



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID –TLEMEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون

Département d'Écologie Et Environnement

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Sciences de la Mer

Mémoire présenté par

Melle MOUS Meryem et Melle DJEMAI Douaa

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER

Thème :

**Evaluation de la qualité d'eau du barrage Beni Bahdel par
l'utilisation des paramètres physicochimiques et
(Copépodes+Bactéries)**

Soutenu le publiquement le 24/06/2026

Jury :

grade :

Présidente : **Mme. TABTI Leila**

MCA Université de Tlemcen

Encadrante : **Mme. BEMMOUSSAT DEKKAK Soumya**

MCB Université de Tlemcen

Co-encadrante : **Mme. BOUBLENZA ép. KAZI-TANI Nessrine**

MCB Université de Tlemcen

Examinatrice : **Mme. BENKEBIL Zeyneb**

MCB Université de Tlemcen

Année universitaire : 2025/2026

Remerciements

Avant tout, nous remercions « **Allah** » tout-puissant de nous avoir donné la force, la patience et la santé pour mener à bien ce travail de fin d'étude.

Tout d'abord, nous remercions du fond du cœur notre encadrante **Mme. BEMMOUSSAT DEKKAK Soumya** qui nous a conseillés, aidés et accompagnés tout au long de ce mémoire.

Nous remercions également **Mme. BOUBLENZA ép. KAZI-TANI Nessrine** et les ingénieurs du laboratoire **Mr. BENMOUSSAT Benali, Mme. OTMANI Salima** et **Mme. BENMOKHTAR Khadîdja**.

Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail, ainsi que pour leurs précieux commentaires et leur intérêt.

Nous adressons nos sincères remerciements et notre profonde reconnaissance à nos parents pour encouragements et leur soutien tout au long de notre parcours.

Enfin, nous remercions nos familles et nos amis pour leur soutien et leurs encouragements constants.

Dédicace

Au nom d'Allah,

♥ Avant toute chose, je remercie Allah, qui m'a accordé la force, la patience et la persévérance pour accomplir ce travail. Sans Sa volonté rien n'aurait été possible.

♥ Je dédie ce travail à ma très chère mère **MEZOUAR Chahira**, mon plus grand soutien dans la vie. Merci pour ton amour inconditionnel, tes sacrifices silencieux, tes prières sincères et tes encouragements. Chaque réussite que j'accomplis porte une part de tes efforts et de ton dévouement.

♥ À la mémoire de mon grand-père **MEZOUAR Mohammed** bien-aimé, ton absence laisse un vide immense, mais ton souvenir demeure vivant dans mon cœur. J'aurais tant aimé te voir partager ce moment avec moi. Cette réussite est dédiée à ta mémoire, avec tout mon amour et mon profond respect.

♥ À toutes les personnes qui m'aiment, me soutiennent et croient en moi, merci pour votre présence, votre affection et vos paroles réconfortantes qui m'ont aidée à avancer malgré les difficultés.

♥ À ma binôme et amie Douaa pour son soutien, sa bienveillance, sa compréhension et les précieux moments de partage qui ont accompagné mon parcours.

♥ Je dédie également ce travail à moi-même. À toutes les épreuves surmontées, aux moments de doute, aux nuits de travail, aux efforts parfois invisibles et aux sacrifices consentis pour atteindre cet objectif. Je suis fière du chemin parcouru et de n'avoir jamais abandonné.

♥ Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Avec toute ma gratitude, mon affection et mon respect.

Meryem

Dédicace

♥ Je dédie ce travail à mes parents, pour leur amour, leur soutien et leurs sacrifices tout au long de mon parcours.

♥ Aucune parole, aucun geste ne saurait traduire l'immensité de mon respect, mon amour éternel et ma profonde reconnaissance.

Qu'Allah vous protège et vous garde pour moi

♥ A mes merveilleuses sœurs, Meriem et Batoul, et à mon frère Abderrahmane, qui ont toujours été à mes côtés dans les moments de joie comme dans les moments difficiles, je vous en remercie.

♥ A mes grands-parents qui ne m'ont jamais oublié dans leurs prières, et à mes chers oncles et tantes.

♥ A mon fiancé, à ses parents et à sa sœur.

♥ A mes précieux amis, pour leur présence constante, leur soutien et leur amitié sincère.

♥ A ma chère binôme Meryem, pour sa collaboration, sa patience et les efforts que nous avons partagés tout au long de ce travail.

♥ A toutes les personnes qui m'ont soutenu de près ou de loin, je dédie ce travail avec une profonde gratitude.

Douaa

Résumé

L'étude de la qualité des eaux du barrage de Beni Bahdel, basée sur les paramètres physico-chimiques, biologiques et bactériologiques, a révélé une hétérogénéité spatio-temporelle de l'état du milieu aquatique. Les analyses physico-chimiques ont montré une turbidité relativement élevée et des teneurs en nitrates légèrement supérieures aux valeurs attendues, pouvant être attribuées aux apports issus des activités agricoles environnantes. L'analyse de la faune copépodologique a mis en évidence la présence de représentants des Cyclopoïdes et des Calanoïdes, témoignant de la diversité du zooplancton du barrage. Les investigations bactériologiques ont confirmé l'absence de contamination fécale par *Escherichia coli*. Enfin, les observations réalisées mettent en évidence une relation entre les communautés de copépodes et l'abondance bactérienne, l'activité des bactéries apparaissant plus marquée dans les échantillons dépourvus de copépodes, ce qui suggère une interaction écologique entre ces deux compartiments biologiques.

Mots clés : Analyse-Zooplancton- Agricoles- Bactérie - *Escherichia coli*.

Abstract

The study of the water quality of Beni Bahdel Dam, based on physicochemical, biological, and bacteriological parameters, revealed a spatio-temporal heterogeneity in the condition of the aquatic environment. Physicochemical analyses showed relatively high turbidity and nitrate concentrations slightly above the expected values, which may be attributed to inputs from surrounding agricultural activities. The copepod fauna analysis highlighted the presence of representatives of Cyclopoida and Calanoida, reflecting the diversity of the dam's zooplankton community. Bacteriological investigations confirmed the absence of fecal contamination by *Escherichia coli*. Furthermore, the observations revealed a relationship between copepod communities and bacterial abundance. Bacterial activity appeared to be more pronounced in samples lacking copepods, suggesting an ecological interaction between these two biological components.

Keywords : Analysis - Zooplankton - Agricultural - Bacteria - *Escherichia coli*

الملخص

أظهرت دراسة جودة مياه سد بني بهدل، المعتمدة على المؤشرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والبكتريولوجية، وجود تباين مكاني وزماني في حالة الوسط المائي. وقد بينت التحاليل الفيزيائية والكيميائية ارتفاعاً نسبياً في درجة العكارة وتراكيز النترات التي تجاوزت قليلاً القيم المتوقعة، وهو ما يمكن تفسيره بالتأثيرات الناتجة عن الأنشطة الزراعية المحيطة بالسد. كما أظهرت دراسة مجدافيات الأرجل وجود ممثلين لرتبتي السيكلوبويدا والكالانويدا، مما يعكس تنوع مجتمع العوالق الحيوانية في السد. وأكدت التحاليل البكتريولوجية غياب أي تلوث برازي ببكتيريا الإشريكية القولونية.

وأخيراً، أبرزت النتائج وجود علاقة بين مجتمعات مجدافيات الأرجل ووفرة البكتيريا، حيث بدت النشاطات البكتيرية أكثر وضوحاً في العينات الخالية من مجدافيات الأرجل، مما يشير إلى وجود تفاعل بيئي بين هذين المكونين البيولوجيين.

الكلمات المفتاحية: التحليل - العوالق الحيوانية - الزراعية - البكتيريا - الإشريكية القولونية.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 01 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1. Généralité sur l'eau.....	4
1.1.1 Les eaux de surface.....	4
1.1.2 Les eaux souterraines.....	4
1.2. Pollution de l'eau	5
1.2.1 Pollution physique	5
1.2.2 Pollution chimique.....	5
1.2.3 Pollution biologique	5
2. Généralités sur les barrages	5
2.1. Définition du barrage	5
2.2. Particularités des barrages.....	6
3. Généralité sur les copépodes	6
3.1. Définition des copépodes	6
3.2. Morphologie	8
3.3. Reproduction et cycle de vie	11
3.4. Nutrition	12
3.5. Répartition géographique	13
3.6. Rôle écologique.....	14
4. Présentation des bactéries d'eau	14
4.1. Les coliformes totaux	15
4.2. Les coliformes fécaux	15
4.3. Escherichia coli	15
CHAPITRE 02 : MILIEU D'ETUDE.....	16
1. Historique du barrage Beni Bahdel	17
2. Situation géographique du barrage Beni Bahdel	18
3. Etude climatique	20
3.1. Température	20
3.2. Précipitations.....	21
3.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)	21
3.4. Le quotient pluviothermique Q ₂ et climagramme d'EMBERGER.....	22
CHAPITRE 03 : MATERIEL ET METHODES	24
1. Présentation des stations de prélèvement	25
2. Echantillonnage	27
2.1. Matériel d'échantillonnage.....	27
2.3. Conservation des échantillons	28
3. Méthodes d'étude :	28
3.1. Les paramètres physico-chimiques	28
3.1.1 Potentiel d'hydrogène pH.....	28
3.1.2 La conductivité électrique CE	29

3.1.3	La salinité	29
3.1.4	Oxygène dissous O_2	30
3.1.5	La turbidité	30
3.1.6	Les nitrites NO_2^-	31
3.1.7	Les nitrates NO_3^-	32
3.1.8	Les phosphates PO_4^{3-}	32
3.1.9	Le chlore libre.....	33
3.1.10	La demande chimique en oxygène DCO	34
3.2.	Les copépodes	36
3.3.	Analyses bactériologiques.....	37
3.3.1	La recherche des coliformes totaux et fécaux par la méthode NPP (le nombre le plus probable)	37
3.3.1.1	La recherche des coliformes totaux.....	37
3.3.1.2	La recherche des coliformes fécaux thermorésistants.....	39
3.3.1.3	La recherche des coliformes fécaux thermorésistants type E. coli	40
CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSION		42
1.	Les paramètres physico-chimiques.....	43
2.	Les copépodes	44
3.	Les analyses bactériologiques	48
3.1.	Interprétation des résultats bactériologiques	51
4.	La relation entre les copépodes et les bactéries :	53
CONCLUSION		54
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		56
ANNEXES		62

Liste des figures

Fig.1 : Différents ordres de la sous classe des Copépodes.....	6
Fig.2 : Phylogénie des Copépodes.....	7
Fig.3 : Représentation schématique des parties du corps et des appendices d'un Copépode.....	9
Fig.4 : Calanoid copepod a. Female b. Male.....	10
Fig.5 : Cyclopoid copepod a. Female b. Male.....	10
Fig.6 : Harpacticoid copepod a. Female b. Male.....	10
Fig.7 : Cycle de vie des copépodes.....	11
Fig.8 : Photographie d'une éphippie (œufs de résistance).....	12
Fig.9 : Distribution géographique des espèces et genres des copépodes d'eau douce.....	13
Fig.10 : La chaîne trophique du milieu marin.....	14
Fig.11 : Escherichia Coli.....	16
Fig.12 : Barrage de Beni Bahdel.....	18
Fig.13 : Croquis du barrage Beni Bahdel.....	20
Fig.14 : Localisation du barrage Beni Bahdel.....	20
Photo réelle 1 : La digue principale du barrage Beni Bahdel.....	20
Photo réelle 2 : La digue col-nord du barrage Beni Bahdel.....	20
Photo réelle 3 : La digue Évacuateur de crue du barrage Beni Bahdel.....	20
Fig.15 : Variation des températures moyennes, maximales et minimales de la wilaya de Tlemcen (2014-2024).....	21
Fig.16 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (wilaya de Tlemcen 2014-2024).....	23
Fig.17 : Climagramme d'Emberger-Stewart de la wilaya de Tlemcen (2014-2024).....	24
Fig.18 : Localisation des trois sites de prélèvement.....	26
Photo réelle 4 : Site 1.....	27

Photo réelle 5 : Site 2.....	27
Photo réelle 6 : Site 3.....	27
Photo réelle 7 : Flacon en verre.....	28
Photo réelle 8 : Filet planctonique.....	28
Photo réelle 9 : pH-mètre ADWA AD1030.....	30
Photo réelle 10 : Multiparamètre (multi 340i WTW).....	30
Photo réelle 11 : Photomètre (wagtech 7100).....	32
Photo réelle 12 : Photomètre multiparamètres HI 83099 COD.....	35
Photo réelle 13 : Thermoréacteur.....	36
Photo réelle 14 : Banc de photomètre multiparamètres.....	36
Photo réelle 15 : Une loupe.....	37
Photo réelle 16 : Plats de pétri en verre.....	37
Photo réelle 17 : Le logiciel Leica Application Suite (LAS).....	37
Photo réelle 18 : Microscope.....	37
Photo réelle 19 : Le milieu bouillon bilié lactosé au pourpre de bromocrésol dans les flacons et les tube doubles et simples concentrés.....	39
Fig.19 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux.....	42
Photo réelle 20 : Résultat d'analyse des phosphates.....	45
Photo réelle 21 : Résultat des nitrates.....	45
Photo réelle 22 : Cyclopoïda mâle a. sous la loupe ; b et c. sous microscope.....	47
Photo réelle 23 : Cyclopoïda femelle a. sous loupe ; b et c. sous microscope.....	47
Photo réelle 24 : Calanoida femelle a. sous loupe ; b et c. sous microscope.....	48
Photo réelle 25 : Daphnie a. sous loupe ; b et c. sous microscope.....	48
Photo réelle 26 : Les œufs de résistances a. sous loupe ; b. sous microscope.....	49
Photo réelle 27 : Résultats des coliformes totaux des sites 1 et 2 (sortie 3).....	51

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les différentes caractéristiques entre les eaux souterraines et les eaux de surface.....	4
Tableau 2 : Principales caractéristiques du barrage Beni Bahdel.....	19
Tableau 3 : Les moyennes mensuelles des températures (T)et température maximale (TM)et minimale (Tm) pour les dernières dix ans 2014-2024 de la wilaya de Tlemcen.....	21
Tableau 4 : Les moyennes des précipitations des dix dernières années 2014-2024 de la wilaya de Tlemcen.....	22
Tableau 5 : Calcule de Q_2 de la wilaya de Tlemcen.....	23
Tableau 6 : Les dates de prélèvement.....	28
Tableau 7 : Normes Algériennes et OMS (2003) des paramètres physico chimiques pour l'eau potable.....	36
Tableau 8 : Résultats des copépodes.....	46
Tableau 9 : Résultats des analyses bactériologiques des coliformes totaux, fécaux et E. coli...	53
Tableau 10 : Variation de l'abondance des copépodes et des bactéries dans les trois sites.....	54

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

°C : Degré Celsius.

μs/cm : Microsiemens par centimètre.

BCPL : Bouillon Lactosé au Bromocrésol Pourpre.

CE : Conductivité électrique.

D/C : Double concentré.

DCO : Demande chimique en oxygène.

E. Coli : Escherichia coli.

h : Heur.

H⁺ : Ion hydrogène.

H₃O⁺ : Ion hydronium.

Hm : Hectomètre.

HOCl : Acide hypochloreux.

K : kelvin.

Km : kilomètre.

LAS : Leica Application Suite.

mg/l : Milligrammes par litre.

Min : Minute.

ml : Millilitre.

mm : Millimètre.

NaCl : Chlorure de sodium.

NO₂⁻ : Les nitrites.

NO₃⁻ : Les nitrates.

NTU : Nephelometric turbidity unit.

O₂ : Dioxygène.

OCl : Ion hypochlorite.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

PH : Potentiel d'hydrogène.

PO₄³⁻ : Phosphates.

PP : Précipitation.

Q2 : Quotient pluviothermique d'Emberger.

S/C : Simple concentré.

S/m : Siemens par mètre.

T : Température.

TM : Température maximale.

Tm : Température minimale.

µm : Micromètre.

Introduction générale

Aujourd'hui la qualité de l'eau de surface en Algérie se détériore petit à petit à cause des contraintes humaines et naturelles, comme la contamination organique, les rejets domestiques, l'eutrophisation et la multiplication microbienne. Cela pose des problèmes de gestion : gaspillage, dégradation et manque de protection des ressources (Boumaouche & Bouchahm, 2017).

L'évaluation de la qualité des eaux continentales s'appuie sur une approche intégrée qui combine plusieurs niveaux d'observation afin de mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. L'analyse biologique est particulièrement importante, notamment à travers l'étude du zooplancton et des communautés microbiennes. Les copépodes occupent une position centrale dans les réseaux trophiques aquatiques, car ils assurent le transfert de matière organique depuis les niveaux inférieurs vers les niveaux supérieurs. Ils constituent ainsi un maillon essentiel reliant la production microbienne à la chaîne alimentaire classique, en exploitant diverses sources de nourriture telles que les bactéries, les protistes et le phytoplancton. De leur côté, les bactéries jouent un rôle fondamental dans la dégradation de la matière organique et le recyclage des nutriments, leur abondance étant souvent liée au degré de contamination organique du milieu. Ces indicateurs biologiques sont généralement complétés par l'analyse des paramètres physico-chimiques et, si nécessaire, par la mesure des métaux lourds, ce qui permet d'obtenir une évaluation globale et fiable de la qualité des eaux continentales (Azam et al., 1983 ; Turner et Tester, 1992 ; Roff et al., 1995 ; Wetzel, 2001 ; Chapman, 1996). Lorsque la qualité de l'eau se dégrade, elle peut devenir une source de risques sanitaires, notamment à cause des caractéristiques microbiologiques qui influencent directement sa sécurité pour la consommation humaine (Kreisel, 1991).

L'objectif de cette recherche est d'apprécier la qualité de l'eau du barrage de Beni Bahdel dans la Wilaya de Tlemcen en examinant les indicateurs physico-chimiques et biologiques, tels que les copépodes et les bactéries, pour obtenir une compréhension complète de l'état écologique de l'environnement et contribuer à une gestion durable optimale des ressources hydriques.

Le but de ce travail est d'évaluer la qualité physico-chimique, biologique et microbiologique du barrage Beni Bahdel à travers l'analyse des paramètres physico-chimiques, la recherche des coliformes totaux, des coliformes fécaux et d'*Escherichia coli*,

ainsi que l'étude des copépodes. Ce travail vise à mettre en évidence les relations potentielles entre les caractéristiques du milieu aquatique, la présence de micro-organismes indicateurs de contamination fécale et la dynamique des copépodes. Les résultats obtenus permettront d'évaluer l'état environnemental et sanitaire du barrage et d'identifier les sources potentielles de dégradation de la qualité de l'eau.

