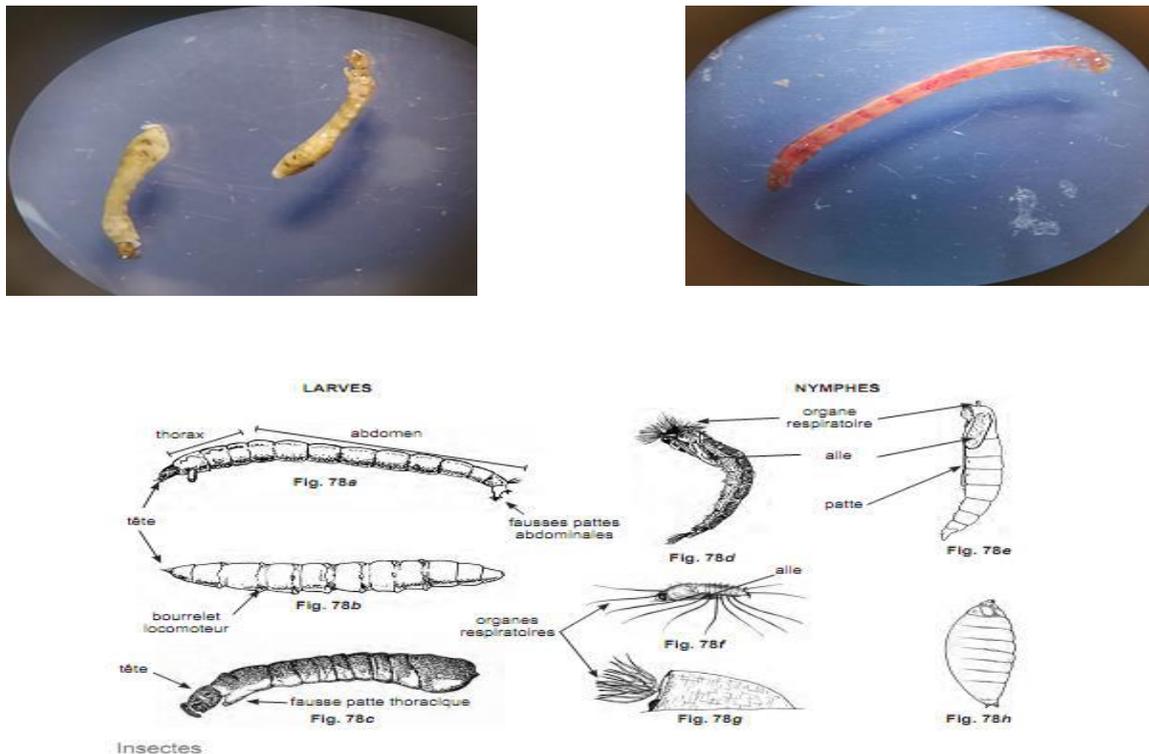


Figure 2.5 : Larves de Diptères (Moisan 2010).

• Chironomidae

Corps vermiforme (mince et allongé), segments du thorax distincts, présence d'une paire de fausses pattes au début au thorax et d'une paire à la fin de l'abdomen, la tête distinct du thorax sans panache de soies, petits crochets sur les fausses pattes (Moisan, 2010).

• Simuliidae

Corps renflé dans la partie postérieure, celle-ci terminée par un disque en forme de ventouse au bout de l'abdomen pour s'accrocher aux rochers. Ils vivent dans les ruisseaux et les rivières (Tachet *et al*, 2010). Segments du thorax indistincts, fausse patte thoracique unique, tête distinct portant deux panaches de soies (Moisan, 2010)

2.1.4.5.4 Les Odonates

Les Odonates comme tous les insectes sont très anciens (Bouchelaghem, 2008), constituent un ordre d'insectes hémimétaboles à larves exclusivement aquatiques. Se divise en deux sous-ordres principaux sont les Zygoptères et les Anisoptères.

D'un point de vue phylogénétique, les Zygoptères sont plus primitifs que les Anisoptères (Tachet *et al*, 2010). La principale caractéristique des Odonates est la lèvre inférieure, qui est transformée en masque rétractable servant à capturer les proies. Ils possèdent également de gros yeux. Ils préfèrent les eaux calmes et sont souvent associés à la végétation. Leur tolérance à la pollution est moyenne (Fig. 2.6).

- **Les Zygoptères** sont des individus frêles et grêles au vol peu soutenu, les ailes antérieures et postérieures identiques (Bouchelaghem, 2008). Corps allongé et abdomen étroit et cylindrique, tête plus large que le corps, trois branchies en forme de feuille à l'extrémité de l'abdomen, communément appelés demoiselles (Moisan, 2010).

- **Les Anisoptères**, corps relativement massif (abdomen large) ont un vol puissant et soutenu, les ailes antérieures et postérieures toujours dissemblables (Bouchelaghem, 2008). L'abdomen se termine par cinq petites pointes triangulaire, tête habituellement plus étroite que le corps, communément appelés libellules (Fig. 2.6)

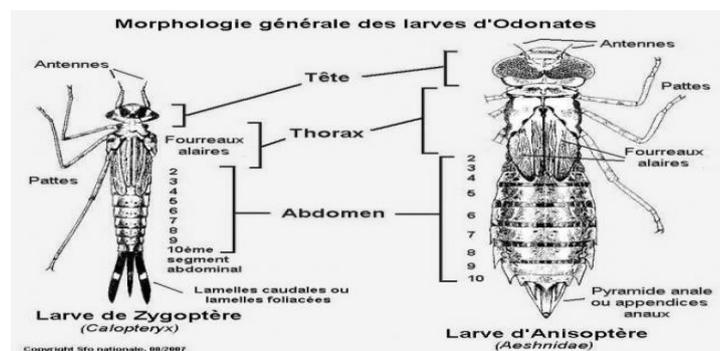


Figure 2.6 : Morphologie générale des larves d'Odonates (Société générale d'odonatologie, 2007 in Bouchelaghem, 2008).

2.1.4.5.5 Les Mollusques

Les mollusques sont des invertébrés à corps mou dont la plupart possèdent une enveloppe externe dure, la coquille (Moisan, 2010). En général sont aquatiques. La plupart vivent dans la mer, d'autres habitent les eaux douces, et d'autres encore vivent sur la terre, principalement aux lieux humides ou ombragés (Lamarck, 2003). Massif, sans squelette interne.

• Les Gastéropodes

Les Gastéropodes constituent une classe des Mollusques fondamentalement asymétriques par suite d'une torsion qui affecte l'ensemble de l'anatomie (Tachet *et al*, 2010). Caractérisée par la présence d'une seule coquille habituellement spiralée comme celle des escargots. Chez certains, il y a une plaque cornée ou calcaire appelée opercule qui ferme l'ouverture de la coquille quand l'animal est à l'intérieur. Les gastéropodes avec un opercule ont une tolérance moyenne à la pollution, et ceux sans opercule sont considérés comme tolérants (Fig. 2.7).

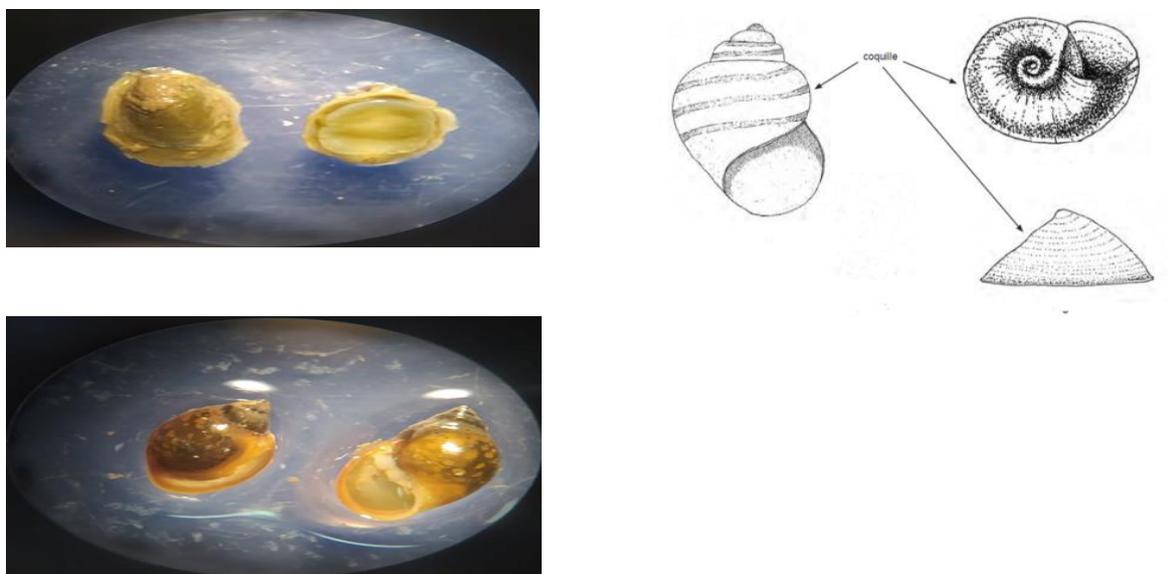


Figure 2.7 : Morphologie générale des mollusques (Moisan, 2010)

2.1.4.5.6 Les Crustacés

Crustacés comprend un très grand nombre d'espèces en milieu marin. En eau douce, trois sous-classes correspondent à des macroinvertébrés : Branchioures, Branchiopodes et les Malacostracés (Tachet *et al*, 2010). Les crustacés vivant en eau douce possèdent un minimum de cinq paires de pattes articulées exception faite des ostracodes, ainsi que deux paires d'antennes (Moisan, 2010).

Le corps est divisé en trois parties : le céphalon, le thorax et l'abdomen. Le dernier segment est le telson qui porte l'anus. Le céphalon porte dorsalement les yeux, deux paires d'antennes, autour de la bouche, trois paires d'appendices : les mandibules, les maxilles 1 et 2 (Tachet *et al*, 2010).

Les crustacés sont les seuls arthropodes à posséder deux paires d'antennes, leurs pattes émergent du thorax, et contrairement aux insectes, ils possèdent des appendices sur l'abdomen. Les Crustacés peuvent régénérer un appendice perdu (Mathieu, 1995 in Bouhala 2012) (Fig. 2.8).



Figure 2.8 : Morphologie générale des larves des crustacés (Moisan, 2010)

2.1.4.5.7 Les Achètes

Les Achètes(ou sangsues) c'est une classe d'Annélides, sont présentes aussi bien en milieu marin qu'en eau douce. Toutes les sangsues ont des yeux, leur nombre varie de deux à dix, corps segmenté, mais la segmentation superficielle (anneau) ne correspond pas toujours à la segmentation interne.

Les Achètes sont hermaphrodites; les orifices génitaux sont situés ventralement au niveau du tiers antérieur ; l'orifice génital mâle est situé en avant de l'orifice génital femelle. Plusieurs espèces sont parasites (ecto- ou méso parasites), mais peuvent mener une vie libre à la recherche de leur hôte (Tachet *et al*, 2010), (Fig. 2.9) et (Fig. 2.10).

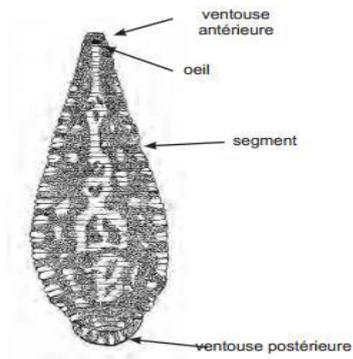


Figure 2.9 : Morphologie générale des Achètes (Moisan, 2010)

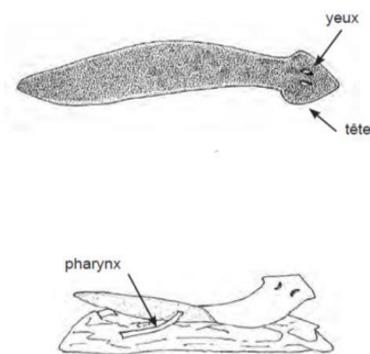


Figure 2.10 : Morphologie générale des planaires (Moisan, 2010)

2. 1.5 Analyse de données

2.1.5.1 Descripteurs biologiques

▪ Richesse spécifique

La richesse des espèces est le nombre d'espèces différentes représentées dans une communauté écologique, un paysage ou une région.

Typiquement, la richesse spécifique (RS) est utilisée dans les études de conservation pour déterminer la sensibilité des écosystèmes et des espèces qui y vivent.

▪ La fréquence

C'est le pourcentage des individus d'une espèce (n_i) par rapport au total des individus. L'abondance relative des espèces dans un peuplement ou dans un échantillon, caractérise la diversité faunistique d'un milieu donné (N).

La fréquence centésimale est calculée par la relation :

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

n_i : le nombre des individus de l'espèce dans l'échantillon.

N : le nombre total des individus de toute espèce dans l'échantillon.

L'abondance : Correspond au nombre d'individus échantillonnés.

▪ Indice de diversité de Shannon-Weaver (1963) (H')

L'écologie utilise différents descripteurs statistiques pour caractériser la diversité des peuplements. D'aucuns parleraient de biodiversité, mais ce terme n'est pas tout à fait approprié ici. Lorsque l'écologue étudie les peuplements d'un écosystème, il va plutôt se référer à différents indices plus précis. Les premiers d'entre eux concernent la richesse spécifique S , la biomasse B ou encore l'abondance A d'une espèce. Les seconds concernent la diversité spécifique à un habitat, voire un écosystème particulier.

La diversité spécifique prend ainsi en compte aussi bien le nombre d'espèces que la distribution des individus au sein de ces espèces. L'écologue tient ainsi à sa disposition plusieurs indices de diversité. Ceux-ci sont le plus souvent accompagnés d'indices d'équitabilité, qui traduisent la répartition des abondances d'espèces dans le peuplement. Grâce à ces indices, il devient possible de suivre l'évolution des peuplements au cours du temps, mais également de les comparer entre stations étudiées.

