

République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.



UNIVERSITE de TLEMCEEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département de écologie.



Intitule du laboratoire valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en sante publique.

Mémoire

Présentée par

AYYAT Nihel Safia

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Option : Science de la mer

Intitulé de la mémoire :

Evaluation de la qualité d'eau du barrage Boughrara par l'utilisation des paramètres physicochimiques et les Bactéries comme bio indicateur.

Date de soutenance :29/06/2025.

Le jury compose de :

Président : Mme Benmansour Bouchra MCB Université de Tlemcen

Encadreur : Mme Bemoussat-Dekkak Soumya MCB Université de Tlemcen

Examinatrice :Mme Lachachi-Benchenafi Souheyla MCB Université de

Année universitaire : 2024-2025.

Remerciements

Je souhaite tout d'abord exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de mémoire, madame Bemoussat-Dekkak Soumya, pour sa disponibilité, ses conseils avisés et son encadrement rigoureux tout au long de ce travail. Sa bienveillance et son expertise ont été des atouts précieux dans la réalisation de ce projet.

Je remercie également les membres du jury pour l'attention portée à mon travail et leurs remarques constructives qui ont permis d'enrichir ce mémoire.

Un grand merci à les ingénieurs du laboratoire monsieur Benmoussat Benali, madame Benmokhtar Khadîdja et madame Otmani Salima.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers mes collègues et amis pour leurs encouragements, leurs échanges enrichissants et leur présence bienveillante tout au long de ce parcours.

Enfin, je ne saurais oublier ma famille, en particulier mama, papa mes deux frères, ma grand-mère, mes oncles et mes tantes, pour leur soutien indéfectible, leur patience et leur amour.

Leur présence à mes côtés a été une source constante de motivation.

À toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce travail, je vous adresse mes sincères remerciements.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

- Ma mère, source inépuisable d'amour, de sagesse et de sacrifices. Son soutien indéfectible, ses prières et ses encouragements ont été mon moteur tout au long de ce parcours.
- Mon père, dont les valeurs de travail, de persévérance et de dignité m'ont guidé à chaque étape de ma vie académique.
- Mes frères, pour leur présence constante, leur soutien moral et les moments de complicité partagés.
- Mes enseignants, pour leur savoir, leur patience et leur engagement à transmettre le goût de l'excellence.
- Mes amis et collègues, pour leur camaraderie, leurs échanges enrichissants et leur soutien dans les moments de doute.
- Toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, que ce soit par leurs conseils, leur écoute ou leur soutien moral.

Sommaire :

Liste des figures	VII
Liste des photos personnelles	VIII
Introduction	2
Chapitre 01 : Synthèse Bibliographique	5
1-Les coliformes	5
1-1 Les types des coliformes	6
1-1-1 Les coliformes fécaux	6
1-1-2 Les coliformes totaux	7
2 Escherichia coli (E. coli)	7
2-1 Caractères bactériologiques de E. coli	8
Chapitre 02 : Milieu d'étude	9
1 Situation géographique du barrage Boughrara	10
2 Situation géographique du bassin versant de la Tafna	11
3 Sources de pollution situées dans le bassin versant du barrage	13
3-1 Pollution domestique	13
3-2 Pollution industrielle	13
3-3 Pollution agricole	13
3-4 Pollution provenant du côté marocain	13
5 Conséquence de la pollution	14
5-1 Les maladies et transmission hydrique	14
6 Étude bioclimatique	14
6-1 Le climat en Algérie	14
7 Paramètres climatologiques	14
7-1 Température	14
7-2 Précipitation	15
8 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (1953)	15
8-1 Climatogramme d'Emberger	17
Chapitre 03 : Matériel et Méthodes	19
1 Stations d'étude	20
2 Méthodes d'études	21
2-1 Analyses physico-chimiques	21
2-2 Analyses bactériologiques	23
2-2-1 Présentation de milieu lactose broth with bromocresol purple (Double et simple concentrer).	23
2-2-2 sterilisation	27
2-2-2 Préparation du milieu Schubert broth (Double et simple concentrer)	27
2-2-2-1 Lecture du test des coliformes fécaux	28
2-2-2-2 Test de E. coli	28
2-2-3 Méthode d'énumération des bactéries	29
2-2-4 Coloration de Gram	29
Chapitre 04 : Résultats et Discussion	31
1 Résultats des paramètres physico-chimiques	32
2 Résultats bactériologiques	32
4-1-1 Pour les coliformes totaux	32
4-1-2 Pour les coliformes fécaux	33
4-1-3 Pour le E. coli	33
4-2-1 Pour les coliformes totaux	34

4-2-2 Pour les coliformes fécaux	34
4-2-3 Pour le E. coli	34
4-3-1 Les coliformes totaux	35
4-3-2 Les coliformes fécaux	35
4-3-3 Le E. coli	35
Discussion des résultats	36
Conclusion	

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Les moyennes mensuelles des températures (T) et température maximale (TM) et minimale (TM) des dix dernières années (2013–2023) – station de Maghnia

Tableau 02 : Les moyennes des précipitations des dix dernières années (2013–2023) – station de Maghnia

Tableau 03 : Calcul du Q2 de la station de Maghnia

Tableau 04 : Résultats bactériologiques des coliformes totaux, fécaux et E. coli

Liste des figures

Figure 01 : Des coliformes

Figure 02 : Des Escherichia coli E. coli

Figure 03 : Carte graphique de Boughrara

Figure 04 : Esquisse géographique du bassin versant de la Tafna

Figure 05 : Diagramme Ombrothermique de Bagnoula et Gaussen

Figure 06 : Variations des Températures : moyenne, minimales et maximales de la station de Maghnia (2013-2023)

Figure 07 : Climatogramme d'Emberger de la station de Maghnia (2013-2023)

Figure 08 : Becher

Figure 09 : Barreau magnétique

Figure 10 : Protocole de test de présomption des coliformes totaux

Figure 11 : Protocole de l'incubation

Figure 12 : Protocole de préparation de milieu Schubert broth

Figure 13 : Méthode d'énumération des Bactéries

Liste des photos originales

Photo originale 01 : Station 01 et 02

Photo originale 02 : Station 03

Photo originale 03 : Multi paramètre 340 et Photomètre (Wagtch)7100

Photo originale 04 : Matériels utilisés sur terrain

Photo originale 05 : Le milieu préparé

Photo originale 06 : Lactose broth

Photo originale 07 : Le milieu lactose broth préparé dans les flacons et tubes

Photo originale 08 : Stérilisation des flacons et tubes

Photo originale 09 : Préparation du milieu Schubert broth

Photo originale 10 : Résultats d'analyse des Nitrates

Photo originale 11 : Résultats des tubes simples et doubles concentrés

Photo originale 12 : Résultats des coliformes fécaux et E. coli

Liste d'abréviation

E. coli : Escherichia coli

D/C : double concentré

S/C: simple concentré

ECEH: Escherichia coli

Introduction

L'eau constitue l'élément le plus largement répandu à la surface de la Terre, qu'elle recouvre aux deux tiers (Duchaufour, 1997).

Les questions liées aux ressources en eau leur disponibilité, leur gestion. L'assainissement ainsi que la pollution demeurent des enjeux constants. Elles concernent aussi bien les administrations en charge de la planification nationale que les entreprises et les collectivités locales, souvent limitées en moyens mais confrontées à des demandes croissantes et de plus en plus légitimes de la part des citoyens.

L'eau représente à la fois une ressource vitale et un levier stratégique pour l'aménagement du territoire.

Sa disponibilité influence de manière décisive la répartition des populations, l'urbanisation et le développement des activités économiques. (Touati , 2010).

En Algérie, comme dans de nombreux autres pays, les besoins en eau augmentent constamment en raison de la croissance démographique et de l'urbanisation. Il devient donc essentiel de créer des réserves d'eau par la construction des barrages.

L'eau est une ressource naturelle essentielle à la vie et au développement socio-économique. Cependant, elle est de plus en plus soumise à diverses formes de pollution, notamment d'origine domestique, agricole et industrielle. Parmi les formes de pollution les plus préoccupantes figure la contamination microbiologique, qui constitue un risque majeur pour la santé publique, en particulier lorsqu'il s'agit d'eaux de surface utilisées à des fins de consommation, d'irrigation ou de loisirs (Aboukacem et al, 2007).

La mauvaise qualité d'une eau est responsable des risques sanitaires qui sont liés à court terme aux caractéristiques microbiologiques de l'eau (Kreisel, 1991).

Le problème majeur demeure dans l'introduction, dans les écosystèmes aquatiques, d'espèces bactériennes polluantes entraînant des perturbations environnementales et des risques sanitaires importants.

Universellement, la pollution bactériologique de l'eau est évaluée par la recherche et le dénombrement des germes Indicateurs de contamination fécale dont la présence en nombre élevé indique une pollution D'origine fécale et la présence probable de microorganismes pathogènes (Burton et al, 1987).

L'eau du barrage de Boughrara est utilisée pour divers besoins (domestiques, agricoles, etc.), comme la plupart des eaux de surface, elle est potentiellement affectée par des contaminations d'origine anthropique. Il est donc crucial d'évaluer son état sanitaire en identifiant la présence

de micro-organismes indicateurs de pollution, et de comprendre les liens entre les paramètres biologiques et physico-chimiques.

Objectifs de l'étude :

1-Évaluer la qualité de l'eau du barrage de Boughrara dans la région de Tlemcen à travers l'analyse de bactéries bioindicatrices.

2-Mesurer la concentration bactérienne dans les échantillons d'eau en utilisant des techniques microbiologiques appropriées.

3-Comparer les résultats bactériologiques obtenus aux normes nationales et internationales de qualité de l'eau, notamment celles de l'OMS.

Ce travail est structuré en trois chapitres principaux

Chapitre 1 : Revue bibliographique sur les bactéries indicatrices de contamination fécal (E. coli, coliformes totaux et fécaux), leurs caractéristiques bactériologiques, ainsi qu'un aperçu des conditions climatiques influençant leur développement dans les milieux aquatiques.

Chapitre 2 : Présentation du milieu d'étude, incluant la localisation géographique, les caractéristiques hydrologiques du barrage de Boughrara, et les stations d'échantillonnage.

Chapitre 3 : Description des matériels utilisés et des méthodes d'analyse.

Chapitre 4 : résultats et discussion

Suivie d'une conclusion générale.

Chapitre 01 : Synthèse

Bibliographique

1-Présentation des bactéries des lacs :

Les bactéries présentes dans l'eau se répartissent en trois catégories : les bactéries strictement aquatiques, les bactéries d'origine tellurique et celles résultant d'une contamination (Rodier et al., 1996).

– Bactéries typiquement aquatiques : elles appartiennent généralement aux genres *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Chromobacterium*, *Corynebacterium*, *Spirillum*, *Crenothrix*, *Sphaerotilus*, *Gallionella*, entre autres.

– Bactéries telluriques : ces bactéries d'origine terrestre que l'on retrouve dans l'eau sont principalement des formes sporulées, comme celles des genres *Bacillus*, *Clostridium*, ou encore *Streptomyces*.

– Bactéries de contamination : les eaux usées domestiques, principale source de micro-organismes pathogènes pour l'homme, présentent une charge bactérienne très élevée, atteignant de 10^9 à 10^{10} germes par litre (Gauthier et al., 1989).

Les espèces pathogènes à transmission hydrique se répartissent principalement en quatre genres : *Salmonella* (responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes A et B, ainsi que de diverses gastro-entérites), *Shigella* (agents de la dysenterie), *Escherichia* (notamment *E. coli*, ou colibacille) au sein des entérobactéries, et *Vibrio* (dont le vibron cholérique) appartenant à la famille des Vibrionacées (Brisou et al., 1978 ; Gauthier et al., 1989 ; Eberlin et al., 1997).