Notre travail repose sur quatre chapitres :

Chapitre 01 : s'agit d'une synthèse bibliographique comprise généralité sur l'eau, les copépodes, leurs morphologies et cycle de vie, ainsi les bactéries (les coliformes totaux, les coliformes fécaux et *E. coli*).

Chapitre 02 : il englobe une présentation du milieu d'étude, leur historique, leur situation géographique, les caractéristiques du barrage Beni Bahdel et l'étude climatique de la wilaya de Tlemcen.

Chapitre 03 : il correspond à la représentation des sites de prélèvement ; et description du matériel utilisés ; méthodes d'analyses des paramètres physico-chimiques ; les copépodes et les bactéries.

Chapitre 04 : il renferme les résultats obtenus et discussions, suivis par une conclusion générale.

Chapitre 01 :
Synthèse Bibliographique

1. Généralité sur l'eau

L'eau est très importante à la vie ; elle recouvre 70% de la surface de la terre, principalement sous forme d'océans (Wackermann et Rougier, 2010).

1.1. Type de l'eau

1.1.1 Les eaux de surface

Les eaux de surface sont toutes les eaux qui stockent ou circulent dans la surface. Ces dernières comprennent des lacs, des rivières, des fleuves, des barrages... Elles sont très vulnérables à la pollution organique et minérale comme les pesticides et les nitrates (Cardot, 1990). Il existe deux types d'eaux de surface :

Eaux courantes : sont des eaux en mouvement continu comme les oueds, les fleuves et les ruisseaux. Elles circulent de l'amont vers l'aval.

Eaux stagnantes : stagnation de l'eau peuvent être naturelle ou artificielle, et il existe plusieurs types, comme les étangs, les lacs, les mares et les barrages.

1.1.2 Les eaux souterraines

Les eaux souterraines situées sous le sol telles que les nappes phréatiques et les aquifères, représentent une ressource en eau douce et contribuent pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation et l'industrie. Les eaux souterraines sont naturellement pures, car elles contiennent du manganèse, fer, matière organique et ammoniacale, aussi une teneur excessive de nitrates et fluor (Ayad, 2017).

Tableau 1 : Les différentes caractéristiques entre les eaux souterraines et les eaux de surface (Derement, 1989) (Merouani et Bouguedah, 2013).

Caractéristiques	Eaux souterraines	Eaux de surface
Température	Relativement constante	Variable selon la saison
Turbidité	Faible ou nulle	Variable parfois élevée
Oxygène dissous	Absent la plupart du temps	La plus souvent au voisinage de la saturation.
Nitrate et nitrite	Teneur parfois élevée	Peu abondant en générale
Élément vivants	Bactéries fréquentes	Bactérie, virus et plancton (animale et végétale).

1.2. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau constitue un problème grave pour l'environnement et l'être humain. Elle modifie les propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'eau, ce qui contribue à un impact négatif sur les organismes vivants (Leygue et al, 1970). La contamination de l'eau provient généralement de la matière organique, les impuretés naturelles et les activités humaines qu'elle que soit agricole, industrielle ou urbaine.

La pollution des eaux de surface se divise en 3 groupes :

1.2.1 Pollution physique

Ce type de pollution survient lorsque la structure physique de l'eau est altérée par divers facteurs. Il s'agit notamment de la pollution thermique, de la pollution mécanique (déchets solides) et la pollution nucléaire (retombées radioactives des explosions d'armes nucléaires et accidents nucléaires) (Merouani et Bouguedah, 2013).

1.2.2 Pollution chimique

La pollution biologique représente une part importante de la pollution des eaux de surface. Elle se décline en plusieurs types : pollution par les éléments toxiques (mercure, plomb...), par les engrais (nitrates et phosphates), par les pesticides et par les hydrocarbures (pétrole et ses dérivés) (Ramade, 1998).

1.2.3 Pollution biologique

Cela inclut les agents pathogènes (les bactéries, les virus et les parasites) et les organismes libres comme le plancton et les macro invertébrés (Moumouni et Djerma, 2005).

2. Généralités sur les barrages

2.1. Définition du barrage

Un barrage est un ouvrage hydraulique construit en travers d'un cours d'eau afin d'intercepter, de retenir et de contrôler les écoulements naturels, créant ainsi une retenue d'eau artificielle appelée réservoir. Cet ouvrage permet de stocker les ressources en eau pour répondre à de multiples besoins, notamment l'alimentation en eau potable, l'irrigation, la production d'énergie hydroélectrique, les usages industriels, la régulation des crues et le soutien des débits d'étiage. Les barrages constituent ainsi des infrastructures essentielles pour la gestion intégrée et durable des ressources en eau (CIGB, 2020).

2.2. Particularités des barrages

- Ils permettent le stockage de grandes quantités d'eau dans un réservoir.
- Ils assurent la régulation des débits des cours d'eau en période de sécheresse ou de fortes pluies.
- Ils sont utilisés pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation, l'industrie et la production d'électricité.
- Ils contribuent à la protection contre les inondations en contrôlant les crues.
- Ils constituent des écosystèmes aquatiques artificiels, favorisant le développement de nombreuses espèces animales et végétales.
- Ils influencent la qualité de l'eau et les caractéristiques physicochimiques et biologiques du milieu aquatique.

3. Généralité sur les copépodes

3.1. Définition des copépodes

Les copépodes parmi les crustacés présents dans les écosystèmes aquatiques, les copépodes figurent parmi les organismes les plus représentés et les plus diversifiés. Leur importance écologique est majeure, car ils occupent une position fondamentale et clé dans les chaînes alimentaires aquatiques. Ils représentent une source nutritive fondamentale pour plusieurs espèces (Vakati, 2024). Ce sont des petits crustacés avec une forme de fuseau leur taille varie entre 0.8 et 3 mm structuré de trois parties (Bernard et Dussart, 2002).

Les individus adultes appartiennent au méso-zooplancton (200 μm - 12 mm), ils représentent un ensemble biologiquement varié incluant 200 familles, 1650 genres et 11500 espèces identifiées mais ce nombre reste sous-évalué parce que ce total inclut à peine 15 % des copépodes sur terre (Hafrat et Toumi, 2022).

- Règne : Animal
- Embranchement : Arthropodes
- Sous embranchement : Crustacés
- Classe : Maxillopodes
- Sous classe : Copépodes

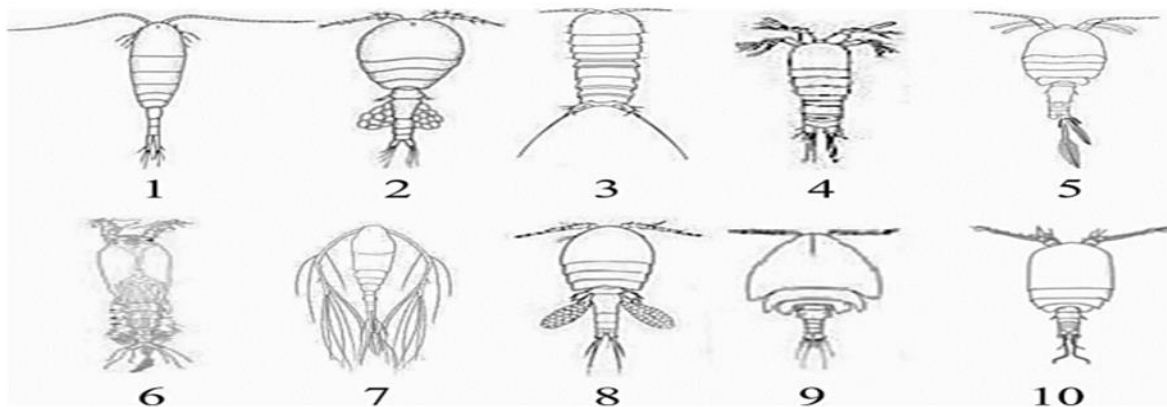


Figure 1 : Différents ordres de la sous classe des Copépodes (Hafrat & Toumi, 2022).

1 : *Platycopioida*, 2 : *Calanoida*, 3 : *Misophrioida*, 4 : *Gelyelloida*, 5 : *Cyclopoida*,
6 : *Harpacticoida*, 7 : *Mormonilloida*, 8 : *Poecilostomatoida*, 9 : *Siphonostomatoida*,
10 : *Monstrilloida*

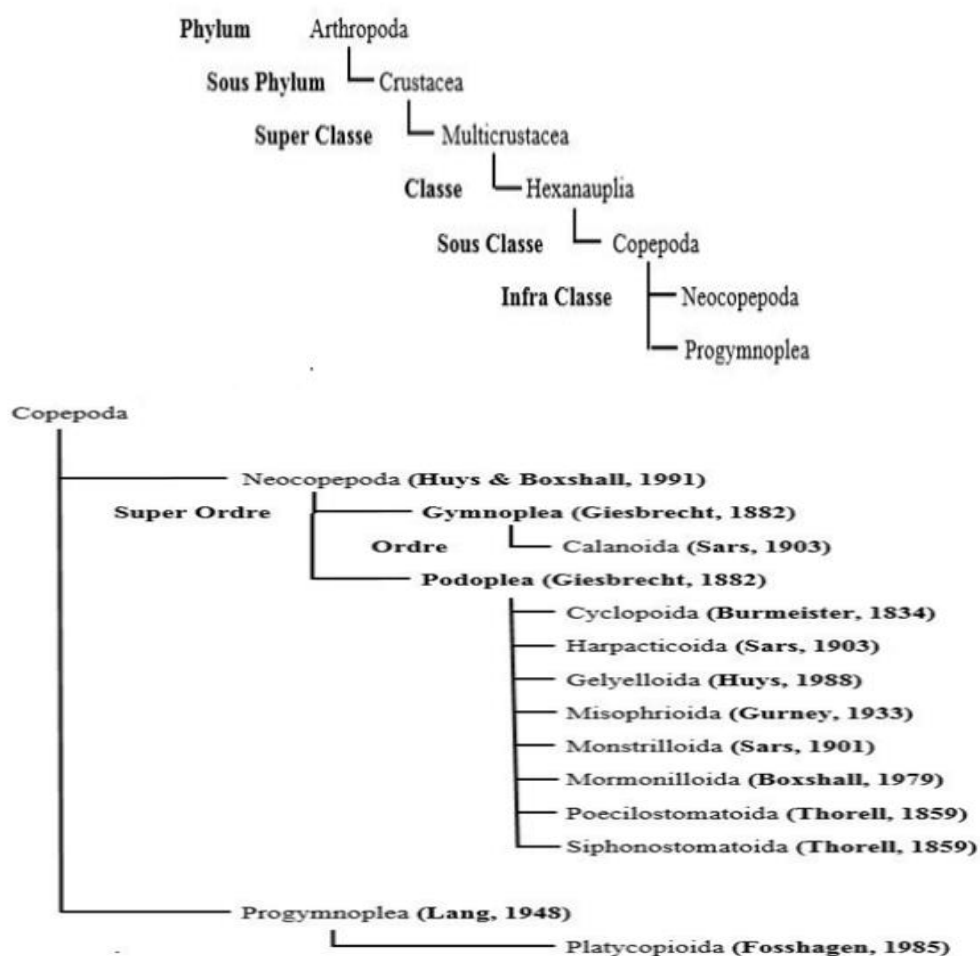


Figure 2 : Phylogénie des Copépodes (Huys et Boxshall, 1991 ; in Chaouadi, 2019).

3.2. Morphologie

Leur organisme est formé de trois parties : Le Céphalosome ou la partie antérieure structuré de 6 segments fusionnés (Bernard et Dussar, 2002), possédant au niveau ventral des appendices adaptés en organes natatoires, (rostre, labre, paire de mandibules, de maxillules, de maxilles et de maxillipèdes). Deux paires d'antennes : les antennules et les antennes sont fixées à l'avant de labre, du côté dorsal on distingue un seul œil nauplien sur la surface du cerveau (figure 3 ; Hafrat et Toumi, 2022).

Le thorax structuré de 5 segments portant chacun une paire de patte à fonction natatoire ou préhensile. Le premier est souvent rattaché au Céphalosome cet ensemble est appelé céphalothorax. Chaque structure appendiculaire est composée de : coxa et le basis ce dernier porte deux épipodites un exopodite et un endopodite (figure 3), chez plusieurs espèces ces épipodites comprennent trois articles. Le cinquième segment est généralement peu développé chez les Cyclopoïdes et est attaché au quatrième chez les Calanoïdes. La cinquième paire de pattes est très petite et atrophiée ou partiellement fusionnée au segment sur lequel elle est portée. Les deux pattes qui appartenant à une même paire sont fusionnées par la précoxa fréquemment Ornée (Bernard et Dussar, 2002).

La partie postérieure structurée de deux segments généralement fusionnés en un segment génital, de deux autres segments sans appendices et un segment anal présentant dans sa partie postérieure deux branches du telson formant une furca portant des soies (Bernard et Dussar, 2002).

Le furca est une structure bifurquée constituée de deux branches parallèles ou non parallèles, chaque branche porte 6 soies (Hafrat et Toumi, 2022).

Selon la forme du corps, les segments et les appendices il y a trois types de copépodes

- Calanoida plus souvent planctoniques, chez les adultes les mâles sont caractérisés par leur antennule droite géniculée, les femelles présentent souvent un sac d'œufs au niveau de l'abdomen.
- Cyclopoïda associé à des animaux planctoniques ou benthiques, les mâles adultes ont deux antennules géniculées, les femelles adultes présentent deux sacs d'œuf.
- Harpacticoïda benthique occupant les milieux humides, chez les mâles les antennules sont transformées et les femelles présentent un seul sac d'œufs (Bernard et Dussar, 2002).

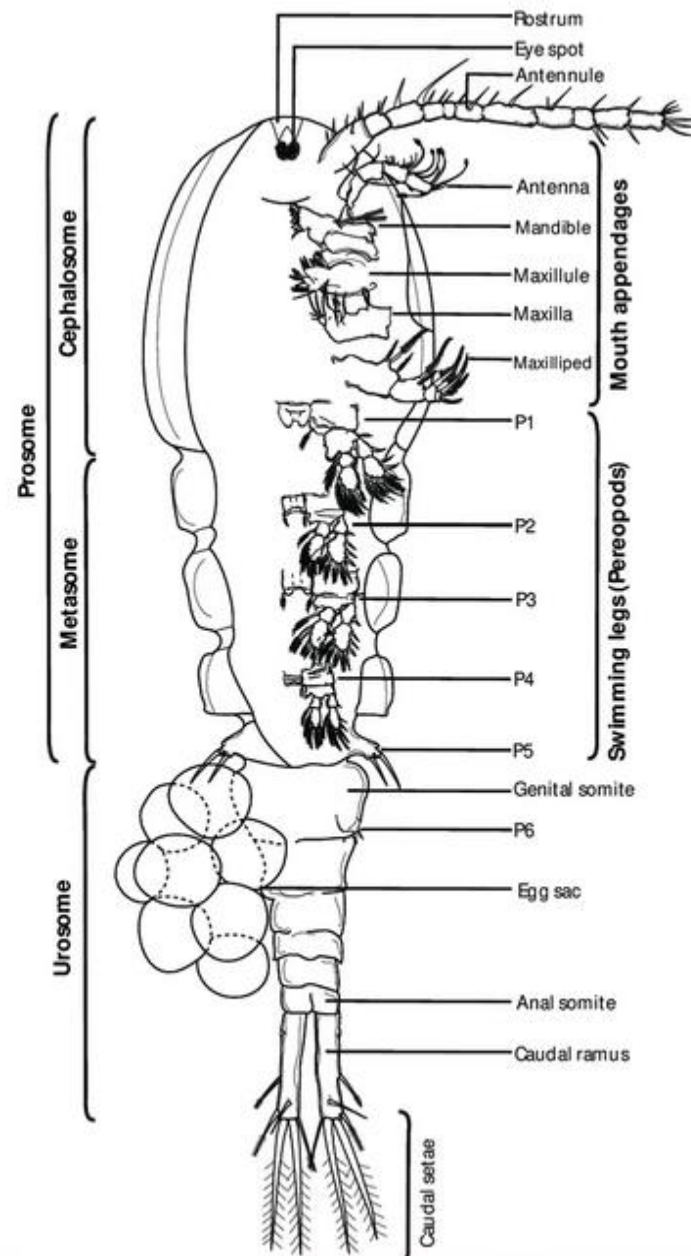


Figure 3 : Représentation schématique des parties du corps et des appendices d'un Copépode (Institut central de recherche sur les pêches marines).

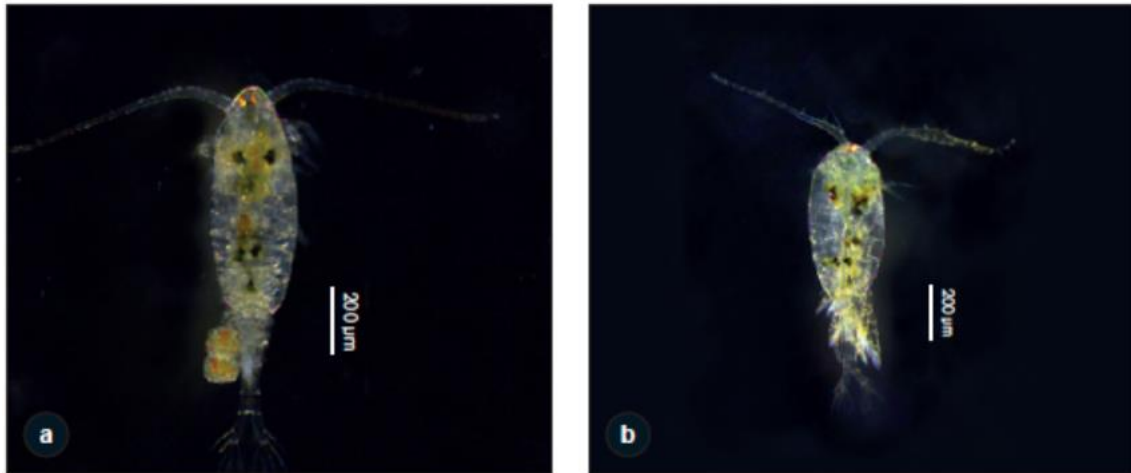


Figure 4 : Copépode calanoïde : a) femelle ; b) mâle (Institut central de recherche sur les pêches marines)

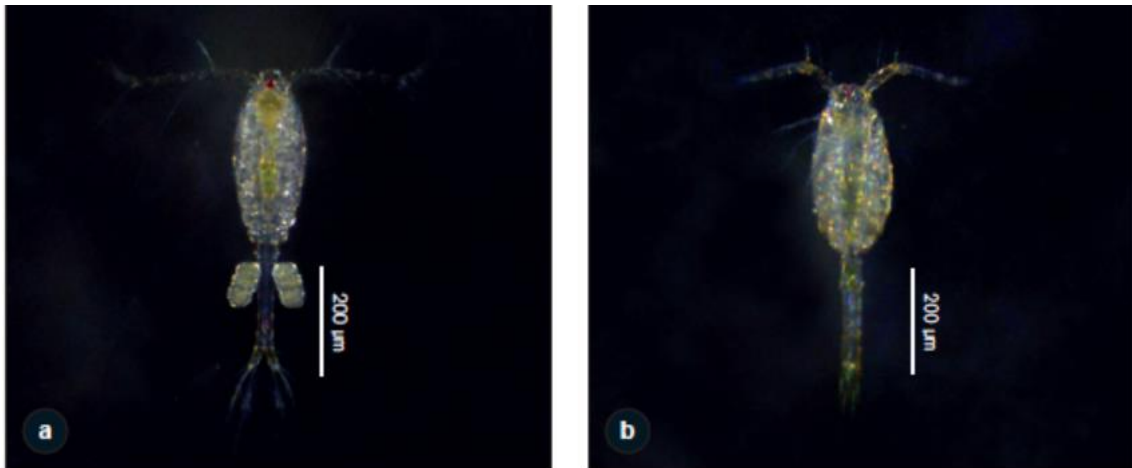


Figure 5 : Copépode cyclopoïde : a) femelle ; b) mâle (Institut central de recherche sur les pêches marines).



