

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Aboubekr Belkaid de Tlemcen

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



Mémoire de fin de cycle
En vue de l'obtention du diplôme de MASTER
En : Microbiologie
Spécialité : Microbiologie et Contrôle de Qualité
Présentée par : Ghali Fatima Zohra
Thème

**ANALYSE MICROBIOLOGIQUE DE L'EAU DE
BARRAGE HAMMAM BOUGHRARA AVANT ET
APRÈS TRAITEMENT**

Soutenu le 21/06/2026 , devant le jury:

Présidente	Univ-Tlemcen	MCA	Mme Kholkhal Brahimi Wahiba
Examinatrice	Univ-Tlemcen	MCA	Mme Mekadder Ilham
Encadreur	Univ-Tlemcen	MCB	Mme Bensalah Fatéma

Année universitaire : 2025 /2026



Remerciements



Ce travail est réalisé au niveau de laboratoire de la station de

Traitement des eaux de barrage Hammam Boughrara

Que mes sincères remerciements et ma profonde gratitude aillent à

Mon encadrante Mme Bensalah Fatéma pour m'avoir aidée et

Proposée ce sujet, et pour ses conseils, sa bonne humeur, son aide

Quotidienne pour faire avancer ce travail.

J'adresse mes respectueux remerciements aux membres du jury Mme Kholkhal

Wahiba et Mme Mekadder Ilham

Qui ont accepté de juger mon travail et de l'enrichir.

À l'ensemble des enseignants du département de biologie et plus particulièrement ceux

de la filière microbiologie et contrôle de qualité.

Nous tenons à remercier Mme Bouabsa Fatéma et les ingénieurs du laboratoire de la

station Hammam Boughrara

Nous tenons également à remercier toute personne ayant

Contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.

Nous espérons que ce mémoire servira d'exemple et de support

Pour les années à venir.



**A mes chères parents MOHAMMED et HAYAT , pour tous leurs
Sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout**

Au long de mes études.

A mes chères sœurs AMINA, HANANE pour leurs

Encouragements.

A mes chères frères ABD EL KADER, ABD EL HAMIDE

A mes amies et à mes collègues de promotion 2026

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Ce travail vous est dédié et je vous remercie sincèrement pour votre fidélité et votre

Soutien indéfectibles.

Table des matières

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralité sur l'eau

I-Généralité sur l'eau.....	5
I-1-Définition de l'eau.....	5
I-2-Ressources en eau en Algérie.....	5
I-3-Cycle de l'eau.....	6
I-4- Les différents paramètres d'une eau de consommation	7
I-4-1-Les paramètres organoleptiques.....	7
I-4-2-Les paramètres physicochimiques.....	7
I-4-3-Les paramètres toxiques.....	8
I-4-4-Les Paramètres indésirables.....	8
I-4-5-Les paramètres de pollution.....	8
I-4- 6-Les paramètres microbiologiques.....	8
I-5- Pollution de l'eau.....	9
I-5-1- Généralités sur la pollution.....	9
I-5-2- Principaux types de pollution.....	9
I-5-2-1-Pollution physique.....	9
I-5-2-2-Pollution chimique.....	9
I-5-2-3-Pollution biologique.....	10
I-6- Les différentes étapes du traitement de l'eau.....	10
I-6-1- Le captage.....	10
I-6-2- Le dégrillage.....	10
I-6-3- Le tamisage.....	10
I-6-4- La floculation ou décantation.....	10
I-6-5- La filtration	10
I-6-6- L'ozonation.....	11
I-6-7- La chloration.....	11
I-6-8- Le stockage et la distribution.....	11
I-6-9- La récupération et dépollution des eaux usées.....	11

Chapitre II : Présentation de la station de traitement du barrage de Hammam Boughrara

II.1. Présentation de barrage Hammam Boughrara	13
II.2. Traitement des eaux du barrage de hammam boughrara	13
II.2.1. Description générale de la station	13
II.3. Les différentes phases de traitement	14
II.3.1. Le prétraitement	14
II.3.2. Traitement physico-chimique	16
II.4. Transfert de l'eau potable	22
II.4.1. Station de pompage SP1	22
II.4.2. Station de pompage SP2	22
II.5. Réservoirs de stockage	22

Partie II : partie expérimentale

Chapitre III : Matériels et méthodes

III-1- Paramètre physico-chimique	24
III-1-1 Paramètre physico-chimique	24
III -1-1-1-PH.....	24
III-1-1-2-Conductivité	24
III-1-1-3- L'oxygène dissous.....	25
III-1-1-4- La température.....	25
III-1-1-5-Analyse d'ammonium NH ₄	25
III-1-2-Paramètre organoleptique	26
III-1-2-1-La turbidité.....	26
III-1-3-Paramètre de pollution	27
III-1-3-1- Analyse de nitrite NO ₂	27
III-1-3-2-Analyse de nitrates NO ₃	28
III-1-3-3-Analyse de phosphates PO ₄	28
III-1-3-4-Analyse de matière organique.....	29
III- 2-Paramètre bactériologique	30
III-2-1-Dénombrement des germes totaux	30
III-2-2 -Dénombrement des coliformes totaux et d' <i>Escherichia coli</i>	31
III-2-3-Dénombrement des <i>Streptocoques fécaux</i>	33
III-2-4-Dénombrement des spores d'anaérobies de clostridium sulfito-réducteurs	35

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV-1- Résultats et discussion	38
IV-1-1- Les résultats des analyses physico-chimiques	38

IV-1-1-1-Paramètre physico-chimique.....	38
IV-1-1-1-1- Le PH.....	38
IV-1-1-1-2- La conductivité.....	39
IV-1-1-1-3- Oxygène dissous.....	40
IV-1-1-1-4- La température.....	41
IV-1-1-1-5- Ammonium.....	42
IV-1-1-2-Paramètre organoleptique.....	42
IV-1-1-2-1- La turbidité.....	42
IV-1-1-3-Paramètre de pollution	43
IV-1-1-3-1- Nitrite.....	43
IV-1-1-3-2- Nitrate	44
IV-1-1-3-3- Phosphate.....	45
IV-1-1-3-4- Matière organique.....	46
IV-1-2- Les résultats des analyses microbiologiques	47
IV-1-2-1- Les germes totaux.....	47
IV-1-2-2- Les coliformes.....	48
IV-1-2-3- Les streptocoques.....	48
IV-1-2-4-Les clostridiums sulfito-réducteurs.....	48
Conclusion.....	50
Références bibliographiques	
Annexes	

Résumé

Cette étude a porté sur l'analyse physico-chimique et microbiologique des eaux du barrage de Hammam Boughrara avant et après traitement au niveau de la station de traitement des eaux. L'objectif principal était d'évaluer la qualité de l'eau brute ainsi que l'efficacité des différents procédés de traitement appliqués durant la période allant de janvier à avril 2026.

Les analyses physico-chimiques ont concerné plusieurs paramètres tels que le pH, la température, la conductivité, la turbidité, l'oxygène dissous, les nitrates, les nitrites, l'ammonium, les phosphates et la matière organique. Les résultats obtenus montrent que l'eau brute présentait des variations importantes de certains paramètres, notamment la turbidité, l'ammonium et la matière organique, témoignant d'une charge polluante relativement élevée. Après traitement, une amélioration remarquable de la qualité de l'eau a été observée, avec des valeurs conformes aux normes algériennes de potabilité.