2-Les coliformes :

D'après Breed et Norton in Chikhi (1978), les coliformes sont des entérobactéries capables de fermenter le lactose à 30°C avec production de gaz, en moins de 48 heures. Les principaux genres de ce groupe peuvent être d'origine fécale ou non. Il s'agit principalement des genres *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* et *Klebsiella*. Cette définition est en réalité empirique, car elle ne prend pas en compte les souches dites "lactose lentes", qui fermentent le lactose en plus de 48 heures, en présence de β -galactosidase, de plus, elle ne s'applique pas aux bactéries d'autres groupes, comme certaines Vibrionaceae.

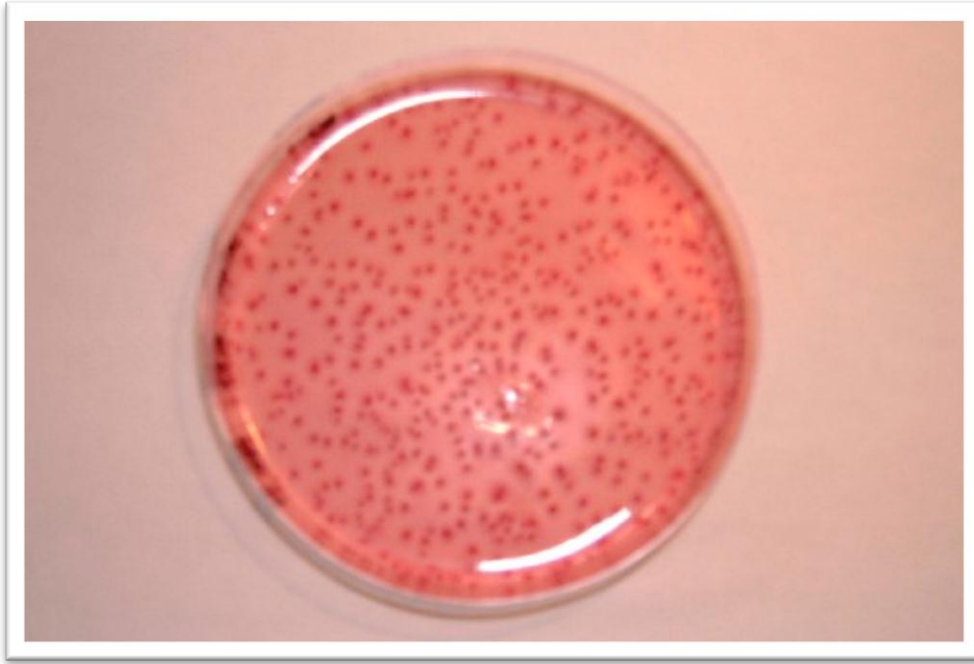


Figure 01 : des coliformes (site web1).

2-1-Les types des coliformes

2-1-1-Les coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux sont des coliformes qui se développent à des températures plus élevées, généralement à partir de 44, 5°C. Ces bactéries, présentes dans la flore intestinale des animaux à sang chaud, incluent des espèces telles que *Escherichia coli* (*E. coli*), qui fait partie des coliformes fécaux. La présence de ces bactéries dans une source d'eau n'est pas normale et peut signaler un risque ou indiquer une possible dégradation de la qualité microbiologique de l'eau, généralement en raison d'une contamination fécale. Le principal mode de transport de ces bactéries dans l'eau est le ruissellement des eaux pluviales sur le bassin versant, qui emporte avec lui les microorganismes présents dans le sol (Bouchard., 2008).

En effet, *Escherichia coli* est l'espèce la plus couramment associée aux coliformes fécaux, représentant entre 80 et 90 % des coliformes thermotolérants détectés. Selon l'OMS (2004), sa présence constitue une preuve irréfutable d'une contamination fécale récente.

(Rodier., 2005).

2-1-2-Les coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont des bactéries en forme de bacilles, non sporulantes, Gram-négatif, aérobies facultatives, capables de fermenter le lactose en 48 heures à 35 °C avec production de gaz. Ces bactéries ne proviennent pas nécessairement du système intestinal. En réalité, certaines d'entre elles, appartenant au groupe des coliformes totaux, se trouvent également sur les feuilles des arbres et d'autres types de végétation. Ainsi, la présence de coliformes totaux ne signifie pas systématiquement une contamination d'origine fécale (Bouchard., 2008). On distingue deux grandes catégories de germes : les germes thermophiles et les germes psychrophiles, d'origine aquatique ou tellurique. Ces derniers présentent un intérêt limité pour la détection d'une contamination d'origine fécale. Les coliformes regroupent plusieurs genres bactériens, notamment *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia* et *Serratia*. (Rodier., 2005).

3-Escherichia coli (E. coli) :

Il s'agit d'une bactérie courante dans le tube digestif des humains et des animaux à sang chaud. Bien que la majorité des souches d'*E. coli* soient inoffensives, certaines, comme les souches entérohémorragiques (ECEH), peuvent causer des toxi-infections alimentaires (TIA) graves.

La transmission à l'homme

survient principalement par la consommation d'aliments

contaminés, tels que la viande hachée crue ou insuffisamment cuite, ainsi que le lait cru.

Son rôle en tant que problème de santé publique a été mis en évidence en 1982, après une épidémie de TIA survenue aux États-Unis.

L'ECEH produit des toxines appelées verotoxines ou toxines de type Shiga, en raison de leur similitude avec celles produites par *Shigella dysenteriae*. Cette bactérie se développe dans une plage de températures allant de 7°C à 50°C avec une température optimale de 37°C.

Certaines souches d'ECEH peuvent se multiplier dans des aliments acides, jusqu'à un pH de 4,4, ainsi que dans ceux dont l'activité de l'eau est d'au moins 0,95. La cuisson élimine l'ECEH lorsque toutes les parties de l'aliment atteignent une température minimale de 70°C. Le sérotype O157 :H7 d'*E. coli* est le plus préoccupant en termes de santé publique, bien que d'autres sérotypes aient fréquemment été détectés en lien avec des cas isolés ou des épidémies (Kaper et al, 2004).



Figure 02 : Des Escherichia coli E. coli (site web2).

3-1- Caractères bactériologiques de Escherichia coli :

E. coli est une bactérie en forme de bacille, de type Gram négatif, qui fait partie de la famille des Enterobacteriaceae. Elle se multiplie sur une gélose classique, génère généralement du l'indole, fermente le lactose, mais ne produit pas de cétoïne (Fauchère et al, 2002).

La plupart des souches d'*E. Coli* se développent rapidement (18 à 24 heures) sur les milieux habituels. Les colonies mesurent environ 2 mm de diamètre, elles sont de forme ronde, plates et présentent des bords réguliers (Joly et al, 2002).

E. coli est réputé pour sa capacité à se développer à 44°C et à mener normalement ses processus métaboliques à cette température. (Grimont, 1987).

Chapitre 02 : Milieu d'étude

1-Situation géographique de barrage Boughrara :

Le barrage de Hammam Boughrara, mis en service en 1999, se situe à la confluence de l'oued Mouillah et de l'oued Tafna, à 10 km en aval de Maghnia, dans l'extrême nord-ouest de la Wilaya de Tlemcen, au nord-ouest de l'Algérie. Il fait partie du bassin versant du Maroc, qui s'étend sur 2000 km², délimité par un périmètre de 241 km et comprenant majoritairement les plaines d'Angad, situées à Oujda (Maroc), et de Zrigua, à Maghnia (Algérie). Ce réservoir a pour objectif de répondre aux besoins en eau potable des villes d'Oran (33 Hm³) et de Maghnia (17 Hm³). De plus, 9 Hm³ sont destinés à l'irrigation de la moyenne Tafna. Il présente une capacité totale de 177 Hm³, un volume régularisé de 59 Hm³ et une superficie de 984 ha (A.N.B.T, 2012).

Le bassin versant du barrage de Hammam Boughrara représente la partie occidentale du grand bassin de la Tafna, subdivisé en huit sous-bassins. Notre étude couvre les sous-bassins 01, 02 et 03, ainsi qu'une portion du sous bassin 04.

Les coordonnées LAMBERT X=10290, Y=185900 indiquent approximativement le centre du chantier du barrage, où le lit mineur de l'Oued se situe à une altitude de Z=250,0 m.

L'environnement du barrage inclut l'ensemble des éléments de son bassin versant (Bahloul, 2013).

Le bassin versant de Hammam Boughrara, situé au sud-ouest de la Wilaya de Tlemcen, couvre une superficie de 2950 km². La longueur du talweg principal est de 124 km, avec une altitude maximale de 1625 m (l'altitude du barrage étant de 251 m). Nous avons subdivisé ce bassin en deux sous-bassins : le premier, celui d'Oued Mouillah, avec une superficie de 2664 km², et le deuxième, comprenant la section de l'Oued Tafna entre la station de mesure hydrométrique le barrage de Beni Bahdel (Bahloul, 2013).

Ce barrage a un double objectif :

- assurer la couverture en eau potable et en eau industrielle de la région de Maghnia,
- assurer un transfert vers Oran via le Djebel Zioua.

La capacité utile de la retenue est de 177 millions de m³. Le volume annuel régularisable est de 59 millions de m³.

L'affectation prévue pour 59 millions de m³ régularisés au barrage H. Boughrara est la suivante : 33 millions de m³ d'eau sont destinés pour l'alimentation en eau potable de la ville d'Oran, 17 millions de m³ d'eau sont destinés pour l'alimentation en eau potable de la ville de Maghnia, 09 millions de m³ d'eau sont destinés pour l'irrigation des terres à l'aval du barrage.

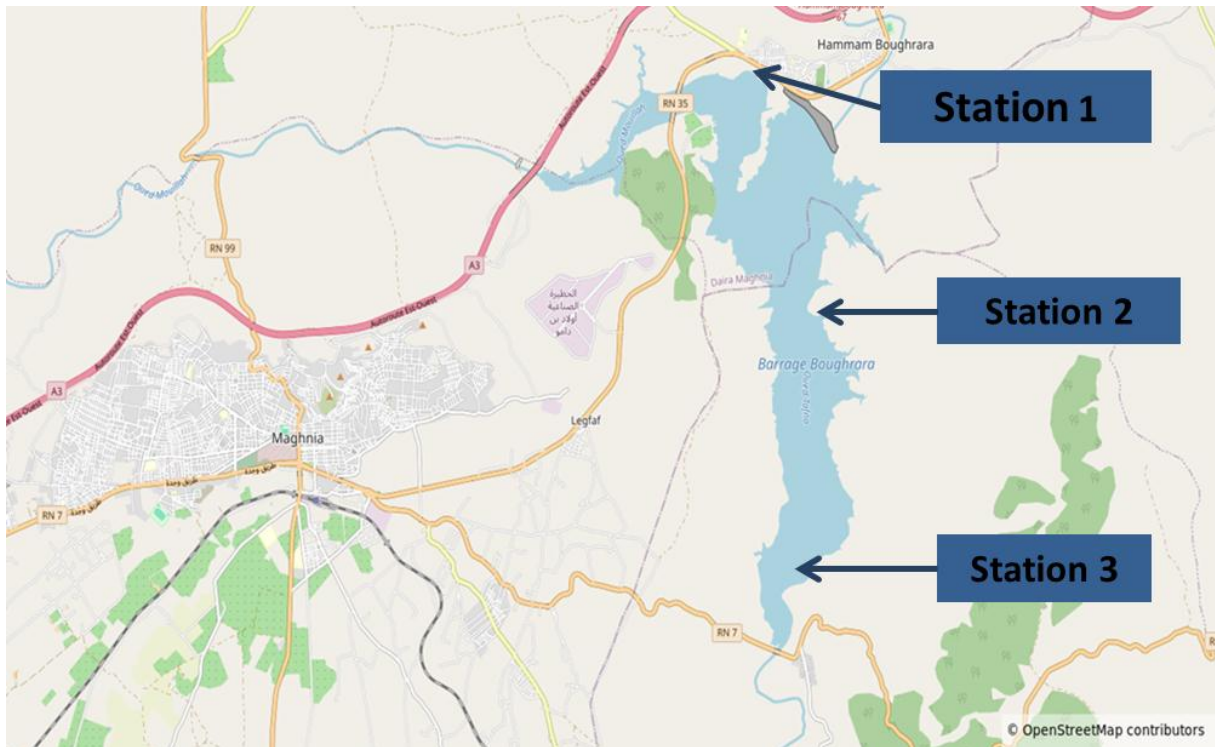


Figure 03 : carte géographique de Boughrara (web 3).