Figure 6 : Copépode harpacticoïde : a) femelle ; b) mâle (Institut central de recherche sur les pêches marines).

3.3. Reproduction et cycle de vie

La reproduction chez les copépodes pélagiques est liée à la richesse nutritive et la température ; la reproduction implique un accouplement des organismes mâles et femelles, ils peuvent se reproduire toute l'année ou en fonction des saisons. (Hafrat et Toumi, 2022)

Le mâle libère le spermatophore (structure sacculaire allongée contient le liquide séminal près de l'orifice génital, une femelle est capable de recevoir plusieurs spermatophores provenant de différents mâles après fécondation les femelles conservent les œufs à l'intérieur d'un ou deux sacs ovigères. Les œufs évoluent à travers différents stades : nauplius de N1 à N6, copépodes de C1 à C5, les adultes peuvent vivre plusieurs mois. Quand les conditions sont inadéquates parfois les femelles pondent des œufs de diapause (résistance) ; ils reprennent leur cycle de développement quand les conditions environnementales sont rétablies (Hafrat et Toumi, 2022)

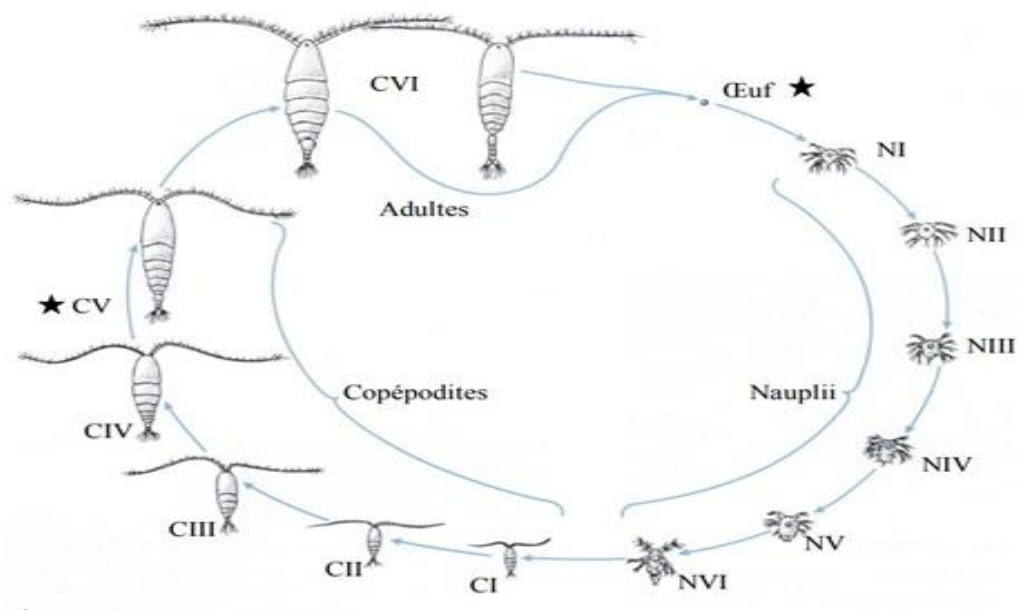


Figure 7 : Cycle de vie des copépodes avec les 6 stades naupliens (N) et les 6 stades copépodites (C) (Hafrat et Toumi, 2022).

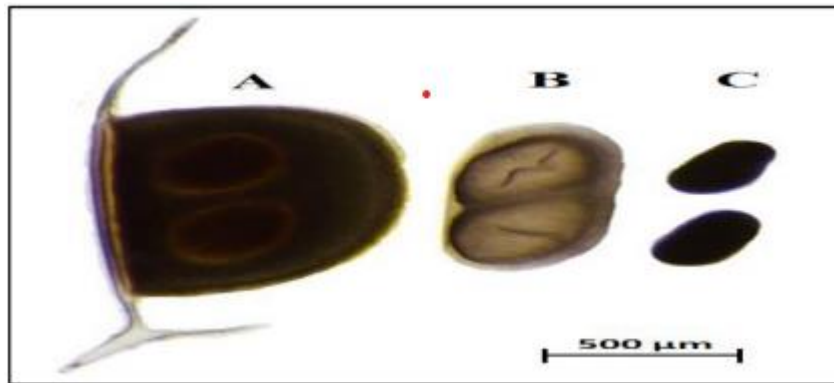


Figure 8 : Photographie d'une éphippie (œufs de résistance) (A), la membrane de l'œuf intérieure (B) et les œufs dormants (C) apparaissent (Cambronero, 2018).

3.4. Nutrition

Plusieurs travaux ont évalué la capacité des copépodes à consommer diverses ressources trophiques. Ces études indiquent qu'ils possèdent une grande plasticité alimentaire, leur permettant de se nourrir de nombreux types d'organismes, notamment de bactéries (Turner et Tester, 1992 ; Roff et al., 1995).

Leur régime alimentaire ne se limite pas aux bactéries ; il comprend aussi des protistes hétérotrophes et de nombreuses formes de phytoplancton, témoignant de leur grande flexibilité trophique (Stoecker et Egloff, 1987 ; Verity et Paffenhöfer, 1996 ; Gifford et Dagg, 1988).

Les copépodes herbivores phytophages s'alimentent sur les algues unicellulaires (taille de 5 µm à 50 µm) comme les diatomées.

Les carnivores en général s'alimentent sur les protozoaires et les petits organismes grâce à la détection de leurs stimuli mécaniques ou chimiques.

Les omnivores sont capables de se nourrir à partir des particules organiques qui sont régulièrement colonisées par des bactéries. (Hafrat et Toumi, 2022)

Ils ont diverses stratégies trophiques :

- Alimentation par embuscade active (Active Ambush Feeding)
- Alimentation par croisière (Cruise Feeding)
- Alimentation par filtration (Filter Feeding)

- Alimentation mixte (Mixed Feeding)

3.5. Répartition géographique

Les copépodes s'observent dans les différents milieux aquatiques avec une diversité environ 13000 morph-espèces connues, la grande richesse spécifique se trouve dans le milieu marin ; En revanche, on compte environ 2814 espèces en eau douce (Medjdoub, 2021).

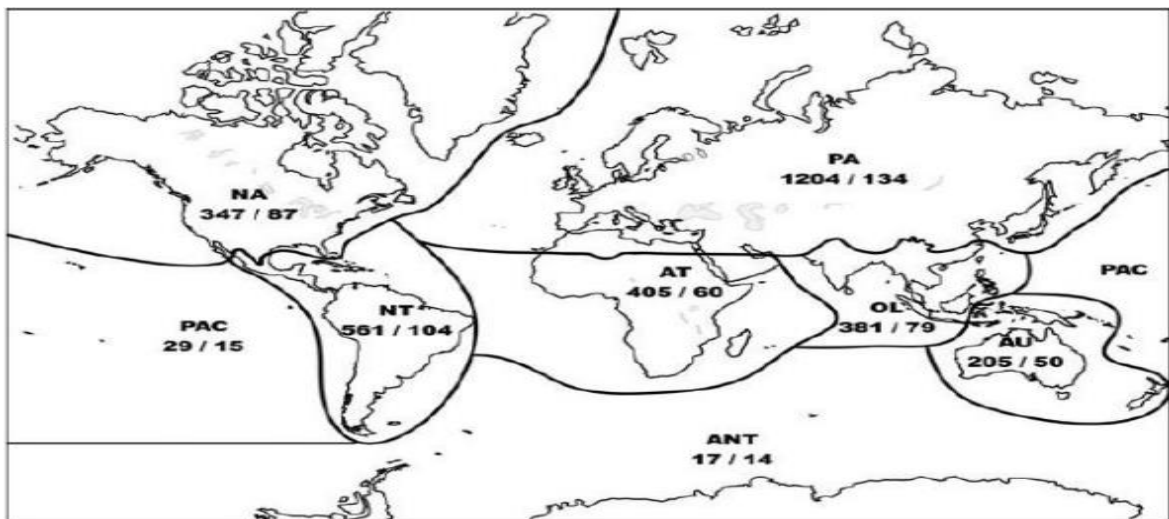


Figure 9 : Distribution géographique des espèces et genres des copépodes d'eau douce (nombre d'espèces /Nombre de genre), codé selon les principales régions zoogéographiques. PA : Paléarctique, NA : Néarctique, NT : Néotropical, AT : Afrotropical, OL : Oriental, AU : Australasien, PAC : Iles océaniques du Pacifique, ANT : Antarctique. (Geoff et al, 2008).

3.6. Rôle écologique

Les copépodes jouent un rôle important dans l'équilibre écologique dans les écosystèmes aquatiques ; Ils sont un maillon essentiel dans les chaînes alimentaires aquatiques classés comme des producteurs secondaires (Hafrat et Toumi, 2022), Ils représentent une liaison entre le monde microbien et nombreux espèces des niveaux trophiques supérieures, les copépodes occupent aussi la fonction de bio-accumulateurs certains espèces peuvent accumuler les toxines produites par les dinoflagellés causé par le phénomène des marées rouges; L'agent étiologique du choléra (*Vibrio cholerae*) s'attache dans la zone buccale et dans les sacs d'œufs des copépodes . De plus, ils sont impliqués d'une manière active au recyclage du carbone océanique (Hafrat et Toumi, 2022).

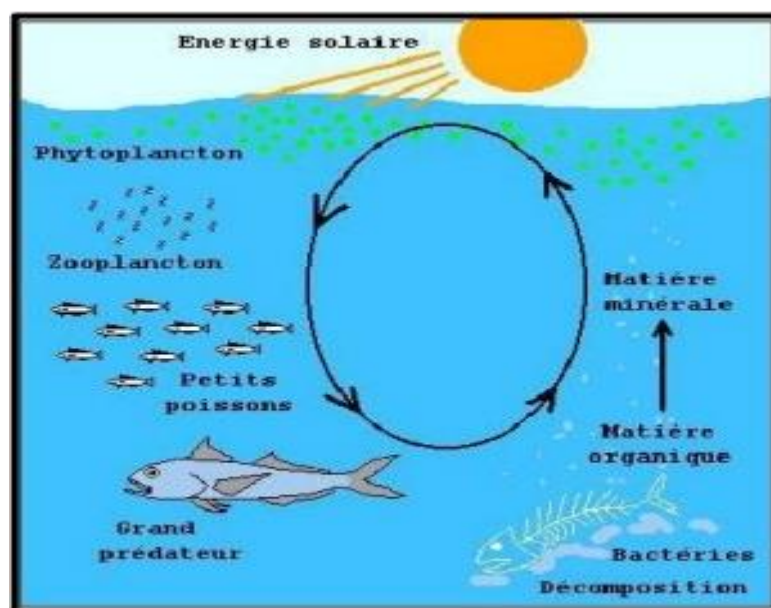


Figure 10 : La chaîne trophique du milieu marin
(Hafrat et Toumi, 2022).

4. Présentation des bactéries d'eau

En général les ressources hydriques telles que les lacs, des rivières, des fleuves, ainsi que les nappes phréatiques peu profondes, abrite trois types des bactéries : d'origine typiquement aquatique, d'origine tellurique liée au ruissellement des sols, des germes d'origine humaine ou animale en particulier de nature fécale (Meftahi et Mouhoub, 2020).

4.1. Les coliformes totaux

Le groupe des coliformes totaux comprend plusieurs espèces de la famille des Entérobactéries (Belmiloud et Galleze, 2020) ; Ils sont des bactéries bacillaires de type Gram négatif, asporulés, aéro-anaérobies facultatives, en capacité de proliférer sous l'action des sels biliaires ou d'autres substances aux propriétés comparables, capables de fermenter le lactose en produisant d'acide et de gaz en 48 heures à une température varie entre 30 et 37°C, test oxydase négatif. Les coliformes sont des indicateurs d'une contamination fécale dans l'eau (Azzem., Bounneche et Boussouf, 2003). Les principaux genres représentatifs de ce groupe : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia* (Belmiloud et Galleze, 2020).

4.2. Les coliformes fécaux

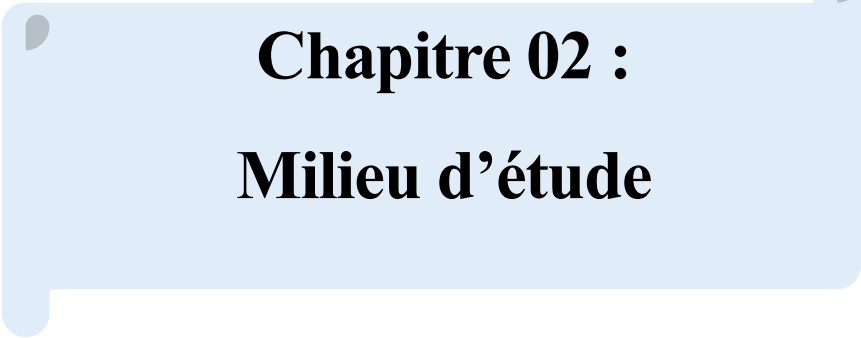
Les coliformes fécaux possédant des propriétés similaires que les coliformes totaux sont capables de se multiplier à 44 °C. Ils sont capables de produire l'indole à partir de tryptophane (Azzem., Bounneche et Boussouf, 2003), ils sont issus des matières fécales d'origine humaine et animale à sang chaude, l'espèce la plus couramment analysée *Escherichia coli* (*E. Coli*) (Thériault, 2013).

4.3. *Escherichia coli*

C'est une bactérie faisant partie de la flore intestinale humaine et animale (10^6 - 10^9 bactéries par gramme de selles). *E. Coli* présente une croissance entre 7 °C et 50 °C, la température appropriée est de 37°C. Certaines souches peuvent proliférer dans des milieux alimentaires acides avec une valeur de pH peuvent atteindre jusqu'à 4,4 (Belmiloud et Galleze, 2020).



Figure 11 : *Escherichia Coli* (Rodier, 2005).



Chapitre 02 :

Milieu d'étude

1. Historique du barrage Beni Bahdel

Le barrage de Beni Bahdel de la wilaya Tlemcen est le plus ancien barrage de la région (figure 13). Il est situé immédiatement en aval du confluent de la Tafna avec son important affluent de rive gauche, l'oued Khemis (Amicale, 2002). Sa construction a débuté en avril 1934 dans un but d'avoir une retenue d'eau avec lac artificiel pour irriguer la plaine de Maghnia (Abadie, 1994)

Il a été construit à l'aide de nombreux voûtes et contreforts sur une superficie de 365 hectares et une hauteur de 47 mètres. Tous les matériaux de construction et les machines proviennent de la gare de Sidi Medjahed via le téléphérique.

En 1935, le chantier s'est retrouvé isolé par la neige, mais les travaux ont pu être menés à terme grâce à un téléphérique qui a permis de transporter tout le matériel.

Entre 1938 et 1939, la construction du barrage fut achevée, mais la région d'Oran souffrait d'une pénurie d'eau malgré la présence de Ras El Aïn et de Misserghin. Il fut donc décidé de rehausser le barrage de 7 mètres, le portant à une hauteur de 54 mètres.

En 1939, ils trouvèrent une solution pour préserver la forme du barrage et empêcher son effondrement dû à l'ajout d'une nouvelle charge : ils engagèrent un ingénieur spécialisé dans les ponts et les routes, "Eugène Fresnier ", l'inventeur du " béton précontraint". Cet ingénieur a pu trouver une solution à ce problème en utilisant un système qu'il avait inventé précédemment, qui est un système des vérins plats par installation d'une batterie de vérin plat à la base de chacun des contreforts. Cela a permis de garantir que le barrage puisse supporter la charge accrue et la pression d'eau supplémentaire. En août 1952, l'eau courante arriva dans la ville d'Oran (Kaizen, 2021).

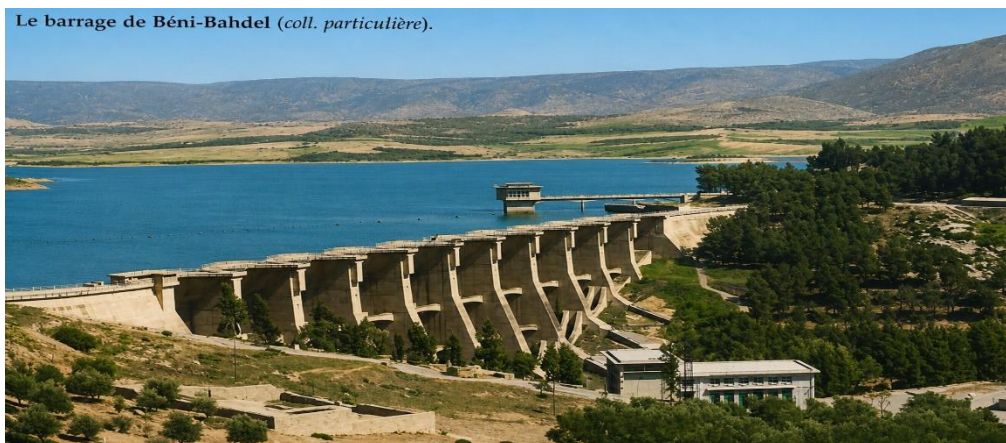


Figure 12 : Barrage de Beni Bahdel (Fernandez, 2003).

2. Situation géographique du barrage Beni Bahdel

Le barrage de Beni Bahdel est situé dans la wilaya de Tlemcen, plus précisément dans la daïra de Beni Snous, qui se trouve au sud-ouest de la ville, à 25 Km à vol d'oiseau et à 45 Km sur route. Le barrage est alimenté par deux oueds, la Tafna, qui vient de la grotte de Boumaaza, et oued Khemis, provient du sud-est de la commune de Beni Snous.