Les analyses microbiologiques ont révélé la présence de germes indicateurs de contamination dans l'eau brute, notamment les coliformes totaux, les streptocoques fécaux, les clostridiiums sulfite-réducteurs ainsi qu'un nombre élevé de germes totaux. En revanche, les résultats de l'eau traitée ont montré une absence totale des bactéries indicatrices de pollution fécale, ce qui confirme l'efficacité des différentes étapes de traitement appliquées au sein de la station.

Cette étude met ainsi en évidence le rôle essentiel de la station de traitement de Hammam Boughrara dans l'amélioration de la qualité des eaux de barrage et dans la production d'une eau potable répondant aux exigences sanitaires.

Mots clés : Eau de barrage, analyse physico-chimique, analyse microbiologique.

Abstract

This study focused on the physicochemical and microbiological analysis of water from the Hammam Boughrara Dam before and after treatment at the water treatment plant. The main objective was to assess the quality of the raw water as well as the effectiveness of the various treatment processes applied during the period from January to April 2026.

The physicochemical analyses covered several parameters, including pH, temperature, conductivity, turbidity, dissolved oxygen, nitrates, nitrites, ammonium, phosphates, and organic matter. The results show that the raw water exhibited significant variations in certain parameters, particularly turbidity, ammonium, and organic matter, indicating a relatively high pollutant load. After treatment, a remarkable improvement in water quality was observed, with values compliant with Algerian drinking water standards.

Microbiological analyses revealed the presence of indicator organisms of contamination in the raw water, notably total coliforms, fecal streptococci, sulfite-reducing clostridia, as well as a high total bacterial count. In contrast, the results for the treated water showed a complete absence of bacteria indicative of fecal contamination, confirming the effectiveness of the various treatment stages applied at the plant.

This study thus highlights the essential role of the Hammam Boughrara treatment plant in improving the quality of reservoir water and in producing drinking water that meets health standards.

Keywords: Dam water, physicochemical analysis, microbiological analysis

المخلص

ركزت هذه الدراسة على التحليل الفيزيوكيميائي والميكروبيولوجي لمياه سد حمام بوغرة قبل وبعد المعالجة في محطة معالجة المياه. وكان الهدف الرئيسي هو تقييم جودة المياه الخام وكذلك فعالية مختلف عمليات المعالجة المطبقة خلال الفترة الممتدة من يناير إلى أبريل 2026.

شملت التحليلات الفيزيائية والكيميائية عدة معايير مثل درجة الحموضة ودرجة الحرارة والناقلية الكهربائية والتعكر والأوكسجين المذاب، النترات، النتريت، الأمونيوم، الفوسفات، المواد العضوية. تُظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن المياه الخام أظهرت تباينات كبيرة في بعض المعلمات، ولا سيما التعكر والأمونيوم والمواد العضوية، مما يدل على وجود حمل تلوثي مرتفع نسبياً. وبعد المعالجة، لوحظ تحسن ملحوظ في جودة المياه، حيث أصبحت القيم متوافقة مع المعايير الجزائرية لصلاحية الشرب.

وكشفت التحاليل الميكروبيولوجية عن وجود جراثيم تدل على التلوث في المياه الخام، ولا سيما البكتيريا الكوليفورمية الكلية، والمكورات العقدية البرازية، والبكتيريا الكلوسترديوم المختزلة للكبريتات، فضلاً عن عدد مرتفع من الجراثيم الكلية. في المقابل، أظهرت نتائج المياه المعالجة غياباً تاماً للبكتيريا الدالة على التلوث البرازي، مما يؤكد فعالية المراحل المختلفة للمعالجة المطبقة داخل المحطة.

وبذلك تسلط هذه الدراسة الضوء على الدور الأساسي لمحطة معالجة حمام بوغرة في تحسين جودة مياه السد وإنتاج مياه صالحة للشرب تستوفي المتطلبات الصحية.

الكلمات المفتاحية: مياه السد، التحليل الفيزيائي الكيميائي، التحليل الميكروبيولوجي

Liste des abréviations

TAC : Titre Alcalimétrique complet.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrie.

TGEA : Gélose Triptoné à l'extrait de levure.

PH : Potentiel d'Hydrogène.

MES : Matière en suspension.

VF : viande foie.

E. coli : Escherichia coli.

°C : Degré Celsius.

µs /cm : micro siemens par centimètre.

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol.

NPP : Nombre le plus probable.

UFC : Unité formant colonie.

H₂SO₄ : Acide sulfurique.

MO : Matière organique.

KMnO₄ : Permanganate de potassium.

Liste des tableaux

Tableaux 1 : Résultats des analyses physico-chimiques	38
Tableaux 2 : Résultats des analyses microbiologiques	47

Liste des figures

Figure 1: la répartition de l'eau sur terre.....	5
Figure 1 : le cycle de l'eau.....	7
Figure 3 : situation du barrage Hammam Boughrara.....	13
Figure 4 : photographie de vue de la station de Hammam Boughrara.....	14
Figure 5 : Brise de charge.....	15
Figure 6 : Tamis roulant.....	15
Figure 7 : Chambre de mesure.....	16
Figure 8 : Bassin de coagulation.....	17
Figure 9 : Bassin de floculation.....	17
Figure 10 : Bassin de décantation.....	18
Figure 11 : Bassin de la nitrification.....	19
Figure 12 : Filtration à sable.....	19
Figure 13 : Gravier et sable quartz utilisé dans la filtre à sable.....	20
Figure 14 : Bassin de charbon actif.....	20
Figure 2 : Pompe pour la chloration.....	21
Figure 16 : Pompe pour la pré chloration.....	21
Figure 17 : Bacs de préparation des produits chimiques.....	22
Figure 18 : PH-mètre.....	24
Figure 19 : conductimètre portable.....	25
Figure 20 : dosage de l'ammonium (NH_4^+).....	26
Figure 21 : Turbidimètre de laboratoire WTW.....	27
Figure 22 : dosage de nitrite (NO_2^-).....	28
Figure 23 : Oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO_4).....	30
Figure 24 : Recherche des germes totaux.....	31
Figure 25 : Recherche des coliformes totaux (Eau traitée).....	32
Figure 26 : Recherche des coliformes totaux (Eau brute).....	32
Figure 27 : recherche d' <i>E. coli</i>	33
Figure 28 : Recherche des streptocoques fécaux.....	34
Figure 29 : Recherche des clostridium sulfito-réducteurs.....	35
Figure 30 : les variations de ph des eaux.....	39
Figure 31 : les variations de conductivité des eaux.....	40
Figure 32 : les variations de l'oxygène dissous des eaux.....	40
Figure 33 : les variations de température des eaux.....	41
Figure 34 : les variations d'ammonium des eaux.....	42
Figure 35 : les variations de la turbidité des eaux.....	43
Figure 36 : les variations de nitrite des eaux.....	44
Figure 37 : les variations de nitrate des eaux.....	45
Figure 38 : les variations de phosphate des eaux.....	46
Figure 39 : les variations des MO des eaux.....	46

Introduction

Introduction générale

L'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie et au développement socio-économique. Elle intervient dans de nombreux secteurs tels que l'agriculture, l'industrie, la production d'énergie et les usages domestiques. Toutefois, l'augmentation de la population mondiale s'accompagne d'une demande croissante en eau, tandis que les ressources disponibles sont soumises à de fortes pressions. Les changements climatiques, caractérisés notamment par la modification des régimes de précipitations et la multiplication des épisodes de sécheresse, contribuent à la diminution de la disponibilité de l'eau douce. Par ailleurs, la dégradation de la qualité des ressources hydriques due aux diverses formes de pollution constitue un défi majeur pour la gestion durable de l'eau et la satisfaction des besoins futurs des populations (UNESCO, 2015).