3-Situation géographique du bassin versant de la Tafna :

C est une carte géographique, situé dans l'Oranie (Algérie occidentale), couvre une superficie de 7 245 km², excluant les affluents présents au Maroc. Ce bassin se distingue par sa position plus méridionale et sa configuration géographique bien définie, le rendant facilement identifiable par rapport aux autres régions du Tell algérien (Dahmani et al, 2003).

Le bassin versant de la Tafna est délimité par des massifs montagneux aux reliefs souvent élevés : au sud, les Monts de Tlemcen ; au nord, les Monts des Traras et la chaîne du Tessala, qui se prolonge vers l'ouest par les reliefs des Sebâa Chioukh. La partie principale de ce bassin est constituée de vastes plaines, dont les deux principales sont celles de Maghnia, à l'ouest, et des Ghossels, à l'est. L'Oued de la Tafna, long de 170 km, constitue l'artère principale de ce bassin (Figure 04).

4-Sources de pollution situées dans le bassin versant du barrage :

4-1-Pollution domestique :

En général, cette pollution provient des rejets d'eaux usées domestiques des villes et agglomérations situées dans la partie algérienne du bassin versant, notamment les communes de Maghnia, Hammam Boughrara, Sidi Medjahed et Bouhlou.

Une station d'épuration, d'une capacité totale de 150 000 équivalents habitants, a été construite pour traiter les eaux usées de la ville de Maghnia. Actuellement, l'épuration des effluents domestique est entièrement maîtrisée (Ben, 2011).

4-2-Pollution industrielle :

Les effluents industriels proviennent de quatre entreprises :

- L'E.N.O. F : Entreprise spécialisée dans les produits miniers non ferreux et les substances utiles. Elle produit de la terre décolorante et de la bentonite pour fonderie. Les rejets sont dirigés vers l'oued Ouer Deffou.
- L'E.N.C. G : Complexe de corps gras, fabricant d'huile, de savon et de glycérine. Les effluents sont déversés dans l'oued Abbas, un affluent de l'oued Ouer Deffou.
- L'E.R.I.A. D : Entreprise des industries alimentaires et dérivés, produisant des produits à base de maïs. Elle rejette 600 m³/j d'eaux contenant du gluten dans l'oued Abbas.

L'E.C.V. O : Entreprise de céramique pour vaisselle, qui déverse 130 m³/j d'eaux fortement chargées en minéraux dans l'oued Abbas. (Ben, 2011).

4-3-Pollution agricole :

Les activités agricoles dans le bassin versant analyser se concentrent principalement dans la zone irriguée de Maghnia, et plus spécifiquement dans la plaine d'Angad.

Les principales sources de pollution liées à ces activités incluent l'utilisation d'engrais, le traitement des sols et des cultures, ainsi que l'élevage, notamment l'aviculture (Ben, 2011).

4-4-Pollution provenant du côté Marocain :

Cette pollution résulte des eaux usées urbaines et industrielles de la ville d'Oujda au Maroc, qui sont déversées directement dans l'Oued BouNaim, principal affluent de l'Oued Mouillah, sans aucun traitement préalable.

En raison du manque de données et des difficultés à en obtenir, il est impossible de faire une estimation ou même d'avoir une idée précise sur la qualité et la quantité des rejets industriels du côté marocain (Ben, 2011).

5-Conséquence de la pollution :

5-1- Les maladies et transmission hydrique :

Les principales maladies d'origine microbienne pouvant être transmises par l'eau comprennent les fièvres entériques et les gastro-entérites, telles que la typhoïde, la paratyphoïde et les salmonelloses, ainsi que le choléra et la dysenterie bactérienne. Parmi les affections moins fréquentes, on peut citer certaines formes de tularémie et la jaunisse hémorragique (maladie de Weil). Il convient également de mentionner la dysenterie amibienne, causée par un protozoaire parasite (Gomella et al, 1978).

6-Étude bioclimatique :

6-1-Le climat en Algérie :

D'après Seltzer (1946), l'Algérie bénéficie d'un climat méditerranéen, marqué par une saison pluvieuse qui s'étend généralement de septembre à mai, suivie d'un été chaud et sec. En raison de l'étendue géographique du pays, son climat est très diversifié : la région nord jouit d'un climat méditerranéen (selon la classification de Köppen, type Csa), tandis que la majeure partie du territoire est dominée par un climat désertique.

Cependant, entre ces deux grands types de climat, il existe des climats de transition, tels que le climat semi-aride, qui correspond à un climat méditerranéen avec une sécheresse s'étendant au-delà de la seule saison estivale, affectant une grande partie de l'année. On trouve également un climat méditerranéen influencé par les montagnes, avec une légère composante continentale. Toutefois, l'Algérie se situe dans la zone subtropicale, où le climat dominant est chaud et sec.

7-Paramètres climatologiques :

7-1-Température :

Le tableau ci-dessous résume les moyennes mensuelles des températures (T)et température maximale (TM)et minimale (Tm) des dix dernières années 2013-2023 de la station de Maghnia.

Les valeurs des températures les plus élevées sont observées au mois de juillet avec une température Maximal de 39,6 °C.

Les valeurs des températures le plus élevées sont observées ou mois de juillet avec une température moyenne de 32,85°C.

Les valeurs des températures le plus minimale sont observées ou mois de janvier avec une température de 4,58°C.

Tableau 01 : les moyennes mensuelles des températures (T°C)et température maximale

	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T(°C)	12,16	14,06	16,4	19,73	24,05	28,4	32,85	32,3	25,56	23,69	17,16	13,8
T Maximale(°C)	18,17	19,81	21,92	25,34	29,85	34,3	39,6	39,5	31,19	30,2	24,1	19,8
T minimale(°C)	4,58	6,1	7,55	10,43	13,33	17,4	20,52	21,5	17,15	14,11	8,85	6,24

(TM)et minimale (Tm) des dix dernières années 2013-2023 de la station de Maghnia.

7-2- Précipitation :

Les précipitations sont des facteurs les plus importants du climat (Faurie., 2011).

Le tableau ci-dessous résume les moyennes des précipitations des dix dernières années 2013-2023 de la station de Maghnia.

Le mois le plus sec est juillet, avec une précipitation de 0,71 mm, tandis que le mois le plus humide est janvier, avec 42,34mm de précipitation.

Tableau 02 : les moyennes des précipitations de la station de Maghnia (2013-2023) .

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
P(mm)	42,34	25,3	36,016	40,558	43,72	6,68	0,71	3,669	11,99	24,103	24,28	40,69

8-Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) permet de comparer les valeurs des températures et des précipitations.

La fig. 05 représente le diagramme ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen durant la période (2013-2023)

Nous notons que La période sèche s'étend sur sept mois du mai jusqu'à novembre et la période humide est assez courte et s'étend de décembre à mars.

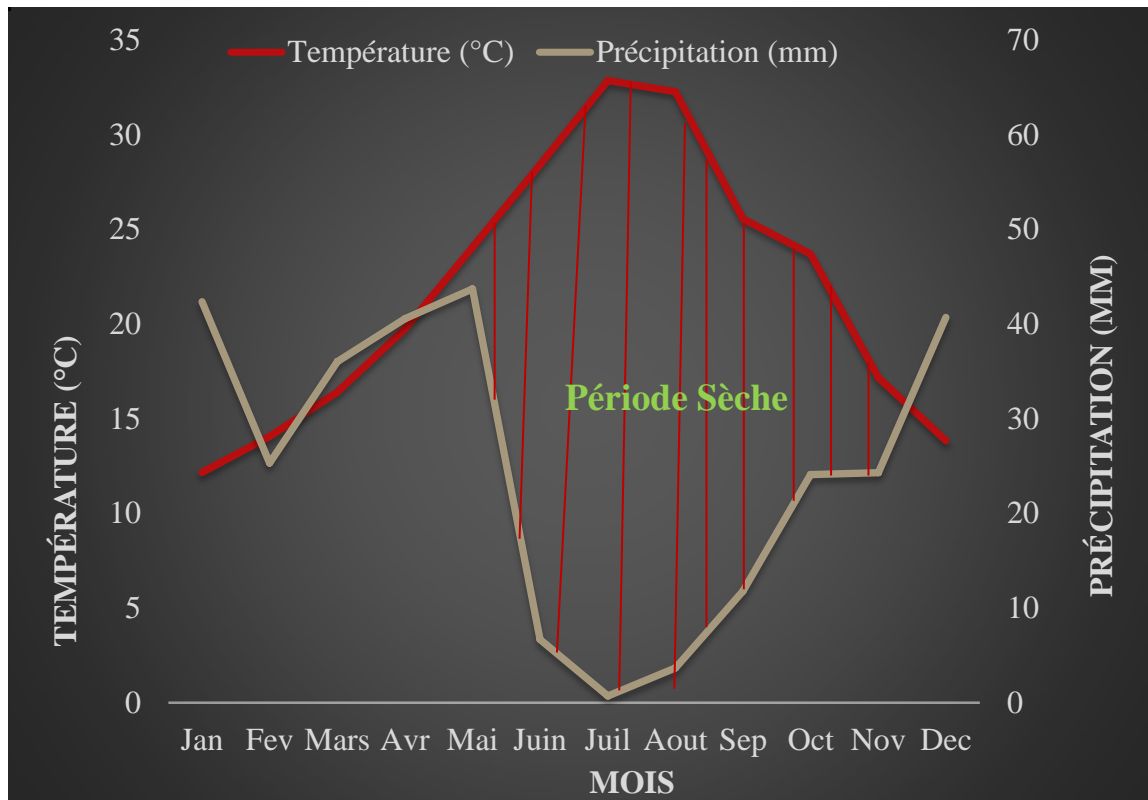


Figure 05 : Diagramme Ombrothermique de Bagnoula et Gausсен

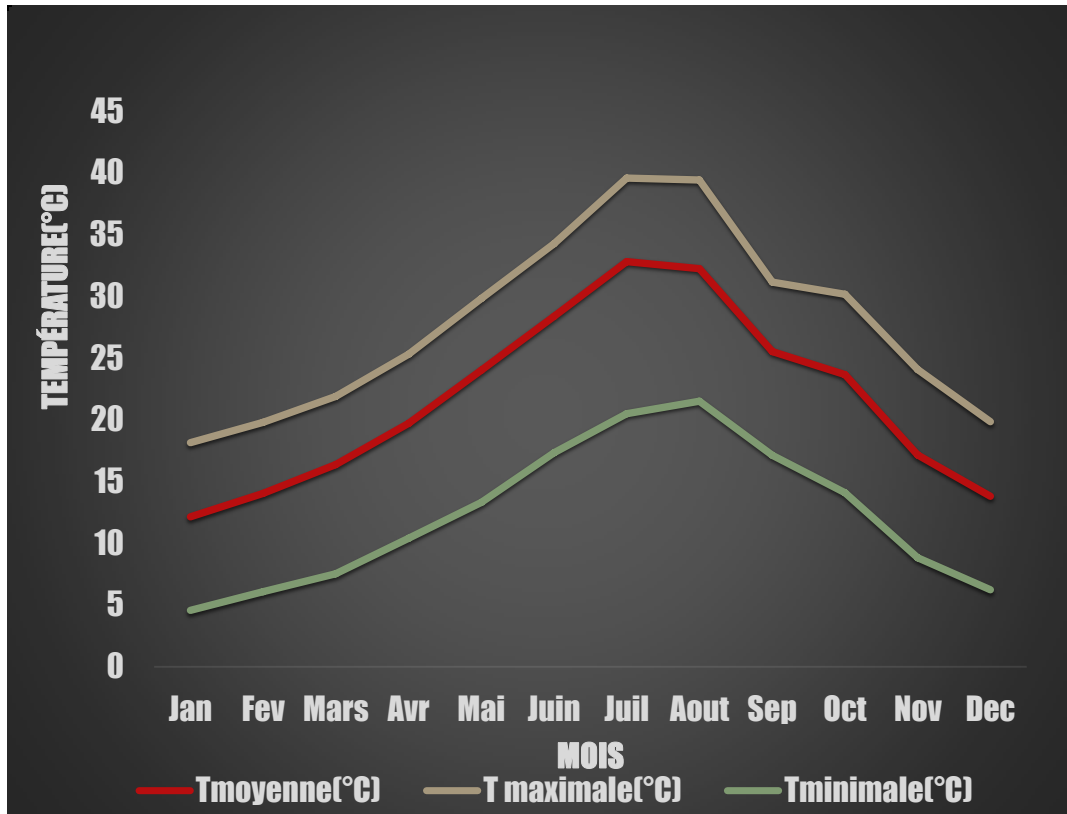


Figure 06 : Variations des Températures : moyenne, minimales et maximales de la station de Maghnia (2013-2023).