L'indice de diversité le plus couramment employé est l'indice de Shannon. Il est aussi appelé indice de Shannon-Wiener, est une mesure de diversité spécifique couramment employée, en relation avec les fréquences relatives des différentes espèces de l'échantillon. $H'=0$ quand l'échantillon ne contient qu'une seule espèce (ou une espèce dominante) et augmente à mesure que s'accroît le nombre d'espèces. Pour un nombre donné d'espèces, H est maximum quand toutes les espèces sont également représentées dans l'échantillon. Il est sensible aux variations d'importance des espèces les plus rares (Bouati & Boualleg, 2019).

Il est donné par la formule suivante :

$$H' = -\sum_{i=1}^n (p_i \log_2 p_i)$$

Où : p_i : abondance proportionnelle (relative) du taxon i par rapport aux autres taxons ou pourcentage d'importance de l'espèce :

$$p_i = n_i/N$$

S : nombre total d'espèces.

n_i : nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon.

N : nombre total d'individus (taxons) de toutes les espèces dans l'échantillon.

Elle informe sur la structure du peuplement dont provient l'échantillon et sur la façon dont les individus sont répartis entre les diverses espèces. L'indice de diversité de Shannon Weaver est le meilleur indice que l'on puisse adopter.

▪ Indice d'Équitabilité de Piélou (1966) (J')

L'indice d'Équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (Équirépartition des individus dans les espèces) (Grall, & Coïc, 2005).

L'équitabilité (J') est le rapport entre l'indice de diversité réelle (H') et la diversité maximale théorique ($H'_{max.}$) (Bouati & Boualleg, 2019).

Sa formule correspond au rapport entre H' et H_{max} :

$$J' = H'/H_{max.}$$

L'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces) (Grall & Coïc, 2005).

▪ Indice de diversité de Simpson (1949)

Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce (Grall & Coïc, 2005).

L'échelle s'étend de 0 à 1 où 1 représente le plus faible niveau de biodiversité (Bouati & Boualleg, 2019).

$$I_{sim} = \sum n_i (n_i - 1) / N (N - 1)$$

n_i : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'organismes.

▪ Indice de diversité de Hill

Cet indice propose une mesure de l'abondance proportionnelle, en comparant entre-eux les indices de Shannon et de Simpson.

L'indice de diversité de Hill ainsi obtenu a pour objectif d'apprécier le rapport entre d'un côté la prise en compte des espèces abondantes (Simpson) et de l'autre l'influence des espèces rares (Shannon). L'indice de Hill apparaît donc comme un indice synthétique.

Lorsque Hill tend vers 0, alors la biodiversité est plus importante. Plus l'indice de Hill est proche de la valeur 1 et plus la diversité est faible.

Le rapport $1/I_{sim}$ va permettre la mesure du nombre effectif d'individus très abondants tandis que le rapport $e^{H'}$ va en revanche permettre de mesurer le nombre effectif d'individus abondants mais surtout des espèces rares (Bouati & Boualleg, 2019).

$$I_{Hill} = (1/I_{sim})/e^{H'}$$

$1/I_{sim}$: c'est l'inverse de l'indice de Simpson ;

$e^{H'}$: c'est l'exponentiel de l'indice de Shannon.

2.1.5.2 Détermination de l'indice biologique global (IBGN)

L'indice biologique global normalisé (IBGN) c'est un outil permettant une représentation synthétique et rapide de l'écosystème étudié. Il prend en compte l'ensemble des invertébrés de la communauté et pas uniquement les groupes les plus sensibles. Il peut être utilisé avec l'objectif de situer la qualité biologique d'un site considéré. Selon le tableau de calcul de l'IBGN, la variété taxonomique est divisée en 14 classes (Tab.2.1) et (Tab.2.2) comprenant les neuf groupes faunistiques indicateurs (GI).

On détermine à partir des 2 tableaux successivement :

* **La variété taxonomique de l'échantillon (Σt)** égale au nombre total de taxons récoltés même s'ils ne sont représentés que par un seul individu. Ce nombre est confronté aux classes figurant en abscisse du tableau (2.1)

* **Le groupe faunistique indicateur (GI)** en ne prenant n'en compte que les taxons indicateurs représentés dans les échantillons par au moins 3 individus ou 10 individus selon les taxons (Tab 2.2).

La détermination du GI s'effectue en prospectant le tableau de gauche à droite (GI 9 à GI 1) et en arrêtant l'examen à la première présence significative ($n > 3$ individus ou $n > 10$ individus) d'un taxon du répertoire du tableau.

Tableau (2.1) : Tableau de détermination de la classe de variété taxonomique.

VT	>50	49à45	44à41	40à37	36à33	32à29	28à25	24à21	20à17	16à13	12à10	9à7	6à4	3à1
Classe de variété	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Tableau (2.2) : Tableau de détermination du groupe faunistique indicateur (G.I)

Taxons	Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	Capniidae Brachycentridae Odontoceridae Philopotamidae	Leuctridae Glossomatidae Beraeidae Goeridae Leptophlebiidae	Nemouridae Lepidostomatidae Sericostomatidae Ephemeridae	Hydroptilidae Heptageniidae Polymitarcidae Potamanthidae	Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyiidae Rhyacophilidae	Limnephilidae Hydropsychidae Ephemeralidae Aphelocheiridae	Baetidae Caenidae Elmidae Gammariidae Mollusques	Chironomidae Asellidae Achètes Oligochètes
	G	9	8	7	6	5	4	3	2

En gras, les taxons représentés par au moins dix individus - Les autres par au moins trois individus.

L'IBGN est calculé par la relation suivante :

IBGN = N° du groupe faunistique indicateur + (N° de classe de variété – 1) avec IBGN < 20

$$\text{IBGN} = \text{GI} + \text{VT} - 1$$

▪ Appréciation de la qualité des cours d'eau

Pour une représentation cartographique des résultats, chaque tronçon de cours d'eau est affecté d'une couleur avec une note allant de 0 à 20 suivant la valeur de l'IBGN. A chaque couleur associée à son numéro pour désigner la qualité des cours d'eau (Djemali & Rahal, 2019).

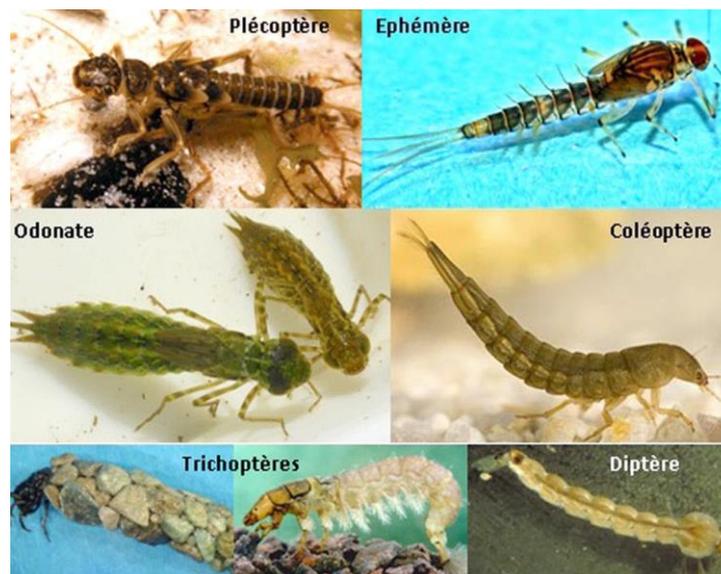
IBGN	20 à 16	16 à 12	12 à 8	8 à 4	4 à 0
Couleur	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge

La définition des classes de qualité est suivante :

- **Classe 1A** : qualité excellente, absence de pollution (Bleue).
- **Classe 1B** : qualité bonne, pollution modérée (Verte).
- **Classe 2** : qualité moyenne, pollution nette (Jaune).
- **Classe 3** : qualité médiocre, pollution important (Orange).
- **HC (Hors Classe)** : qualité mauvaise, pollution excessive (Rouge).

CHAPITRE 3

RESULTATS ET DISCUSSIONS



3.1. Résultats

3.1.1. Paramètres physiques de l'eau

3.1.1.1. Température

La température la plus élevée a été enregistrée à la station de Ain Makhoulf (AM3) avec 16.39 °C, et la plus basse à la station Cheniour avec 16 °C, et dans le reste des stations, Zouabi, Dahmene et Medjez Amar, nous avons enregistré une température proche de 14.18 °C, 14.48 °C, 15.35 °C.

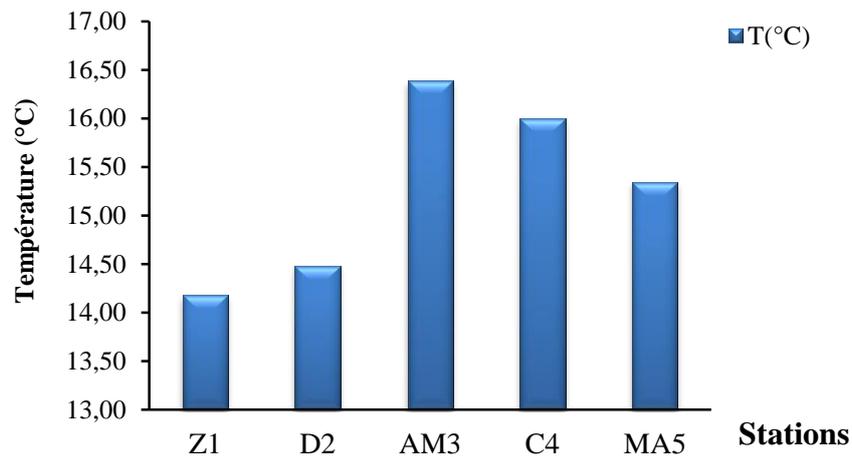


Figure 3.1 : Fluctuation de la température mensuelle selon les stations

3.1.1.2. Potentiel hydrogène

Le pH relevé dans les stations était proche de l'alcalin (neutre à alcalin), où nous avons enregistré la valeur la plus élevée à Cheniour avec 8,41 et la plus petite valeur à Zouabi 7,77.

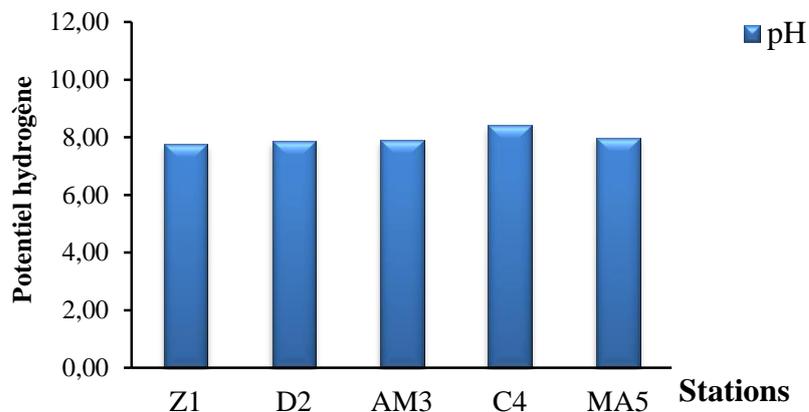


Figure 3.2 : Fluctuation du potentiel hydrogène selon les stations

3.1.1.3. Conductivité électrique

Les valeurs moyennes de conductivité électrique différaient entre la valeur la plus élevée enregistrée à Dahmene (D2) qui s'élevait à 4142,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$, suivie de Zouabi (Z1) avec une valeur de 2570 $\mu\text{S}/\text{cm}$, tandis que dans les autres stations, des valeurs basses étaient enregistrées avec 1858,50 en Medjez Amar (MA5), 1766 Ain Makhoulouf (AM3) et Cheniour (C4) 646,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

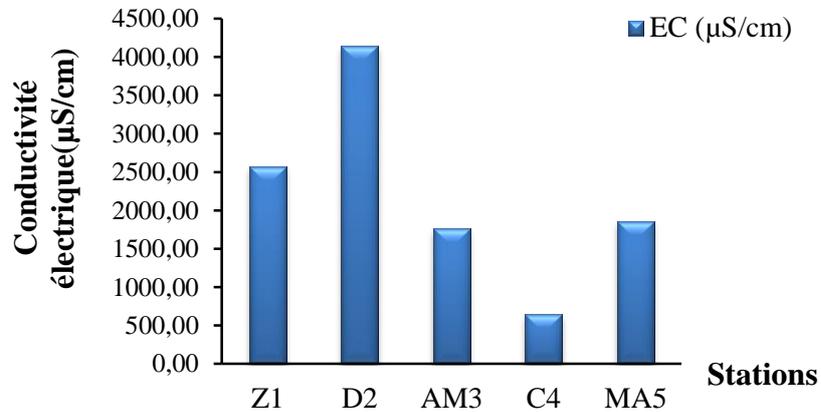


Figure 3.3 : Fluctuation de la conductivité électrique selon les stations

3.1.1.4. Oxygène dissous

Les niveaux moyens d'oxygène dissous sont apparus dans toutes les stations dans des proportions variables, puisque la valeur la plus basse a été enregistrée à la station Zouabi 3,29 mg/l et la valeur la plus élevée à Cheniour 6,61 mg/l, et les valeurs des autres stations étaient de : 5,83, 5,76, 4,30 (mg/l) dans chacun de Ain Makhoulouf (AM3), Medjez Amar (MA5) et Dahmene (D2).