Elle constitue une ressource essentielle à la survie de l'ensemble des êtres vivants sur Terre. Chez l'être humain, par exemple, l'eau représente environ 70 à 80 % de la masse corporelle. Elle entre également dans la composition des différentes structures de l'organisme, notamment les cellules (90 %), le sang (75 %) et les os (22 %) (Kumar et Puri, 2012).

Sans cette matière à la fois simple par sa composition et complexe par ses propriétés, la vie sur Terre n'aurait jamais pu exister. L'eau constitue donc une ressource noble et indispensable qu'il est impératif de préserver pour les générations futures.

Face aux différentes formes de pollution qui menacent sa qualité et sa potabilité, les avancées de la technologie moderne ont permis la conception et le développement de stations de traitement des eaux de surface. Ces infrastructures jouent un rôle essentiel dans la protection de la santé publique en garantissant une eau conforme aux normes de potabilité.

Dans ce contexte, le laboratoire d'analyses occupe une place centrale dans le fonctionnement et le suivi d'une station de traitement. Il assure le contrôle continu de la qualité de l'eau, avant, pendant et après le traitement. Grâce aux analyses physico-chimiques et microbiologiques, il permet d'anticiper les ajustements nécessaires au processus de traitement et de confirmer, à l'issue des différentes étapes, la conformité de l'eau aux exigences réglementaires en vigueur (Henri, 2012).

Les eaux de barrage subissent une série de traitements diversifiés afin d'obtenir une eau plus propre et conforme aux normes de potabilité, répondant aux paramètres de qualité requis. Parmi les procédés couramment appliqués figurent la coagulation-floculation, l'ozonation, la décantation lamellaire ainsi que l'adsorption sur charbon actif (Kheliel, 2015).

La disponibilité d'une eau de bonne qualité, essentielle au bien-être de l'être humain, n'est pas toujours garantie. Sa raréfaction progressive, notamment dans certains pays où la pénurie se fait de plus en plus sentir, pourrait engendrer des tensions voire des conflits à l'avenir. Pour être conforme aux normes de potabilité, l'eau doit être limpide, incolore, inodore et présenter une saveur agréable. Elle doit contenir une charge microbienne aussi faible que possible, être exempte de matières en suspension et ne pas renfermer de substances

polluantes, notamment des éléments métalliques toxiques tels que les métaux lourds (**Sakae *et al.*, 2009; François, 2011**).

L'analyse microbiologique a porté sur les germes indicateurs de pollution qui regroupent les germes totaux, les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les anaérobies sulfito-réducteurs (**Mehanned *et al.*, 2014**).

Ainsi, le présent mémoire intitulé « Analyse microbiologique de l'eau de barrage avant et après traitement » s'inscrit dans cette problématique de contrôle et de surveillance de la qualité des eaux de surface, en mettant l'accent sur l'évaluation de la charge microbienne avant traitement et sur l'appréciation de l'efficacité des procédés appliqués pour garantir une eau conforme aux normes de potabilité.

L'objectif de ce travail consiste au suivi des analyses de quelques paramètres physicochimiques et microbiologiques pour déterminer la qualité de l'eau du barrage Hammam Boughrara avant et après traitement durant la période allant de Janvier jusqu'à Avril.

Les analyses d'échantillons d'eau ont été effectuées au niveau du laboratoire de station de traitement de Hammam Boughrara. Pour mener à terme cette étude nous avons structuré notre travail en deux parties :

- La partie bibliographique : qui comporte deux chapitres : le premier chapitre est consacré une recherche bibliographique sur l'eau avec des méthodes des traitements des eaux brute et le deuxième chapitre est consacré une présentation de la station de traitement du barrage de Hammam Boughrara.
- La partie expérimentale : englobe le matériel utilisé, la méthodologie expérimentale adoptée et les résultats obtenus ainsi que leur discussion, et enfin nous terminons par une conclusion avec quelques perspectives.

Synthèse

Bibliographique

Chapitre 1 :

Généralité sur l'eau

I-Généralité sur l'eau

I-1-Définition de l'eau

Partout, l'eau est perçue comme le composant le plus essentiel et incontournable de toutes les ressources naturelles. Dans la plupart des nations, administrer cette ressource constitue un enjeu de taille (**Ashton et Seetal, 2002**). C'est un élément omniprésent sur notre planète (**Figure 1**), vital pour tous les êtres vivants identifiés. L'eau est un composé chimique simple qui se présente sous forme liquide à température ambiante et à pression atmosphérique. Elle se transforme en gaz au-dessus de 100°C et Solide sous 0°C. Sa formule chimique est H₂O, indiquant que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène. On considère souvent l'eau comme un solvant performant pour la majorité des solides terrestres, on la qualifie parfois de « solvant universel ». Dans son état naturel, elle renferme de nombreux sels dissous et, d'un point de vue chimique, une eau pure équivaut à une eau distillée.

L'eau, élément crucial pour la vie, constitue une composante fondamentale du patrimoine universel, tout en étant indispensable aux activités humaines (agriculture, industrie, usage domestique, etc.). On qualifie d'eau potable ou eau de consommation celle qui répond à un certain nombre de critères lui permettant d'être considérée comme appropriée à la consommation humaine (**Benamar, 2020**)

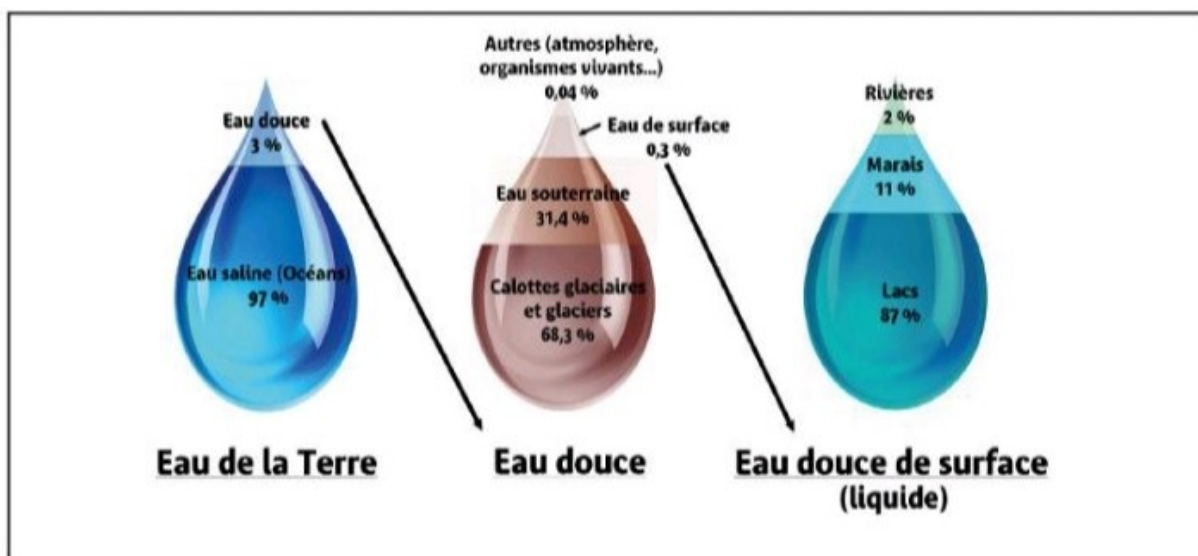


Figure 1: la répartition de l'eau sur terre (**Observatoire régional de l'environnement, 2015**).