8-1-Climatogramme DEMBERGER

Le quotient Q2 a été formulé de la façon suivante :

$$Q2 = 2000P / M^2 - m^2$$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K)

m : moyenne des minima du mois le plus froid (°K)

(Température en °K = T°C + 273).

Tableau 03 : calcul de Q2 des stations de Maghnia :

<u>Station</u>	<u>P(mm)</u>	<u>M(K°)</u>	<u>m(K°)</u>	<u>Q2</u>
Maghnia	297,939	312,6	277,58	29

Selon la valeur du Q2 obtenu, la station de Maghnia se trouve au niveau de l'étage bioclimatique aride avec un hiver tempéré (fig.07)

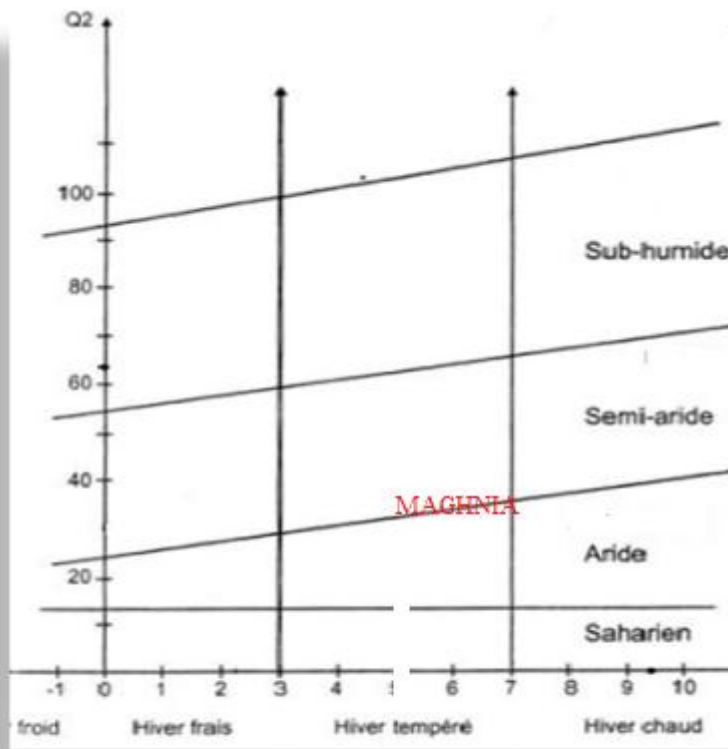


Figure 07 : climatogramme d'Emberger de la station de Maghnia (2013-2023).

Chapitre 03 : matériels et méthodes

1-Stations d'étude :

Une étude bactériologique a été menée sur trois stations situées au niveau du barrage de Boughrara sur une période de 3 mois.

Les stations ont été choisies en fonction de leurs accessibilité. Les rives des trois stations présentaient une végétation faible et un substrat riverain hétérogène.



Photo Original 01 : Station 01 et 02.



Photo Original 02 : Station 03.

2-Méthodes d'études

2-1-Analyses physicochimiques

En vue de déterminer la qualité d'eau en fonction des paramètres physico-chimiques, à savoir :

- **pH** : unité pH à la température de mesure

Le pH d'une eau permet de mettre en évidence les espèces chimiques présentes dans un échantillon. On parle alors de pH acide, de pH neutre ou de pH basique. La mesure du pH est réalisée par une méthode potentiométrique en mesurant la différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence.

- **Conductivité** : unité : $\mu\text{S}/\text{cm}$ à une température de 25°C

La conductivité permet d'évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau. La mesure de conductivité est réalisée en mesurant la conductance d'une eau entre 2 électrodes métalliques, elle est l'inverse de la résistivité électrique

- **Turbidité** : unité : FNU

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. La mesure de la turbidité est très utile pour le contrôle d'un traitement mais ne donne pas d'indications sur les particules en suspension qui l'occasionne.

L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne la vie des Microorganismes aquatiques et généralement le fonctionnement de cet écosystème (Rodier, 1996).

-**Les composés azotés** : l'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des acides aminés. Le plus souvent, ces produits ne se retrouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque (NH_4), nitrates (NO_3), nitrites (NO_2)), il constitue la majeure partie de l'azote total.

***Les nitrites** proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte.

* **Nitrates** : unité : $\text{mg}/\text{L NO}_3$

Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Les composés carbonés : il existe différents indicateurs de pollution

organique. Les composés carbonés peuvent avoir différentes origines liées aux activités humaines, industrielles, agricoles ainsi qu'aux activités naturelles. (Lozere., fr)

Trois bouteilles de 500 ml (une pour chaque station) sont utilisées pour l'analyse physico chimique. Ces bouteilles sont mises dans un sac isotherme et transporter au laboratoire. Tous les analyses ont été réalisés au laboratoire le jour même avec un multi paramètres (photo 03) et avec l'aide de l'ingénieur du laboratoire monsieur Bemoussat Benali.



Photo Original 03 : Multi paramètre 340 e, Photomètre (Wagtech)7100 et Ph

Mètre.



Photo Original 04 : matérielles utilisé sur terrain.

2-2- Analyses bactériologiques :

Pour cette analyse, le matériel utilisés est composé de : des tubes, des cloches du durham, bec Benzène, le barreau magnétique, agitateur, des flacons, Becher, eau distillée, Schubert broth, lactose broth with bromcresol purple, balance, Seraing, incubateur, des boites pétris, mac kony, kovax.

2-2-1-preparation du milieu lactose broth with bromcresol purple:

2-2-1-1-double concentre (D/c) :

600ml d'eau distillée est mise dans une Becher dans lequel sont ajoutés 15,6 g de lactose broth with bromcresol purple, puis nous agitions. Un barreau magnétique est introduit dans le mélange jusqu'à ébullition.



Figure 08 : Becher



Figure 09 : Barreau magnétique



Photo Originale 05 : Le milieu préparé.



Photo Originale 06 : lactose broth.

. 3 flacons sont remplis avec 50ml du milieu, un flacon pour chaque station et 5 tubes de 10 ml du milieu chaque 5 tubes pour une station (15 tubes), et nous introduisons une cloche durham pour chaque tube.



photo Originale 07 :le milieu de lactose broth with bromcresol purple prepre dans les flacons et les tubes doubles concentre et simples concentre.

2-2-1-2-simple concentre(s/c) :

Dans un Becher, 150 ml d'eau distillée sont mesurés, puis 1,95 g de lactose broth sont ajoutés. Le mélange est agité, puis un barreau magnétique est introduit. La solution est ensuite portée à ébullition à l'aide d'un agitateur magnétique.

Une fois le mélange prêt, cinq tubes sont préparés pour chaque station, chacun étant rempli avec 10 ml du milieu. Une cloche de Durham est insérée dans chaque tube pour la détection des gaz.

2-2-1-3-sterilisation :

Les flacons et les tubes sont insérés dans une cocote pour la stérilisation pendant 20 min

Test de présomption : ce test est destiné à la détection des coliformes totaux.

Nous préparons 50 ml de milieu lactose broth, auxquels nous ajoutons dix fois 5 ml de l'échantillon d'eau prélevée, soit un total de 50 ml dans les flacons. Ensuite, nous répartissons 10 ml du milieu dans cinq tubes à double concentration (D/C), chacun recevant 10 ml de l'échantillon.

De même, nous répartissons 10 ml dans cinq tubes à simple concentration (S/C), chacun recevant 1 ml de l'échantillon.

Avant incubation, nous évacuons l'éventuel gaz contenu dans les cloches de Durham, puis nous homogénéisons soigneusement les milieux.



Photo Originale 08 :la stérilisation des flacons et des tubes.

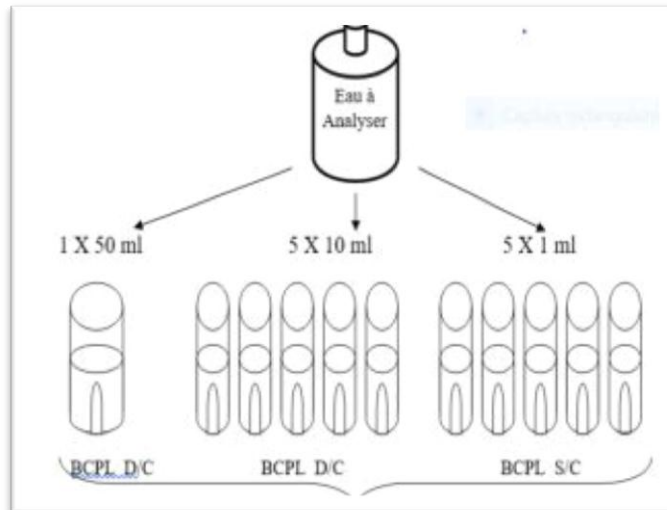


Figure 10 : protocole de test de présomption des coliformes totaux.

-Incubation :

L'incubation des flacons et des tubes se fait à 37 c° pendant 48 heures.

-Lecture :

Les résultats sont considérés comme positifs si les tubes et les flacons présentant à la fois :

- un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- un virage de milieu à la couleur jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose).

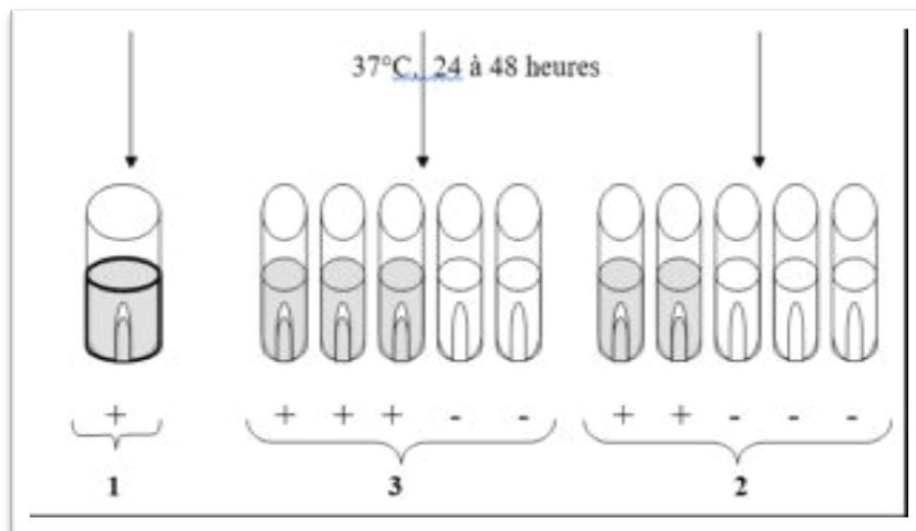


Figure 11 : protocole de l'incubation.