Les coordonnées géographiques du barrage approximatif sont de 34° 42' 42.70" au Nord et de 1° 30' 13.24" à l'Ouest (Structurae, 2001).

Le barrage de Beni Bahdel a été construit dans 3 buts, l'irrigation de la plaine Maghnia, AEP d'Oran (fournir l'eau potable à la wilaya d'Oran). Et production électrique mais cela ne fonctionne pas actuellement.

Le barrage de Beni Bahdel se compose de 03 digues en béton à voûtes multiples :

- **Digue principale** : c'est la structure principale et la plus importante. Haute de 55 mètres, elle se compose de 11 voûtes multiples soutenues par des contreforts. A sa crête, elle mesure 350 mètres de long.
- **Digue du col-nord** : La partie centrale d'ouvrage de 155 mètres de longueur. Elle est composée de 31 voûtes circulaires d'une épaisseur de 15cm. La digue mesure 15 mètres de hauteur et 221 mètres de longueur (Amicale, 2002).
- **Digue Évacuateur de crue** : La digue a une longueur de 451 mètres. Elle comporte 29 voûtes en rive gauche et 22 voûtes en rive droite. La hauteur maximum de la digue est de 15 mètres environ, plus 20 becs de canard au centre.

Les caractéristiques principales sont résumées dans le tableau suivant

Tableau 2 : Principales caractéristiques du barrage Beni Bahdel (direction du barrage).

Début des travaux de construction	1934
Fin des travaux de construction	1944
Superficie du bassin versant	1016 Km ²
Volume initial	60,640 Hm ³
Volume actuel	51,899 Hm ³
Superficie du barrage	356 hectares
Mis en eau	1949
Taux d'envasement	14,19%



Figure 13 : Croquis du barrage Beni Bahdel (Mode IA).

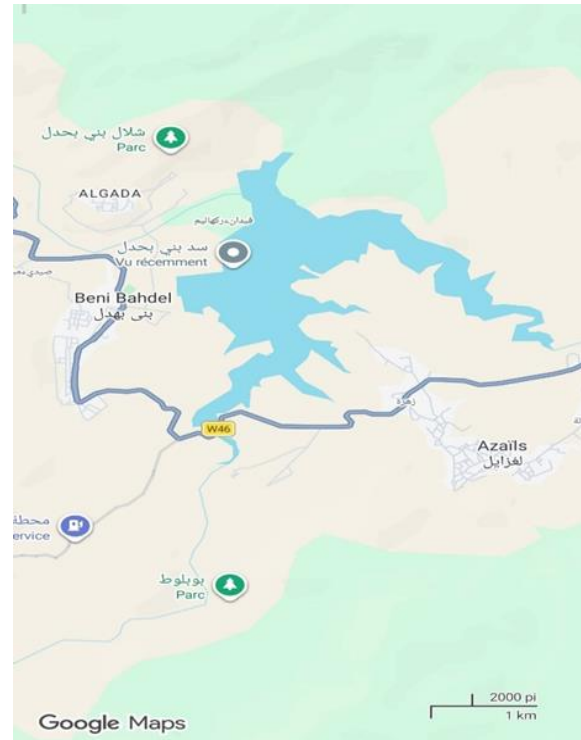


Figure 14 : Localisation du barrage Beni Bahdel (google maps 2026).



Photo réelle 2 : La digue principale du barrage Beni Bahdel.



Photo réelle 3 : La digue col-nord du barrage Beni Bahdel.



Photo réelle 1 : La digue Evacuateur de crue du barrage Beni Bahdel.

3. Etude climatique

3.1. Température

Le tableau 3 ci-dessous représente les moyennes mensuelles des températures (T) ainsi que les températures maximales (TM) et minimales (Tm) pour les dix ans (2014-2024) de la wilaya de Tlemcen.

Tableau 3 : Les moyennes mensuelles des températures (T)et température maximale (TM)et minimale (Tm) pour les dernières dix ans (2014-2024) de la wilaya de Tlemcen.

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
T (°C)	10,80	12,23	14,11	16,44	20,02	23,25	27,04	27,11	23,75	20,12	15,25	12,19
TM(°C)	17,42	18,73	20,77	23,01	26,85	29,85	34,08	34,35	30,66	27,60	22,03	18,84
Tm(°C)	5,39	6,75	8,06	10,32	13,14	16,65	20,00	20,77	17,97	13,97	9,66	6,98

La température moyenne mensuelle la plus élevée est enregistrée au mois d'août avec une valeur de 27,11°C. Cependant, le mois de janvier est caractérisé par des valeurs de température très basses avec une moyenne de 10,80°C.

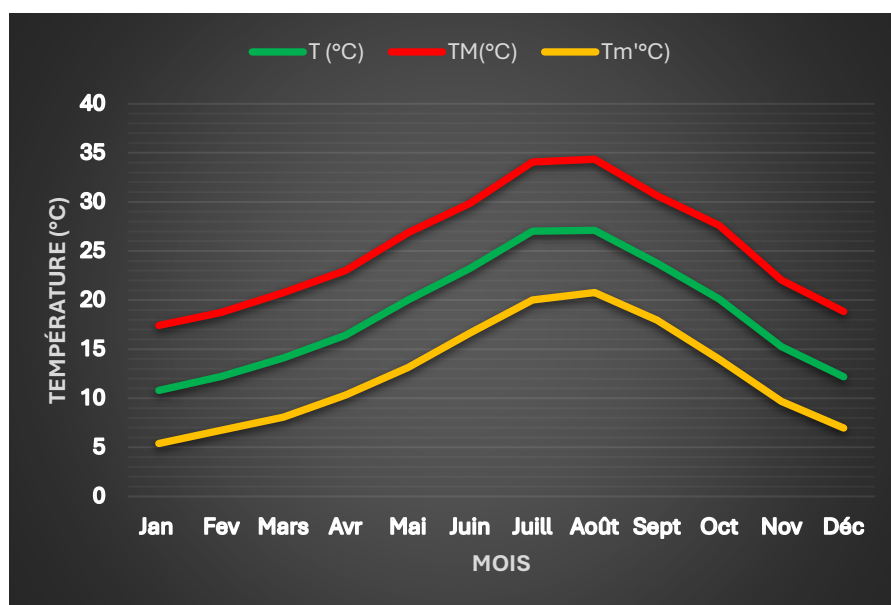


Figure 15 : Variation des températures moyennes, maximales et minimales de la wilaya de Tlemcen (2014-2024).

3.2. Précipitations

La répartition spatiale des précipitations annuelles moyennes varie en fonction des paramètres locaux propres à chaque région, parmi lesquels l'exposition, l'altitude et l'orientation (Seltzer, 1946).

Le tableau 4 ci-dessous illustre les moyennes des précipitations des dix ans (2014-2024) de la wilaya de Tlemcen.

Tableau 4 : Les moyennes des précipitations des dix dernières années (2014-2024) de la wilaya de Tlemcen.

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
PP (mm)	43,23	27,01	28,05	31,04	17,44	5,13	0,85	1,62	8,22	19,25	22,97	26,83

Les précipitations maximales sont relevées au mois de janvier avec une valeur de 43,23 mm constituant ainsi le mois le plus humide. Tandis que le mois le plus sec est juillet avec 0,85 mm de précipitations.

3.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)

Le diagramme ombrothermique est un graphique utilisé en climatologie pour la comparaison entre les précipitations et les températures moyennes d'une région. Le but du diagramme est de repérer les mois sèches et humides.

La figure (16) représente le diagramme ombrothermique durant la période (2014-2024) de la wilaya de Tlemcen.

D'après le diagramme ombrothermique la période de sécheresse s'étend de mars jusqu'à la fin de novembre. La période humide s'étend de décembre jusqu'à février.

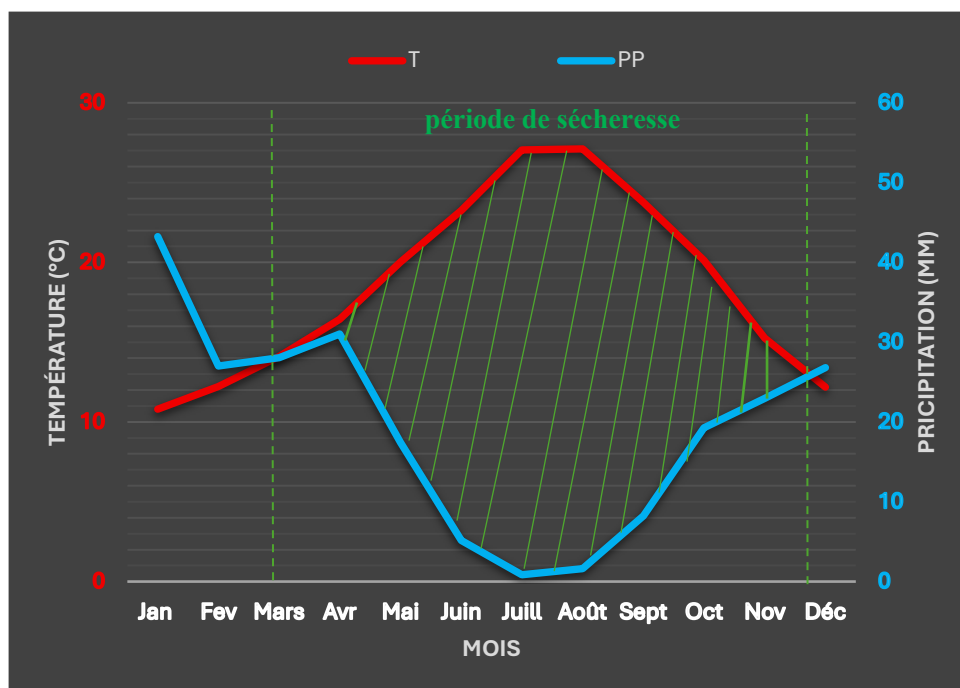


Figure 16 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (wilaya de Tlemcen (2014-2024)).

3.4. Le quotient pluviothermique Q_2 et climagramme d'EMBERGER

Le quotient pluviothermique d'Emberger Q_2 sert à mesurer l'humidité ou l'aridité d'un climat. La formule de Q_2 est :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

P : précipitations annuelles (mm)

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (Kelvin)

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid (Kelvin)

$$K = ^\circ C + 273$$

Tableau 5 : Calcule de Q_2 de la wilaya de Tlemcen.

Wilaya	P(mm)	M(K)	m(K)	Q_2
Tlemcen	231,64	307,35	278,39	27,31

D'après les résultats de Q_2 , nous concluons que l'état de Tlemcen est situé sur un étage bioclimatique semi-aride avec un hiver doux (figure 17).

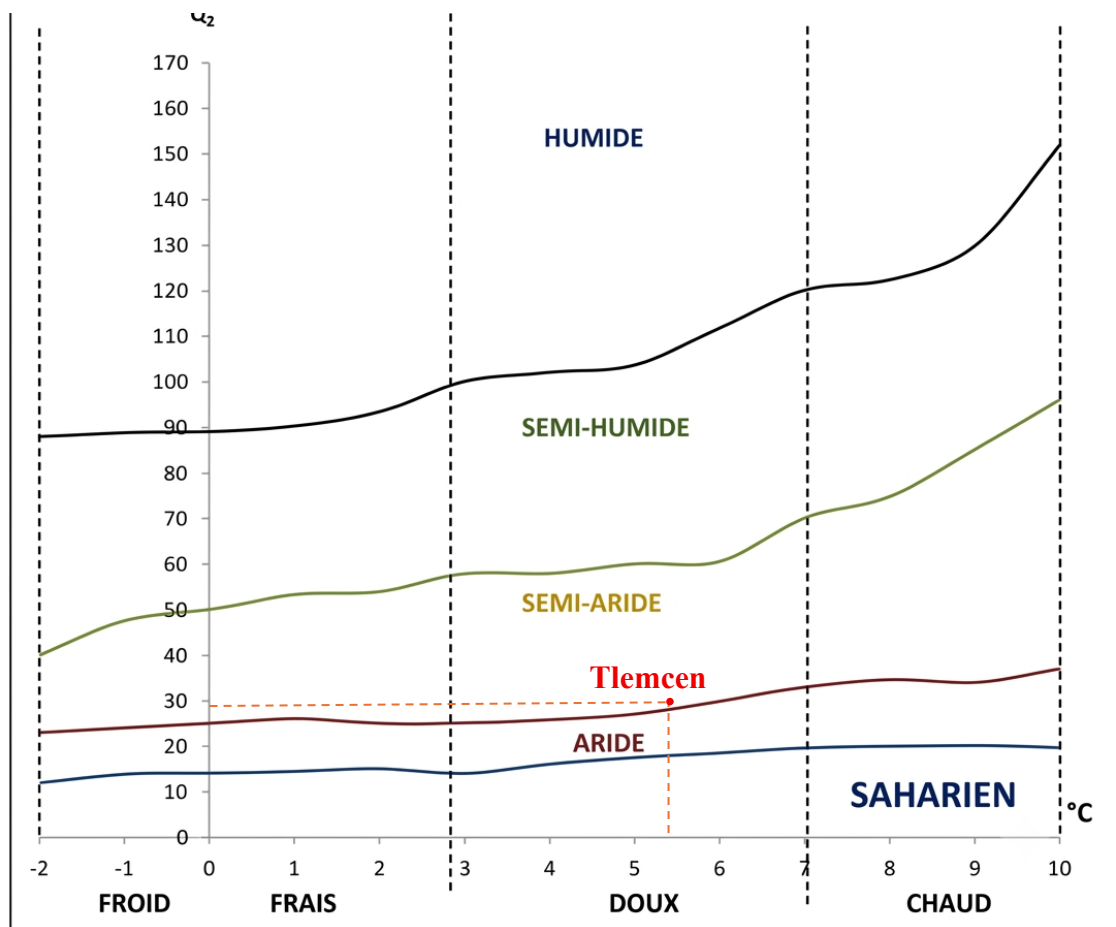
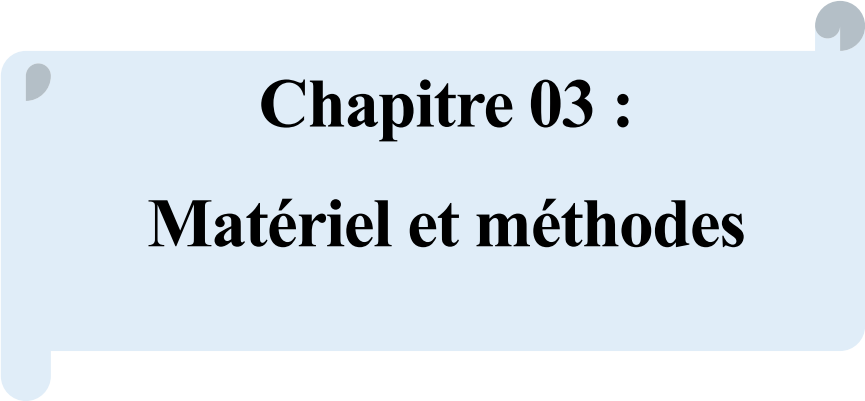


Figure 17 : Climatogramme d'Emberger-Stewart de la wilaya de Tlemcen (2014-2024).



Chapitre 03 : Matériel et méthodes

1. Présentation des stations de prélèvement

Durant notre étude, 3 sites ont été choisis au niveau du barrage de Beni Bahdel à savoir une située au niveau de la digue principale, la 2 située au niveau de la digue du col-nord et la 3 se trouvant près de la digue Evacuateur de crue (figure 18).

Ces trois sites ont été choisis pour leur accessibilité. L'eau y était trouble et contenait beaucoup de débris plastiques.

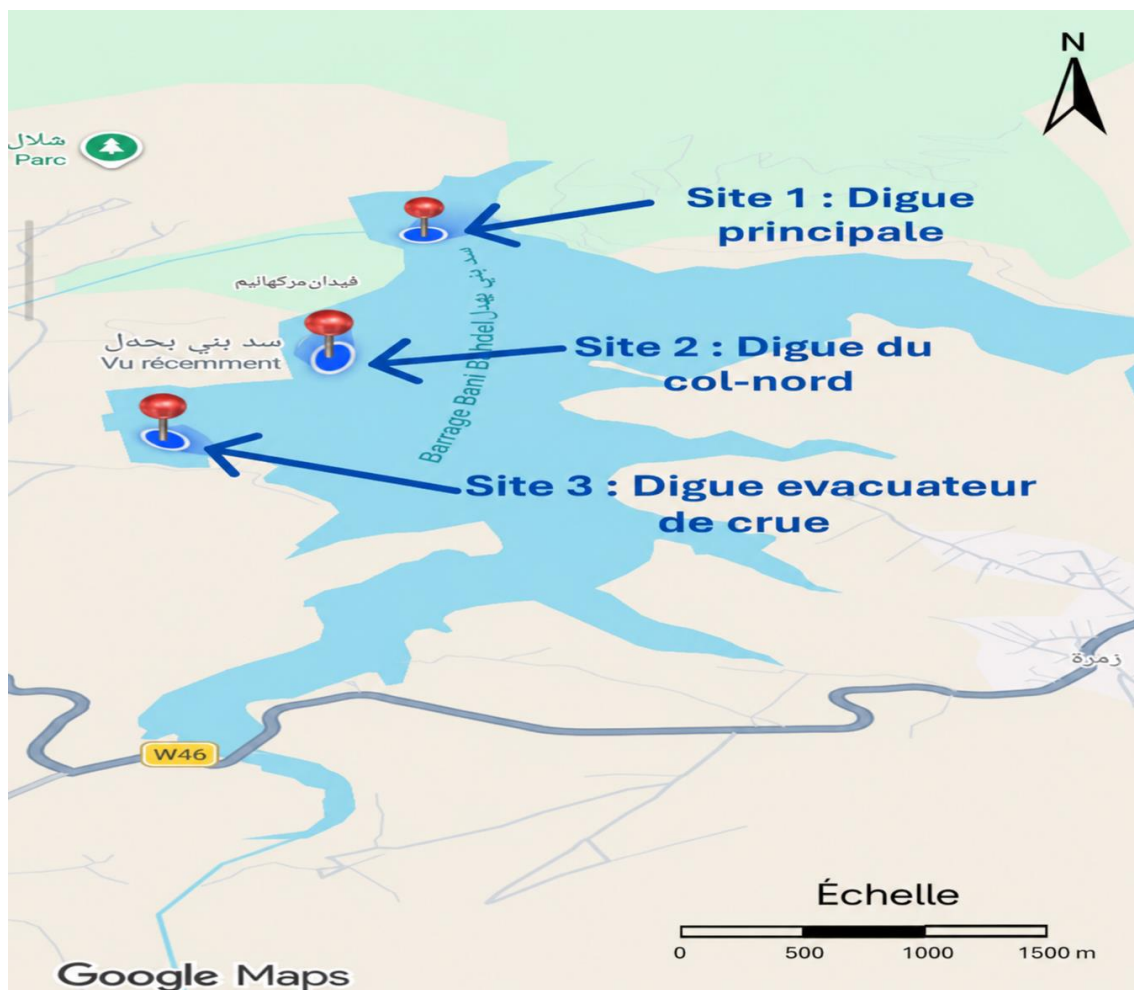


Figure 18 : Localisation des trois sites de prélèvement (google maps 2026).