I-2-Ressources en eau en Algérie

Environ 80 % du territoire national est constitué de zones désertiques. Ainsi, seules les régions du nord du pays disposent de ressources en eau, qu'elles soient superficielles ou souterraines, représentant près de 90 % des ressources renouvelables. Globalement, le potentiel réel en eau est estimé à 19,2 milliards de mètres cubes, répartis selon les zones et la

nature des ressources comme suit : la zone tellienne avec 11,8 milliards de m³, dont 1,5 milliard de m³ issus des nappes souterraines ; les hautes plaines avec 0,6 milliard de m³ ; et le sud avec environ 5 milliards de m³ provenant principalement des eaux souterraines (**Cherif, 2007**).

L'Algérie, qui dispose d'environ une centaine de barrages, ne parvient à mobiliser qu'environ $4,5 \times 10^9$ m³ d'eau. Par ailleurs, l'envasement de ces ouvrages entraîne une perte annuelle estimée à 20×10^6 m³ de capacité de stockage. Le pays se caractérise par un climat semi-aride, y compris au niveau de la bande côtière.

À l'horizon 2020, la population aurait atteint près de 46 millions d'habitants, engendrant une demande en eau potable et industrielle d'environ 5 milliards de m³ par an. Toutefois, les ressources effectivement mobilisées ne dépassent guère 2 milliards de m³, ce qui révèle un déficit important.

Ainsi, il sera nécessaire de mobiliser près de 3 milliards de m³ supplémentaires dans les années à venir, sans même tenir compte des besoins liés à l'irrigation ni des pertes dues aux fuites. Cette situation met en évidence l'urgence d'élaborer une stratégie efficace et de mettre en place de nouvelles politiques de gestion des ressources en eau (**Kattab, 2001**).

I-3-Cycle de l'eau

L'eau circule en permanence dans la nature selon un processus continu appelé cycle de l'eau. Ce cycle naturel assure les échanges d'eau entre la surface terrestre, le sous-sol et l'atmosphère. La compréhension de l'origine de l'eau, de son cycle et de sa dynamique est essentielle, car sa répartition dans l'espace et dans le temps constitue un facteur fondamental pour les écosystèmes et les activités humaines.

L'eau existe sous trois états physiques : liquide, solide et gazeux. Sous l'effet de l'énergie solaire, l'eau s'évapore continuellement à partir des océans, des lacs, des forêts, ainsi que par la transpiration des végétaux, qui rejettent une partie de l'eau absorbée par leurs racines. Une fraction de l'eau de pluie est également retenue par le feuillage des plantes (**Atteia, 2005**).

La vapeur d'eau produite s'élève dans l'atmosphère, où elle se refroidit et se condense autour de particules fines telles que les poussières, formant ainsi des nuages. Ces derniers sont ensuite déplacés par les vents. Lorsque les conditions météorologiques deviennent favorables, l'eau retombe à la surface terrestre sous forme de précipitations, notamment la pluie ou la neige.

Une partie de l'eau précipitée ruisselle à la surface du sol et alimente les rivières, soit directement, soit par l'intermédiaire d'affluents. Une autre partie s'infiltre dans le sol, traverse des couches de plus en plus profondes et contribue à la recharge des nappes souterraines. Au cours de ce cheminement, l'eau abandonne progressivement la majorité des impuretés qu'elle contenait. Les eaux souterraines circulent lentement, certaines se déversant directement dans la mer, tandis que d'autres alimentent les sources, les rivières ou les puits (**Atteia, 2005**).

Les durées des différentes phases du cycle de l'eau sont très variables (**Figure 2**). Elles peuvent être de quelques jours entre l'évaporation océanique et les précipitations, de quelques heures à plusieurs mois entre la pluie et la recharge des nappes, et de plusieurs années, voire de plusieurs millénaires, entre la circulation souterraine et l'émergence de l'eau à la surface (**Atteia, 2005**).

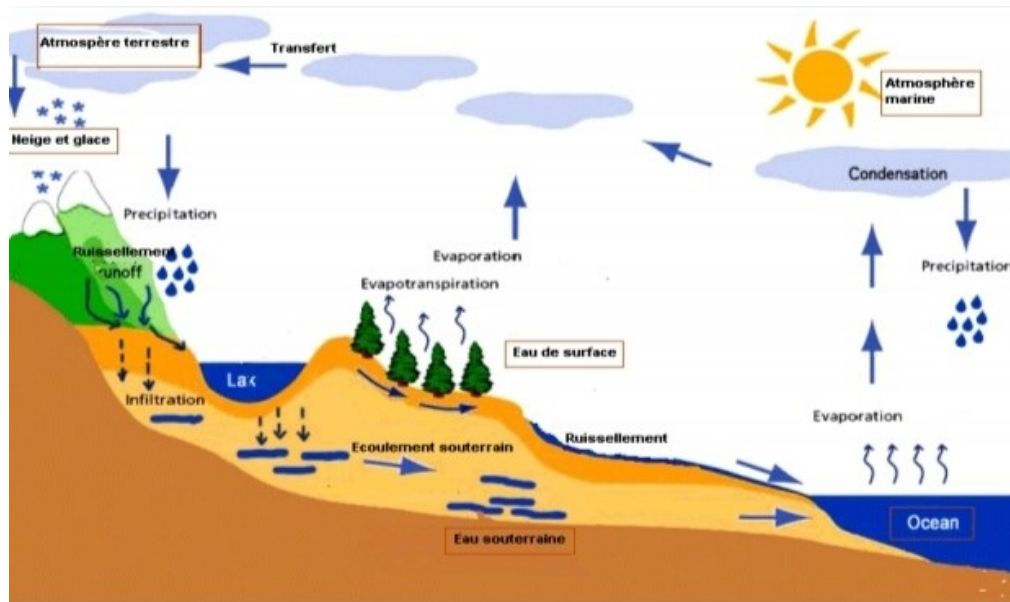


Figure 2 : le cycle de l'eau (Boubou, 2015).

I-4- Les différents paramètres d'une eau de consommation

I-4-1- Les paramètres organoleptiques

Critères d'évaluation de la qualité de l'eau à travers nos sens (le goût, l'odorat, la vue). Ce sont des facteurs liés au plaisir du consommateur, mais aussi à la qualité hygiénique de l'eau. Ces paramètres n'ont pas de pertinence sanitaire directe, une eau peut être trouble ou colorée et rester parfaitement potable d'un point de vue sanitaire (**Sari, 2014**).

Il existe trois paramètres : (**Makhoukh et al., 2010**).