2-2-2-preparation du milieu Schubert broth :

2-2-2-1- double concentré (D/c) : Dans un Becher, 200 ml d'eau distillé est ajouté à 12,4g de Schubert broth, après agitation nous insérons le barreau magnétique dans le mélange jusqu'à ébullition du mélange.



Photo Originale 09 : Préparation de milieu Schubert broth

Cinq tubes et 3 flacons sont préparés pour chaque station, chacun tube rempli avec 10 ml du milieu de culture et chaque flacon par 50 ml de milieu. Une cloche de Durham est insérée dans chaque tube et flacon. Les tubes et les flacons sont ensuite placés dans un stérilisateur et soumis à une stérilisation pendant 20 minutes.

2-2-2-2-simple concentré (s/c) :

Nous préparons une solution en dissolvant 3,1 g de Schubert broth dans 100 ml d'eau distillée. Un barreau magnétique est ensuite introduit dans le mélange, que nous portons à ébullition à l'aide d'un agitateur magnétique.

Après ébullition, nous répartissons 10 ml du milieu dans chacun des 5 tubes, en y plaçant une cloche de Durham dans chaque tube.

Après 48 heures d'incubation, nous prélevons les tubes et les flacons contenant le Schubert broth, puis nous ajoutons quelques gouttes de leur contenu dans un milieu lactose broth.

Enfin, nous plaçons ces préparations dans un incubateur à 44 °C pendant 24 heures.

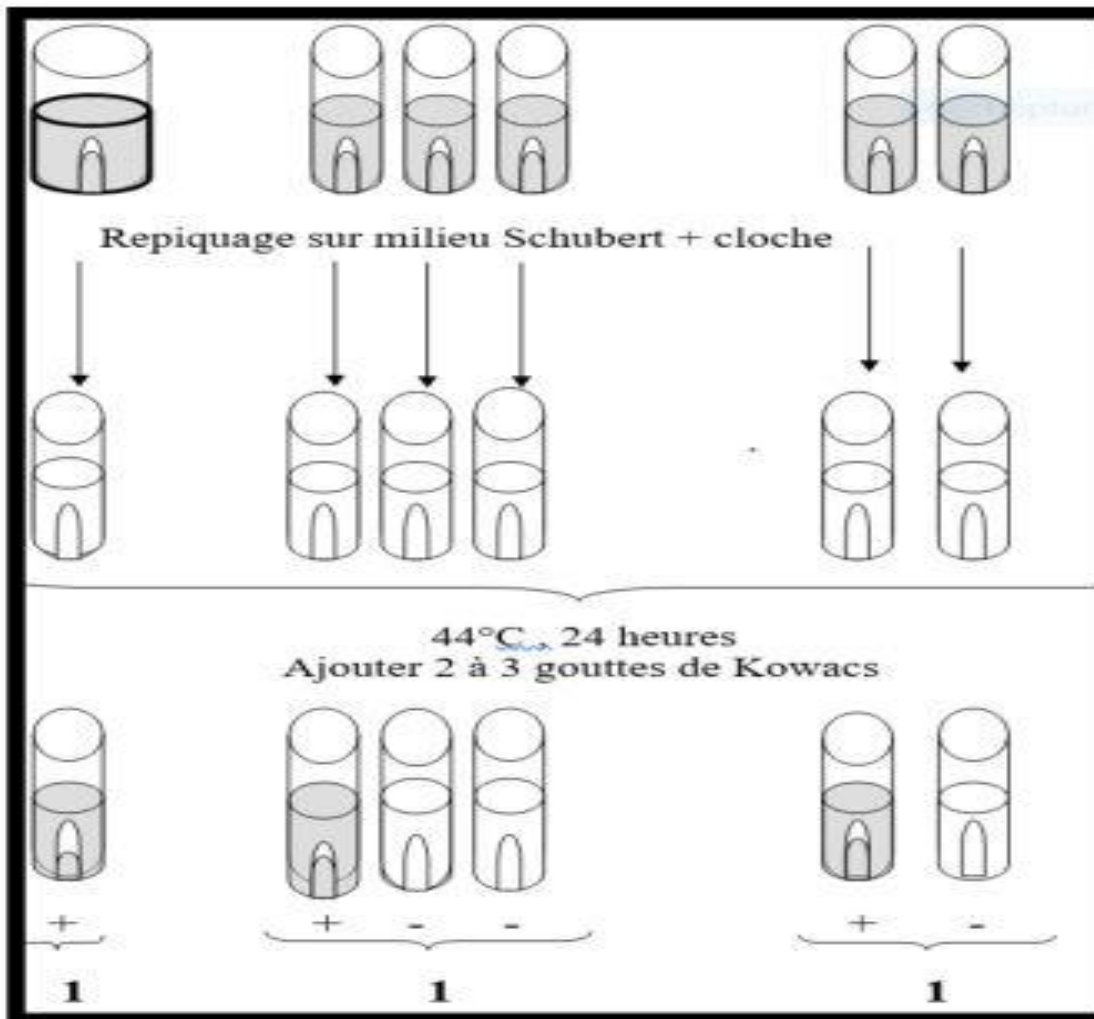


Figure13 : protocole de préparation de milieu Schubert broth.

2-2-2-3-lecture de teste des coliformes fécaux :

Après 24 heures d'incubation, nous examinons les tubes et les flacons afin de vérifier la présence d'un dégagement gazeux. Si le volume de gaz dépasse le dixième (1/10) de la hauteur de la cloche de Durham, le test est considéré comme positif.

2-2-2-4- Pour le test de E. coli :

Nous utilisons un milieu tryptone, souvent utilisé en dernière étape d'une série de tests pour détecter les bactéries, notamment E. coli. Ce test détermine si les bactéries peuvent dégrader l'acide aminé tryptophane présent dans le milieu et produire une substance appelée indole. Pour notre étude, nous avons pesé 3,74 grammes de tryptone et 2,5 grammes de sel dans 250 ml d'eau distillée. Nous avons mélangé la solution à 121 °C, l'avons répartie dans des tubes à essai et l'avons stérilisé pendant 20 minutes. Nous avons ensuite ajouté les échantillons et les

avons incubés pendant 24 à 48 heures. Après incubation des bactéries dans ce milieu, nous avons ajouté le réactif de Kovacs. Si un anneau rouge apparaissait à la surface du milieu, cela signifiait que les bactéries produisaient de l'indole (résultat positif), indiquant qu'elles étaient actives et réalisaient des réactions chimiques. Ce résultat indique la présence d'E. coli.

2-2-3-Méthode d'énumération des bactéries

À l'aide d'une seringue, nous prélevons 9 ml d'eau physiologique près du bec de benzène afin d'éviter toute contamination, puis nous y ajoutons 1 ml de l'échantillon provenant de la station 1.

Ensuite, un second tube contenant 9 ml d'eau physiologique est préparé, dans lequel nous ajoutons 1 ml du milieu issu du premier tube.

Les milieux préparés sont ensuite appliqués sur des boîtes de Pétri contenant du milieu Mac Conkey, à l'aide d'un écouvillon, en travaillant près du bec de benzène pour préserver la stérilité.

Les boîtes sont incubées à 37 °C pendant 48 heures, après quoi une coloration de Gram est réalisée.

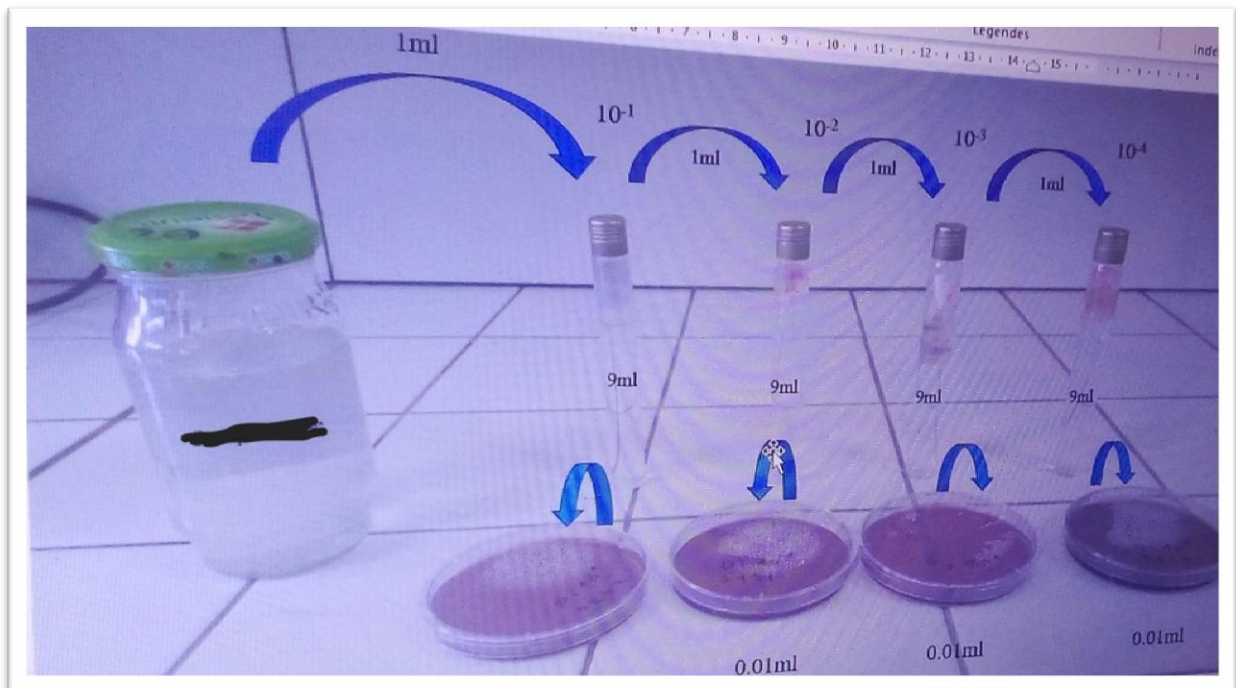


Figure 14 : Méthode de d'énumération des Bactéries.

2-2-4-coloration de Gram :

- Allumer la flamme du bec de Bunsen.

- Déposer une goutte d'eau distillée sur la lame.
- 3- Flamber l'anse de platine jusqu'à ce qu'elle soit rougeoyante.
- 4- Prélever une colonie bactérienne sur la gélose.
- 5-Mélanger la colonie avec la goutte d'eau sur la lame.
- 6-Sécher lentement la lame en la passant près de la flamme.
- 7-Ajouter 1 à 2 gouttes d'éthanol à 100°.
- 8-Flamber la lame pendant 2 à 3 secondes pour la décoloration.
- 9- Recouvrir la lame de violet de gentiane et laisser agir pendant 1 minute.
- 10-Rincer la lame avec de l'eau distillée pour éliminer l'excès de violet.
- 11- Recouvrir la lame de Lugol et laisser agir pendant 1 minute.
- 12-Rincer à nouveau avec de l'eau distillée.
- 13- Décolorer avec de l'éthanol à 100° pendant environ 15 secondes.
- 14-Rincer immédiatement à l'eau distillée.
- 15- Recouvrir la lame d'eau distillée pour le rinçage final.
- 16-Ajouter 4 gouttes de fuchsine et laisser agir pendant 1 minute.
- 17- Rincer délicatement à l'eau distillée.
- 18-Sécher doucement la face de la lame contenant les bactéries avec un papier absorbant.
- 19-Observer la lame au microscope pour déterminer la nature Gram des bactéries (Gram positif ou Gram négatif).

Chapitre 04 :

Résultats et discussion

1-Résultats des paramètres physicochimiques :

Les valeurs des moyennes des différents paramètres physico chimiques sont presque identiques dans les trois stations.

Les valeurs des écart types obtenues pour tous les paramètres et pour les trois stations montrent qu'il n'y a pas de différences entre les prélèvements pour les trois stations.