Photo réelle 4 : Site 1.



Photo réelle 5 : Site 2.



Photo réelle 6 : Site 3.

2. Echantillonnage

Trois sorties sur le terrain ont été programmées pour effectuer les prélèvements (Tableau 6)

Tableau 6 : Les dates de prélèvement.

	Première prélèvement	Deuxième prélèvement	Troisième prélèvement
La date	07 Avril 2026	04 Mai 2026	01 Juin 2026

2.1. Matériel d'échantillonnage

Pour les analyses physico-chimiques, des flacons en verre de 200 ml ont été utilisés.

Pour les copépodes, des boîtes en plastique, le filet planctonique et l'éthanol à 70% ont été utilisés.

Pour les analyses bactériologiques, des flacons stériles de 200 ml ont été employés pour la collecte des échantillons.



Photo réelle 7 : Flacon en verre.



Photo réelle 8 : Filet planctonique

2.2. Technique d'échantillonnage

Pour les paramètres physico-chimiques, le flacon en verre a été ouvert et rempli par l'eau du barrage. Une fois plein, il a été fermé et étiqueté.

Pour le prélèvement des copépodes, un filet planctonique a été placé dans le sens du courant d'eau. Le matériel retenu dans le filet est transféré immédiatement dans des bocaux étiquetés auxquels est ajouté de l'éthanol 70%.

Pour les bactéries, les flacons stérilisés ont été immergés dans une eau stagnante à partir de 20 à 40 cm, une fois qu'ils étaient remplis d'eau, ils ont été immédiatement refermer toujours en étant immergés.

2.3. Conservation des échantillons

Tous les prélèvements ont été conservés dans une glacière durant tout le trajet et transportés au laboratoire pour être placés dans un réfrigérateur à 4°C.

3. Méthodes d'étude :

3.1. Les paramètres physico-chimiques

Les analyses des paramètres physico-chimiques pour les trois sites ont été effectués au laboratoire de recherche « VALORISATION DES ACTIONS DE L'HOMME POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET APPLICATION EN SANTÉ PUBLIQUE » avec l'aide de l'ingénieur du laboratoire Mr. BENMOUSSAT Benali.

3.1.1 Potentiel d'hydrogène pH

Le pH est un indicateur de la qualité de l'eau. Il permet de mesurer l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. La quantification du pH lié à la concentration des ions hydrogènes (H^+ ou H_3O^+). Le pH joue un rôle principal dans les processus biologiques qui exigent des limites très étroites de pH (Zeddouri, 2003). Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons (Rodier et al, 2009).

➤ Matériel

- _ pH-mètre de paillasse ;
- _ Flacon de 200ml ;
- _ L'eau distillé ;
- _ L'eau du barrage ;

➤ **Méthode de travail**

- _ Rincez l'électrode avec de l'eau distillée ;
- _ Plongez l'électrode en verre dans le flacon ;
- _ Attendez quelques secondes que le résultat s'affiche ;
- _ Transcrire le résultat affiché du pH ;
- _ Répétez le processus dans les trois sites ;



Photo réelle 9 : pH-mètre

ADWA AD1030.

3.1.2 La conductivité électrique CE

La conductivité est l'aptitude de l'eau qui permet la circulation du courant électrique. L'unité de conductivité qui s'exprime en Siemens par mètre (S/m), mais en pratique on utilise $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microsiemens par centimètre). La conductivité électrique permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée. (Rodier et al, 2005).

➤ **Matériel**

- _ L'eau à traiter ;
- _ Multiparamètre portable ;
- _ Flacon de 200 ml ;
- _ L'eau distillé ;

➤ **Méthode de travail**

- _ Rincez l'électrode avec de l'eau distillée ;
- _ Plongez l'électrode dans le flacon ;
- _ L'appareil affiche les résultats de CE ;
- _ Notez les résultats ;



Photo réelle 10 :

**Multiparamètre (multi 340i
WTW).**

3.1.3 La salinité

La salinité désigne la quantification de sels dissous (chlorure de sodium NaCl, aussi du magnésium, du calcium et du sulfate) dans un volume d'eau. Toute modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peut présenter un impact sur les biotopes aquatiques concernés (Ramade, 2011).

3.1.4 Oxygène dissous O₂

L'oxygène dissous est la concentration d'oxygène gazeux (O₂) qui est mélangée dans un volume donné d'eau. C'est un paramètre essentiel et indispensable pour tous les organismes aquatiques, parce que cela leur permet de respirer. Il est formulé en mg/l et se mesure par le système de WINKLER basée sur la fixation chimique de l'oxygène et son dosage colorimétrique ou par une sonde à (Oxymètre) (Rodier, 2009). Aussi, on peut mesurer le pourcentage de saturation. La quantité d'oxygène dans l'eau change par : la température, la pression, la salinité et les processus biologiques.

➤ Matériel

- _ L'eau à traiter ;
- _ Flacon 200 ml ;
- _ L'eau distillé ;
- _ Multiparamètre ;

➤ Méthode de travail

- _ Rincez la sonde par l'eau distillé ;
- _ Plongez la sonde dans l'échantillon et attendre la stabilisation de l'appareil ;
- _ L'appareil affiche le résultat en % (saturation) ou en mg/l ;
- _ Répétez le processus dans les trois sites ;

3.1.5 La turbidité

La turbidité caractérise la teneur d'un fluide trouble (moins transparente), provoqué par la présence des particules en suspension (micro-organismes pathogènes, matières organiques, les particules argilo-humiques). La détermination de la turbidité se mesure par néphélométrie. C'est la mesure de la lumière diffusée à 90° par un faisceau qui traverse l'échantillon d'eau. Elle formulé en unité de turbidité néphélométrique (UNT). (Olivier, 2020).

➤ **Matériel**

- _ L'eau à traiter ;
- _ Cuvette en verre ;
- _ L'eau distillé ;
- _ Photometer (wagtech 7100) ;

➤ **Méthode de travail**

- _ Choisir le paramètre à analyser dans l'appareil ;
- _ Ajoutez l'eau distillé dans une cuvette pour un test blanc ;
- _ Remplir 10 ml d'eau à traiter dans une autre cuvette ;
- _ Placez dans le photomètre et cliquer sur « OK » ;
- _ L'appareil affiche le résultat en FTU ;
- _ Répétez le même processus aux trois sites ;



**Photo réelle 11 : Photomètre
(wagtech 7100).**

3.1.6 Les nitrites NO_2^-

Les nitrites correspondent des éléments intermédiaires dans le cycle de l'azote, se positionnant entre l'ammoniac (ou l'ammonium) et les nitrates. Des concentrations augmentées en nitrites témoignent généralement de la présence de matières toxiques (De Villers et al, 2005). De plus, les nitrites sont nuisibles pour les organismes aquatiques, car ils réduisent l'aptitude du sang à transporter l'oxygène, ce qui peut causer une asphyxie.

➤ **Matériel**

- _ L'eau à traiter ;
- _ Tube de 10 ml ;
- _ Pastille nitricol ;
- _ Photomètre ;

➤ **Méthode de travail**

- _ Choisir le paramètre à analyser dans l'appareil ;
- _ Remplir 10 ml de l'échantillon ;
- _ Ajoutez une pastille « Nitricol », écraser et remuer pour dissoudre ;
- _ Attendez 10 minutes pour le développement de la couleur « rose » ;
- _ Placez le tube dans le photomètre ;
- _ Lire le résultat ;

3.1.7 Les nitrates NO_3^-

Les nitrates sont des indicateurs importants de pollution agricole et domestique. Ils constituent une forme oxydée de l'azote (perdu des électrons), et qui est vital à la croissance végétale. Cependant, des concentrations trop élevées des nitrates favorise l'eutrophisation, perturbe l'équilibre écologique et peut causer un danger potentiel pour la santé humaine. D'après l'OMS, Les nitrates sont l'une des formes les plus mobiles de l'azote dans l'environnement aquatique.

➤ Matériel

- _ L'eau à traiter ;
- _ Cuvette en verre ;
- _ Pipette ;
- _ Photomètre multiparamètres ;
- _ Poudre réactive **HI 93728-0** ;

➤ Méthode de travail

- _ Sélectionnez la méthode des nitrates ;
- _ Par une pipette, remplissez la cuvette avec 6 ml d'échantillon ;
- _ Placez la cuvette dans l'appareil ;
- _ Appuyez sur la touche « Zéro », pour l'appareil soit prêt à être mesuré ;
- _ Retirez la cuvette et ajoutez le sachet de réactif HI 93728-0 ;
- _ Agitez-la immédiatement pendant 10 second ;
- _ Appuyez sur « Timer », attendez 4minutes et 30 second, puis appuyez sur « Read » ;
- _ L'appareil affiche les résultats en mg/l de nitrate ;

3.1.8 Les phosphates PO_4^{3-}

Dans les milieux aquatiques, phosphates sont des sels d'acide phosphorique (des nutriments). Ils proviennent naturellement de la composition de la matière organique. Actuellement la présence des phosphates dans l'eau n'est pas naturelle, elle provient des eaux usées, des engrais agricoles, de l'industrie chimique, des détergents domestiques (Bremond et Vuichard, 1973). Des niveaux élevés de phosphate dans l'eau présentent un risque d'eutrophisation, entraînant la prolifération d'algues et par conséquent, une dégradation du milieu aquatique.

➤ **Matériel**

- _ L'eau à traiter ;
- _ Cuvette en verre ;
- _ Poudre réactive **HI 93713-0** ;
- _ Photomètre multiparamètres ;

➤ **Méthode de travail**

- _ Sélectionnez la méthode Phosphate LR ;
- _ Remplissez la cuvette avec 10 ml d'échantillon et placer dans l'appareil ;
- _ Appuyez sur « Zéro », pour l'appareil soit prêt à être mesuré ;
- _ Retirez la cuvette, ajoutez la poudre réactive et agitez doucement pendant 2minutes (couleur bleu) ;
- _ Réinsérez la cuvette dans l'appareil ;
- _ Attendez 3 minutes et le résultat s'affiche en mg/l ;

3.1.9 Le chlore libre

Le chlore libre présente dans l'eau sous la forme d'acide hypochloreux (HOCl) et d'ion hypochlorite (OCl). Il est utilisé pour désinfecter l'eau afin d'éliminer les virus et les bactéries. Le chlore réagit par quelques composés minéraux (fer, manganèse, nitrites, bromures, sulfures...), ainsi que sur la présence de la matière organique (Rodier et al, 2009).

➤ **Matériel**

- _ L'eau à traiter ;
- _ Cuvette en verre ;
- _ Photomètre multiparamètres ;
- _ Chlore libre réactive **HI 93701-0** ;

➤ **Méthode de travail**

- _ Sélectionnez la méthode chlore libre dans l'appareil ;
- _ Remplissez la cuvette avec 10 ml d'échantillon et placer dans l'appareil ;
- _ Retirez la cuvette, ajoutez la poudre réactive **HI 93701-0** et agitez la cuvette ;
- _ Appuyez sur « Read » ;
- _ Le résultat s'affiche en mg/l ;



**Photo réelle 12 : Photomètre multiparamètres HI 83099
COD.**

3.1.10 La demande chimique en oxygène DCO

La DCO est un paramètre important pour un traitement des eaux, il est déterminé par la quantité d'oxygène pour une oxydation chimique des matières minérales et organiques. Unité de la DCO exprimé généralement en mg/l d'oxygène (Rodier, 2009). La DCO augmente quand la concentration des polluants organiques et chimiques est forte.

➤ **Matériel**

- _ L'eau à traiter ;
- _ L'eau distillé ;
- _ Micropipette ;
- _ Tube réactif **COD B** ;
- _ Banc de photomètre multiparamètres ;
- _ Thermoréacteur ;

➤ **Méthode de travail**

- _ Prenez quatre tubes réactif **COD B** ;
- _ Ajoutez à l'aide d'une micropipette 2 ml d'eau distillé dans un tube et 2 ml d'échantillon de chaque station dans les autres tubes ;
- _ Mélangez chaque tube (les tubes très chauds) ;
- _ Insérez les tubes dans le Thermoréacteur et laissez chauffer pendant 2 heures à 150°C ;
- _ Après 2 heures, sortez les tubes, mélangez et laissez refroidir ;
- _ Sélectionnez le programme DCO dans le photomètre multiparamètres ;
- _ Placez le tube d'eau distillé en premier pour un test blanc ;
- _ Placez les autres tubes et lire les résultats ;



Photo réelle 13 :
Thermoréacteur.



Photo réelle 14 : Banc de photomètre
multiparamètres.

Tableau 7 : Normes Algériennes et OMS (2003) des paramètres physico chimiques pour l'eau potable.

Paramètre Physico-chimique	Normes algériennes	Normes OMS
Température (°C)	<5	<25
pH	>6,5 et < 9	>6,5 et < 9,5
Conductivité (µs/cm)	<2800	<2100
Turbidité (NTU)	<2	<2,5
Nitrite NO ₂ ⁻ (mg/l)	<0,1	<0,1
Nitrate NO ₃ ⁻ (mg/l)	<50	<50
Phosphate PO ₄ ³⁻ (mg/l)	<0,5	<0,5

3.2. Les copépodes

Le matériel utilisé est : L'eau avec de l'éthanol à 70%, loupe binoculaire, microscope, pinces souples et dure, boîtes de pétri en verre, tubes plastiques.



Photo réelle 15 : Une loupe.



Photo réelle 16 : Plats de pétri en verre.



Photo réelle 17 : Le logiciel Leica Application Suite (LAS).



Photo réelle 18 : Microscope.

➤ Méthode de travail

Les copépodes ont été observé sous la loupe. Par la suite, ils ont été placés dans un tube en plastique préalablement rempli d'éthanol 70%.

Le logiciel Leica Application Suite (LAS), qui sert à contrôler la loupe et à capturer des images des copépodes, a été utilisé. Ceci a facilité l'identification du type de copépode présente au barrage Beni Bahdel de manière professionnelle et très précise.

3.3. Analyses bactériologiques

➤ **Le matériel utilisé est :**

- | | |
|------------------------|--|
| _ L'eau à traité ; | _ Bec bunsen ; |
| _ Des flacons ; | _ Agitateur ; |
| _ Bécher ; | _ Seraing ; |
| _ Eau distillée ; | _ Incubateur ; |
| _ Balance ; | _ Autoclave ; |
| _ Des tubes à vis ; | _ Bouillon bilié lactosé au pourpre de |
| _ Cloches du Durham ; | bromocrésol ; |
| _ Barreau magnétique ; | |
| _ Milieu de Schubert ; | |

3.3.1 La recherche des coliformes totaux et fécaux par la méthode NPP (le nombre le plus probable)

3.3.1.1 La recherche des coliformes totaux

Le milieu BCPL (bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol) est utilisé comme milieu présumptif pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux

▪ **Double concentré (D/C)**

On a versé 300 ml d'eau distillée dans un bécher en verre et ajouté simultanément 7,8 g du bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol. Puis le mélange a été agité avec un barreau magnétique.

Trois flacons ont été remplis avec 50 ml du milieu (un flacon pour chaque site) et cinq tubes à essais avec 10 ml du milieu (cinq tubes pour chaque site), ensuite une cloche de Durham a été insérée dans chaque tube et flacon pour détecter la production de gaz.

▪ **Simple concentré (S/C)**

Dans un bécher, 150 ml d'eau distillée ont été mélangés à 1,95 g du milieu bilié lactosé au pourpre de bromocrésol, et le mélange a été agité à l'aide d'un agitateur magnétique.

Une fois le milieu mélangé, cinq tubes à essais de 10 ml ont été remplis avec ce mélange pour chaque site et une cloche de Durham a été insérée dans chaque tube.



Photo réelle 19 : Le milieu bouillon bilié lactosé au pourpre de bromocrésol dans les flacons et les tube doubles et simples concentrés.

- **Stérilisation**

Les flacons et les tubes ont été stérilisés dans autoclave à 121°C pendant 20 minutes.

- **Le test présomptif**

Ce test est utilisé pour la détection des coliformes totaux

Tout d'abord le plan de travail a été stérilisé à l'aide de becs bunsen afin d'éviter toutes les contaminations. Ensuite, les flacons et les tubes remplis du milieu BCPL stérilisées et légèrement refroidie, ont étéensemencé 50 ml d'eau à traiter dans chaque flacon (pour chaque site) et 10 ml d'eau à traiter dans chaque tube à double concentration (cinq tubes pour chaque site).

De même, ont étéensemencé 1 ml d'eau à traiter dans cinq tubes à simple concentration (pour chaque site).

Avant incubation, tout gaz présent dans les cloches de Durham a été dégagé.

- **Incubation**

Les flacons et les tubes ont été incubés dans un incubateur à 37°C pendant 24 à 48 heures.

- **La lecture de test des coliformes totaux**

Les résultats sont positifs si les flacons et les tubes présentent les caractéristiques suivantes :

- _ Dégagement de gaz (supérieur à 1/10 de la hauteur de la cloche)
- _ Virage de couleur vers le jaune (indiquant la fermentation du lactose)

La lecture finale se fait selon la table de Mac Grady par l'utilisation de NPP (Nombre le Plus Probable)

3.3.1.2 La recherche des coliformes fécaux thermorésistants

Le milieu utilisé est milieu Schubert, pour confirmer l'identification des coliformes fécales, notamment E. coli

- **Double concentré (D/C)**

300 ml d'eau distillée a été versés dans un bécher dans lequel 18,9 g du milieu Schubert a été ajouté. Le mélange a été agité avec un barreau magnétique jusqu'à l'ébullition.

Trois flacons et cinq tubes sont utilisés pour chaque site. Les flacons sont remplis avec 50 ml et les tubes avec 10 ml du milieu Schubert. Une cloche de Durham a été placée dans chaque tube et flacon.

- **Simple concentré (S/C)**

Dans un bécher, ont été mélangés 1,95 g du milieu Schubert et 150ml d'eau distillée. Le mélange a été agité jusqu'à l'ébullition à l'aide d'un agitateur.

Après ébullition, le mélange obtenu est réparti dans des tubes de 10 ml pour chaque site. Une cloche du Durham a été placée dans chaque tube.