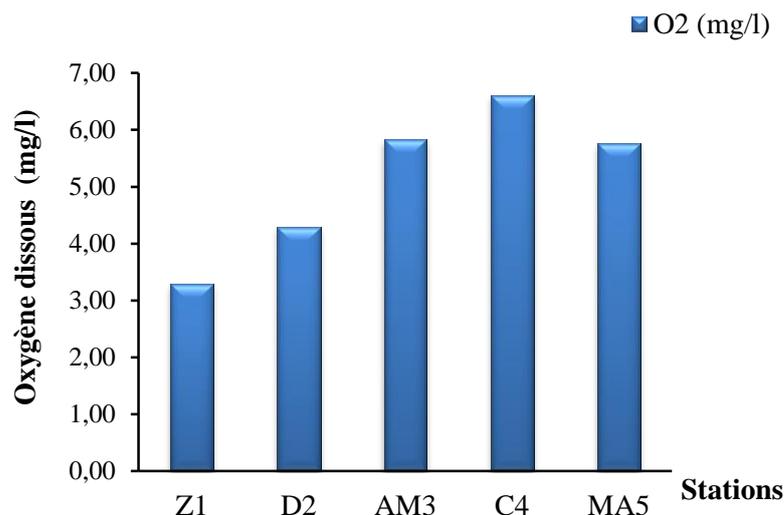


Figure 3.4 : Fluctuation d'Oxygène dissous selon les stations

3.1.1.5. Salinité

La salinité des eaux de l'oued Cherf variait entre une valeur basse à Cheniour (C4) de 0,32 mg/l et une valeur maximale à Dahmene (D2) de 2,21 mg/l. Dans les autres stations, il variait entre 1,34 à Zouabi (Z1), Medjez Amar (MA5) 0,95 et Ain Makhlouf (AM3) 0,89 mg/l.

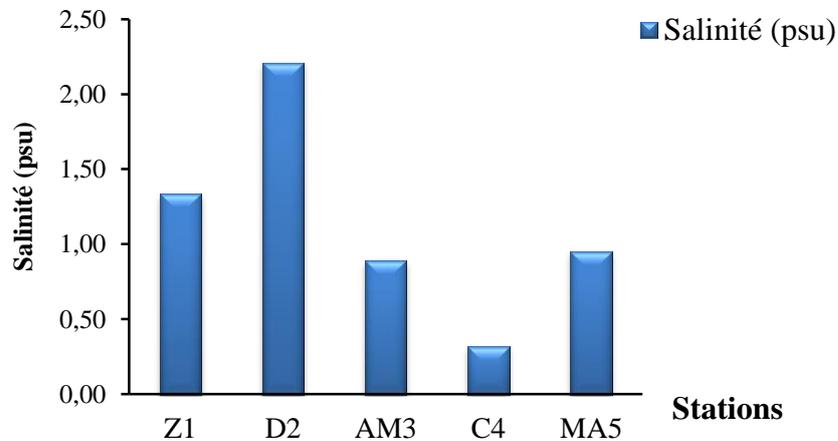


Figure 3.5 : Fluctuation de la salinité selon les stations

3.1.1.6. Potentiel d'oxydoréduction

La valeur moyenne du potentiel d'oxydo-réduction était plus élevée à la station Cheniour (C4) 209,45 mV, et la valeur la plus basse était à la station Dahmene (D2) 135,90, et à Medjez Amar (MA5) 154,80 mV. Pour les deux stations Zouabi (Z1) et Ain Makhlouf (AM3) elles étaient de la même valeur : 171,33 mV.

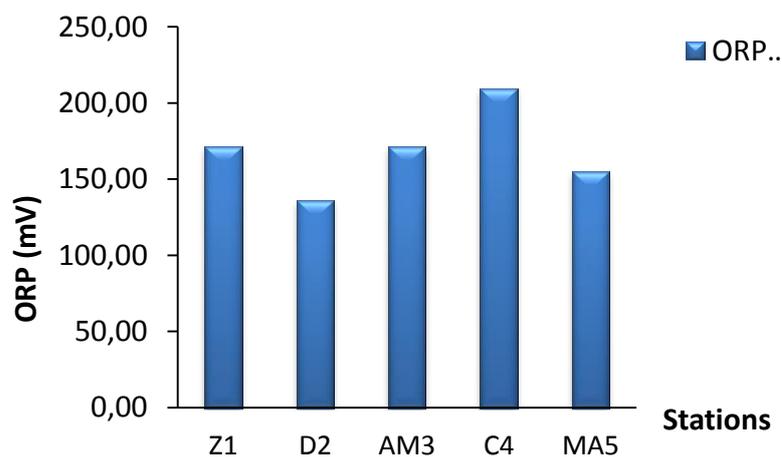


Figure 3.6 : Fluctuation du potentiel d'oxydoréduction selon les stations

3.1.1.7. Total des solides dissouts

Les valeurs obtenues à partir de la concentration totale de substances dissoutes dans l'eau montrent le total des solides dissouts constitués de sels inorganiques avec la valeur la plus élevée dans la station Dahmene (D2) 1869,50 ppt, suivi de Zouabi (Z1) 1285,25 puis à Medjez Amar (MA5) 929 ppt, Ain Makhlouf (AM3) 875,75 et Cheniour (C4) 323,25 ppt.

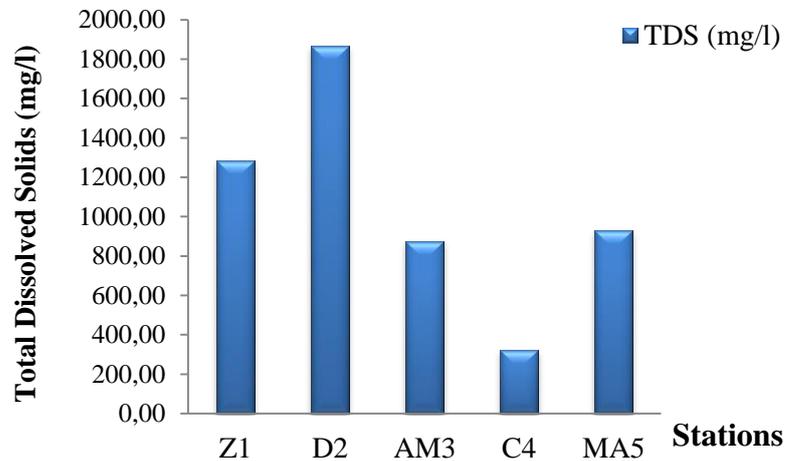


Figure 3.7 : Fluctuation du total des solides dissouts selon les stations

3.1.1.8. Pression

La valeur de pression à oued Cherf était très proche dans toutes les stations, et la valeur la plus élevée était à Medjez Amar (MA5) 498,71(Psi), suivie par la station Ain Makhlouf (AM3) 482,18 puis Cheniour (CH4) Dahmene (D2) et Zouabi (Z1), respectivement 481.34, 474.15, 473.77 (Psi).

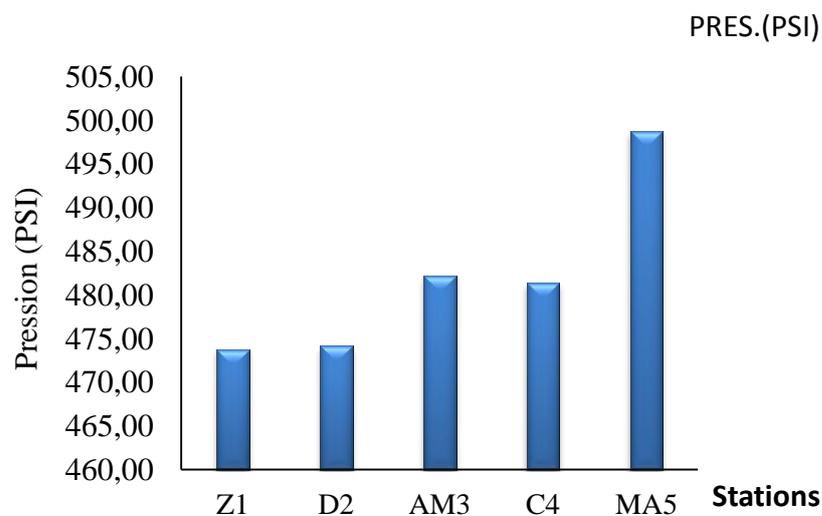


Figure 3.8 : Fluctuation de la pression selon les stations

3.1.2. Analyse globale de la faune benthique d'oued Bouhamdane et ces affluents

3.1.2.1. Check-list des taxa faunistiques

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Zouabi	Dhamine	Ain Makhlouf	Cheniour	Medjez Amar
Arthropodes	Insectes	Ephéméroptères	Baetidae	0	0	1	1	1
			Caenidae	0	0	1	1	1
			Leptophlebiidae	0	0	0	0	0
			Potamanthidae	0	0	0	0	0
			Heptageniidae	0	0	1	0	1
		Plécoptères	Chloroperlidae	0	0	0	0	0
			Perlodidae	0	0	0	0	0
			Taeniopterygidae	0	0	0	0	0
		Trichoptères	Helicopsychidae	0	0	1	0	1
		Diptères	Chironomidae	1	1	1	1	1
			Simuliidae	0	0	1	1	1
			Diptère non identifié	0	0	1	1	0
			Dixidae	0	0	0	0	0
			Psychodidae	0	0	0	0	0
			Empididae	0	0	0	0	0
			Limoniidae	0	0	0	0	0
			Scatophagidae	0	0	0	0	0
		Hétéroptères	Notonectidae	0	0	0	0	0
		Coléoptères	Noteridae	0	0	0	0	0
			Elmidae	0	0	0	0	0
Odonates	Zygoptère	0	1	0	0	0		
Hémiptères	Gerridae	0	0	0	0	0		
Arthropodes	Crustacés		Crevettes		0	0	0	1
		Amphipodes	Gammaridae	0	1	0	0	0
Mollusques	Gastéropode		Hydrobiidae	0	0	0	0	0
		Lymnaeidae	0	0	0	0	0	
		Acroloxidae	0	0	0	0	0	
		Ancylidae	0	1	0	1	0	
		Valvatidae	0	0	0	0	0	
		Physidae	1	0	0	1	0	
		Viviparidae	0	0	0	0	0	
Annélides	Oligochètes		Lumbricidae	0	0	0	0	0
	Achètes		Erpobdelliidae	0	1	0	0	0
			Glossiphoniidae	0	1	0	0	0
			Sp inconnu	0	0	0	0	0
Total				2	6	7	7	7
1 : Présence		0 : Absence						

3.1.2.2. Analyse globale des macroinvertébrés benthiques :

Au niveau des cours d'eau étudiés, notre inventaire faunistique a permis de recenser pendant les 4 mois de prélèvements un total de 2794 individus. Les groupes les mieux représentés sont les Diptères, les Ephéméroptères et les trichoptères. Ils comptent chacun 1 ; 3 et 3 taxa respectivement. Les autres sont relativement moins abondants comme les mollusques (2 taxa) et les Achètes (2 taxa). Les Odonates avec seulement un taxa.

Du point de vue qualitatif, les Diptères (45.28%), les éphéméroptères (34.11%), les trichoptères (14,35%), mollusques 106 individus (3.79%), Achètes 34 individus (1.21%), crustacés 30 individus (1.07%), odonates 5 individus (0.18%).

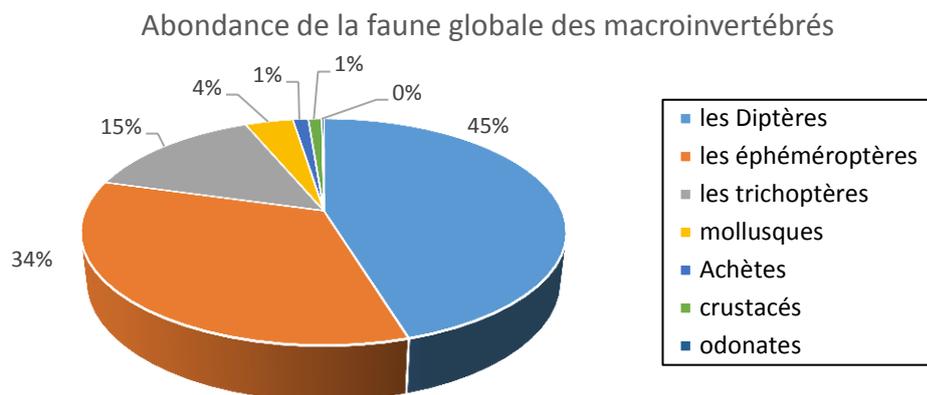


Figure 3.9 : Abondance de la faune globale des macroinvertébrés dans la zone d'étude

3.1.2.3. Richesse taxonomique

La richesse taxonomique la plus élevée observée à oued Cherf dans chacune des stations Ain Makhoulf (AM3), Cheniour (C4) et Medjez Amar (MA5) avec 7 taxons. Elle est suivie par la station Dahmene (D2) avec six taxons, tandis que la valeur réduite a été déterminée par deux taxons dans la station Zouabi (Z1) (Fig.3.10).

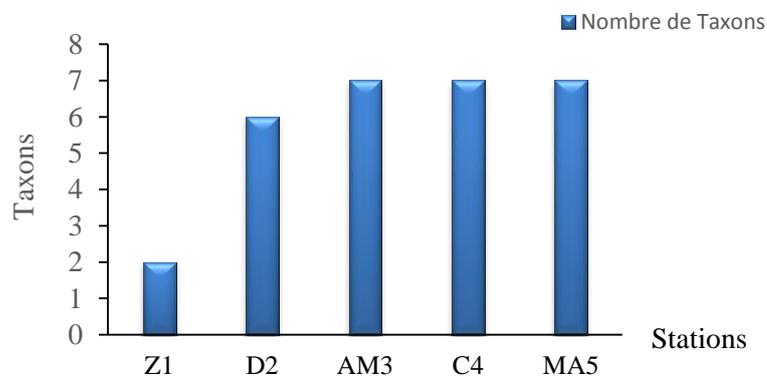


Figure 3.10 : Richesse taxonomique des stations étudiées

3.1.2.4. Abondance

Le nombre de macroinvertébrés obtenu à la station Ain Makhoulf (AM3) était le plus élevé avec 1025 individus soit 36,69%. Elle est suivie par la station Cheniour (C4) avec 910 qui est à 32,57%. Ensuite, Medjez Amar (MA5) et Zouabi (Z1) respectivement avec 618 soit 22,12%, et 159 soit 5,69%. La station de Dahmene (D2) avec seulement 82 individus soit 2,93%, était la station la plus pauvre en individus (Fig. 3.11).