Après analyse physico chimique, nous déduisons que l'eau du barrage est alcaline de moyenne qualité présentant une bonne conductivité, une faible oxygénation liée à l'augmentation de température qui limite la solubilité de l'oxygène. Le taux de nitrate est assez élevé, ce qui témoigne des activités humaines environnantes à savoir l'agriculture, les rejets industriels les apports des oueds.



Photo Originale 10 : Résultats d'analyse des Nitrates

3-Les résultats bactériologiques

L'analyse bactériologiques de l'eau des trois stations durant les trois mois a pu démontrer au niveau de la :

Sortie 1

Pour les coliformes totaux :

*StationS1 :

Lors du premier échantillonnage à la station S1, les analyses bactériennes réalisées sur les flacons de 50 ml ont donné des résultats négatifs. En revanche, parmi les tubes doubles concentrés, trois ont présenté des résultats positifs, caractérisés par un dégagement gazeux et un changement de couleur. Deux tubes simples concentrés ont également été positifs. Selon le tableau de Mac Grendy, le nombre probable le plus probable (NPP) de coliformes totaux est estimé à 5.

*Station S2 :

Le flacon de 50 ml a donné un résultat négatif. Toutefois, un tube double concentré et un tube simple concentré se sont révélés positifs. D'après le tableau de Mac Greedy, le NPP des coliformes totaux est évalué à 2.

*Station S3 :

Les résultats du flacon de 50 ml sont négatifs. Trois tubes doubles concentrés ont montré des signes positifs, à savoir un changement de couleur et un dégagement gazeux, tandis que tous les tubes simples concentrés sont négatifs. Le NPP des coliformes totaux est donc estimé à 3, Conformément au tableau de Mac Greedy.



Photo Originale 11 : résultats des tubes simples et doubles concentrés.

4-1-2- Pour les coliformes fécaux :

*Station S1

Le flacon est négatif, les tubes doubles concentrés sont au nombre de 3 positifs, et un tube simple concentré est positif, ce qui donne un NPP de 5.

*Station S2 :

Le flacon est négatif, un tube double concentré et un tube simple concentré sont positifs, conduisant à un NPP de 2.

*Station S3 :

Le flacon est négatif, trois tubes doubles concentrés sont positifs, aucun tube simple concentré n'est positif, ce qui correspond à un NPP de 3 selon le tableau de Mac Greedy.

4-1-3 Pour le E. Coli :

Les résultats dans les 3 station des E. Coli sont négatives.

Sortie 2 :

4-2-1-Pour les coliformes totaux :

Station S1 :

Le flacon de 50 ml a donné un résultat négatif. Parmi les tubes doubles concentrés, un seul tube a été positif, caractérisé par un changement de couleur et un dégagement gazeux. Un seul tube simple concentré a également été positif. D'après le tableau de Mac Greedy, le nombre probable le plus probable (NPP) de coliformes totaux est estimé à 2.

*Station S2 :

Le flacon de 50 ml est négatif. Deux tubes doubles concentrés et deux tubes simples concentrés ont présenté des résultats positifs. Ces observations conduisent à un NPP des coliformes totaux égal à 4.

*Station S3 :

Le flacon de 50 ml a donné un résultat négatif. Trois tubes doubles concentrés ont été positifs, ainsi qu'un tube simple concentré. En combinant ces résultats avec le tableau de Mac Greedy, le NPP des coliformes totaux est estimé à 5.

4-2-2- Pour les coliformes fécaux :

*Station S1 :

Le flacon est positif, présentant un dégagement gazeux. Les cinq tubes doubles concentrés ainsi que les cinq tubes simples concentrés sont également positifs. Selon le tableau de Mac Greedy, le nombre probable le plus probable (NPP) de coliformes fécaux est supérieur à 240.

*Station S2 :

Le flacon est positif. Les cinq tubes doubles concentrés sont positifs, tandis que tous les tubes simples concentrés sont négatifs. Le NPP des coliformes fécaux est estimé à 24.

*Station S3 :

Le flacon est négatif. Quatre tubes doubles concentrés sont positifs, alors que tous les tubes simples concentrés sont négatifs. En se basant sur ces résultats, le NPP des coliformes fécaux à cette station est évalué à 5.

4-2-3- Pour le E. coli :

Les résultats dans les 3 station des E. Coli sont négatives.

Sortie 3 :

4-3-1-Les coliformes totaux :

Station S1 : Le flacon est positif, les cinq tubes doubles concentrés et les cinq tubes simples concentrés sont positifs, conduisant à un NPP supérieur à 240.

Station S2 : Le flacon est négatif, quatre tubes doubles concentrés sont positifs, tandis que les tubes simples concentrés sont tous négatifs, avec un NPP estimé à 5.

Station S3 : Le flacon est positif, tous les tubes doubles et simples concentrés sont positifs, ce qui correspond à un NPP supérieur à 240.

4-3-2 - Coliformes fécaux :

Station S1 : Le flacon est négatif, deux tubes doubles concentrés et deux tubes simples concentrés sont positifs, avec un NPP de 4.

Station S2 : Le flacon est négatif, quatre tubes doubles concentrés sont positifs, tous les tubes simples concentrés sont négatifs, avec un NPP de 5.

Station S3 : Le flacon est positif, cinq tubes doubles et cinq tubes simples concentrés sont positifs, indiquant un NPP supérieur à 240.

4-3-3 - E. coli :

Les résultats dans les 3 station des E. Coli sont négatives.

Discussion : Ces résultats montrent que les coliformes totaux, les coliformes fécaux sont présents dans le barrage à des concentrations significatives, ce qui indique une contamination importante, probablement liée au rejet d'eaux usées dans la zone étudiée. Voir le tableau (04)

Tableau04 : les résultats bactériologiques des coliformes totaux et fécaux et E. coli.

	Sortie 01			
station01	flacon 50 ml	tubes (D/C)10 ml	tubes (S/C)10 ml	Npp
Coliformes totaux	0	3	2	5
Coliformes fécaux	0	3	1	5
E. coli	0	0	0	0
station02	/	/	/	/
Coliformes totaux	0	1	1	2
Coliformes fécaux	0	1	1	2
E. coli	0	0	0	0
station 03	/	/	/	/
Coliformes totaux	0	3	0	3
Coliformes fécaux	0	3	0	3
E. coli	0	0	0	0
	Sortie 02			
station 01	/	/	/	/
Coliformes totaux	0	1	1	2
Coliformes fécaux	1	5	5	>240
E. coli	0	0	0	0
station 02	/	/	/	/
Coliformes totaux	0	2	2	4
Coliformes fécaux	1	5	0	24
E. coli	0	0	0	0
station 03	/	/	/	/
Coliformes totaux	0	3	1	5
Coliformes fécaux	0	4	0	5
E. coli	0	0	0	0
	Sortie 03			
station 01	/	/	/	/
Coliformes totaux	1	5	5	>240
Coliformes fécaux	0	2	2	4
E. coli	0	0	0	0
station 02	/	/	/	/
Coliformes totaux	0	4	0	5
La suite de tableau				
Coliformes fécaux	0	4	0	5
E. coli	0	0	0	0
station 03	/	/	/	/
Coliformes totaux	1	5	5	>240

Coliformes fécaux	1	5	5	>240
E. coli	0	0	0	0



Photo Originale 12 : les résultats des coliformes fécaux.

Identifications des E. coli :

Les résultats sont positifs dans les 2 premières stations E1 et E2.

Dans la boîte pétri E1 et E2 nous avons dénombrés respectivement 56 et 74 colonies.

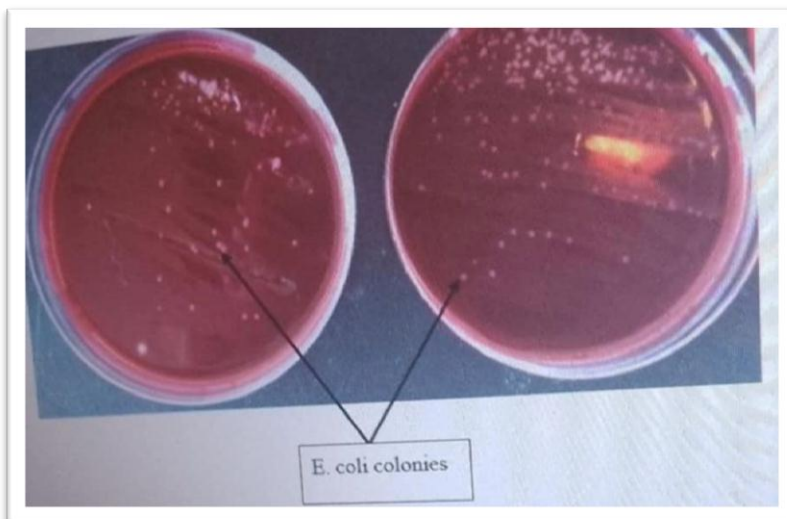


Photo Originale 13 : les boîtes pétris E1 et E2

Après ces résultats nous trouvons que malgré les résultats et négatif dans les 3 station mais dans les boites pétries il y a des colonies des E. coli.

Les résultats de coloration du gram :

Après observation au microscope, la présence de bactéries à Gram négatif a été constatée. Ce résultat suggère qu'il pourrait s'agir de *Escherichia coli* (E. coli), une bactérie typiquement à Gram négatif.

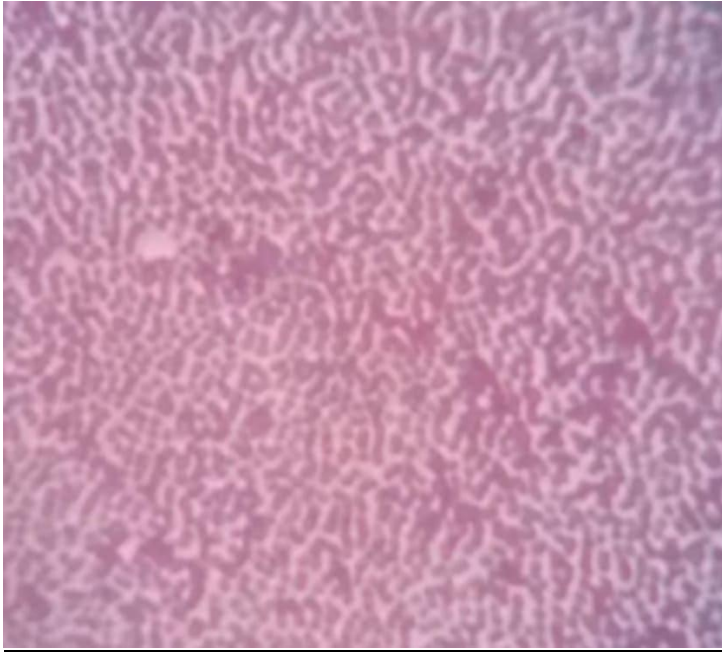


Photo Originale 14 : Grams négatifs au microscope

Crustacés

L'eau de la troisième sortie était caractérisée par la présence des cladocères photo 15.

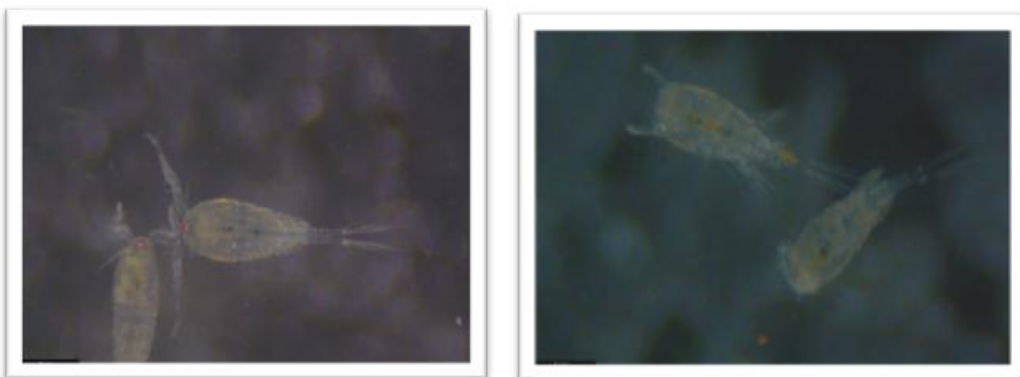


Photo Originale 15 : les Cladocères

Les cladocères (comme *Daphnia*) sont des petits crustacés qui se nourrissent principalement de

Phytoplancton, de bactéries et de particules organiques en suspension. Certaines espèces de Cladocères consomment directement des bactéries ou des matières organiques enrichies en bactéries.