- Couleur
- Odeur
- Goût

I-4-2- Les paramètres physicochimiques :

Ils sont en relation avec la structure naturelle des eaux. Ceux sont des caractères que l'eau brute a pu acquérir dans son parcours naturel. Parmi ces paramètres on site : (**Rouabhia et Djabri, 2010**)

- Température
- Potentiel hydrogène
- Matières en suspension
- Conductivité électrique
- Chlorures
- Oxygène dissous
- Demande biochimique en oxygène
- Demande chimique en oxygène
- Orthophosphates
- Azote ammoniacal
- Nitrates

I-4-3-Les paramètres toxiques

Parmi les éléments toxiques : le bore et le chlore. Le bore est généralement présent dans certaines eaux d'irrigation en quantité indésirable mais pas tellement toxique. Quant au chlore, sa présence excessive dans le sol exerce des effets défavorables sur la végétation et la qualité de certaines cultures (**Ahoudi *et al.* 2015**).

I-4-4-les Paramètres indésirables

Parmi ces substances, certaines ne provoquent qu'un simple inconvénient d'usage, comme les taches de rouille sur le linge causées par une teneur élevée en fer. En revanche, d'autres peuvent avoir des effets néfastes sur la santé, comme l'aluminium et du zinc (**Djihad et Malika, 2017**).

I-4-5-Les paramètres de pollution

Les éléments majeurs (K, Na, Ca, Mg) et les éléments traces métalliques (Fer, Plomb, Cadmium, Nickel) (**Belghiti *et al.* 2013**).

I-4-6-Les paramètres microbiologiques

Il s'agit de paramètres ou d'indicateurs utilisés pour évaluer la qualité bactériologique de l'eau, déterminée par la présence ou l'absence d'organismes intestinaux. Il est indéniable que la présence de micro-organismes pathogènes dans l'eau constitue le risque sanitaire le plus important. Ironiquement, les paramètres microbiologiques ne sont pas d'une importance capitale pour le traiteur, car les méthodes traditionnelles de désinfection sont presque parfaitement efficaces. Ils sont identifiés par les germes suivants : Coliformes fécaux, streptocoques fécaux, clostridium sulfito-réducteurs (**Montiel, 2004**).

I-5-Pollution de l'eau

I-5-1-Généralités sur la pollution

La pollution de l'eau figure aujourd'hui parmi les principaux problèmes environnementaux. En effet, l'eau constitue une interface entre l'air et le sol, ce qui la rend particulièrement vulnérable aux altérations provenant de ces deux milieux.

Elle se manifeste par l'introduction de substances étrangères telles que des microorganismes, des produits chimiques, des rejets industriels ou divers déchets. Ces éléments altèrent la qualité de l'eau et la rendent inapte aux usages auxquels elle est destinée.

La notion de pollution de l'eau a évolué au fil du temps. Autrefois, elle désignait essentiellement les substances déversées volontairement ou accidentellement par l'être humain dans les milieux aquatiques. Aujourd'hui, la définition s'est élargie : on considère comme pollution toute substance ou tout facteur susceptible de compromettre ou d'empêcher un usage donné de l'eau (**Montiel, 2004**).

I-5-2-Principaux types de pollution

I-5-2-1-Pollution physique

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution nucléaire (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) (**Merouani et bouguedah, 2013**).

I-5-2- 2- Pollution chimique

La pollution chimique d'une eau est plus complexe et peut avoir plusieurs sources. On peut distinguer selon la nature de la pollution chimique (**Lounnas, 2008**):

- Les éléments chimiques minéraux : L'eau étant un très bon solvant, permet la mise en solution de nombreux composés avec lesquels elle sera en contact. La dissolution des sels, la corrosion des métaux et la dissolution des acides et des bases sont des phénomènes qui donnent lieu à des eaux de rejets caractérisées par certaines formes de pollution dont les plus représentatives sont la température, pH, les sels, les nitrates, les chlorures, les sulfates, les métaux lourds, etc.
- La matière organique : La matière organique est principalement issue de la décomposition des végétaux, des animaux et des microorganismes. Il est donc difficile d'en donner une description précise ou une composition moyenne. Elle participe à beaucoup de paramètres de qualité de l'eau : couleur, sous-produits de désinfection, odeurs, saveurs etc.

I-5-2-3-Pollution biologique

La présence dans l'eau de micro-organismes pathogènes pour l'homme, provenant de la contamination fécale ou animale est favorisée dans les pays tropicaux par l'insuffisance du "cloisonnement" fécal qui transforme l'eau en véhicule de transmission majeur des maladies.

Les germes en cause sont des parasites, des bactéries et des Virus à élimination fécale qui ont des formes de résistance leur permettant de survivre dans l'eau (**Beaulieu et Fisset, 2009**).

I-6- les différentes étapes du traitement de l'eau

I-6-1- le captage

Il s'agit de la première étape du parcours de l'eau. Le captage correspond au prélèvement de la ressource directement dans son milieu naturel, que ce soit à partir des nappes souterraines ou des eaux de surface telles que les rivières. L'eau est ensuite acheminée vers une station de traitement afin d'être rendue potable (**Batli, 2023**).

I-6-2- le dégrillage

Le dégrillage consiste à faire passer l'eau à travers des barreaux métalliques plus ou moins espacés, généralement d'environ deux centimètres. Cette opération permet de retenir les déchets et objets de grande taille présents dans l'eau.

Afin de faciliter l'élimination des matières retenues, les grilles sont souvent munies d'un râteau mécanique qui récupère les déchets et les dirige vers une benne pour être évacués avec les ordures ménagères. Lorsque ces déchets sont destinés à l'incinération, ils sont d'abord acheminés vers un égouttoir placé en amont de la benne afin d'éliminer l'excès d'eau (**Boubou, 2015**).

I-6-3- le tamisage

Le tamisage permet de retenir les déchets de grande taille, les particules plus fines, ainsi que le sable et le plancton (**Beaulieu et Fisset, 2009**).

I-6-4- La floculation ou décantation

Cette étape consiste à ajouter à l'eau un agent coagulant qui favorise l'agglomération des impuretés en petits amas. Ces particules ainsi formées se déposent ensuite au fond du bassin par décantation. Il est important de noter qu'environ 90 % des matières en suspension peuvent être éliminées grâce à ce procédé (**Batli, 2023**).

I-6-5- la filtration

La filtration repose le plus souvent sur l'utilisation d'un filtre à sable, qui constitue le procédé le plus classique. Son efficacité augmente lorsque les grains de sable sont plus fins. Dans ce cas, l'écoulement de l'eau devient plus lent, ce qui favorise la formation d'un biofilm à la surface du sable, composé notamment d'algues et de bactéries. L'activité biologique de ce

biofilm joue un rôle épurateur important en assurant la dégradation de la matière organique présente dans l'eau (**Beaulieu et Fisset, 2009**).

I-6-6- L'ozonation

En raison de son puissant pouvoir oxydant, l'ozone est couramment employé dans le traitement des eaux afin de décomposer et d'éliminer les polluants organiques (**Picard *et al.*, 2001**).

I-6-7- la chloration

La chloration est une étape de désinfection qui consiste à incorporer une faible dose de chlore dans l'eau. Cette opération garantit le maintien de sa qualité sanitaire durant tout son acheminement, depuis l'usine de traitement jusqu'aux points de distribution. Le degré de désinfection appliqué varie toutefois selon les besoins spécifiques de chaque situation. Par ailleurs, des traitements complémentaires peuvent être mis en œuvre afin d'éliminer certains éléments indésirables tels que les métaux lourds, le fer, le manganèse, l'ammonium, les pesticides ainsi que divers micropolluants organiques (**Batli, 2023**).