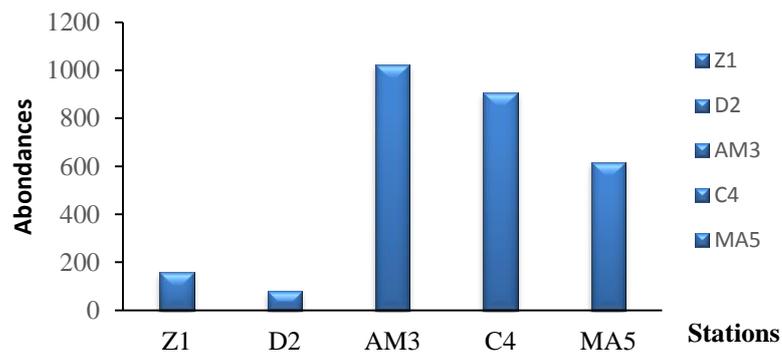


Figure 3.11 : Abondance relative des groupes faunistiques selon les stations

3.1.2.5. Fréquence relative des macroinvertébrés par station d'étude

Les taxons les plus abondants dans toutes les stations d'échantillonnage sont : les Simuliidae avec un pourcentage de (34.72%), les Beatidae (31.78%), Helicopsychidae (14.35%), les Ancyliidae (6.98%). les Chironomidae (3.83%) et les Physidae avec un pourcentage de (3.33%). En revanche les taxons les plus rares sont : les Heptageniidae (1.61%), les Gammaridae (1%), les Erpobdelliidae (0.86%), les Canidae (0.72%), les Glossiphoniidae (0.36%), les Zygoptères (0.18%) et enfin viennent les Crevettes avec (0.07%) : (Fig. 3.12 ; 3.13 ; 3.14 ; 3.15 et 3.16).

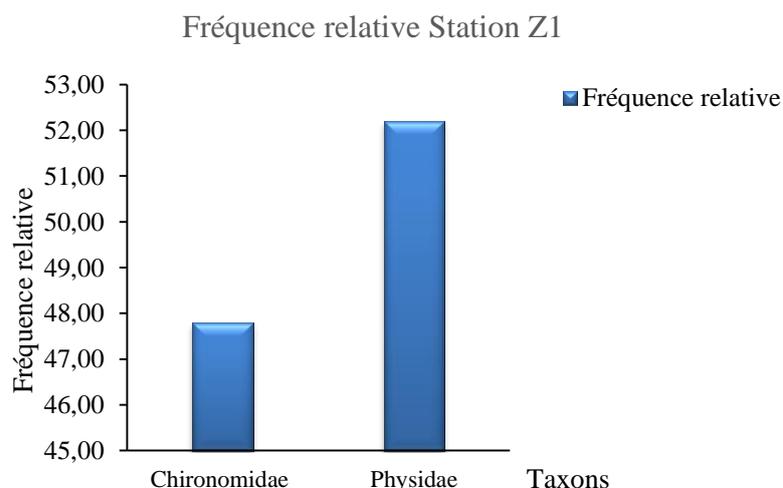


Figure 3.12 : Fréquence des macroinvertébrés Station : Zouabi

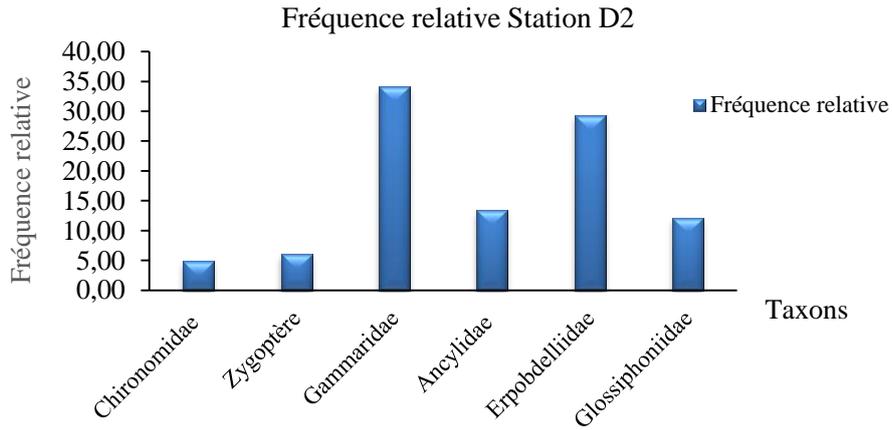


Figure 3.13 : Fréquence des macroinvertébrés de Dahmene

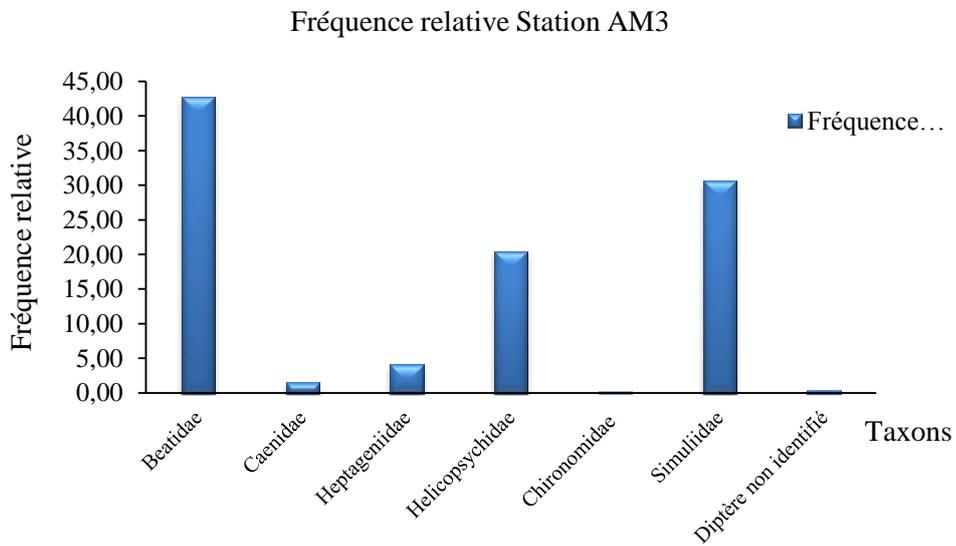


Figure 3.14 : Fréquence des macroinvertébrés d'Ain Makhoulouf

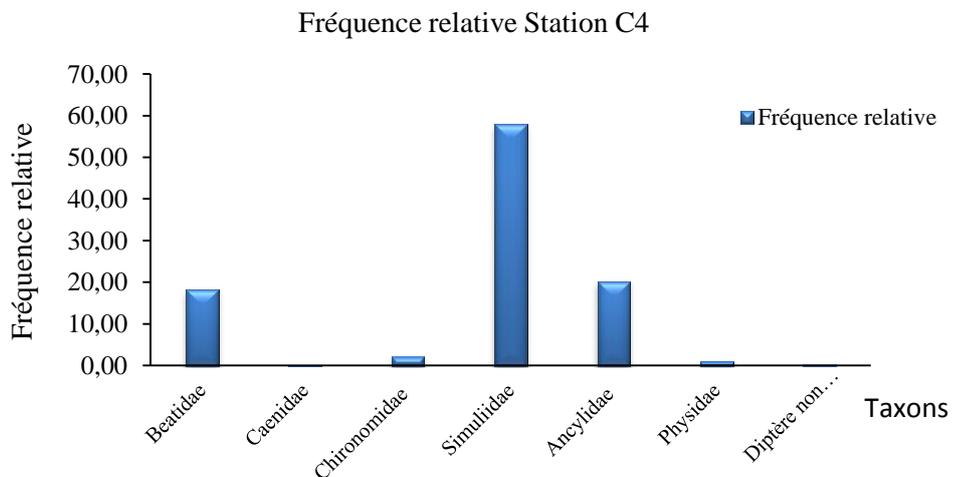


Figure 3.15 : Fréquence des macroinvertébrés de Cheniour

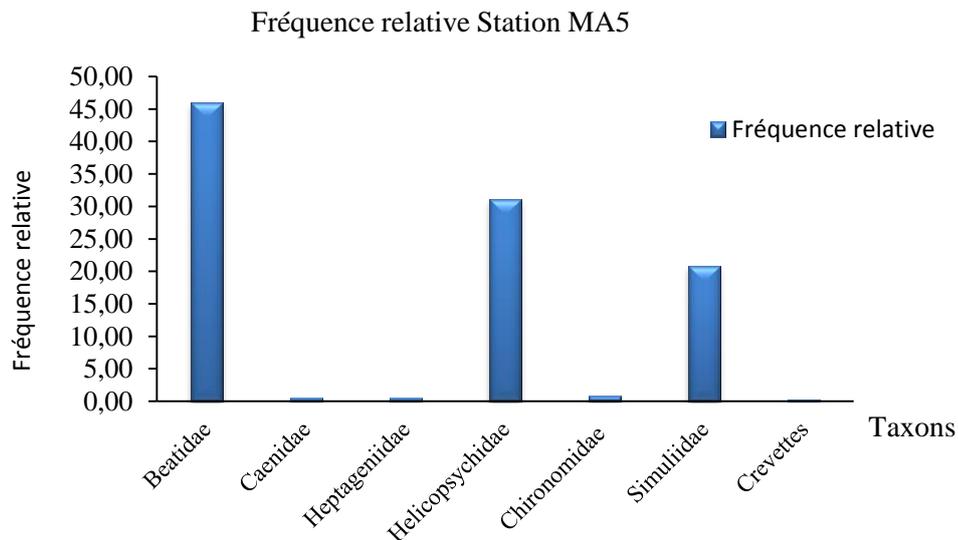


Figure 3.16 : Fréquence des macroinvertébrés de Medjez Amar

3.1.2.5. Indices écologiques

• Indice de diversité de Shannon-Weaver H' (1963)

H' peut varier entre 0 et $\log_2 S$, une valeur supérieure ou égale à 3 indiquant une bonne diversité, tandis qu'une valeur proche de 0 s'explique par un faible nombre d'espèces ou une dominance de certaines espèces dans la communauté.

Les résultats obtenus pour cet indice (Fig. 3.17) montrent que les valeurs de H' varient entre 1 et 2,27. Les valeurs les plus importantes enregistrées dans les stations sont classées comme suit : Dahmene (D2 : 2.27), Ain Makhoulouf (AM3 : 1.85), Cheniour (C4 : 1.59) et Medjez Amar (MA5 : 1.67), tandis que les valeurs les plus faibles sont enregistrées dans la station, Zouabi (Z1 : 1).

Par définition l'Equitabilité E varie de 0 à 1 (Dajoz, 1985). Cet indice varie entre 0,57 et 1. Les valeurs maximales sont marquées dans les stations Zouabi Z1 (1) et Dahmene D2 (0.88). Néanmoins les valeurs minimales sont notées à Ain Makhoulouf AM3 (0.66), Medjez Amar MA5 (0.59) et à Oued Cheniour C4 (0.57).

L'Equitabilité varie de 0 à 1 : elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une seule espèce ; elle tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Dans la nature, cet indice est communément de l'ordre de 0,8 ou 0,9.

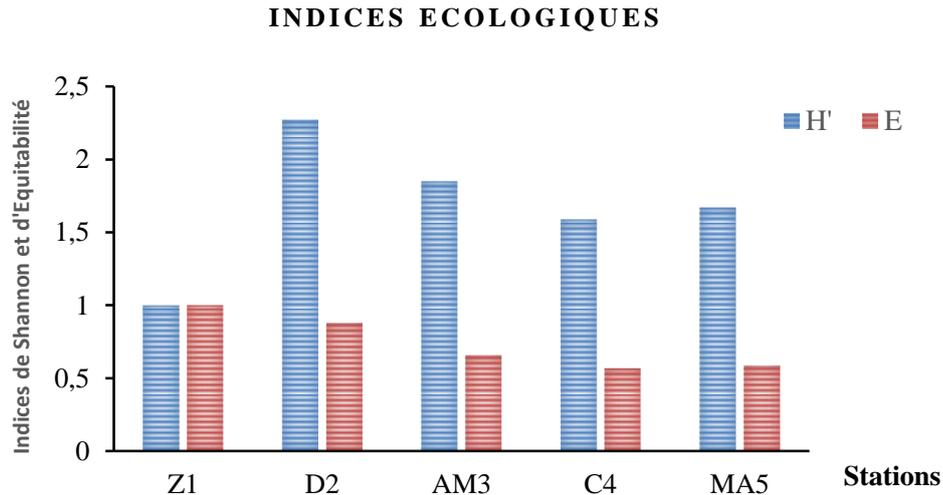


Figure 3.17 : Variation de l'indice de diversité et d'Equitabilité selon les stations

• Indice de diversité de Simpson (1949)

L'indice de Simpson a été calculé dans chaque station, les résultats (Fig. 3.18) montrent que cet indice varie entre 0,23 et 0,50. Les valeurs maximales sont enregistrées dans les stations Zouabi Z1(0,50), Cheniour C4(0,41) et Medjez Amar MA5 (0,35), les valeurs minimales sont enregistrées dans les stations Ain Makhoulf AM3 (0,32) et Dahmene D2 (0,23).