Ainsi, une augmentation des populations bactériennes peut fournir une source de nourriture pour les cladocères, favorisant leur croissance et leur reproduction. Inversement, une forte population de cladocères peut réguler la biomasse bactérienne en la consommant.

D'après Degans et al., (2002), la présence de *Daphnia* modifie la structure de la communauté bactérienne et selon Choi & Kim (2021), le pâturage par plusieurs cladocères (dont *Daphnia obtusa*) réduisait notablement la densité bactérienne et les gènes de résistance aux antibiotiques.

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer la qualité de l'eau du barrage Hammam Boughrara, situé dans la région de Maghnia, en analysant des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

L'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau du barrage a permis de déterminer la qualité d'eau qui était de moyenne qualité.

Les analyses bactériologiques réalisées sur les échantillons prélevés aux stations S1, S2 et S3 ont permis d'évaluer la présence des coliformes totaux à l'aide de la méthode des tubes multiples et du tableau de Mac Grendy. Les résultats montrent une variabilité du nombre probable le plus probable (NPP) entre les stations, avec des valeurs allant de 2 à 5, indiquant une contamination bactérienne modérée. Ces données soulignent l'importance d'un suivi régulier de la qualité microbiologique de l'eau afin de prévenir tout risque sanitaire et d'assurer la conformité aux normes en vigueur.

Références bibliographiques

- 1- Athmani, B. (2022). Mobilisation des eaux de surface : Commentaires généraux sur les barrages en Algérie dans le passé, le présent et le futur.
- 2- Aboukacem, A., Chahlaoui, A., Soulaymani, A., Rhazi-Filali, F., & Benali, D. (2007). Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc). *Rev. Microbiol. Ind. San. Environ*, 1(1), 10-22..
- 3-Bahloul A., 2013. Etude de la variabilité climatique à travers les séries pluviométriques – exemple du bassin versant du barrage Hammam Boughrara.
- 4- Benali A. (2021). Etude physico-chimique, bactériologique et phytoplanctonique du lac bleu, Parc National d'El Kala. (Mémoire de Master, Université d'Annaba.
- 5- **Bedoui, M.** (2006). Les ressources en eau en Algérie : état des lieux et perspectives. *Ministère des Ressources en Eau*.
- 6- Brisou, J., & Denis, M. (1978). *Les bactéries pathogènes d'origine hydrique*. In *Les risques sanitaires liés à l'eau* (pp. 45–67). Paris : Masson.
- 7- Bouchard, C. (2008). *La gestion des eaux pluviales en milieu urbain : impacts et stratégies d'atténuation*. Presses Universitaires de France.
- 8- *Benelmouaz, A.* (2011). Performances épuratoires d'une station d'épuration de Maghnia. *Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen*.
- 9- Burton J.A. Gunnison D. et Lanza C.R. (1987). Survival of pathogenic bacteria in various Freshwater sédiments. *Appl. Environ. Microbiol.* 53 : 633-638
- 10- Dahmani, B., Hadji, F., & Allal, F. (2003). Traitement des eaux du bassin hydrographique de la Tafna (Algérie du Nord-Ouest). *Cahiers de Géographie*, 1, 73–82.
- 11- Debbih Hamza. Naili Badr Eddine 2015, « étude de qualité des eaux des barrages de l'Est Algérien », Mémoire de master en hydraulique, pdf page 3.
- 12-Duchaufour, P. (1997). *Abrégé de pédologie : sol, végétation, environnement*. Paris : Masson. ISBN 978-2-225-82862-1.
- 13- Degans, H., Zöllner, E., Van der Gucht, K., De Meester, L., & Jürgens, K. (2002). Rapid Daphnia-mediated changes in microbial community structure: an experimental study. *FEMS Microbiology Ecology*, 42(1), 137-149.

- 14- Touati, B. (2010). La dégradation quantitative de la ressource en eau : une sérieuse menace (cas de l'Algérie). *Journal of Human Sciences*, 16(2), 67–73.
- 15-Solène Oudot, Blogpeda, Paris. Les grands barrages c'est eau [cite le 15 / mars 2017] Disponible <https://blogpeda.ac-poitiers.fr/>.
- 16-- Chetatha Nawel, étude d'un barrage en terre (digue) barrage oued halib (w. setif) l'obtention du diplôme de mastère génie civil, pdf, p04.
- 17- **Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.-P., Chambon, P., Champsaur, H., & Rodi, L. (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer : chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats (8e éd.). Paris : Dunod.
- 18-Gauthier, J., & Pietri, C. (1989). *Les eaux usées urbaines : caractéristiques, traitement et valorisation*. Éditions Techniques pour l'Environnement.
- 19- Eberlin, M. (1997). Les maladies infectieuses liées à l'eau. In *Les infections en médecine tropicale* (pp. 123–145). Paris : Médecine-Sciences Flammarion.
- 20-Chikhi, M. (1978). Les coliformes : caractéristiques et significations sanitaires. In *Les coliformes et leur rôle en microbiologie de l'eau* (pp. 15–28). Alger : Éditions Universitaires.
- 21- Rodier, J. (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer : chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats (9e éd.). Dunod.
- 22- Kaper, J. B., Nataro, J. P., & Mobley, H. L. T. (2004). *Pathogenic Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology*, 2(2), 123–140.
- 23- Fauchère J-L., Avril J-L., (2002). Bactériologie générale et médicale. Ellipses Edition Marketing S.A. Paris. P : 239.
- 24- Joly B., Beynaud A., (2002). Entérobactéries : systématique et méthodes de diagnostic. Edition TEC et DOC. Lavoisier. Chapitre 2. P : 28-31.
- 25- Grimont P.A.D., (1987). Taxonomie des Escherichia. Médecine et Maladies Infectieuses. Numéro Spécial, 6-10.
- 26- Ghenim A., Seddini A., Terfous A., 2007. Production et exportation des sédiments en suspension lors des évènements de crue. Cas du bassin versant de l'oued Mouilah. Larhyss journal, ISSN 1112-3680, N°06, Décembre 2007, pp. 35-44.
- 27- Théobald, N., & Gama, A. (1969). *Géologie générale et pétrologie, éléments de géodynamique*. Deren & Cie.

28-Grosclaude, G. (1999). *L'Eau. Volume 1 : Milieu naturel et maîtrise ; Volume 2 : Usages et polluants*. INRA Éditions.

29- Touchart, L. (2000). Les lacs : origine et morphologie. *L'Harmattan*.

30- Ramade, F. (2012). Éléments d'écologie – écologie appliquée : action de l'homme sur la biosphère. Dunod. 7ème éd., Paris, 293- 412.).

31- Gomella, A., & Guerre, J. (1978). *Les maladies infectieuses d'origine hydrique*. Masso

32-Kreisel W. 1991. Water quality and health. *Wat. Sci. Tech.*, 23: 201-209.

33- Rodier. J, Legube. B, et Merlet. N., (2009). *L'analyse de l'eau*, 9ème édition, Ed. Dunod, 1579p.

34-Lozere.fr LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSE

https://lda.lozere.fr/sites/default/files/upload/analyses_physico_chimiques_des_eaux_ok.pdf

35- Degans, H., Zöllner, E., Van der Gucht, K., De Meester, L., & Jürgens, K. (2002). Rapid Daphnia-mediated changes in microbial community structure: an experimental study. *FEMS Microbiology Ecology*, 42(1), 137-149.

36- Choi, J. Y., & Kim, S. K. (2021). Changes in antibiotic-resistance genes induced by the grazing effect in three cladoceran species. *Microorganisms*, 9(9), 1959.

Site web:

<https://revue.umc.edu.dz/h/article/view/894>.

[https://doi.org/10.1038/nrmicro818:contentReference\[oaicite:4\]{index=4}](https://doi.org/10.1038/nrmicro818:contentReference[oaicite:4]{index=4}).

[https://laboratorioediam.cica.es/visorRediam/\(sit web3\)](https://laboratorioediam.cica.es/visorRediam/(sit web3)).

Annexe

Annexe 1 : Les moyennes des Températures(T) de la station de Maghnia pour la Période (2013-2023) .(tutiempo Algérie 2025).

T	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2013	11,1	10,6	15,1	16,8	20	23,8	27	28,7	25	23	13,9	11
2014	11,8	12,6	13,5	19,5	22	25,2	28	29,5	26	22	16,4	11
2015	10,2	10,3	14,2	18,6	23	25,6	32	29,9	/	19	15,6	13
2016	13,6	13,7	13,4	17,6	21	26,4	29	28,8	26	22	15,3	12
2017	9,2	13,7	15,3	18,7	23	27,9	30	29,4	25	22	15,3	11
2018	11,4	10,8	14,4	16,4	19	24,2	29	29,4	26	20	14,6	13
2019	10,5	12,3	15,2	17	23	24,9	29	29,5	26	21	14,3	13
2020	10,1	14,8	16	17,1	22	26	31	30,5	26	20	17,1	13
2021	11,9	15,2	15	17,9	22	25,3	30	29,8	26	21	13,9	13
2022	10,8	13,8	14,1	16,1	24	27,6	31	30,5	26	25	18,4	15
2023	11	12,8	17,8	21,6	22	27,2	33	31,4	25	23	16,8	13
Moyenne	12,2	14,1	16,4	19,7	24	28,4	33	32,7	26	24	17,2	14

Annexe2 : Les moyennes de température maximale (TM) de la station de Maghnia pour la période (2013-2023) (tutiempo Algérie 2025).

TM	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2013	16,5	15,9	19,3	21,6	24,4	29,2	33,3	34,8	31	29,2	19,4	16,3
2014	16,7	17,5	18,6	25,6	27	30,5	33,9	35,4	32	29	21,6	16,9
2015	16,2	14,6	20,2	24,4	29,4	31,2	38	35,7	/	24,1	21,9	20,5
2016	19,3	18,7	18,7	23	26,7	32,4	35,3	34,8	32	28,6	19,8	16,3
2017	14,3	17,9	20,7	24,2	28,3	33,1	36,1	34,9	31	27,8	21,8	15,2
2018	16	15,1	17,9	20,5	23,2	28,7	34,4	35,5	31	24,8	19,3	19,3
2019	16,2	18,5	20,8	21,9	28,4	30	34,3	34,8	31	26,3	17,8	17,3
2020	16,4	21,5	20,9	20,8	27,2	31	37,2	36,5	32	25,4	22,6	16,9
2021	16,6	20,9	19,9	22,4	27,2	30	36,3	35,5	31	27	28,7	18,9
2022	17	19,6	17,8	20,7	30,1	33,7	37,4	37,4	32	31,2	24,5	21,2
2023	16,5	17,9	24,4	28,3	26,6	33,1	39,4	38,5	31	28,6	23,2	19,8
Moyenne	18,2	19,8	21,9	25,3	29,85	34,3	39,6	39,4	31	30,2	24,1	19,9

Annexe 3 : Les moyennes de température minimale (Tm) de la station de Maghnia pour la période(2013-2023).(tutiempoAlgérie2025).