- **Stérilisation**

Les tubes et les flacons ont été stérilisés à une température de 121°C pendant 20 minutes.

- **Test de confirmation**

Après la stérilisation, un tube positif du coliformes totaux a été pris dans chaque site. Puis, quelques gouttes de leur contenu ont été ajoutées dans le milieu de Schubert.

- **Incubation**

Les flacons et les tubes ont été placés dans l'incubateur à 44°C pendant 24 heures.

▪ **La lecture de test des coliformes fécaux**

Après 24 heures d'incubation, les tubes et les flacons ont été inspectés afin de vérifier s'il y a un dégagement gazeux qui dépasse 1/10 de la hauteur de la cloche du Durham et un trouble du milieu.

Si le test est considéré comme positif on peut faire le test *E. coli*.

3.3.1.3 La recherche des coliformes fécaux thermorésistants type *E. coli*

Le milieu utilisé est l'eau peptonée pour la mise en évidence de la production d'indole. Il s'agit de la dernière étape d'une série de tests visant à détecter les bactéries, plus précisément *E. coli*. Ce test détermine si les bactéries sont capables de dégrader l'acide aminé tryptophane présent dans le milieu et de produire de l'indole.

Un gramme de tryptone et 0,5 g de sel ont été pesés et placés dans 100 ml d'eau distillée et mélangés à 121°C avec un agitateur, puis répartie dans des tubes à essai et stérilisés pendant 20 minutes.

Ensuite, ont été ajoutés des gouttes de milieu positif des coliformes fécaux et incubés à 37°C pendant 24 heures.

Après l'incubation, 2 à 3 gouttes ont été ajoutées de réactif de Kovacs dans chaque tube. Si une coloration rouge apparaît dans les tubes, cela indique que les bactéries produisent de l'indole (test positif), ce qui signifie la présence d'*E. coli*.

La lecture finale s'effectue selon les prescriptions de la table de Mac Gragy (Annexe 8).

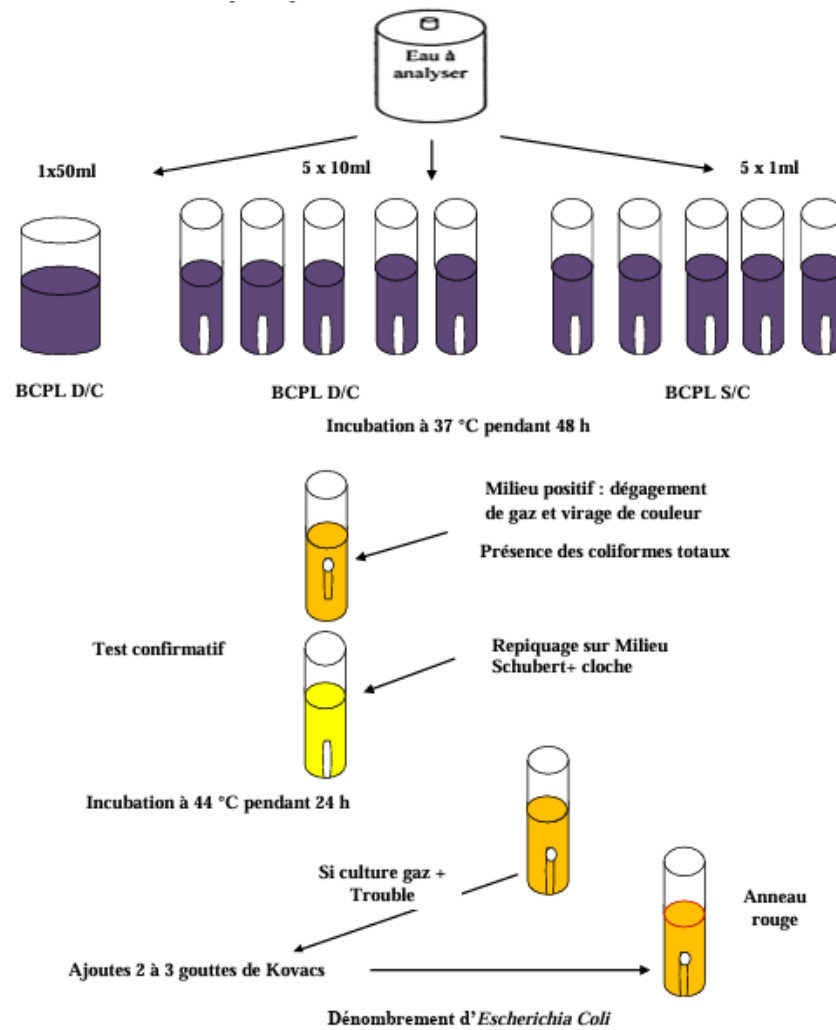
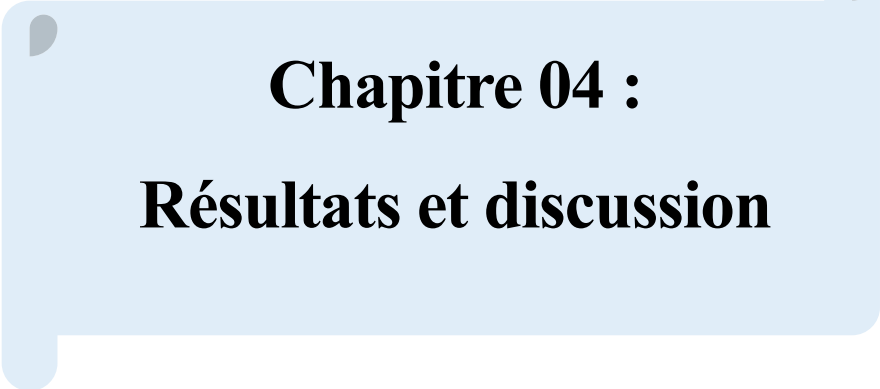


Figure 19 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux (Boucherit et Hakimi, 2016).



Chapitre 04 :

Résultats et discussion

1. Les paramètres physico-chimiques

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques de barrage Beni Bahdel obtenus selon la méthode de travail décrite dans le (chapitre 3), sont rapportés et organisés dans le tableau (annexe 6) qui présente les résultats physico-chimiques des trois stations de barrage et ils sont faits systématiquement une fois chaque mois pendant 3 mois.

L'eau du barrage Beni Bahdel ont été traitées pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Les résultats obtenus sont traités par une analyse descriptive (moyenne et écart-type) à l'aide d'un logiciel EXCEL (annexe 7). Leurs discussions et interprétations illustrés comme suit :

- _ Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques aux trois sites globalement acceptables, mais on observe des signes de pollution organique et nutritive.
- _ L'analyse des écarts types démontre une stabilité des paramètres tels que le pH, la salinité et les nitrites, reflétant un équilibre physico-chimique dans le milieu. En revanche, les nitrates, la turbidité et la DCO présentent une plus grande variabilité, indiquant des apports de polluants et une influence humaine.
- _ Globalement, les analyses physico-chimiques indiquent que l'eau du barrage est légèrement basique mais proche de neutralité, la salinité presque nulle (eau douce), la conductivité électrique montre une minéralisation modérée et la valeur de turbidité indique une eau légèrement trouble. Cependant, on observe une augmentation de nitrates dans le site 3. Les concentrations en nitrites sont instables et dépassent la valeur recommandée par l'OMS ($<0,1$ mg/l), ce qui traduit une pollution récente, les valeurs des phosphates sont relativement élevées favorisant l'eutrophisation surtout dans le site 2 et les valeurs des DCO indiquent une pollution organique liée à des rejets agricoles et domestiques.



Photo réelle 20 : Résultat d'analyse des phosphates.



Photo réelle 21 : Résultat des nitrates.

2. Les copépodes

Sortie 1

Le site 1 présente la plus forte abondance de copépodes. La présence importante de nauplius et copépodites de Cyclopoïdes et Calanoïdes, indique une forte activité reproductive et des conditions favorables à leur croissance. Ceci suggère une abondance de ressources alimentaires et un environnement propice au développement des organismes aquatiques.

Les sites 2 et 3 abritent des groupes de copépodes similaires, mais avec un plus faible nombre. Cette diminution pourrait être liée à des changements des conditions environnementales, tels que la qualité de l'eau, la disponibilité alimentaire ou les paramètres physico-chimiques.

Concernant les daphnies, leur abondance diminue du site 1 à le site 2, puis le site 3. Cette distribution confirme que le site 1 offre des conditions plus favorables à la croissance des cladocères, tandis que les sites 2 et 3 semblent moins propices à leur reproduction.

Sortie 2

Les Cyclopoïdes étaient plus abondants que les Calanoïdes au niveau des trois sites. Le plus grand nombre de mâles a été enregistré dans le site 1, avec environ 35 femelles Cyclopoïdes et 15 femelles Calanoïdes. Les Daphnies y étaient présentes avec environ 30 individus.

Au site 2, les mâles étaient moins abondants par rapport à le site 1, tandis que les femelles étaient plus nombreuses

Le site 3 a présenté des effectifs mâles proches de ceux du site 1 et des effectifs femelles similaires à ceux du site 2.

Les Daphnies étaient observées en quantités comparables dans les sites 2 et 3. De plus, la présence de quelques œufs de résistance dans deux sites indique une stratégie de survie face à des conditions environnementales moins favorables.

Sortie 3

Le site 1 a présenté environ 60 Cyclopoïdes, 50 Calanoïdes et 30 daphnies. Quelques œufs de résistance y ont également été observés.

Aux sites 2 et 3, les populations de copépodes étaient plus faibles, avec moins de femelles Cyclopoïdes et un nombre similaire de mâles Cyclopoïdes et Calanoïdes (environ 30). Les Daphnies étaient moins abondantes

En revanche, un grand nombre d'œufs de résistances ont été observés aux sites 2 et 3. Ce nombre pourrait refléter des conditions environnementales moins favorables, incitant les organismes, notamment les daphnies, à développer des stratégies de survie.

Tableau 8 : Résultats des copépodes.

		Sortie 1			Sortie 2			Sortie 3		
		Site 1	Site 2	Site 3	Site 1	Site 2	Site 3	Site 1	Site 2	Site 3
Cyclopoïdes	Mâle	≈150 nauplius + copépodites	≈70 nauplius + copépodites	≈50 nauplius + copépodites	≈300	≈90	≈200	≈60	≈20	≈30
	Femelle				≈35	≈45	≈40		≈5	≈5
Calanoïdes	Mâle	≈ 100 nauplius + copépodites	≈50 nauplius + copépodites	≈40 nauplius + copépodites	≈200	≈70	≈150	≈50	≈30	≈30
	Femelle				≈15	≈20	≈20			
Daphnies		≈150	≈80	≈40	≈30	≈20	≈25	≈30	≈10	≈20
Œufs de résistance		/	/	/	/	≈5	≈2	≈5	≈35	≈10

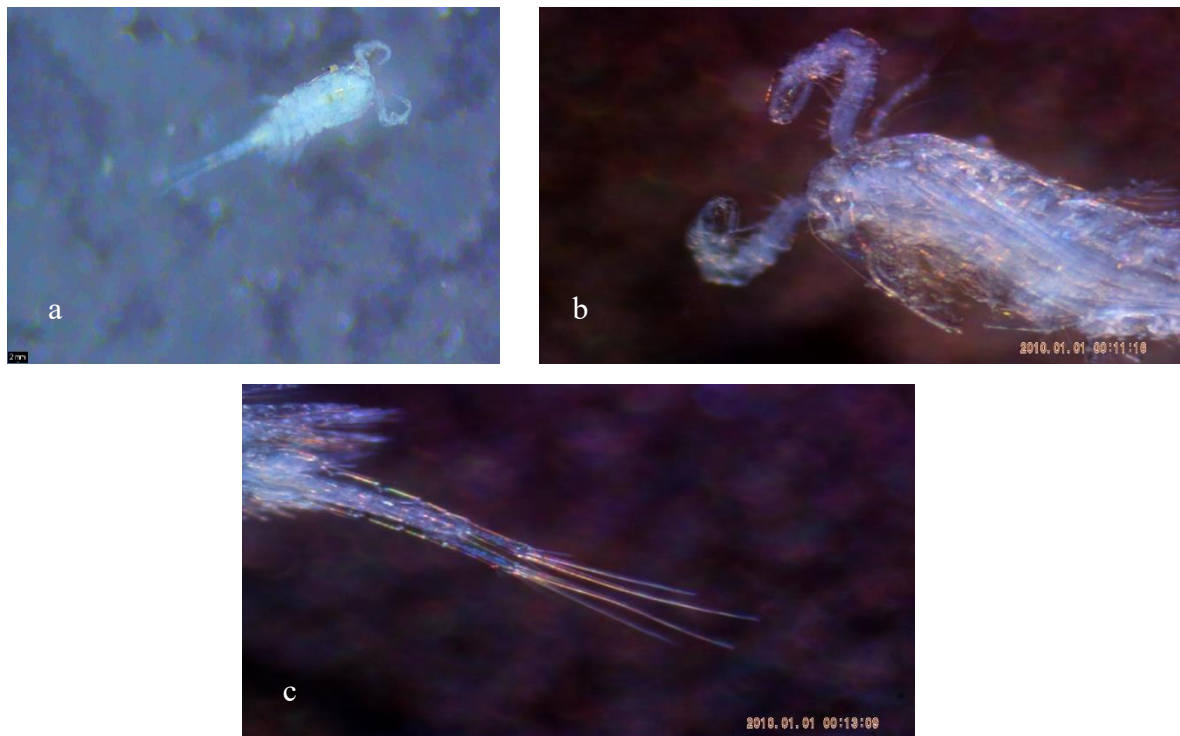


Photo réelle 22 : Cyclopoida mâle a. sous la loupe ; b et c. sous microscope.

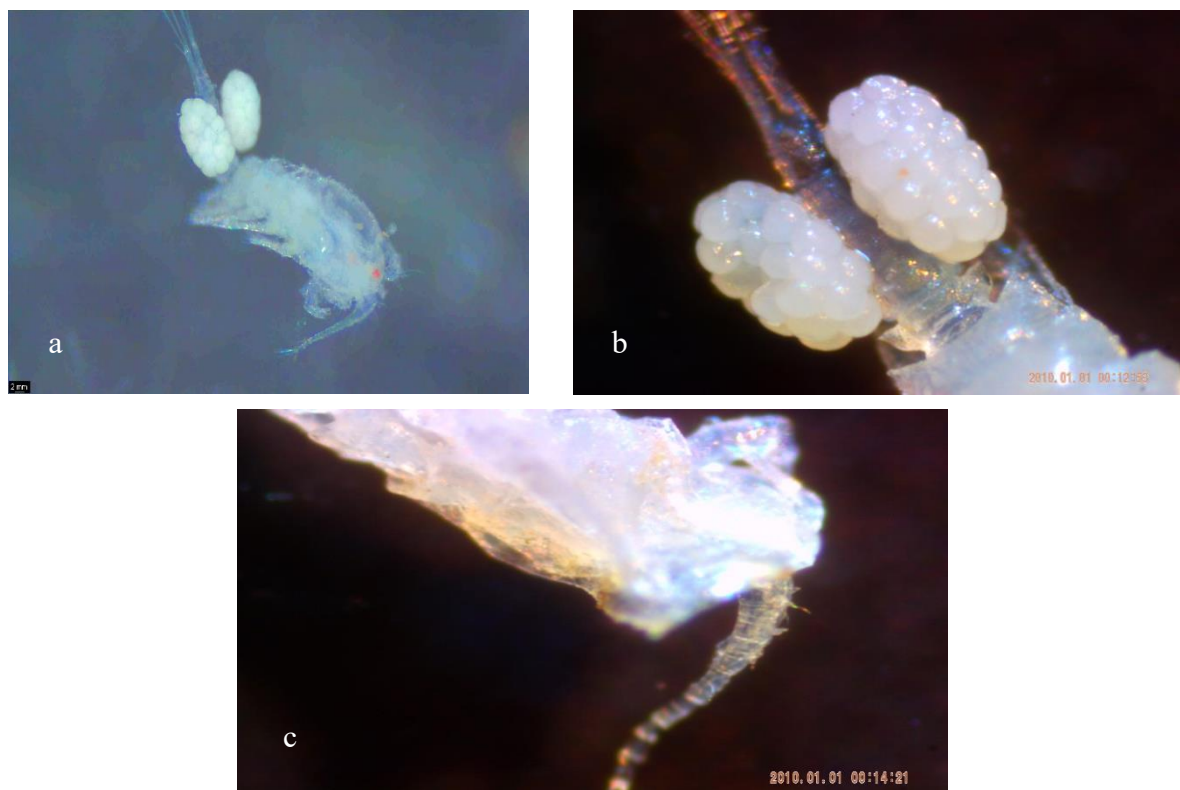


Photo réelle 23 : Cyclopoida femelle a. sous loupe ; b et c. sous microscope.

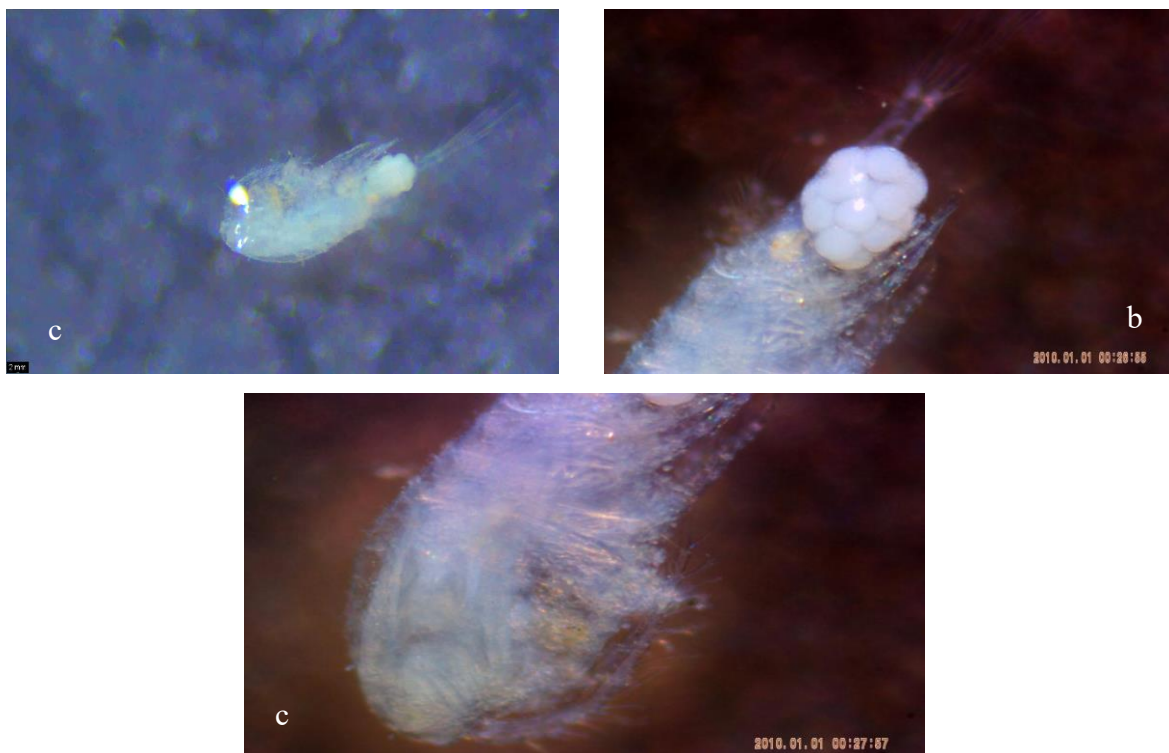


Photo réelle 24 : Calanoida femelle a. sous loupe ; b et c. sous microscope.