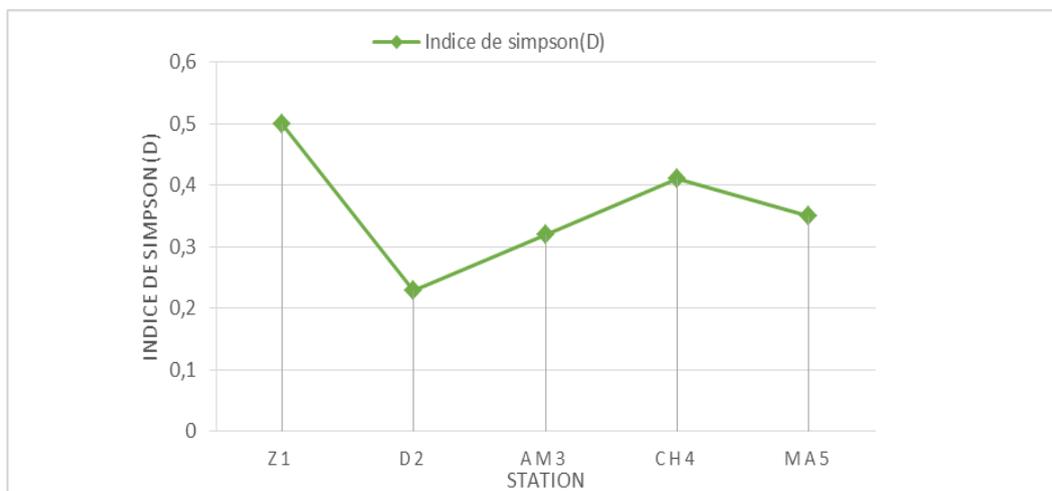


Figure 3.18 : variations de l'indice de Simpson selon les stations

• Indice de diversité de Hill (1973)

Les résultats de l'indice de diversité de Hill (Fig. 3.19) montrent que les valeurs maximales sont enregistrées dans les stations suivantes : Zouabi Z1 (0,74), Medjez Amar MA5 (0,54). Cependant les valeurs minimales sont également notées dans les stations : Cheniour C4 (0,50) et Ain Makhoulf AM3 (0,50) et Dahmene (0,45).

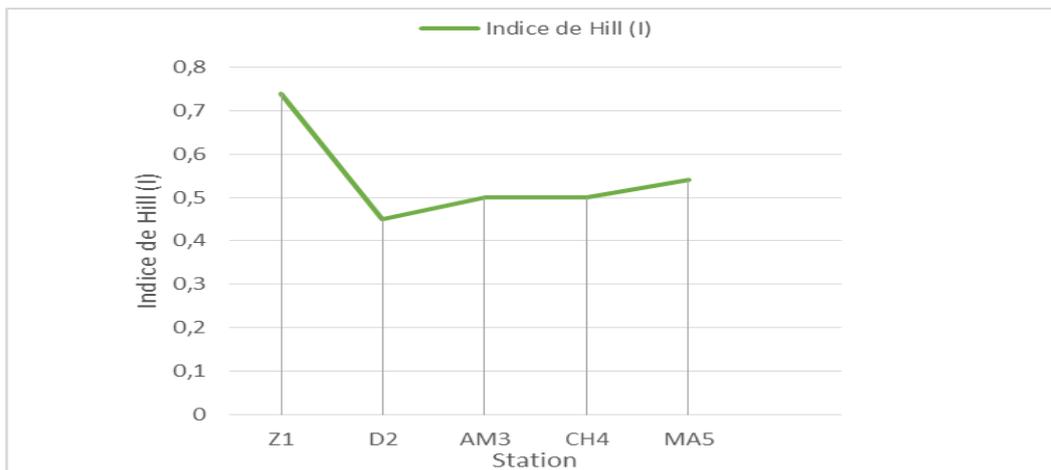


Figure 3.19 : variations de l'indice de Hill dans la zone d'étude.

3.1.2.6. Détermination de l'indice biologique global (IBGN)

L'IBGN est établi à partir des tableaux de détermination comprenant pour le premier les 14 classes de variété taxinomique ; pour le second les 9 groupes faunistiques indicateurs.

Le répertoire des organismes retenus pour le calcul de l'IBGN contient 152 taxons.

L'unité taxinomique retenue est la famille à l'exception de quelques groupes faunistiques pour lesquels c'est l'embranchement ou la classe (38 d'entre eux constituent les 9 groupes faunistiques indicateurs (GFI), numérotés de 1 à 9 dans le tableau de détermination, par ordre de polluo-sensibilité croissante).

On détermine à partir des 2 tableaux successivement :

- La variété taxinomique de l'échantillon, ce nombre est inféodé aux classes de variété figurant dans le tableau 3.1.

- Le groupe faunistique indicateur (GI), en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représentés dans les échantillons par au moins 3 individus ou 10 individus selon les taxons (tableau 3.2). La détermination du GI s'effectue en prospectant le tableau de gauche à droite (GI 9 à GI 1) et en arrêtant l'examen à la première présence significative ($n > 3$ individus ou $n > 10$ individus) d'un taxon du répertoire du tableau, en sélectionnant le taxon qui représente le degré de polluo-sensibilité le plus élevé de l'échantillon intégral de la station étudiée.

Tableau 3.1 : Détermination de la classe de variété taxinomique

VT	>50	49à45	44à41	40à37	36à33	32à29	28à25	24à21	20à17	16à13	12à10	9à7	6à4	3à1
Classe de variété	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Tableau 3.2 : Détermination du groupe faunistique indicateur

Taxons	Chloroperlidae	Capniidae Brachycentridae	Leuctridae Glossosomatidae	Nemouridae Lepidostomatidae	Hydroptilidae Heptageniidae	Leptoceridae Polycentropodidae	Limnephilidae Hydropsychidae	Baetidae Caenidae	Chironomidae
	Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	Odontoceridae Philopotamidae	Beraeidae Goeridae Leptophlebiidae	Sericostomatidae Ephemeridae	Polymitarcidae Potamanthidae	Psychomyiidae Rhyacophilidae	Ephemeralidae Aphelochetidae	Elmidae Gammaridae Mollusques	Asellidae Achètes Oligochètes
GI	9	8	7	6	5	4	3	2	1

En gras, les taxons représentés par au moins dix individus - Les autres par au moins trois individus.

L'IBGN est calculé par la relation suivante :

$$\text{IBGN} = \text{GI} + \text{VT} - 1, \text{ avec } \text{IBGN} < 21$$

Tableau 3.3 : Relevé des macroinvertébrés benthiques de la station Zouabi selon l'IBGN

Station (Z1) ZOUABI								
Classe	Ordre	Famille	Fév	Mars	Avr	Mai	Total	GI
Insectes	Ephéméroptères	Baetidae	0	0	0	0	0	
		Caenidae	0	0	0	0	0	
		Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	
		Potamanthidae	0	0	0	0	0	
		Heptageniidae	0	0	0	0	0	
	Plécoptères	Chloroperlidae	0	0	0	0	0	
		Perlodidae	0	0	0	0	0	
		Taeniopterygidae	0	0	0	0	0	
	Trichoptères	Helicopsychidae	0	0	0	0	0	
	Diptères	Chironomidae	0	0	38	38	76	1
		Simuliidae	0	0	0	0	0	
		Diptère non identifié	0	0	0	0	0	
		Dixidae	0	0	0	0	0	
		Psychodidae	0	0	0	0	0	
		Empididae	0	0	0	0	0	
		Limoniidae	0	0	0	0	0	
		scatophagidae	0	0	0	0	0	
	Hétéroptères	Notonectidae	0	0	0	0	0	
Coléoptères	Noteridae	0	0	0	0	0		
	Elmidae	0	0	0	0	0		
Odonates	Zygoptère	0	0	0	0	0		
Hémiptères	Gerridae	0	0	0	0	0		
Crustacés		Crevettes	0	0	0	0	0	
	Amphipodes	Gammaridae	0	0	0	0	0	
mollusques		Hydrobiidae	0	0	0	0	0	
		Lymnaeidae	0	0	0	0	0	
		Acroloxidae	0	0	0	0	0	
		Ancylidae	0	0	0	0	0	
		Valvatidae	0	0	0	0	0	
		Physidae	30	37	16	0	83	2
		Viviparidae	0	0	0	0	0	
Annélides	Oligochète	Lumbricidae	0	0	0	0	0	
	Achètes	Erpobdelliidae	0	0	0	0	0	
		Glossiphoniidae	0	0	0	0	0	
		sp inconnu	0	0	0	0	0	
Variété taxonomique (Σt)		2 TAXONS	30	37	54	38	159	
Classe de Variété taxonomique (VT) : 1			Effectif total					
Rouge			IBGN = 2+ 1 - 1 = 2			Mauvaise		

L'IBGN est calculé : $IBGN = GI + VT - 1$, avec $IBGN < 21$

Variété taxonomique totale (Σt)

Classe de Variété taxonomique (VT)

Groupe faunistique Indicateur (GI)

Tableau 3.4 : Relevé des macroinvertébrés benthiques de la station Dahmene selon l'IBGN

Station (D2) DAHMENE								
Classe	Ordre	Famille	Fév	Mars	Avr	Mai	Total	GI
Insectes	Ephéméroptères	Baetidae	0	0	0	0	0	
		Caenidae	0	0	0	0	0	
		Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	
		Potamanthidae	0	0	0	0	0	
		Heptageniidae	0	0	0	0	0	
	Plécoptères	Chloroperlidae	0	0	0	0	0	
		Perlodidae	0	0	0	0	0	
		Taeniopterygidae	0	0	0	0	0	
	Trichoptères	Helicopsychidae	0	0	0	0	0	
	Diptères	Chironomidae	2	1	1	0	4	1
		Simuliidae	0	0	0	0	0	
		Diptère non identifié	0	0	0	0	0	
		Dixidae	0	0	0	0	0	
		Psychodidae	0	0	0	0	0	
		Empididae	0	0	0	0	0	
		Limoniidae	0	0	0	0	0	
		scatophagidae	0	0	0	0	0	
	Hétéroptères	Notonectidae	0	0	0	0	0	
	Coléoptères	Noteridae	0	0	0	0	0	
		Elmidae	0	0	0	0	0	
Odonates	Zygoptère	4	1	0	0	5		
Hémiptères	Gerridae	0	0	0	0	0		
Crustacés		Crevettes	0	0	0	0	0	
	Amphipodes	Gammaridae	0	18	6	4	28	2
mollusques		Hydrobiidae	0	0	0	0	0	
		Lymnaeidae	0	0	0	0	0	
		Acroloxidae	0	0	0	0	0	
		Ancylidae	0	0	1	10	11	2
		Valvatidae	0	0	0	0	0	
		Physidae	0	0	0	0	0	
		Viviparidae	0	0	0	0	0	
Annélides	Oligochète	Lumbricidae	0	0	0	0	0	
	Achètes	Erpobdelliidae	12	0	4	8	24	1
		Glossiphoniidae	4	0	6	0	10	1
		sp inconnu	0	0	0	0		
Variété taxonomique (Σt)		6 TAXONS	22	20	18	22	82	
Classe de Variété taxonomique (VT) : 2			Effectif total					
Rouge			IBGN = 2 + 2 - 1 = 3			Mauvaise		

L'IBGN est calculé : $IBGN = GI + VT - 1$, avec $IBGN < 21$

Variété taxonomique totale (Σt)

Classe de Variété taxonomique (VT)

Groupe faunistique Indicateur (GI)

Tableau 3.5 : Relevé des macroinvertébrés benthiques de la station Ain Makhlouf selon l'IBGN

Station (AM3) AIN MAKHLOUF								
Classe	Ordre	Famille	Fév	Mars	Avr	Mai	Total	GI
Insectes	Ephéméroptères	Baetidae	172	134	62	70	438	2
		Caenidae	0	1	1	14	16	2
		Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	
		Potamanthidae	0	0	0	0	0	
		Heptageniidae	6	10	20	6	42	5
	Plécoptères	Chloroperlidae	0	0	0	0	0	
		Perlodidae	0	0	0	0	0	
		Taeniopterygidae	0	0	0	0	0	
	Trichoptères	Helicopsychidae	46	16	45	102	209	
	Diptères	Chironomidae	0	2	0	0	2	1
		Simuliidae	180	91	39	4	314	
		Diptère non identifié	0	4	0	0	4	
		Dixidae	0	0	0	0	0	
		Psychodidae	0	0	0	0	0	
		Empididae	0	0	0	0	0	
		Limoniidae	0	0	0	0	0	
		scatophagidae	0	0	0	0	0	
	Hétéroptères	Notonectidae	0	0	0	0	0	
	Coléoptères	Noteridae	0	0	0	0	0	
		Elmidae	0	0	0	0	0	
Odonates	Zygoptère	0	0	0	0	0		
Hémiptères	Gerridae	0	0	0	0	0		
Crustacés		Crevettes	0	0	0	0	0	
	Amphipodes	Gammaridae	0	0	0	0	0	
Mollusques		Hydrobiidae	0	0	0	0	0	
		Lymnaeidae	0	0	0	0	0	
		Acroloxidae	0	0	0	0	0	
		Ancylidae	0	0	0	0	0	
		Valvatidae	0	0	0	0	0	
		Physidae	0	0	0	0	0	
		Viviparidae	0	0	0	0	0	
Annélides	Oligochète	Lumbricidae	0	0	0	0	0	
	Achètes	Erpobdelliidae	0	0	0	0	0	
		Glossiphoniidae	0	0	0	0	0	
		Sp inconnu	0	0	0	0	0	
Variété taxonomique (Σ t)		7 TAXONS	404	258	167	196	1025	
Classe de Variété taxonomique (VT) : 3			Effectif total					
Orange			IBGN = 5 + 3 - 1 = 7				Médiocre	

L'IBGN est calculé : $IBGN = GI + VT - 1$, avec $IBGN < 21$

Variété taxonomique totale (Σ t)

Classe de Variété taxonomique (VT)

Groupe faunistique Indicateur (GI)

Tableau 3.6 : Relevé des macroinvertébrés benthiques de la station Cheniour selon l'IBGN