I-6-8- le stockage et la distribution

L'eau rendue potable est d'abord dirigée vers des réservoirs afin d'y être stockée. Elle est ensuite distribuée aux habitations à travers un réseau de canalisations souterraines.

I-6-9- La récupération et dépollution des eaux usées

C'est à ce stade que se termine le cycle domestique de l'eau. Après avoir été utilisée pour des besoins domestiques, agricoles ou industriels, elle est recueillie par le réseau d'assainissement puis transportée vers les stations d'épuration. Elle y subit plusieurs traitements destinés à éliminer les polluants. Une fois dépurée, elle est rejetée dans le milieu naturel, où elle réintègre le cycle naturel de l'eau (**Batli, 2023**).

Chapitre 11 :

Présentation de la station de traitement du barrage de Hammam Boughrara

II-1- Présentation de barrage Hammam Bouhrara :

Le barrage de H.Bouhrara est le plus crucial dans la wilaya de Tlemcen (**Figure 3**). Sa position se trouve au nord-ouest de cette wilayah, à une distance de 50 km du chef-lieu et à l'est de la municipalité de Maghnia. Il se trouve à la jonction de l'oued Tafna et de l'oued Mouillah, approximativement un kilomètre en amont de la localité Hammam Bouhrara et à 10 km de la daïra Maghnia (**RODIER, 2005**).



Figure 3 : situation du barrage Hammam Bouhrara (Google Earth)

II-2- Traitement des eaux du barrage de hammam bouhrara :

La station de traitement, qui exploite le processus de purification des eaux du barrage, est en fonctionnement depuis septembre 2005. La station a été élaborée et dimensionnée afin de gérer les eaux contaminées provenant du barrage, qui contiennent des niveaux élevés de phosphates, d'ammonium, de nitrite et parfois de métaux lourds. Pour gérer cette qualité d'eau brute, un traitement physique, chimique et biologique est requis (**Manuel fiche technique, 2006**).

II-2-1- Description générale de la station :

La station de traitement située à Hammam Bouhrara (**Figure 4**) a été conçue et dimensionnée pour générer 550 l/s d'eau potable. Pour assurer une plus grande fiabilité dans l'exécution du processus, la station est dotée de deux lignes de traitement qui sont parallèles et identiques. La station reçoit un flux d'eau brute de 2200 m³/h (0,61 m³/s) (**Maïga, 2002**).



Figure 4 : photographie de vue de la station de Hammam Boughrara

II-3- Les différentes phases de traitement :

Le traitement de l'eau potable à la station de traitement du barrage de Hammam Boughrara se réalise en plusieurs étapes, chaque phase ayant un rôle précis pour garantir une eau qui répond aux normes algériennes.

II-3-1- Le prétraitement :

On caractérise le prétraitement par les opérations ci-après :

➤ Brise de charge :

L'eau est amenée depuis le barrage par gravité grâce à un réseau de canalisations et de vannes papillon qui permettent de contrôler manuellement la pression, garantissant ainsi des conditions de fonctionnement constantes et stables (pression et débit). Le rôle de la brise de charge (**Figure 5**) est de permettre la dissipation de l'énergie de l'eau brute provenant du barrage (3.6 bar) à travers l'utilisation d'un obturateur à disque (0.45 bar) (**Manuel fiche technique, 2006**).



Figure 5 : Brise de charge

➤ **Pré filtration et tamisage :**

Depuis la chambre d'entrée de la brise de charge, l'eau se déverse sur un mur submergé et s'écoule vers une seconde chambre où un filtre à tambour rotatif motorisé est utilisé pour éliminer toutes les particules grossières de taille supérieure à 1,4 mm. Pour prévenir le colmatage du tamis (**Figure 6**), l'équipement est doté d'un mécanisme automatique de décolmatage. L'eau est ensuite dirigée vers la chambre de sortie (**Manuel fiche technique, 2006**).



Figure 6 : Tamis roulant

➤ **Chambre de mesure :**

C'est dans cette pièce que se produit la séparation de l'eau en deux filières à l'aide de tuyauteries de diamètre identique (**Figure 7**).

On trouve aussi :

- Deux dispositifs pour mesurer le débit
- (04) instruments de mesure pour évaluer respectivement le taux de chlore, le pH, la turbidité et la conductivité (**Manuel fiche technique, 2006**).



Figure 7 : Chambre de mesure

II-3-2- Traitement physico-chimique :

□ Bassin de Coagulation :

L'eau s'écoule par gravité de la chambre de mesure à deux bassins de coagulation (**Figure 8**), dimensionnés pour 1050 m³/h pendant 3 minutes chacun, avec un mélangeur vertical à 64 tr/min et un volume de 55 m³. Du chlorure-ferrique (FeCl₃) sera ajouté pour favoriser la formation de flocons, ainsi qu'un polymère comme adjuvant. Le mélangeur permettra un brassage radial pour un bon mélange. Un déversoir réglable assurera une évacuation homogène vers le canal, lequel est raccordé au bassin de floculation (**Manuel fiche technique, 2006**).



Figure 8 : Bassin de coagulation

□ **Bassin de Flocculation :**

L'eau descend par gravité des réservoirs de coagulation vers les chambres de flocculation (**Figure 9**), chaque chambre étant équipée de deux mélangeurs lents, avec une durée de rétention de 15,7 minutes. Pour améliorer la flocculation et la séparation des solides, une solution diluée de flocculant synthétique concentré (poly-électrolyte) est ajoutée avant les chambres, avec un dosage de 1 mg/l, dans une solution de 0,1% à partir d'une suspension de poudre contenant 0,5% d'agent actif (**Manuel fiche technique, 2006**).



Figure 9 : Bassin de flocculation

□ **Bassin de décantation :**

A partir des chambres de flocculation, l'eau s'écoule par gravité dans deux clarificateurs en béton, intégrant un décanteur à plaques et un épaisseur de boues (**Figure 10**). La partie supérieure du clarificateur est constituée de 11 rangées de blocs de plaques légères inclinées, choisies pour maintenir une charge surfacique de 0.6 m/h, permettant une décantation efficace des grosses particules. Les rangées possèdent des canaux d'alimentation et d'évacuation communs pour une répartition homogène du débit. La partie inférieure est un réservoir conique conçu pour la rétention, l'épaississement et l'enlèvement des boues de décantation (**Manuel fiche technique, 2006**).

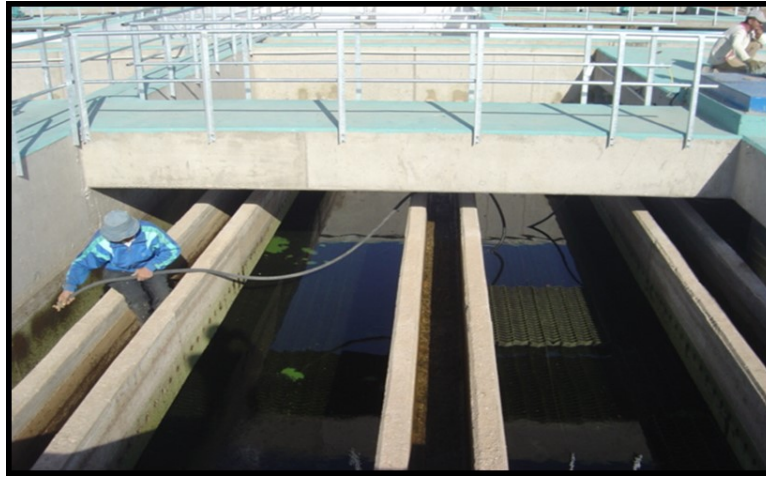


Figure 10 : Bassin de décantation

□ Nitrification et traitement microbiologique :

L'eau de barrage présente une teneur élevée en ammonium, avec une moyenne de 2.25 mg/l et des pics atteignant 10 mg/l. Pour réduire cette teneur en dessous de 1 mg/l, un processus de nitrification est nécessaire (**Figure 11**), organisé en deux filières de traitement de 1100 m³/h chacune. La nitrification, effectuée par des bactéries autotrophes aérobies, oxyde l'azote ammoniacal en nitrate. Les principales bactéries impliquées sont les nitrosomonas et les Nitrobacter, et le processus se déroule en deux étapes:

- a) La nitratation : oxydation des ions ammonium en nitrite :



- b) La nitratation : oxydation des nitrites en nitrates :



Le processus est installé afin d'enlever la teneur en Ammonium NH_4 qui se transforme en nitrite NO_2 et en nitrate NO_3 .