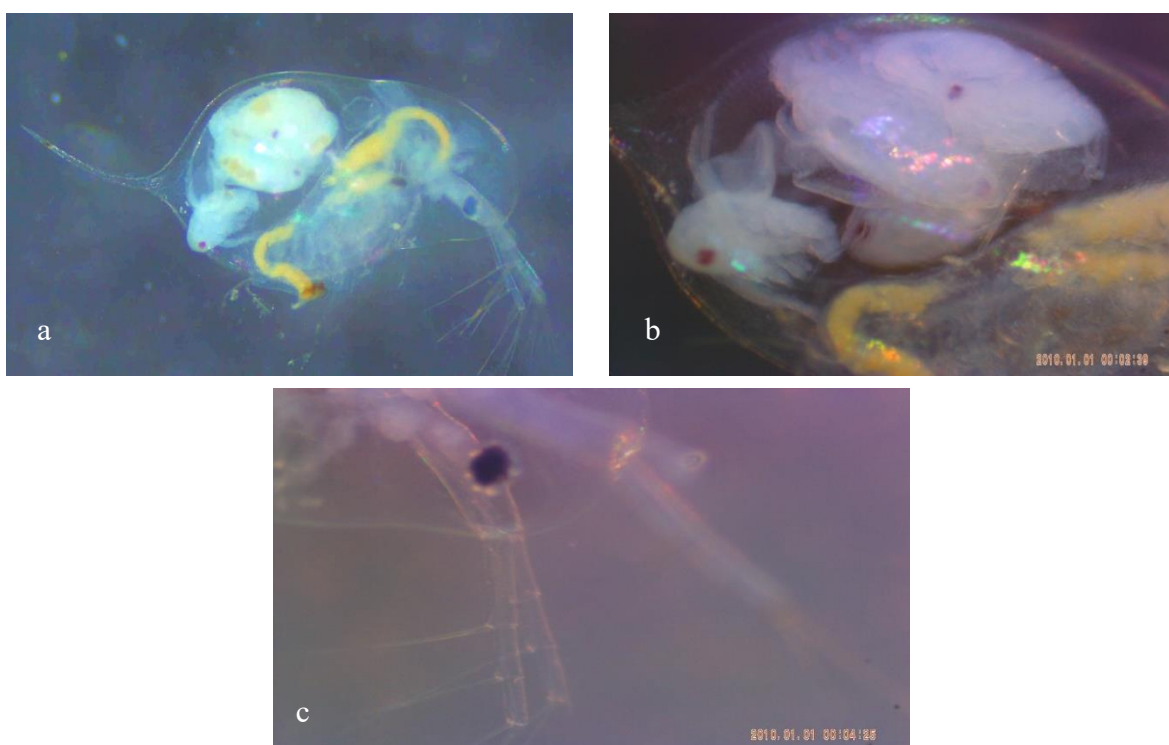


Photo réelle 25 : Daphnie a. sous loupe ; b et c. sous microscope.

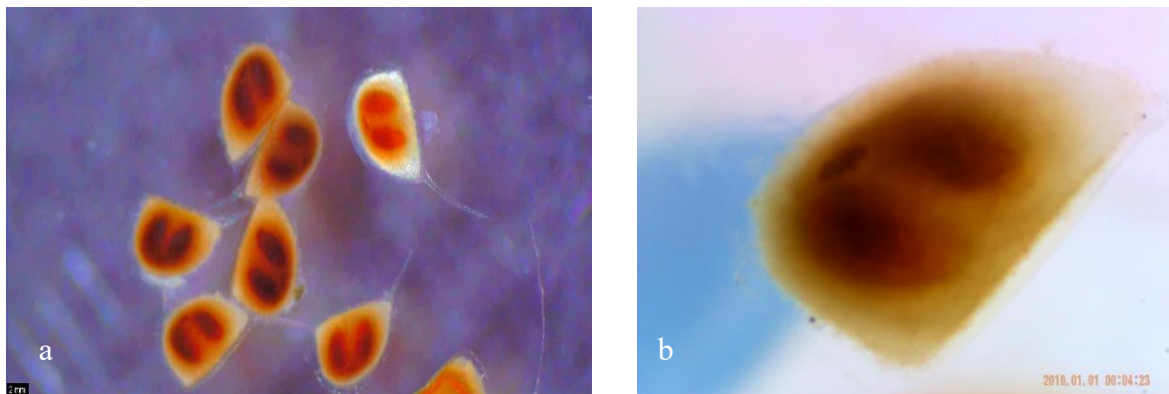


Photo réelle 26 : Les œufs de résistances a. sous loupe ; b. sous microscope.

3. Les analyses bactériologiques

Sortie 1

➤ Les coliformes totaux :

Pour le site 1 : les analyses bactériologiques ont donnés des résultats négatifs dans le flacon de 50 ml et les tubes doubles concentrés et simples concentrés (il y a un changement de couleur, mais aucun dégagement gazeux), ce qui correspond sur la table de Mac Grady le nombre le plus probable (NPP) est inférieur à 1.

Pour le site 2 : le flacon de 50 ml et les tubes simples concentrés sont négatifs, tandis qu'un seul tube de double concentré est positif (un changement de couleur et un dégagement gazeux), ce qui donne un NPP de 1.

Pour le site 3 : le flacon de 50 ml et les tubes doubles et simples concentrés sont négatifs, donc le chiffre NPP est inférieur à 1.

➤ Les coliformes fécaux :

Dans les trois sites les résultats des coliformes totaux étant négatifs, donc nous n'avons pas effectué l'analyse des coliformes fécaux. Par conséquent, nous n'avons pas non plus analysé le E. coli.

Sortie 2

➤ Les coliformes totaux :

Pour le site 1 : le flacon de 50 ml a donné un résultat négatif, deux des tubes doubles concentrés sont positifs, caractérisés par un changement de couleur et dégagement gazeux. Tandis que les tubes simples concentrés sont négatifs, ce qui correspond sur la table du NPP au chiffre 2.

Pour le site 2 : le flacon de 50 ml et deux tubes de doubles concentrés sont positifs, les tubes simples concentrés sont négatifs, donc le NPP est estimé à 5.

Pour le site 3 : le flacon et les tubes simples concentrés sont négatifs, tandis qu'un seul tube double concentré est positif, ce qui donne un NPP de 1.

➤ Les coliformes fécaux :

Pour les trois sites les flacons de 50 ml et les tubes simples et doubles concentrés sont négatifs, donc le NPP de chaque station est inférieur à 1.

➤ E. coli :

Puisque les résultats des coliformes fécaux sont négatifs dans les trois sites, donc nous n'avons pas pu faire les analyses de E. coli.

Sortie 3

➤ Les coliformes totaux :

Pour le site 1 : le flacon est négatif, un tube simple concentré et un tube double concentré sont positifs, donc un NPP estimé à 2.

Pour le site 2 : nous avons obtenu un résultat de flacon positif, trois tubes doubles concentrés et quatre tubes simples concentrés aussi sont positifs, caractérisés par un changement de couleur et dégagement gazeux, ce qui correspond un NPP au chiffre 21.

Pour le site 3 : le flacon et les tubes doubles concentrés sont négatifs, tandis que deux tubes simples concentrés sont positifs, ce qui donne un NPP 4.

➤ **Les coliformes fécaux :**

Pour le site 1 : tous les résultats sont positifs. Le flacon, les cinq tubes simples concentrés et les cinq tubes doubles concentrés ont été caractérisés par un milieu trouble et une production de gaz, cela indiquant un NPP supérieur à 240.

Pour le site 2 : le flacon est négatif, les cinq tubes simples concentrés et les cinq tubes doubles concentrés sont positifs, ce qui donne de NPP un nombre déterminé.

Pour le site 3 : le même résultat que du site 2, le flacon négatif et tous les tubes doubles et simples concentrés sont positifs, ce qui donne de NPP un nombre déterminé.

➤ **E. coli :**

Après avoir déposé deux gouttes de réactif de Kovacs dans les tubes, aucune couleur rouge n'est apparue, ce qui témoigne l'absence d'E. coli.

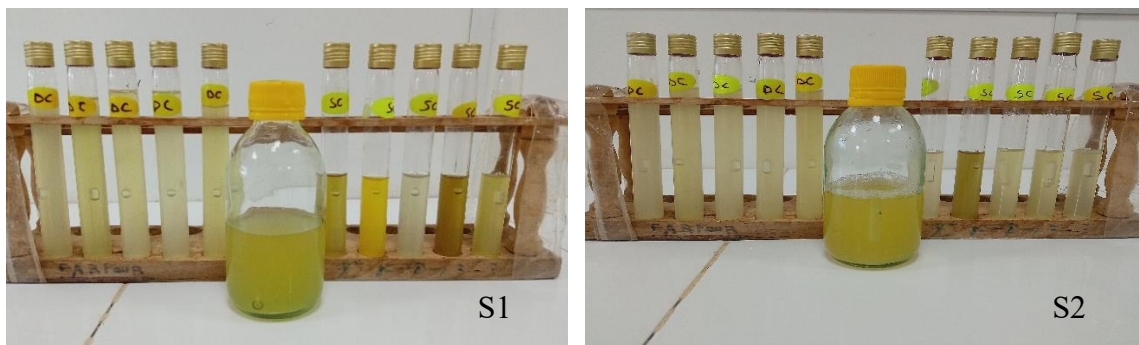


Photo réelle 27 : Résultats des coliformes totaux des sites 1 et 2 (sortie 3).



Photo réelle 28 : Résultats des coliformes fécaux des sites 1, 2 et 3 (sortie 3).



Photo réelle 29 : Résultats d'E. coli des sites 1, 2 et 3 (sortie 3).

3.1. Interprétation des résultats bactériologiques

Les analyses bactériologiques réalisées dans la première et la deuxième sortie ont montré une absence des coliformes fécaux dans les trois sites étudiés, car les échantillons du barrage ont été conservés pendant une période un peu prolongée avant leur analyse, ce qui a pu affecter la survie des bactéries et conduire à des résultats négatifs.

En revanche, lors de la troisième sortie, la présence des coliformes totaux a été observé, caractérisée par un changement de couleur et dégagement gazeux et coliformes fécaux par un trouble dans le milieu Schubert et un dégagement gazeux dans les cloches du durham, ce qui indique une contamination bactérienne dans l'eau du barrage Beni Bahdel. Cependant, le test a été réalisé à l'aide de réactifs de Kovacs dans l'eau peptonée est négatif, ce qui indique une absence des coliformes fécaux de type *Escherichia coli*.

Tableau 9 : Résultats des analyses bactériologiques des coliformes totaux, fécaux et E. coli.

		Flacons 1×50ml	Tubes (D/C) 5 × 10ml	Tubes (S/C) 5 × 10ml	NPP
		SORTIE 1			
Site 1	Coliformes totaux	0	0	0	<1
	Coliformes fécaux	/	/	/	/
	E. coli	/	/	/	/
Site 2	Coliformes totaux	0	1	0	1
	Coliformes fécaux	/	/	/	/
	E. coli	/	/	/	/
Site 3	Coliformes totaux	0	0	0	<1
	Coliformes fécaux	/	/	/	/
	E. coli	/	/	/	/
		SORTIE 2			
Site 1	Coliformes totaux	0	2	0	2
	Coliformes fécaux	0	0	0	<1
	E. coli	/	/	/	/
Site 2	Coliformes totaux	1	2	0	5
	Coliformes fécaux	0	0	0	<1
	E. coli	/	/	/	/
Site 3	Coliformes totaux	0	1	0	1
	Coliformes fécaux	0	0	0	<1
	E. coli	/	/	/	/
		SORTIE 3			
Site 1	Coliformes totaux	0	1	1	2
	Coliformes fécaux	1	5	5	>240
	E. coli	0	0	0	0
Site 2	Coliformes totaux	1	3	4	21
	Coliformes fécaux	0	5	5	ND
	E. coli	0	0	0	0
Site 3	Coliformes totaux	0	0	2	4
	Coliformes fécaux	0	5	5	ND
	E. coli	0	0	0	0

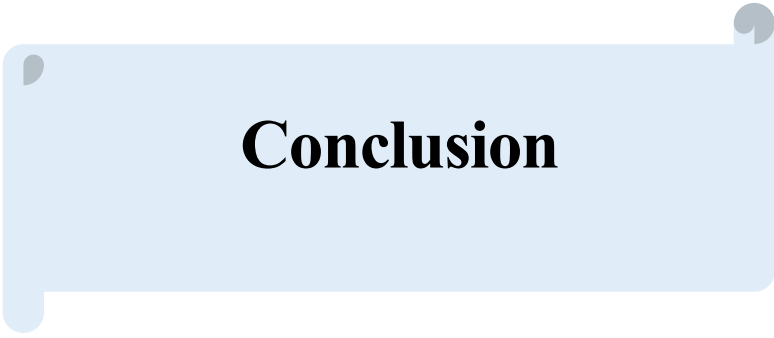
4. La relation entre les copépodes et les bactéries :

Les résultats indiquent une relation entre l'abondance des copépodes et celle des bactéries. En effet, les sites présentant des densités de copépodes plus élevées correspondent à des niveaux de contamination bactérienne plus faibles. Cette observation s'explique par le fait que les copépodes croissent dans des conditions environnementales favorables, caractérisées par une meilleure qualité de l'eau. En revanche, une augmentation de la charge bactérienne peut refléter une augmentation de la matière organique ou une dégradation des conditions environnementales (tableau 10).

Par ailleurs, les copépodes constituent un compartiment important du zooplancton et interviennent dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Ils peuvent servir de support à diverses communautés bactériennes, celles-ci pouvant coloniser leur exosquelette ou être présentes dans leur tube digestif. Cette association favorise le transport et la dispersion de certaines bactéries dans le milieu aquatique. Toutefois, la présence des copépodes ne constitue pas, à elle seule, un facteur déterminant de la prolifération bactérienne. L'abondance des bactéries est principalement conditionnée par les caractéristiques physicochimiques du milieu, la disponibilité en matière organique, les apports en nutriments et les différentes sources de contamination. Ainsi, une abondance élevée de copépodes et une forte charge bactérienne peuvent être observées simultanément lorsque les conditions environnementales sont favorables aux deux groupes d'organismes, sans qu'il existe nécessairement une relation de cause à effet.

Tableau 10 : Variation de l'abondance des copépodes et des bactéries dans les trois sites.

	Sortie 1	Sortie 2	Sortie 3
Copépodes	++ (moyen)	+++ (élevé)	+ (faible / moyen)
Bactéries	- (faible / absent)	- (faible / absent)	+ (présence)



Conclusion

Cette étude a évalué la qualité de l'eau du barrage de Beni Bahdel, situé dans la wilaya de Tlemcen, en analysant des paramètres physico-chimiques, bactériologiques et biologiques. Les résultats ont montré que la qualité de l'eau variait selon le site d'échantillonnage et les périodes d'étude, reflétant l'impact des conditions environnementales et des activités humaines sur le fonctionnement de l'écosystème aquatique. Les paramètres physico-chimiques ont défini les caractéristiques générales de l'eau et révélé des fluctuations potentiellement liées à des sources externes et aux conditions climatiques.

Par ailleurs, les analyses bactériologiques ont révélé la présence de micro-organismes indicateurs de pollution, soulignant un risque potentiel pour la qualité de l'eau potable, en particulier pour la consommation ou l'irrigation. Ces résultats mettent en évidence la nécessité d'une surveillance périodique afin d'atténuer les risques associés à la pollution d'origine agricole ou domestique.

L'étude des copépodes en tant que indicateurs biologiques a apporté une dimension écologique essentielle à ce travail. Sa distribution et son abondance reflètent l'état trophique du milieu, ainsi que les variations de la qualité de l'eau. Cette approche biologique complète efficacement les analyses physico-chimiques et bactériologiques, permettant une meilleure compréhension du fonctionnement de l'écosystème.

Globalement, cette étude souligne l'importance d'une approche multidisciplinaire pour l'évaluation de la qualité des eaux de surface. Elle a mis également en évidence la nécessité d'un programme de surveillance régulier et durable du barrage de Beni Bahdel afin de protéger cette ressource stratégique de toute dégradation.

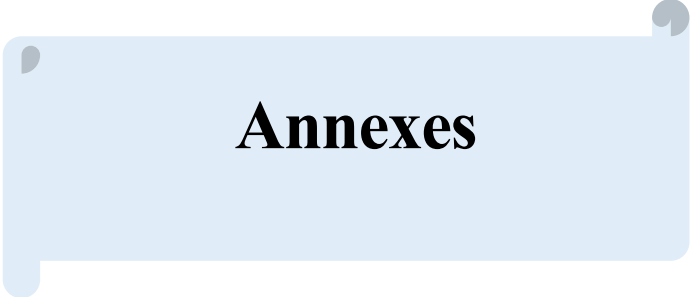
**Références
bibliographiques**

- Abadie, L. (1994). Tlemcen au passé retrouvé. (n.p.) : FeniXX réédition numérique. L'œuvre agricole française en Algérie (1830-1962). (2002). (n.p.) : FeniXX réédition numérique.
- Ayad Wissem. (2017). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-HARROUCH (wilaya de Skikda), thèse de Doctorat, Université BADJI MOKHTAR – Annaba, 156 pages.
- Azam, F. et al. (1983). The ecological role of water-column microbes in the sea. Marine Ecology Progress Series.
- Azzem, W., Bounneche, G., et Boussouf, A. (2003). Analyse bactériologique des eaux qui alimentent le lac de Béni Bélaïd. Mémoire de fin d'études, Université de Jijel.
- Belmiloud, C. L., et Galleze, M. (2020). Contribution à l'étude de l'évolution de la contamination superficielle des carcasses de poulets de chair par les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants et Escherichia coli lors de certaines étapes d'abattage (Alger). Mémoire de fin d'études, École Nationale Supérieure Vétérinaire.
- Boucherit A., et Hakimi H. (2016). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du Barrage Hammam Debagh-Guelma- [Mémoire de master, Université 8 Mai 1945 Guelma]. Dépôt institutionnel.
- Boumaouche N., Bouchahm Y. (2017). Contribution de la géothermie dans la réhabilitation énergétique des maisons individuelles. Cas de Constantine/ville Hamma. B. Algérie. Sciences & Technologie. D, Sciences de la terre, 57-69.
- Bremond R et Vuichard R. (1973). Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris
- Cadot C. (1990). Les traitements de l'eau. Edition Ellipes, Paris, 247 p.
- Chapman, D. (1996). Water Quality Assessments. UNESCO/WHO/UNEP.
- Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB). (2020). Rôle des barrages dans le développement et la gestion des bassins fluviaux. Paris, France.
- De Villers J, Squilbin M, Yourassowsky C. (2005). Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.
- Derement. (1989). 'Mémento technique de l'eau. Edition Degrement', Paris, p3-40.
- Dussart, B. H. (2002). Copépodes 1–2. Paris : Éditions N. Boubée.