Station (C4) CHENIOUR								
Classe	Ordre	Famille	Fév	Mars	Avr	Mai	Total	GI
Insectes	Ephéméroptères	Baetidae	0	8	44	114	166	2
		Caenidae	0	0	1	0	1	2
		Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	
		Potamanthidae	0	0	0	0	0	
		Heptageniidae	0	0	0	0	0	
	Plécoptères	Chloroperlidae	0	0	0	0	0	
		Perlodidae	0	0	0	0	0	
		Taeniopterygidae	0	0	0	0	0	
	Trichoptères	Helicopsychidae	0	0	0	0	0	
	Diptères	Chironomidae	14	6	0	0	20	1
		Simuliidae	250	165	98	14	527	
		Diptère non identifié	18	53	111	2	184	
		Dixidae	0	0	0	0	0	
		Psychodidae	0	0	0	0	0	
		Empididae	0	0	0	0	0	
		Limoniidae	0	0	0	0	0	
		scatophagidae	0	0	0	0	0	
	Hétéroptères	Notonectidae	0	0	0	0	0	
	Coléoptères	Noteridae	0	0	0	0	0	
		Elmidae	0	0	0	0	0	
Odonates	Zygoptère	0	0	0	0	0		
Hémiptères	Gerridae	0	0	0	0	0		
Crustacés		Crevettes	0	0	0	0	0	
	Amphipodes	Gammaridae	0	0	0	0	0	
Mollusques		Hydrobiidae	0	0	0	0	0	
		Lymnaeidae	0	0	0	0	0	
		Acroloxidae	0	0	0	0	0	
		Ancylidae	0	4	2	4	10	2
		Valvatidae	0	0	0	0	0	
		Physidae	0	0	0	2	2	2
		Viviparidae	0	0	0	0	0	
Annélides	Oligochète	Lumbricidae	0	0	0	0	0	
	Achètes	Erpobdellidae	0	0	0	0	0	
		Glossiphoniidae	0	0	0	0	0	
		Sp inconnu	0	0	0	0	0	
Variété taxonomique (Σt)		7 TAXONS	282	236	256	136	910	
Classe de Variété taxonomique (VT) : 3			Effectif total					

Rouge

IBGN = 2 + 3 - 1 = 4

Mauvaise

L'IBGN est calculé : $IBGN = GI + VT - 1$, avec $IBGN < 21$ Variété taxonomique totale (Σt)

Classe de Variété taxonomique (VT)

Groupe faunistique Indicateur (GI)

Tableau 3.7 : Relevé des macroinvertébrés benthiques de la station Medjez Amar selon l'IBGN

Station (MA5) MEDJEZ AMAR								
Classe	Ordre	Famille	Fév	Mars	Avr	Mai	Total	GI
Insectes	Ephéméroptères	Baetidae	170	41	29	44	284	2
		Caenidae	0	1	2	0	3	2
		Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	
		Potamanthidae	0	0	0	0	0	
		Heptageniidae	2	1	0	0	3	5
	Plécoptères	Chloroperlidae	0	0	0	0	0	
		Perlodidae	0	0	0	0	0	
		Taeniopterygidae	0	0	0	0	0	
	Trichoptères	Helicopsychidae	50	50	40	52	192	
	Diptères	Chironomidae	0	0	5	0	5	1
		Simuliidae	88	24	17	0	129	
		Diptère non identifié	0	0	0	0	0	
		Dixidae	0	0	0	0	0	
		Psychodidae	0	0	0	0	0	
		Empididae	0	0	0	0	0	
		Limonidae	0	0	0	0	0	
		scatophagidae	0	0	0	0	0	
	Hétéroptères	Notonectidae	0	0	0	0	0	
	Coléoptères	Noteridae	0	0	0	0	0	
		Elmidae	0	0	0	0	0	
Odonates	Zygoptère	0	0	0	0	0		
Hémiptères	Gerridae	0	0	0	0	0		
Crustacés		Crevettes	0	0	0	2	2	
	Amphipodes	Gammaridae	0	0	0	0	0	
Mollusques		Hydrobiidae	0	0	0	0	0	
		Lymnaeidae	0	0	0	0	0	
		Acroloxidae	0	0	0	0	0	
		Ancylidae	0	0	0	0	0	
		Valvatidae	0	0	0	0	0	
		Physidae	0	0	0	0	0	
		Viviparidae	0	0	0	0	0	
Annélides	Oligochète	Lumbricidae	0	0	0	0	0	
	Achètes	Erpobdelliidae	0	0	0	0	0	
		Glossiphoniidae	0	0	0	0	0	
		Sp inconnu	0	0	0	0	0	
Variété taxonomique (Σt)		7 TAXONS	310	117	93	98	618	
Classe de Variété taxonomique (VT) : 3			Effectif total					

Orange

IBGN = 5 + 3 - 1 = 7

Médiocre

L'IBGN est calculé : $IBGN = GI + VT - 1$, avec $IBGN < 21$ Variété taxonomique totale (Σt)

Classe de Variété taxonomique (VT)

Groupe faunistique Indicateur (GI)

• Station Zouabi

A cette station (Z1) nous obtenons l'IBGN le plus bas 2, avec un certain nombre de taxons (VT = 2), une classe diversifiée (CV = 1), et un groupe d'indices (GI = 2) , Les Mollusques représentent le taxon dominant durant toute la période d'étude avec 52.2% pour les Physidae. Le reste des taxons sont représentés par les Diptères(Chironomidae) avec 47.8%.

• Station Dahmane

Cette station présente une note d'IBGN (3), avec Une variété totale (VT=2) et une classe de variété (CV=2), Les Achètes représentent le taxon dominant durant toute la période d'étude avec 41.46% dont 29.26 % pour les Erpobdelliidae et 12.19 %pour les Glossiphonidae et aussi les Amphipodes 34.14%. Le reste des taxons sont représentés par les Diptères(Chironomidae) 4.87%, les odonates (Zygoptère) 6.09%, enfin les mollusques (Ancyliidae) 13.14 %.

• Station Ain Makhoul

Cette station présente une note d'IBGN la plus élevée 7. Une variété totale 7 et une classe de variété 3 et un groupe indicateur 5, représenté par les groupes des Ephéméroptère (48.39%), les Diptères (31.21%) et les Trichoptères (20.39%).

• Station de Cheniour

La station Cheniour enregistre un indice biologique global normalisé égale (4), avec une variété faunistique (VT= 7), et une classe de variété (CV = 3) et un groupe indicateur (GI =2), représenté par les Diptères (80.32%), les Ephéméroptères (18.35%) et les Mollusques (1.31%) pour les Ancyliidae (1.09%) et les Physidae et (0.22%).

• Station de Medjez Amar

Cette station enregistre une note d'IBGN (7), une variété faunistique (VT= 7), une classe de variété (CV = 3), un groupe indicateur (GI =5), représenté par les groupes des Ephéméroptères (46.92%), Trichoptères (31.06%), les Diptères (21.52%) et les Crustacés avec deux individus (Crevettes) 0.32%.

3.2. Discussion

3.2.1. Caractéristiques environnementales

3.2.1.1. Qualité physico-chimique de l'eau

Pour la gestion des eaux intérieures de surface, des eaux souterraines, des eaux de transition (eaux estuariennes) et des eaux côtières, et afin de prévenir et de réduire leur pollution, de promouvoir leur utilisation durable, de protéger leur environnement, d'améliorer l'état des écosystèmes aquatiques et d'atténuer les effets des inondations et des sécheresses. Les concentrations obtenues dans cette étude sont calibrées à une Normes de Qualité Environnementale (NQE) définie comme la « concentration d'un polluant ou d'un groupe de polluants dans l'eau, les sédiments ou le biote qui ne doit pas être dépassée, afin de protéger la santé humaine et l'environnement ». La détermination de ces normes suit une méthodologie spécifique qui a été élaborée au niveau européen (Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards),

Cette méthodologie a été synthétisée par l'INERIS dans un document en langue française (Méthodologie utilisée pour la détermination de normes de qualité environnementale (NQE)) (1).

La température joue un rôle important dans le développement, la croissance et le cycle biologique de la majorité des insectes aquatiques. Elle peut agir également sur la localisation des espèces et la densité des populations. Durant toute la période d'étude, Les valeurs moyennes des températures relevées au niveau de la région d'étude ont montré une faible fluctuation entre les stations, la moyenne des températures varie entre (10°C) et (20°C), de légères différences de températures existent entre les mares, on remarque qu'il y a une élévation progressive des valeurs de Avril et Mai où elles atteignent leurs maximums plus de 20. Ces valeurs sont en concordance avec la profondeur de chaque mare.

- Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Dans les eaux naturelles, les valeurs du potentiel d'Hydrogène se situent entre 6 et 8,5 ([Chapman et al, 1996 in mahamat et al, 2015](#)), ainsi lié à son origine et à la nature des terrains qu'elle traverse. Suivant sa valeur, il est parfois nécessaire de le rééquilibrer car le pH de l'eau peut avoir de nombreuses incidences sur d'autres paramètres(2). Les eaux traversant des terrains granitiques sont peu minéralisées, avec un pH acide ou voisin de la neutralité. Les eaux traversant des terrains calcaires ont par conséquent une forte concentration en bicarbonates et un pH élevé ([Angelier, 2003](#)). Il détermine l'acidité, l'alcalinité ou la neutralité de l'eau. L'échelle qui sert à le mesurer est comprise entre 0 et 14. Une eau dont le pH est inférieur à 7 est dite acide. Lorsque son pH est supérieur à 7, on dit qu'elle est basique (alcaline) et s'il est égal à 7, l'eau est dite neutre. Les valeurs observées du pH présentent des eaux relativement neutre à alcaline, variant entre 7,66 à 8,59. Les pH des échantillons obtenus sur l'ensemble des prélèvements sont tous inférieurs à la valeur recommandée et classe les eaux d'oued Cherf de bonne qualité.

- Pour l'ensemble des stations de prélèvements, les teneurs en oxygène dissous sont relativement faible et élevé dans certains, elles varient entre une valeur minimale de 2,48mg/l et une valeur maximale allant jusqu'à 7,41 mg/l. Ces valeurs restent inférieures à 8 mg/l selon les normes de qualité Environnementale, permettant de qualifier les eaux qui possèdent la valeur minimale d'un cours d'eau de mauvaise qualité et traduit incontestablement la présence d'une forte pollution organique. La présence de matières organiques réduit la teneur en oxygène dissous dans l'eau par oxydation à travers un procédé microbiologique ([Khattar, 2009](#)). En son

absence ou en dessous de certaines concentrations, des conséquences pouvant aller jusqu'à la mort des espèces vivantes, sont observées(3).

	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Concentration en oxygène dissous (mg/l)	> 5	3 – 5	2 – 3	1 - 2	< 1

- La conductivité dans les lacs et les cours d'eau varie généralement entre 0 et 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, tandis que dans les grands fleuves, la conductivité peut atteindre 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Une conductivité très élevée (1 000 à 10 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) est un indicateur de conditions salines (salées) (4). Les teneurs moyennes de la conductivité sont relativement élevées. Dans la station Dahmene elle est à environ 4422 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tandis que dans la station Cheniour la minéralisation est faible avec une conductivité atteignant jusqu'à 606 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mais ces teneurs se situent toujours en deçà du critère de 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

- L'analyse des données indique que la salinité des eaux de l'oued Cherf variait entre 0,30 mg/l à la station Cheniour et 2,37 mg/l à la station Dahmene. Ces variations sont en relation directe avec les fluctuations de la conductivité électrique, par conséquent, l'explication des variations de ces deux paramètres se justifie par les mêmes causes naturelles et anthropiques. L'eau est dite douce lorsque sa salinité est inférieure à 1 g/L. On retrouve majoritairement les eaux douces sur les continents. On estime qu'uniquement 2,5 % de l'eau retrouvée sur Terre est douce et donc susceptible de servir à la consommation. L'eau saumâtre forme la transition entre les zones d'eau douce et celles d'eau salée. La salinité est comprise entre 1 et 10 g/L. On retrouve les eaux saumâtres principalement à l'embouchure des fleuves, dans les estuaires et dans les deltas(5).

- TDS signifie total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Les résultats obtenus indiquent que les eaux étudiées ont des valeurs importantes variant entre une valeur minimale de 323,25 (ppt) à la station Cheniour et une valeur maximale de 1285,25 à la station Zouabi, une forte concentration de TDS indique que des polluants nuisibles comme le fer, le manganèse, le sulfate, le bromure et l'arsenic peuvent être présent dans l'eau. C'est particulièrement vrai lorsque des quantités de solides dissous sont ajoutées à l'eau comme par la pollution humaine, le déversement d'eaux usées et l'eau de ruissellement(6).

Niveau de TDS (milligrammes par litres)	Evaluation
Moins de 300	Excellent
300-600	Bien
600-900	Passable
900-1200	Faible
Plus de 1200	Inacceptable

- Le potentiel d'oxydo-réduction (ORP) mesure la capacité d'un lac ou d'une rivière à se nettoyer ou à décomposer les déchets. Lorsque l'ORP est relativement élevé entre 300 et 500 mV, il y a beaucoup d'oxygène dans l'eau. Cela signifie que les bactéries qui décomposent les

tissus morts et les contaminants peuvent travailler plus efficacement. Certaines zones humides peuvent contenir de l'eau avec un potentiel d'oxydo-réduction naturellement faible, Comme le cas de notre région d'étude, les points de prélèvement ont enregistré des valeurs faibles variant entre une valeur minimale de 135.90 (mV) à la station Dahmene et une valeur maximale de 209.45 à la station Cheniour. L'ORP dépend de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau, ainsi que de la quantité d'autres éléments qui fonctionnent chimiquement comme l'oxygène (par exemple le soufre, le nitrate, le fer). Lorsque l'ORP et l'oxygène dissous sont faibles, il y a une accumulation de matières mortes et en décomposition dans l'eau qui ne peuvent être éliminées ou décomposées. Une faible valeur de cet élément influence également la forme et la persistance de certains contaminants, ce qui peut affecter leur toxicité pour la vie aquatique. Ces conditions peuvent avoir un impact négatif sur les poissons et les insectes aquatiques(7).

3.2.1.2. Indices de diversité

L'étude de diversité des peuplements de macroinvertébrés benthiques des cinq stations fait appel au calcul de l'indice de diversité de Shannon - Wiener, de l'Équitabilité, de Hill et de Simpson. Les stations de Dahmene, Ain Makhoulf, Cheniour et Medjez Amar, affichent des valeurs de H' > à 1,5. Elles traduisent une diversité moyenne des peuplements où tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (Frontier, 1983). Par contre, La valeurs < à 1,5 de H' ayant été enregistrée à la station Zouabi, ceci s'explique par un faible nombre d'espèces ou une dominance de certaines espèces dans la communauté.