Figure 11 : Bassin de la nitrification

□ **Filtration à sable :**

La filtration est un procédé qui clarifie un liquide en éliminant les matières solides en suspension via des filtres à sable (**Figure 12**). Ce processus comprend trois lits de sable pour enlever les nitrates NO_3 et les impuretés, précédé par une pré chloration. Chaque filière dispose de trois filtres à sable, avec un gravier de 30 cm et du sable quartz (**Figure 13**), chacun ayant une superficie de 63 m² et agencé en parallèle (**Manuel fiche technique, 2006**).

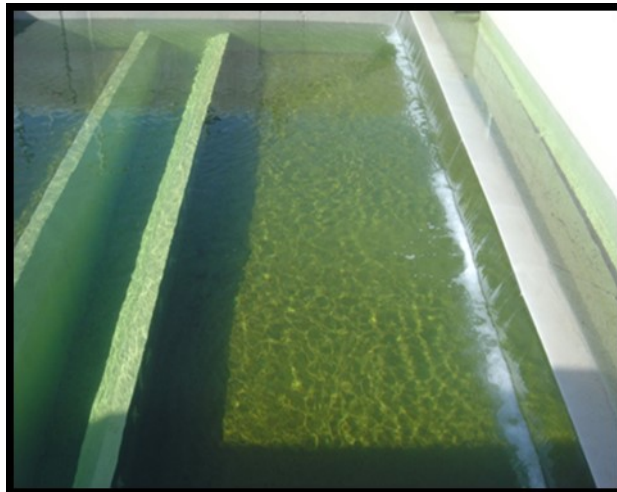


Figure 12 : Filtration à sable



Figure 13 : Gravier et sable quartz utilisé dans la filtre à sable

□ Filtration à charbon actif :

Des filtres à charbon actif (**Figure 14**), de taille granulométrique entre 0,6 et 2,36 mm, sont utilisés pour éliminer les oxydants des substances organiques et améliorer les paramètres organoleptiques tels que le goût, l'odeur et la couleur. Pour éviter le colmatage, ces filtres sont lavés à l'eau sous pression et à contre-courant, avec des contrôles permanents en place. Des analyses de turbidité, de conductivité, de pH, d'O₂ et de chlore sont également réalisées à ce stade (**Manuel fiche technique, 2006**).



Figure 14 : Bassin de charbon actif

□ Station de préparation de dosage et de stockage des produits chimique :

- Système de préparation et de dosage de l'hypochlorite du Calcium :

De l'hypochlorite de calcium sera utilisé pour la désinfection de l'eau prétraitée et traitée. Ce produit, sous forme de granulés avec 65% de chlore effectif, sera dosé à 10% dans un réservoir en béton à deux chambres, chacune de 10m³, équipée d'un mélangeur vertical. Pendant l'exploitation normale, une chambre sera utilisée pour les deux types de désinfection, tandis que l'autre sera réservée.



Figure 15 : Pompe pour la chloration



Figure 16 : Pompe pour la pré chloration

- **Système de préparation et de dosage de chlorure ferrique(FeCl₃) :**

Le chlorure ferrique (FeCl₃) sera utilisé comme coagulant pour déstabiliser les groupes ioniques dans l'eau brute, facilitant les mouvements et les collisions entre particules, ce qui augmentera leur adhésion et générera des flocons. Le dosage sera ajustable en fonction du débit, contrôlé par un signal analogique d'un débitmètre sur la conduite d'eau brute. Le produit, en solution à 38% et d'un poids spécifique d'environ 1,4 kg/l, sera stocké dans deux réservoirs en polyéthylène de 15m³ chacun, remplis régulièrement par des camions citernes.

- **Système de préparation et de dosage de polymère :**

Pour améliorer la floculation et la séparation des solides précipités, une solution diluée de floculant synthétique (poly-électrolyte) sera ajoutée dans la chambre de sortie des réservoirs de coagulation, avec une concentration finale de 0.1 % de polymère effectif. Le système de préparation (**Figure 17**) et de dosage comprend deux unités automatiques de préparation de suspension de polymère, trois pompes de dosage, et deux systèmes de dilution avec débitmètre et vanne de régulation (**Manuel fiche technique, 2006**).



Figure 17 : Bacs de préparation des produits chimiques

□ Chloration et désinfection :

Suite à la filtration au charbon actif, l'eau traitée est chlorée grâce à l'ajout de chlore et désinfectée par l'intégration de l'hypochlorite de calcium.

II-4- Transfert de l'eau potable :

II-4-1- Station de pompage SP1 :

La station de pompage initiale SP1 est équipée de trois pompes à haute capacité, destinées à acheminer l'eau potable vers le réservoir de la seconde station de pompage SP2.

II-4-2- Station de pompage SP2 :

La station de pompage SP2 est également équipée de trois pompes à débit élevé pour garantir l'approvisionnement à l'Est et l'autre à l'Ouest.

II-5- Réservoirs de stockage :

Deux réservoirs de stockage ont été créés pour fournir de l'eau potable à la ville de Maghnia, un à l'est et l'autre à l'ouest. Situés en hauteur, ils exploitent la gravité pour transférer l'eau vers d'anciens réservoirs secondaires. Chaque réservoir a une capacité de 10,000 m³, répondant aux besoins des habitants et assurant une gestion efficace des pics de consommation et du stockage pour la distribution de l'eau (**Manuel fiche technique, 2006**).

Chapitre III

Matériels et méthodes

III-1- Paramètre physico-chimique :

III-1-1 Paramètre physico-chimique :

III -1-1-1-PH : potentiel hydrogène :

La connaissance de PH est essentielle dans le domaine des qualités des eaux pour évoluer le degré d'acidité de l'eau, le « pH » est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. La mesure du pH se fait grâce à un pH-mètre (**Figure 18**) ou un comparateur colorimétrique (**Kemmer, 1984**).



Figure 18 : PH-mètre

III-1-1-2-COND : conductivité électrique :

L'évaluation des ions présents dans l'eau, principalement de nature minérale (salinité de l'eau), peut se faire par la mesure de la conductivité (**Figure 19**). Il est essentiel de mesurer la conductivité, car au-delà d'un seuil de salinité, la biodégradabilité de la matière organique peut être entravée et l'efficacité du traitement touchée. L'évaluation de la conductivité de l'eau nous offre la possibilité d'apprécier sa minéralisation totale, incluant les chlorures, sulfates, calcium, sodium et magnésium. Elle dépend aussi de la température de l'eau et est proportionnelle à la minéralisation (**Mens et Derouane, 2000**). La minéralisation est en rapport direct avec la température. La conductivité est exprimée en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). (**Gaujous, 1995**).