- _ Fernandez, A. A. (2003). Le barrage des Béni-Bahdel. L'Algérieniste, (103). https://alger-roi.fr/Alger/barrages/textes/1_barrage_beni_bahdel_algerianiste103.htm
- _ Gifford, D. J., et Dagg, M. J. (1988). Feeding of the estuarine copepod *Acartia tonsa* Dana: Carnivory vs. herbivory in natural microplankton assemblages. Bulletin of Marine Science, 43(3): 458-468.
- _ Hafrat, A., et Toumi, M.-E. (2022). Étude écologique du mésozooplancton des côtes Ouest Algériennes (Îles Habibas) : Biodiversité taxonomique, groupes trophiques et indicateurs hydrologiques et bathymétriques [Mémoire de master, Université Dr. Yahia Farès de Médéa, Faculté des Sciences].
- _ Jean Rodier, Bernard Legube, et Nicole Merlet. (2009). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer (9e éd., 1579 p.). Paris : Dunod.
- _ Kreisel W. (1991). Water quality and health. Wat. Sci. Tech., 23: 201-209.
- _ Leygue et al. (1970). Lutte contre la pollution des eaux recherches actuelles, Collection de l'A.N.R.T (Association Naturelle de la Recherche Technique), éditeurs Eyrolles et Gauthier Villars, Paris, p 151.
- _ Medjdoub, S. (2021). Étude comparative de quelques protocoles d'élevage des copépodes (Crustacea) [Mémoire de master, Université Aboubekr Belkaid de Tlemcen, Département d'Écologie et Environnement].
- _ Meftahi, N., et Mouhoub, A. (s.d.). Analyse de la microflore bactérienne et fongique du Lac Noir. Mémoire de fin d'études, Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- _ Merouani M, Bouguedah AB. (2013). Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla. Mémoire de Master. Université Kasdi Marbah Ouargla. P59
- _ Moussa Moumouni, Djerma Koye. (2005). Les eaux résiduaires et des teintureries : Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de BAMAKO. 119p.
- _ Organisation mondiale de la Santé [OMS]
- _ Olivier, M. J. (2020). Chimie de l'environnement. Canada : Lab Éditions.
- _ Organisation mondiale de la santé (Guidelines for Drinking-water Quality)
- _ Ramade F. (1998). Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau, Edition science international, Paris, P487

- _ Ramade F. (2011). Introduction à l'écochimie, les substances chimiques et l'écosphère à l'Homme Edition. Lavoisier. Paris.
- _ Rodier J. (2009). Analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eau de mer. 9ème édition. Ed. Dunod bordas, Paris. 1526.
- _ Rodier J., Legube B., Merlet N. (2005) : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, p : 1384.
- _ Rodier, J. (2009). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod, Paris.
- _ Roff, J. C., Turner, J. T., Webber, M. K., and Hopcroft, R. R. (1995). Bacterivory by tropical copepod nauplii: extent and possible significance. *Aquatic Microbial Ecology*, 9: 165e175.
- _ Roff, J.C. et al. (1995). Copepod feeding strategies and trophic roles in aquatic ecosystems.
- _ Seltzer P. (1946). Le climat de l'Algérie, Recueil de données météo. Institut de Technologie Agricole, Mostaganem (Algérie), 142 p.
- _ Stoecker, D. K., et Egloff, D. A. (1987). Predation by *Acartia tonsa* Dana on planktonic ciliates and rotifers. *Journal of Experimental Marine Ecology*, 110: 53e68.
- _ Structurae. (2001). Barrage de Beni Bahdel. Structurae. <https://structurae.net/fr/ouvrages/barrage-de-beni-bahdel>
- _ Thériault, A. (2013). Quantification des apports en coliformes fécaux en milieu urbain par modélisation hydrologique/hydraulique : le cas du bassin versant de la rivière Beauport. Mémoire de maîtrise en sciences de l'eau, Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement, Université du Québec.
- _ Tleta Azails. (s.d.). Barrage Beni-Bahdel. <https://tletaazails.jimdofree.com/photos-d-azails/barrage-beni-bahdel/>
- _ Turner, J. T., et Tester, P. A. (1992). Zooplankton feeding ecology: bacterivory by metazoan microzooplankton. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 160: 149-167.

- _ Turner, J.T. et Tester, P.A. (1992). Zooplankton feeding ecology: bacterivory and trophic interactions.
- _ Unknown. (s. d.). Recherche et dénombrement des Coliformes en milieu liquide dans l'eau du robinet. https://fsnv.univ-bba.dz/wp-content/uploads/2018/10/TP_Microbiologie_de_lenvironnement_Zerroug_A.pdf
- _ Vakati, V. (2024). Copepods in focus : synthesis and trends overview. International Journal of Zoological Sciences, 4(3), 18–22. Published 03 August 2024. Academic Publishers.
- _ Verity, P. G., et Paffenhofer, G. A. (1996). On assessment of prey ingestion by copepods. Journal of Plankton Research, 18(10): 1767e1779.
- _ WACKERMANN. G et ROUGIER. H. (2010). L'eau ressources et usage, Edition Ellipses, Paris, 266P.
- _ Wetzel, R.G. (2001). Limnology: Lake and River Ecosystems. Academic Press.
- _ Zeddouri A. (2003). Contribution à L'étude Hydrogéologique Et Hydro chimique De La Plaine Alluviale De Guelma (Essai De Modélisation), Guelma, NE Algérien. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. 107 p.



Annexes

**Annexe 1 : les moyennes des températures (T) de la wilaya de Tlemcen
2014-2024 (Tutiempo Algérie 2026).**

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
2014	11,5	12,1	12,9	16,8	19	22,7	24,7	26,3	24,1	20,9	16,1	10,9
2015	9,7	10,5	13,1	16,3	20,6	23	28	27,3	22,9	20,1	14,4	11,9
2016	13	13,1	12,6	15,9	19	23,7	26,2	26,4	24,1	20,8	15,1	12,1
2017	9	13,1	14,2	16,3	20,2	24,8	26,7	26,9	23,4	20	13,9	10,8
2018	11	10,1	14	14,9	17,4	21,9	25,6	27,1	24,1	18,7	14,1	11,6
2019	9,9	10,6	13,4	15,5	20,1	22	25,9	26,7	23,6	19,4	14,5	12,8
2020	9,2	12,6	15,4	17,5	22,8	23,4	27	27,5	24	18,2	15,9	12,6
2021	11,6	13,8	13,9	16,4	20,1	22,5	29,9	26,6	24,3	19,1	13,5	12,2
2022	10	12,4	13,8	14,9	21	24,6	26,9	27,7	24,3	22,7	17	15
2023	10,7	12,1	15,3	18,7	19,9	24,2	28,8	27,7	23	21,1	15,6	12,8
2024	13,2	14,1	16,6	17,6	20,1	22,9	27,7	28	23,5	20,3	17,7	11,4
Moy	10,80	12,23	14,11	16,44	20,02	23,25	27,04	27,11	23,75	20,12	15,25	12,19

**Annexe 2 : les moyennes de température maximale (TM) de la wilaya de
Tlemcen 2014-2024 (Tutiempo Algérie 2026).**

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
2014	17,4	18,5	19	24,7	26,6	29,6	32	33,8	31,3	28,9	22	17,1
2015	16,5	15,1	20,7	23,6	28,9	30,4	36,2	34,3	30,4	27,6	22,2	20,5
2016	20,1	19,2	19,2	22,7	26,2	31,5	33,7	33,4	31,6	28,4	21,3	17,1
2017	15,4	19,1	21,3	23,7	27	31,3	34,1	34	30,6	27,6	22,4	16,5
2018	17,2	16,4	19,4	20,8	23,6	28,1	32,5	34,4	30,6	26,1	20,5	19,7
2019	17,1	18,5	21,1	22,4	27,1	27,9	32,6	33,3	30,2	26,9	19,6	18,7
2020	16,4	20,5	21,6	20,7	27,1	29,8	34,1	34,9	31,4	25,4	22,9	17,5
2021	17,2	20,9	20,8	22,3	26,9	28,6	33,7	33,7	30,7	26,8	19,6	19
2022	17	19,9	19	21	28,7	31,5	34,2	35,3	31	30,9	23,9	21,8
2023	16,6	17,7	23	26,9	26,3	30,6	36,1	35,7	29	28,1	23,1	20
2024	20,7	20,2	23,4	24,3	27	29	35,7	35	30,5	26,9	24,8	19,3
Moy	17,42	18,73	20,77	23,01	26,85	29,85	34,08	34,35	30,66	27,60	22,03	18,84

Annexe 3 : Les moyennes de température minimale (Tm) de la wilaya de Tlemcen 2014-2024 (Tutiempo Algérie 2026).

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
2014	6,7	6,6	6,9	9,9	12,1	15,4	18	19,6	18,3	14,7	11,4	6,3
2015	4,6	6,7	6,3	10,8	12,9	16	20,3	21,6	17	14,7	8,3	5,9
2016	7,4	8	6,9	10,1	12,6	16,5	19,6	19,9	17,5	15,1	9,6	8,1
2017	3,6	7,6	8	9,5	13,9	18,6	19,6	20,9	16,6	13,3	7	6,1
2018	6	5	9,1	10,1	11,3	15	18,8	20,1	18,7	12,9	8,8	5,6
2019	3,9	4	6,3	8,7	12,3	15,8	20	20,7	18,1	12,8	10,3	8,1
2020	3,4	6,1	8,8	12,1	13,9	16,1	20,5	20,7	17,2	11,6	9,9	7,9
2021	6,7	7,8	8	11,1	14	17	20,2	20,9	18,8	12,2	8	6,9
2022	4,2	6,7	9,5	9,3	13,9	17,7	20,2	21,5	19,1	15,9	11,5	9,6
2023	5,8	6,8	8,1	10,4	13,6	17,8	21,9	20,2	18	15,6	9,3	7
2024	7	9	10,8	11,5	14	17,2	20,9	22,4	18,4	14,9	12,2	5,3
Moy	5,39	6,75	8,06	10,32	13,14	16,65	20,00	20,77	17,97	13,97	9,66	6,98

Annexe 4 : les moyennes de précipitation (pp) de la wilaya de Tlemcen 2014-2024 (Tutiempo Algérie 2026).

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2014	53,1	52,8	33,3	6,1	17,3	12,7	0,0	0,3	14,7	8,6	51,1	95,0
2015	75,2	42,2	18,3	5,8	22,1	2,5	0,0	5,3	7,1	14,2	15,7	0,0
2016	13,0	53,6	27,2	42,2	24,4	4,6	0,0	0,0	4,3	8,9	36,8	36,3
2017	96,5	25,7	12,7	2,3	2,0	0,0	0,0	0,5	1,0	15,0	7,6	34,8
2018	38,6	31,2	80,8	77,0	15,3	8,6	0,0	0,5	15,2	79,2	35,8	2,0
2019	63,2	10,9	6,4	34,6	26,9	0,3	8,1	1,0	8,4	55,9	59,7	24,6
2020	17,5	0,0	8,9	108,7	28,2	0,0	0,3	2,0	0,0	2,5	1,0	34,8
2021	34,6	2,0	23,6	32,5	10,4	7,1	0,0	0,3	2,3	0,3	27,7	34,8
2022	15,8	3,1	79,0	31,0	37,3	8,1	1,0	0,0	6,9	10,2	14,7	30,7
2023	53,1	37,3	0,5	0,0	7,6	11,4	0,0	0,0	22,9	15,8	1,5	2,0
2024	15,0	38,3	18,0	1,3	0,3	1,0	0,0	7,9	7,6	1,3	1,0	0,0
Moy	43,23	27,01	28,05	31,04	17,44	5,13	0,85	1,62	8,22	19,25	22,97	26,83

Annexe 5 : Calcul de Q_2 de la wilaya de Tlemcen.

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Wilaya	P(mm)	M(K)	m(K)	Q_2
Tlemcen	231,64	307,35	278,39	27,31

Annexe 6 : Les résultats que nous avons obtenus à trois sites dans trois sorties en 3mois (avril, mai, juin) des paramètres physico-chimiques.

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 1	Site 2	Site 3	Site 1	Site 2	Site 3
	SORTIE 1			SORTIE 2			SORTIE 3		
pH	7,2	7,31	7,1	8,2	8	7,97	7,68	7,72	7,52
Salinité	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
CE (µs/cm)	665	658	658	565	572	553	539	538	530
Oxygène dissous (%)	90%	90%	90%	67,3%	60%	57%	90%	90%	91%
Turbidité (FTU)	20	12	8	2	8	4	14	12	22
Nitrate (mg/l)	3,1	2,4	7,6	6,2	8,7	20	5,6	6,2	3,5
Nitrite (mg/l)	1,05	1	0,88	0,84	0,57	0,74	0,88	0,92	0,95
Phosphate (mg/l)	2,5	2,5	0,2	0,57	0,09	0,24	0,96	1,95	2,5
Chlore libre (mg/l)	0,33	0,12	0,01	0,1	0,14	0,11	0,06	0,11	0,02
DCO (mg/l)	8	21	22	7	11	20	46	60	46

Annexe 7 : Résultats des moyennes et des écart-types des trois sites dans les trois mois.

	Site 1	Site 2	Site 3
	Moyenne $\pm$ Ecart-type		
pH	7,69 $\pm$ 0,50	7,68 $\pm$ 0,35	7,53 $\pm$ 0,44
Salinité	0,03 $\pm$ 0,06	0,03 $\pm$ 0,06	0,03 $\pm$ 0,06
CE	589,67 $\pm$ 66,52	589,33 $\pm$ 61,85	580,33 $\pm$ 68,24
Oxygène dissous	82% $\pm$ 13%	80% $\pm$ 17%	79% $\pm$ 19%
Turbidité	12,00 $\pm$ 9,17	10,67 $\pm$ 2,31	11,33 $\pm$ 9,45
Nitrate	4,97 $\pm$ 1,64	5,77 $\pm$ 3,17	10,37 $\pm$ 8,59
Nitrite	0,92 $\pm$ 0,11	0,83 $\pm$ 0,23	0,86 $\pm$ 0,11
Phosphate	1,34 $\pm$ 1,02	1,51 $\pm$ 1,26	0,98 $\pm$ 1,32
Chlore libre	0,16 $\pm$ 0,15	0,12 $\pm$ 0,02	0,05 $\pm$ 0,06
DCO	20,33 $\pm$ 22,23	30,67 $\pm$ 25,89	29,33 $\pm$ 14,47

Annexe 8 : la table de Mac Grady.

1 X 50 ml	5 X 10 ml	5 X 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		

Résumé

L'étude de la qualité des eaux du barrage de Beni Bahdel, basée sur les paramètres physico-chimiques, biologiques et bactériologiques, a révélé une hétérogénéité spatio-temporelle de l'état du milieu aquatique. Les analyses physico-chimiques ont montré une turbidité relativement élevée et des teneurs en nitrates légèrement supérieures aux valeurs attendues, pouvant être attribuées aux apports issus des activités agricoles environnantes. L'analyse de la faune copépodologique a mis en évidence la présence de représentants des Cyclopoïdes et des Calanoïdes, témoignant de la diversité du zooplancton du barrage. Les investigations bactériologiques ont confirmé l'absence de contamination fécale par *Escherichia coli*. Enfin, les observations réalisées mettent en évidence une relation entre les communautés de copépodes et l'abondance bactérienne, l'activité des bactéries apparaissant plus marquée dans les échantillons dépourvus de copépodes, ce qui suggère une interaction écologique entre ces deux compartiments biologiques.

Mots clés : Analyse-Zooplankton- Agricoles- Bactérie - *Escherichia coli*

Abstract

The study of the water quality of Beni Bahdel Dam, based on physicochemical, biological, and bacteriological parameters, revealed a spatio-temporal heterogeneity in the condition of the aquatic environment. Physicochemical analyses showed relatively high turbidity and nitrate concentrations slightly above the expected values, which may be attributed to inputs from surrounding agricultural activities. The copepod fauna analysis highlighted the presence of representatives of Cyclopoida and Calanoida, reflecting the diversity of the dam's zooplankton community. Bacteriological investigations confirmed the absence of fecal contamination by *Escherichia coli*. Furthermore, the observations revealed a relationship between copepod communities and bacterial abundance. Bacterial activity appeared to be more pronounced in samples lacking copepods, suggesting an ecological interaction between these two biological components.

Keywords : Analysis - Zooplankton - Agricultural - Bacteria - *Escherichia coli*

الملخص

أظهرت دراسة جودة مياه سد بني بهدل، المعتمدة على المؤشرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والبكتريولوجية، وجود تباين مكاني وزماني في حالة الوسط المائي. وقد بينت التحاليل الفيزيائية والكيميائية ارتفاعاً نسبياً في درجة العكارة وتراكيز النترات التي تجاوزت قليلاً القيم المتوقعة، وهو ما يمكن تفسيره بالتأثيرات الناتجة عن الأنشطة الزراعية المحيطة بالسد. كما أظهرت دراسة مجدافيات الأرجل وجود ممثلين لرتبتي السيكلوبويدا والكالانويدا، مما يعكس تنوع مجتمع العوالق الحيوانية في السد. وأكدت التحاليل البكتريولوجية غياب أي تلوث برازي بـ *بيكتيريا الإشريكية القولونية*.

وأخيراً، أبرزت النتائج وجود علاقة بين مجتمعات مجدافيات الأرجل ووفرة البكتيريا، حيث بدت النشاطات البكتيرية أكثر وضوحاً في العينات الخالية من مجدافيات الأرجل، مما يشير إلى وجود تفاعل بيئي بين هذين المكونين البيولوجيين.

الكلمات المفتاحية: التحليل - العوالق الحيوانية - الزراعية - البكتيريا - الإشريكية القولونية