Les résultats de l'indice d'Équitabilité confirment ce qui a été démontré par l'indice de diversité de Shannon puisqu'il présente les mêmes variations d'une station à une autre.

Les valeurs de l'indice de Simpson dans les stations : Dahmene, Ain Makhoulf, Medjez Amar et Cheniour se rapprochent de 0 ce qui signifie que les groupements décrits au sein de ces stations sont plus diversifiés et indiquent le maximum de diversité, tandis que les valeurs les plus élevée (se rapprochant de 1) sont enregistrées dans la station Zouabi, représentant le plus faible niveau de biodiversité.

Concernant l'indice de Hill, les résultats enregistrés nous ramènent aux mêmes conclusions puisqu'il varie dans le même sens. En effet, dans les différents peuplements, les profils de variation des indices Simpson et Hill présentent la même allure.

On peut conclure que les valeurs de l'indice de diversité dans la zones d'étude sont différents l'un de l'autre, signalons que nous avons des peuplements diversifiés mais la richesse spécifique est plus élevée dans la station MA5 (avec 7 taxons) ce qui explique la présence d'un écosystème plus stable. La plus basse valeur de la diversité a été enregistrée dans les stations D2 et AM3 avec une valeur de 0.45 et 0,50 respectivement, ces valeurs sont dues à la diminution de la valeur de la richesse spécifique influencées par la qualité médiocre des masses d'eau dans ces deux stations. Il reste ainsi difficile d'en faire un descripteur de l'état d'un milieu à moins de déterminer au préalable des valeurs seuil pour chaque type d'habitat et pour une surface échantillonnée donnée, ainsi que l'ont proposé Simboura et Zenetos (2002) (Tab. 3.8).

Tableau 3.8 : Exemple de classification de la pollution à partir de la valeur de H' , dans les habitats sableux/vaseux (d'après Simboura et Zenetos, 2002).

	Etat Ecologique	Valeur de H'	Classification de la pollution
	Mauvais	$0 < H' \leq 1,5$	Azoïque, très pollué
	Médiocre	$1,5 < H' \leq 3$	Fortement pollué
	Moyen	$3 < H' \leq 4$	Modérément pollué
	Bon	$4 < H' \leq 5$	Zone de transition
	Très bon	$H' > 5$	Site de référence

3.2.1.3. Evaluation de la qualité hydro biologique des cours d'eau

Les résultats de l'indice biologique global (IBGN) ont montré une valeur de 7 pour les deux stations d'Ain Makhoul et Medjez Amar, malgré la différence de la période d'échantillonnage, ce qui indique une mauvaise qualité hydro biologique (pollution importante). C'était la valeur la plus élevée enregistrée dans l'oued, avec les groupes indicateurs repérés pour les deux stations 5 (GI = 5) et la variété taxonomique 7 (VT= 7) à classe de variété 3 (CV= 3).

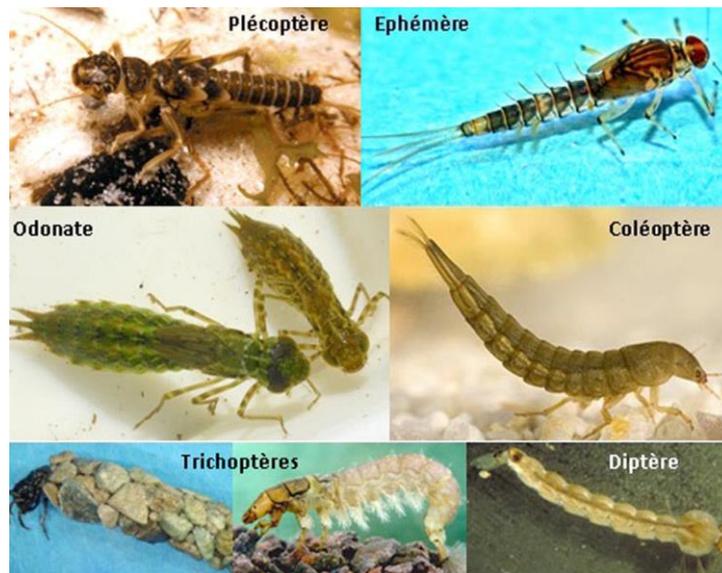
Pour les stations de Cheniour et Dahmene, une mauvaise qualité hydro biologique a été observée avec une valeur d'IBGN de 3 pour Dahmene et 4 pour Cheniour avec présence de taxons résistants et sensibles. Les groupes indicateurs ont été observés pour les deux stations (GI = 2) avec une variété taxonomique de (VT = 7) pour Cheniour et (VT= 6) pour Dahmene.

Enfin, la station de Zouabi a obtenu la plus petite valeur IBGN de 2, ce qui correspond à une mauvaise qualité hydro biologique (pollution excessive), en raison des faibles valeurs de groupe indicateur et de la variété taxonomique (GI= VT= 2). Cela est dû à l'exposition de la zone aux pressions anthropiques. La station Zouabi est également considérée comme un estuaire pour l'eau domestique organique. Le tableau 3.9, résume les résultats des analyses hydro biologiques des cinq stations étudiées.

Tableau 3.9 : Appréciation de la qualité des eaux en s'appuyant sur les résultats de l'indice IBGN.

Indice	Z1	D2	AM3	C4	MA5	Oued Cherf
Effectif totale	159	82	1025	910	618	2794
Variété Total (VT)	2	6	7	7	7	14
Classe de Variété (CV)	1	2	3	3	3	5
Groupe Indicateur (GI)	2	2	5	2	5	5
NOTES IBGN	2	3	7	4	7	9
Qualité hydro biologique	Mauvaise	Mauvaise	Médiocre	Mauvaise	Médiocre	Moyenne

CONCLUSION ET PERSPECTIVES



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le but de cette étude était d'évaluer et de classer la diversité des macro-invertébrés benthiques d'oued Cherf.

Notre période d'étude s'est déroulée en saison des pluies et s'est étendue sur quatre mois de février à mai 2022, au cours des quels nous avons prélevé des échantillons selon le protocole de l'indice biologique global normalisé (IBGN) sur cinq stations soigneusement sélectionnées.

Durant cette période, nous avons mesuré les paramètres physico-chimiques pour chaque station de l'oued, et les résultats étaient variables d'une station à l'autre du fait de l'intervention humaine, ce qui a entraîné une pollution au niveau de l'oued, rendant il de mauvaise qualité qui a empêché la diversité de certains macro-invertébrés.

Cette étude nous a permis d'identifier 2794 individus appartenant à quatre groupes principaux (Insectes, Mollusques, Crustacés, Annélides).

La classe des Insectes représente le groupe dominant avec un pourcentage (93.74%) représenté par trois groupes les Ephéméroptères (34.11%), les Trichoptères (14.35%), et les Diptères (45.28%) avec des variétés respectivement (Baetidae, Helicopsychidae, Chironomidae), quant aux autres espèces, elle était relativement moins abondante comme les Crustacés (1.07%), les Mollusques (3.79%) et les Annélide (1.22%).

A travers ces groupes, nous avons collecté 14 familles, ce qui est un indicateur de qualité moyenne de l'eau avec une valeur de 9 pour l'indice biologique global (IBGN).

Selon les résultats précédents d'oued Bouhamdane, nous constatons que la qualité d'oued Cherf est moindre qualité.

Cela nécessite un examen de l'oued et l'obligation de prendre les mesures nécessaires pour la protéger de la pollution, car son maintien dans cet état entraînera des conséquences désastreuses pour l'environnement, notamment la disparition des macroinvertébrés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**A**

Aït Mouloud S., (1988). Essais de recherches sur la dérive des macro-invertébrés dans l'oued Aïssi : *Faunistique, écologie et biogéographie*.

Angelier E., (2000). Ecologie des eaux courantes, Lavoisier, Tec & Doc, Paris, 200 p.

Angelier E., (2003). Ecologie des eaux courantes. Ecologie. Tec et Doc. Paris.

Arab A., (2004). Recherche faunistique et l'écologique sur les réseaux hydrographiques du Chelif et du bassin du Mazafran. *Mém.Doc. Univ. Sci. Techn. H. Boumediene. Alger.* 174p.

Arabe A., Zebdi A., (1983). Contribution à l'évaluation de la qualité de l'eau des oueds de la Mitidja. *Mém.DES. univ des sciences et de la technologie. Houari Boumediene.*

B

Bagnouls F., Gaussen H., (1957). Les climats biologiques et leur classification. In : *Annales de Géographie*, 66° année, n°355 ; doi : <https://doi.org/10.3406/geo.1957.18273>, https://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_1957_num_66_355_18273.

Barbour M.T., Gerritsen J., Snyder B.D, and Stribling J.B., (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish*, second edition, [En ligne], Washington, D.C., *U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water*, EPA841-B-99-002, 11 chapitres, 4 annexes, [<http://www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/wp61pdf/rbp.pdf>].

Bensakhri Z., (2014). Contribution à l'étude des Chironomidae (Insecta : Diptera) des eaux courantes du Nord-Est Algérien: Cas d'oued Charef et leur impact sur la santé. Thèse de doctorat. Université 8 Mai 1945, Guelma. 203 p.

Berthelemy C., (1973). Données préliminaires sur les Plécoptères de Tunisie. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 18.

Blayac J., (1912). Esquisse géologique du bassin de la Seybouse et de quelques régions voisines. In-8°, 492 p., 53 fig., 5 pl. h.-t. (cartes et coupes).

Bouati B., Boualleg S., (2019). Les macroinvertébrés benthiques bioindicateurs 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.

Bouchelaghem H., (2008).Caractérisation du peuplement Odonatologique du bassin versant des Oueds : Cherf – Seybouse .Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945 Guelma.

Bouhala Z, (2011). Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued Charef (Oued Seybousse). Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945, Guelma. 194p.

Boumaiza M., and Clergue-Gazeau M., (1986). Le peuplement simulidien de la Tunisie. I. Inventaire, faunistique et biogéographie (Diptera-Nematocera). *Annales de Limnologie*, 22, 31-39.

Boumaiza M., Thomas AG., (1986). Répartition et Ecologie des Ephéméroptères de Tunisie (1ère partie) (Insecta, Ephemeroptera) [Distribution et écologie des éphémères de Tunisie (1). (Insecta, Éphéméroptères)]. *Arch Inst Pasteur Tunis*. 1986 Dec ; 63(4) : 567-99. Français. PMID : 3800505.

Bouzidi A. & Giudicelli J., (1987). Contribution to the faunistic and ecological study of the blackflies (Diptera, Simuliidae) of Morocco. II. *Simulium (Obuchovia) marocanum* n. sp. and the mediterranean species of *Obuchovia* Rubzov. *Annls Limnol*, 23 (3), 1987 : 185-195.

C

Chaib N., Fouzari L., Bouhala Z., Samraoui B., Rossaro B., (2013). (in press). Spatial distribution of Chironomids (Diptera, Chironomidae) in North-eastern Algerian hydrosystems. *J. Entomol. Acarol. Res.*

Chaib N., Samraoui B., Marziali L., Rossaro B., (2011). Chironomid taxocenosis in a South Mediterranean wadi, the Kebir-East (Algeria). *Studi Trent. Sci. Nat.* 88:61-75.

Chapman D., and Kimstach V., (1996). Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E and FN Spon, London, pp. 59-126

Clergue-Gazeau, M., Lek, S. and Lek, S., (1991). Les Simulies d'Afrique du Nord. Nouvelles données sur la répartition de la faune du Maroc et biogéographie des espèces maghrébines (Diptera, Simuliidae). *Revue d'hydrobiologie tropicale*, 24, 47-59.

D

Daget P., (1967). Étude phyto-climatique d'une région de moyenne montagne : la Margeride. Édit. CNRS/CEPE, Document n° 36.

Dajoz R., (1985). Précis d'écologie. Éd. Dunod, Paris.

Djemali N., Rahal Y., (2019). Les macroinvertébrés benthiques de quelques ruisseaux du parc National d'El Kala : structure, diversité et qualité biologique de l'eau. Mémoire de Master. Université Mohamed Khider, Biskra. 81p.

E

Emberger L., (1971 a). Considérations complémentaires au sujet des recherches bioclimatologiques et phytogéographiques-écologiques. In : Travaux de botanique et d'écologie de Louis Emberger, livre jubilaire, Édité. MASSON, Paris.

F

Frontier S., (1983). L'échantillonnage de la diversité spécifique. Stratégie d'échantillonnage en écologie.

G

Gagneur (J.) et Thomas (A.G.B.), (1988). Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie. I. Répartition et écologie (1^e partie). *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 124 : sous presse.

Gagneur J., & Aliane N., (1991). Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie. Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera. *Sandhill crane Press, Gainsville*, 311, 323.

Gagneur J., Thomas AGB., Vitte B., (1985). Première citation d'une espèce du genre *Paraleptophlébia* en Afrique du Nord. *P.cincta* (Retzius, 1783) et son écologie (Ephemeroptera, Leptophlebiidae). *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse.

Genin B., Chauvin C., Menard F., (1997). Cours d'eau et indices biologiques : pollution méthodes, IBGN, Dijon, *ENESA-CNERTA*.

Grall J. et Coïc N., (2005). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier.

H

Halimi S., (2008). Ressources et essai de gestion intégrée des eaux du bassin versant d'oued Cherf /Sedrata (Nord – Est Algérien). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. 126 p.

Haouchine S. (2011). Recherches sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie.

Haynes A., (2001). Freshwater snails of the tropical Pacific Islands (Insitute of Applied Sciences).

Hellawell J. M., (1986). Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management, *Londres, Elsevier*, 546 p.

Hill M. O., (1973). Diversity and evenness: aunifying notation and its consequences. *Ecology*.

I

Illies J., Botosaneanu L., (1963). « Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérée surtout du point de vue faunistique ». *Mitt. int. Ver. Limnol.* 12 : 1–57.