Tm	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2013	4,8	4,3	8,3	9,4	10,1	13	18	19,1	16,5	13	6,4	4,7
2014	6,1	6,3	5,8	9,1	11,9	15	17	19,6	17,6	14	11	4,6
2015	3,1	5,2	4,8	10,1	12,4	16	20	21,7	/	13	7,3	4,5
2016	6,8	7,3	5,3	9,2	12,4	16	20	19,2	16,9	14	8,6	7,4
2017	2,6	7,3	6,7	8,8	13	18	19	20,2	15,5	12	5,5	5
2018	5,1	4,6	8,9	9,7	10,5	14	19	19	18,1	12	7,8	3,7
2019	2,9	3,1	5,6	8,4	11,8	15	20	20,6	17,2	12	9,6	7
2020	2,1	4,4	7,4	11,3	12,9	15	20	20,2	15,9	11	9	7
2021	5,3	6,7	6,9	10,1	13	16	20	20,1	18	11	6,3	5,2
2022	2,6	5,6	8,9	8,8	13	17	19	20,6	18,1	15	9,8	8,1
2023	4,4	6,2	6,9	9,4	12,3	17	21	19,7	17,7	14	7,4	5,2
Moyenne	4,58	6,1	7,55	10,4	13,3	17	21	22	17,2	14	8,9	6,24

Annexe 4 : Les moyennes de précipitation (pp)de la station de Maghnia pour la période (2013-2023).(tutiempo Algérie 2025).

<i>PP</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mars</i>	<i>Avr</i>	<i>Mai</i>	<i>Juin</i>	<i>Juil</i>	<i>Aout</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dec</i>
<i>2013</i>	<i>62,8</i>	<i>51,05</i>	<i>33,5</i>	<i>20,6</i>	<i>40,9</i>	<i>0</i>	<i>0,51</i>	<i>7,36</i>	<i>5,34</i>	<i>0</i>	<i>24,4</i>	<i>85,4</i>
<i>2014</i>	<i>40,9</i>	<i>43,67</i>	<i>31,7</i>	<i>11,7</i>	<i>15,8</i>	<i>13</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>29,2</i>	<i>9,66</i>	<i>46,5</i>	<i>71,4</i>
<i>2015</i>	<i>27,69</i>	<i>33,03</i>	<i>17,28</i>	<i>11,4</i>	<i>185,2</i>	<i>6,1</i>	<i>0</i>	<i>9,66</i>	<i>/</i>	<i>17,27</i>	<i>3,3</i>	<i>0</i>
<i>2016</i>	<i>8,9</i>	<i>27,68</i>	<i>36,3</i>	<i>13,7</i>	<i>42,2</i>	<i>8,4</i>	<i>0</i>	<i>0,76</i>	<i>14</i>	<i>3,05</i>	<i>38,9</i>	<i>39,6</i>
<i>2017</i>	<i>107</i>	<i>28,96</i>	<i>15</i>	<i>21,1</i>	<i>3,56</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>5,33</i>	<i>3,56</i>	<i>17,8</i>	<i>6,61</i>	<i>51,6</i>
<i>2018</i>	<i>41,7</i>	<i>29,71</i>	<i>93</i>	<i>90,7</i>	<i>23,6</i>	<i>7,1</i>	<i>0</i>	<i>4,58</i>	<i>10,4</i>	<i>55,4</i>	<i>22,6</i>	<i>3,05</i>
<i>2019</i>	<i>41,7</i>	<i>5,08</i>	<i>10,9</i>	<i>25,9</i>	<i>24,9</i>	<i>1</i>	<i>1,53</i>	<i>4,57</i>	<i>10,2</i>	<i>74,2</i>	<i>74,4</i>	<i>39,6</i>
<i>2020</i>	<i>7,87</i>	<i>0</i>	<i>12,2</i>	<i>142</i>	<i>29</i>	<i>2</i>	<i>1,02</i>	<i>1,27</i>	<i>0,76</i>	<i>5,08</i>	<i>2,54</i>	<i>67,1</i>
<i>2021</i>	<i>26,7</i>	<i>2,03</i>	<i>38,6</i>	<i>38,6</i>	<i>11,2</i>	<i>9,1</i>	<i>4,06</i>	<i>0,76</i>	<i>8,89</i>	<i>0</i>	<i>12,2</i>	<i>13,7</i>
<i>2022</i>	<i>16,3</i>	<i>12,96</i>	<i>71,6</i>	<i>30,2</i>	<i>42,9</i>	<i>9,2</i>	<i>0</i>	<i>2,28</i>	<i>6,11</i>	<i>36,3</i>	<i>6,1</i>	<i>34,3</i>
<i>2023</i>	<i>42,4</i>	<i>19,05</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>18</i>	<i>11</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>29,5</i>	<i>22,3</i>	<i>5,33</i>	<i>1,27</i>
<i>Moyenne</i>	<i>42,34</i>	<i>25,32</i>	<i>36,02</i>	<i>40,6</i>	<i>43,72</i>	<i>6,68</i>	<i>0,712</i>	<i>3,657</i>	<i>11,8</i>	<i>24,1</i>	<i>24,3</i>	<i>40,69</i>

Annexe 5 : calcul de Q2 des stations de Maghnia :

<u>Station</u>	<u>P(mm)</u>	<u>M(K°)</u>	<u>m(K°)</u>	<u>Q2</u>
<u>Maghnia</u>	<u>297,939</u>	<u>312,6</u>	<u>277,58</u>	<u>28,8308018739</u>

Annexe 6 : table de mac grendy.

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	3	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		

Annexe 07 : Les résultats que nous avons obtenus a trois station lors de trois sorties en 3mois (février, avril, mai) du paramètre physico-chimique.

	Station1			Station2			Station3		
	Février	Avril	Mai	Février	Avril	Mai	Février	Avril	Mai
T°AiR	18	30	22,4	18,9	24	30,8	19,1	25,1	31
T°Eau	6	18	12,6	7,2	11,8	19,2	7,5	12	20
Vitesse	0,4	1,04	0,6	0,4	1,02	1,06	0,6	0,9	1,04
O ² Dissous	8,41	8,3	7,58	8,76	2,04	6,4	7,2	11,22	6,5
Conductivité	2,12	1,771	1,826	2,14	1,761	1,784	2,14	1,71	1,787
Salinité	0,9	0,7	0,8	0,9	0,7	0,7	0,9	0,7	0,7
PH	8,36	8,88	8,07	8,4	8	8,59	8,2	8,09	8,48
Nitrate	1,8	7,53	12,84	8	10,632	7,08	7	11,075	7,97
Nitrite	0,55	0,22	0,5	0,08	0,38	0,17	0,47	0,33	0,18

	Station1		Station2		Station3	
	Moyenne / l'écart type	Moyenne / l'écart type	Moyenne / l'écart type	Moyenne / l'écart type	Moyenne / l'écart type	Moyenne / l'écart type
T°AiR	23,46	4,956701	24,56	4,874651	25,06	4,858212
T°Eau	12,16	4,907138	12,73	4,943233	13,16	5,169354
Vitesse	0,68	0,267333	0,82	0,302141	0,84	0,183545
O ² Dissous	8,09	0,368088	5,73	2,783635	8,3	2,079765
Conductivité	1,9	0,153211	1,895	0,173495	1,879	0,187213
Salinité	0,8	0,08165	0,76	0,094281	0,76	0,094281
PH	8,43	0,335095	8,33	0,301164	8,25	0,164181
Nitrate	7,39	4,508148	8,57	1,505196	8,68	1,73806
Nitrite	0,42	0,14522	0,21	0,125698	0,32	0,118415

Annexe 08 : Résultats des moyenne et d'écart type mensuelle a trois stations lors de trois sorties en 3mois (février, avril, mai) du paramètre physico chimique.

	Station1	Station2	Station3
T°AiR	23,46±4,96	24,56±4,87	25,06±4,86
T°Eau	12,16±4,90	12,73±4,94	13,16±5,17
Vitesse	0,68±0,28	0,82±0,30	0,84±0,18
O ² Dissous	8,09±0,37	5,73±2,78	8,3±2,08
Conductivité	1,9±0,15	1,895±0,17	1,879±0,19
Salinité	0,8±0,08	0,76±0,09	0,76±0,94
PH	8,43±0,36	8,33±0,30	8,25±0,16
Nitrate	7,39±4,51	8,57±1,51	8,68±1,74
Nitrite	0,42±0,16	0,21±0,13	0,32±0,12

Résumé

الملخص :

في ظلّ الزيادة المستمرة في الطلب على المياه والتدهور التدريجي لجودتها، أصبح تقييم الموارد المائية أولوية قصوى، لا سيما في الجزائر. في هذا السياق، أُجريت هذه الدراسة لتقييم جودة مياه سد بوغرارة بناءً على تحاليل فيزيائية وكيميائية وبكتريولوجية. واستُخدمت البكتيريا الدالة على التلوث، وهي القولونيات الكلية، والقولونيات البرازية، والإشريكية القولونية، كمؤشرات حيوية أُجريت الدراسة في ثلاث محطات لأخذ العينات داخل منطقة السد، بواقع حملة أخذ عينات واحدة شهريًا على مدى ثلاثة أشهر متتالية. وحُللت العينات المُجمّعة في المختبر وفقًا لطرق موحدة.

أشارت المعايير الفيزيائية والكيميائية المُقاسة إلى جودة مياه متوسطة عمومًا. كما كشفت التحاليل البكتريولوجية للعينات من المحطات الثلاث عن وجود القولونيات، مما يُشير إلى مستوى متوسط من التلوث البكتيري.

تُسلط هذه النتائج الضوء على أهمية المراقبة الدورية لجودة مياه السدود، لا سيما في ظلّ تزايد الضغط على موارد المياه

الكلمات المفتاحية: سد بوغرارة - البكتيريا القولونية - المعايير الفيزيائية والكيميائية - جودة المياه - المؤشرات الحيوية البكتيرية

Résumé :

Face à l'augmentation constante des besoins en eau et à la dégradation progressive de sa qualité, l'évaluation des ressources hydriques devient une priorité, notamment en Algérie. Dans cette optique, la présente étude a été menée afin d'évaluer la qualité de l'eau du barrage de Boughrara en s'appuyant sur des analyses physico-chimiques et bactériologiques. Les bactéries indicatrices de contamination, à savoir les coliformes totaux, les coliformes fécaux et *Escherichia coli*, ont été utilisées en tant que bioindicateurs. L'étude a été réalisée sur trois stations du barrage, avec une sortie de prélèvement par mois durant trois mois consécutifs. Les échantillons prélevés ont été analysés en laboratoire selon les méthodes standardisées. Les résultats paramètres physiques mesurés témoignent d'une qualité d'eau globalement moyenne et les analyses bactériologiques des échantillons issus des 3 stations révèlent la présence de coliformes, indiquant un niveau de contamination bactérienne modéré. Ces résultats soulignent l'importance d'un suivi régulier de la qualité de l'eau des barrages, en particulier dans un contexte de pression croissante sur les ressources hydriques.

Mots-clés : Barrage de Boughrara – Coliformes – Paramètres physico-chimiques – Qualité de l'eau – Bioindicateurs bactériens

Abstract:

Faced with the constant increase in water demand and the gradual deterioration of water quality, the assessment of water resources has become a priority, particularly in Algeria. In this context, the present study was conducted to evaluate the water quality of the Boughrara Dam based on physico-chemical and bacteriological analyses. Bacteria indicative of contamination—namely total coliforms, faecal coliforms, and *Escherichia coli*—were used as bioindicators.

The study was carried out at three sampling stations within the dam area, with one sampling campaign per month over a period of three consecutive months. The collected samples were analysed in the laboratory following standardized methods.

The measured physico-chemical parameters indicated a generally moderate water quality. In addition, the bacteriological analyses of samples from the three stations revealed the presence of coliforms, pointing to a moderate level of bacterial contamination.

These findings highlight the importance of regular monitoring of dam water quality, especially in a context of increasing pressure on water resources.

Keywords: Boughrara Dam – Coliforms – Physico-chemical parameters – Water quality – Bacterial bioindicators