K

Kherifi N., Achi I., (2016). Caractéristiques physico-chimiques d'un cours d'eau (cas de l'Oued Charef) dans la région de Guelma (Nord-est algérien). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945, Guelma. 104p.

Khettar S., (2009). Etude des peuplements de macroinvertébrés et des conditions de milieu de l'oued El Hammam (W. Mascara et Saida). Thèse de Magister. Université Houari Boumediene.

L

Lamarck J., (2003). Article « les Mollusques » nouveau dictionnaire d'histoire de la nature.

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

Lounaci A., (2005). Recherches sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse de Doctorat d'Etat. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou, 209 p.

M

Malicky H. & Lounaci A., (1987). Beitrag zur Taxonomie und Faunistik der Köcherfliegen von Tunesien, Algérien und Marokko. *Opuscula zoologica fluminensia*, 14 : 1-20.

Mebarki M., (2001). Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (parc National du Djurdjura, Oued Sébaou et Oued Boghni).

Minshall G.W. & Minshall J.N., (1977). Micro distribution of benthic invertebrates in a Rocky Mountain (USA) stream. *Hydrobiologia*, 55: 231-249.

Moisan J., Pelletier L., (2011). Protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés 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.

Moubayed-Breil J., Lounaci A. & Lounaci-Daoudi D., (2007). – Non-biting midges from Algeria, North Africa [Diptera, Chironomidae]. *Ephemera*, 8 (2) [2006]: 93-99.

P

Pielou E.C., (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*

Pihan J. A., Mohati A., (1984). Les peuplements benthiques du réseau permanent de l'oued ourika (haut Atlas de Marrakech). Qualité des eaux. *Verh. Internat. Limnol*

Pinel-Alloul B., G. Methot., L. Lapierre And A. Willsie., (1996). Macroinvertebrate community as a biological indicator of ecological and toxicological factors in Lake Saint-François (Québec). *Environ Pollut* 91(1) : 65-87.

Q

Qninba A.J., El Agbani M.A., Dakki M. & Benhoussa A., (1988). Evolution saisonnière de quelques peuplements d'invertébrés benthiques de l'Oued Bou Regreg (Maroc). *Bull. Inst. Sci., Rabat*, 12, 149-156.

R

Rosenberg D. M. & V. H. Resh., (1993). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. *Chapman and Hall, London*.

S

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

Shannon C. E., Weaver W., (1963). The mathematical theory of communications.

Simboura N., Zenetos A., (2002). Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. *Mediterranean Marine Science*, 3(2).

Simpson E.H., (1949). Measurement of diversity, *Nature*, 163, 688–688, *doi:10.1038/163688a0*.

Stewart PH., (1968). Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique : quelques réflexions. *Ul. Soc .Hist. Nat. Afrique du Nord, Alger*, 59 (1 – 4).

T

Tachet H., Bournaud M., Richoux P., Usseglio-Polatera Ph., (2010). Invertébrés des eaux douces : Systématique, Biologie, Ecologie.

Tall L., G. Méthot., A. Armellin & B. Pinel-Alloul., (2008). Bioassessment of benthic macroinvertebrates in wetlands habitats of Lake Saint-Pierre (St. Lawrence River). *Journal of Great Lakes Research* 34:599-614.

Tessier C., A. Cattaneo, B. Pinel-Alloul, C. Hudon And D. Borcard., (2008). Invertebrate communities associated with metaphyton and emergent and submerged macrophytes in a large river. *Aquatic Sciences* 70:10-20.

Thomas, A.G.B., (1998). A provisional checklist of the Mayflies of North Africa (Ephemeroptera). *Bull. Soc. Nat., Toulouse.* 134: 13-20.

V

Vannote R-B., Minshall. G-W., Cummins K-W., Sedell J-R., Cushin C-E., (1980). «The river continuum concept.» *Fish. Aquat. Sci.* 37: 130 - 137.

Verneaux J., (1976). Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales. Principales méthodes biologiques. In : *Pesson : la pollution des eaux*, Dunod éd., Paris.

Verneaux J., Tuffery G., (1967). Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices boutiques. *Ann. Sci. Univ. Besançon.*

W

WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (WFD)., (2003). *Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential*, [En ligne], Water Framework Directive Common Implementation Strategy Working Group 2, A Ecological Status (ECOSTAT), 28 p. et 2 annexes, [<http://cwss.www.de/workshops/wfd/Ecological-Classification-Guidance.pdf>].

Z

Zouakh D.E., (1995). Etude des macroinvertébrés et des poissons de l'oued El Harrach et de ses affluents appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux. *Thèse Magister, U.S.T.H.B.* 65 p.

WEBOGRAPHIE

- <https://www.vaisala.com/fr/blog/2019-05/humidite-relative-quest-ce-que-cest-et-pourquoi-est-elle-importante>
- <https://www.safewater.org/french-fact-sheets/2017/2/9/la-temperature-de-leau>
- https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico_chimie_PresGen.htm
- <https://www.aquaportail.com/definition-4976-oxygene-dissous.html#:~:text=L'oxyg%C3%A8ne%20dissous%20est%20la,les%20niveaux%20d'oxyg%C3%A8ne%20dissous.>
- <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-salinite-4406/>
- <https://www.merus.fr/tds-total-des-solides-dissous/>
- <https://www.aquaportail.com/definition-3702-richeesse-specifique.html>
- http://fsnv.univ-bouira.dz/wp-content/uploads/2021/01/L3-Protection-des-v%C3%A9g%C3%A9taux-bio%C3%A9cologie-des-bioagesseurs-Chap_2_.pdf
- [https://louernos-nature.fr/indices-de-diversite-ecologie-ecosystemes/#:~:text=Plusieurs%20formes%20de%20l'indice,\)%20%3D%20%CE%A3\(pi%C2%B2\).](https://louernos-nature.fr/indices-de-diversite-ecologie-ecosystemes/#:~:text=Plusieurs%20formes%20de%20l'indice,)%20%3D%20%CE%A3(pi%C2%B2).)
- <https://fsnv.univ-bba.dz/wp-content/uploads/2020/09/Resume-cours-2Annee-ecologie.pdf>
- <http://www.set-revue.fr/lindice-biologique-global-normalise-ibgn-principes-et-evolution-dans-le-cadre-de-la-directive-cadre>
- <http://eduterre.ens-lyon.fr/thematiques/hydro/travail-coop/protocoles/ibgn/ibgntxt>
- [http://www.donnees.paca.developpement-durable.gouv.fr/docHTML/bilan-labo/IBGN.html#:~:text=L'indice%20biologique%20global%20normalis%C3%A9%20\(IGBN\)&text=L'Indice%20Biologique%20Global%20Normalis%C3%A9%20ou%20IBGN%20permet%20d'%C3%A9valuer,\(couple%20support%20Fvitesse\).](http://www.donnees.paca.developpement-durable.gouv.fr/docHTML/bilan-labo/IBGN.html#:~:text=L'indice%20biologique%20global%20normalis%C3%A9%20(IGBN)&text=L'Indice%20Biologique%20Global%20Normalis%C3%A9%20ou%20IBGN%20permet%20d'%C3%A9valuer,(couple%20support%20Fvitesse).)
- <https://substances.ineris.fr/fr/page/9>
- <https://www.eauxseineouest.fr/qualite-de-leau-potable/>
- https://ocean-indien.ifremer.fr/content/download/106171/file/Fiche_Oxygene_dissous.pdf
- <https://datastream.org/fr/guide/conductivity>
- <https://journals.openedition.org/physio-geo/2632>
- <https://www.safewater.org/french-fact-sheets/2017/2/9/tds-ph>
- <https://datastream.org/fr/guide/oxidation-reduction-potential>
- [http://dx.doi.org/10.1051/limn/1986003.](http://dx.doi.org/10.1051/limn/1986003)

ANNEXES



Annexe 01. Evaluation des températures mensuelles de la région d'étude (Années 1994-2018).

Mois	T (max.)	T (mini.)	T (Moy.)
Jan.	15,90	4,96	9,82
Fév.	16,50	4,59	10,05
Mar.	19,61	6,55	12,46
Avr.	22,16	8,31	15,02
Mai.	27,14	11,81	19,42
Jui.	32,09	15,75	24,07
Juil.	36,26	18,46	27,18
Aou.	36,48	19,59	27,47
Sept.	31,47	17,35	23,65
Oct.	27,45	13,84	19,60
Nov.	21,20	9,44	14,61
Déc.	16,93	6,24	10,98

Annexe 02. Variations mensuelles des précipitations en (mm) (1994-2018)

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Précipitations en (mm)	99,28	69,77	64,64	66,59	44,97	15,29	3,09	16,02	49,89	41,21	71,91	74,50

Annexe 03. Données climatiques (Précipitations et Températures) de Guelma (Années 1994-2018)

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Précipitations en (mm)	99,28	69,77	64,64	66,59	44,97	15,29	3,09	16,02	49,89	41,21	71,91	74,50
Températures en °C	9,82	10,05	12,46	15,02	19,42	24,07	27,18	27,47	23,65	19,60	14,61	10,98

Annexe 04. Les normes européennes d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau SEQ-Eau (Oudin et Maupas, 2003)

Paramètres	Unité	Symb	Normes
Température	°C	T°	20 à 25
pH	pH	pH	6,5 à 9,5
Cond. électrique	µS/cm	EC	180 à 3500
Salinité	mg/l	SAL	1
Potentiel redox	mV	Eh	-
Solides Totaux Dissous	mg/l	TDS	-
Oxygène dissous	mg/l	OD	8 à 4
Mat. en suspension	mg/l	MES	2 à 38
Turbidité	NTU	Turb	1 à 70
Nitrates	mg/l	NO ₃ ⁻	2 à 25
Nitrites	mg/l	NO ₂ ⁻	0,03 à 0,5
Sulfates	mg/l	SO ₄ ⁻	60 à 190
Ammonium	mg/l	NH ₄ ⁺	0,1 à 2
Calcium	mg/l	Ca ₂ ⁺	32 à 300
Chlorures	mg/l	Cl ⁻	50 à 150
Ortho phosphates	mg/l	PO ₄ ⁻	0,1 à 1
Carb.de calcium	mg/l	CaCO ₃	< 200
Titre hydrométrique	°F	TH	4 à 8

Annexe 05. Les valeurs de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) selon Afnor, 1992.

IBGN	20 à 16	16 à 12	12 à 8	8 à 4	4 à 0
Couleur	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Qualité de l'eau	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise

Annexe 06. Liste des 138 taxons (extrait de la norme AFNOR T 90-350, 1992).

INSECTES	HETEROPTERES	Stratiomyidae	Physidae
PLECOPTERES	Aphelocheiridae (3)	Syrphidae	Planorbidae
Capniidae (8)	Corixidae	Tabanidae	Valvatidae
Chloroperlidae (9)	Gerridae	Thaumaleidae	Viviparidae
Leuctridae (7)	Hebridae	Tipulidae	ACHETES (1)
Nemouridae (6)	Hydrometridae	ODONATES	Erpobdellidae
Perlidae (9)	Naucoridae	Aeschnidae	Glossiphonidae
Perlodidae (9)	Nepidae	Calopterygidae	Hirudinae
Taeniopterygidae (9)	Notonectidae	Coenagrionidae	Piscicolidae
TRICHOPTERES	Mesoveliidae	Cordulegasteridae	TRICLADES
Beraeidae (7)	Pleidae	Corduliidae	Dendreceae
Brachycentridae (8)	Veliidae	Gomphidae	Dugesidae
Ecnomidae	COLEOPTERES	Lestidae	Planariidae
Glossosomatidae (7)	Curculionidae	Libellulidae	OLIGOCHETES (1)
Goeridae (7)	Donaciidae	Platycnemididae	NEMATHELMINTHES
Helicopsychidae	Dytiscidae	MEGALOPTERES	HYDRACARIENS
Hydropsychidae (3)	Eubridae	Sialidae	HYDROZOAIRE
Hydroptilidae (5)	Elmidae (2)	PLANIPENNES	SPONGIAIRES
Lepidostomatidae (6)	Gyrinidae	Osmylidae	BRYOZOAIRE
Leptoceridae (4)	Haliplidae	<i>Sysyridae</i>	NEMERIENS
Limnephilidae (3)	Helodidae	HYMENOPTERES	
Molannidae	Helophoridae	LEPIDOPTERES	
Odontoceridae (8)	Hydraenidae	<i>Pyralidae</i>	
Philopotamidae (8)	Hydrochidae	CRUSTACES	
Phryganeidae	Hydrophilidae	BRANCHIOPODES	
Polycentropodidae (4)	<i>Hydroscaphidae</i>	AMPHIPODES	
Psychomyidae (4)	<i>Hygrobiiidae</i>	Gammaridae (2)	
Rhyacophilidae (4)	<i>Limnebiidae</i>	ISOPODES	
Sericostomatidae (6)	<i>Spercheidae</i>	Asellidae (1)	
<i>Thremmatidae</i>	DIPTERES	DECAPODES	
EPHEMEROPTERE	<i>Anthomyidae</i>	Astacidae	
S	<i>Athericidae</i>	Atyidae	
Baetidae (2)	Blephariceridae	Grapsidae	
Caenidae (2)	Ceratopogonidae	Cambaridae	
Ephemerillidae (4)	Chaoboridae	MOLLUSQUES (2)	
Ephemeridae (6)	Chironomidae (1)	BIVALVES	
Heptageniidae (5)	Culicidae	Curbiculidae	
Leptophlebiidae (7)	Dixidae	Dreissenidae	
Oligoneuriidae	Dolichopodidae	Sphaeriidae	
Polymitarcidae (5)	Empididae	Unionidae	
Potamanthidae (5)	Ephydriidae	GASTEROPODES	
	Limoniidae	Ancylidae	
	Psychodidae	Bithynidae	
	Plychopteridae	Bythinellidae	
	Ragionidae	Hydrobiidae	

Prosopistomatidae Siphonuridae	Scatophagidae Sciomyzidae Simuliidae	Lymnaeidae Neritidae	
-----------------------------------	--	-------------------------	--