Figure 19 : conductimètre portable

III-1-1-3- L'oxygène dissous :

✓ **Méthode :**

- Appuyer sur le bouton d'alimentation de l'appareil.
- Insérer la sonde dans un b cher rempli de l'échantillon.
- Lire les résultats.

III-1-1-4- La température :

La température de l'eau est un facteur de confort pour les utilisateurs, il est essentiel de la mesurer avec une grande exactitude. Ce paramètre a un impact direct sur la sédimentation des particules en suspension et une influence indirecte sur la qualité chimique et biologique de l'eau. En été, la température de l'eau potable devrait être plus basse, tandis qu'en hiver, elle devrait être plus élevée. Via un thermomètre. (Montiel *et al.*, 2001)

III-1-1-5-Analyse d'ammonium NH₄ :

L'ammoniaque a également le désavantage de requérir une hausse de la consommation en chlore lors de la désinfection et de générer des composés organochlorés non désirés (chloramines minérales ou organiques). L'élimination de l'ammonium avant l'ajout d'eau au réseau est cruciale, car l'ammonium interagit avec le chlore pour former des chloramines, qui sont moins performantes en tant que désinfectants et peuvent causer une altération du goût (Paquin *et al.*, 2002).

✓ **Méthode au Nessler* (Figure 20)**

- Soutenir les programmes Hach, choisissez le programme 380N, ammon, Ness, puis appuyez sur démarrer.

- Remplir une éprouvette graduée jusqu'au marqueur avec l'échantillon (l'échantillon préparé) pour homogénéisation de 25ml.
- Semplir une éprouvette graduée pour l'homogénéisation de 25 ml jusqu'à la marque avec de l'eau déionisée (le blanc).
- Ajoutez trois gouttes de stabilisateur minéral dans chaque tube d'essai, puis inversez les plusieurs fois pour uniformiser leur contenu.
- Incorporez trois gouttes de l'agent dispersant dans chaque éprouvette contenant de l'alcool polyvinylique. Boucher les tubes et les inverser plusieurs fois pour uniformiser leur contenu.
- Dosage de 1 ml du réactif au Nessler dans chaque tube à essai. Fermez les éprouvettes et mélangez-les plusieurs fois afin d'homogénéiser leur contenu.
- Enfoncer l'icône symbolisant la minuterie. Cliquer sur OK. Un délai de réponse d'une minute va s'initier.
- Déplacez chaque solution dans un récipient cylindrique.
- Nettoyez l'extérieur du blanc (cuve) et placez-le dans le compartiment de la cuve.
- Appuyer sur ZÉRO. L'écran affiche l'indication suivante :0.00 mg/litre.
- Éponger l'extérieur de la cuve qui contient l'échantillon préparé et placer cette dernière dans le compartiment de la cuve.
- Consulter les résultats.



Figure 20 : dosage de l'ammonium (NH₄⁺)

III-1-2-Paramètre organoleptique :

III-1-2-1-La turbidité :

C'est l'obstruction de la transparence de l'eau par la présence de substances non dissoutes. L'unité néphélométrique (NTU) est utilisée pour mesurer la turbidité. La présence de particules en suspension, en particulier colloïdales comme les argiles, limons, grains de silice et matières organiques, est à l'origine de la turbidité d'une eau. L'évaluation de la

quantité de ces particules détermine son niveau de turbidité. Plus le traitement de l'eau a été performant, plus celui-ci sera faible.

La turbidité peut être mesurée en utilisant différentes techniques, choisies en fonction des exigences spécifiques du terrain ou du laboratoire (**Rodier, 2009**).

L'évaluation de la turbidité a été réalisée grâce à un appareil appelé turbidimètre (**Figure 21**) ou néphélométrie, en employant des cubes en verre soigneusement lavés et séchés, remplis d'eau à tester.



Figure 21 : Turbidimètre de laboratoire WTW

III-1-3-Paramètre de pollution :

III-1-3-1- Analyse de nitrite NO₂ :

- ✓ **Méthode Diazotation*** (**Figure 22**)
- cliquer sur programmes Hach, choisissez le programme 371N, nitrite GB, et appuyez sur démarrer.
- Déplacez 10 ml de l'échantillon dans un récipient circulaire.
- Déplacez le contenu d'un sachet de réactif pour nitrite Nitri Ver3 vers le récipient rond (l'échantillon préparé). Boucher et mélanger pour obtenir une consistance uniforme. Un teint rose se manifestera en présence de nitrite.
- cliquer sur l'icône de la minuterie. Cliquer sur OK. Un délai de réaction de 20 minutes va débiter.
- Quand le minuteur sonne, déplacez 10 ml de l'échantillon dans un second récipient rond (le témoin).
- Essuyez l'extérieur du blanc (cuve) puis placez-le dans le compartiment de la cuve.
- Appuyez sur le bouton Zéro. L'écran affiche l'indication suivante : 0,000 mg/l.
- Consulter les résultats.



Figure 22 : dosage de nitrite (NO₂⁻)

III-1-3-2-Analyse de nitrates NO₃ :

- ✓ **Méthode à l'acide chromotropique***
- Appuyez sur le programme Hach, choisissez le programme 344N, nitrate GH TNT, et appuyez sur démarrer.
- Enlevez le couvercle du tube contenant le réactif A Nitra VerX et prélevez 1 ml de l'échantillon (le blanc) à l'aide d'une pipette.
- Refermez le tube et renversez-le dix fois pour bien le mélanger.
- Nettoyer la surface externe du blanc (tube) et l'insérer dans le compartiment du réservoir.
- En appuyant sur Zéro, l'écran affiche l'indication suivante : 0.00 mg/litre.
- Enlevez le tube de l'équipement. Utilisez un entonnoir pour verser le contenu d'une pochette de réactif B Nitra VerX dans le tube.
- Refermer et renverser dix fois pour homogénéiser (l'échantillon préparé). Certaines particules solides ne se dissoudront pas.
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur OK. Une période de réaction de 5 minutes va commencer. Une coloration jaune apparaîtra en présence de nitrate.
- Essuyer l'extérieur du tube contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de cuve.
- Lire les résultats.

III-1-3-3-Analyse de phosphates PO₄ :

- ✓ **Méthode par hydrolyse en milieu acide avec PhosVer3***
- Activer l'alimentation du réacteur à DCO. Préchauffer à 150°C. Positionner l'écran de protection devant le réacteur.
- Pressez sur le programme Hach. Choisissez le programme 536P Total/AH PV TNT. Cliquez sur démarrer.

- À l'aide d'une pipette TenSette, déposez 5ml de l'échantillon dans un tube destiné au phosphore total et hydrolysable en environnement acide. Tailler et uniformiser.
- Insérer le tube dans le réacteur DCO.
- Cliquer sur l'icône de la minuterie. En appuyant sur OK, un cycle de chauffage de 30 minutes débutera.
- Lorsque le minuteur sonne, retirez prudemment le tube du réacteur. Positionnez-le dans un récipient et laissez-le se rafraîchir à température ambiante.
- En utilisant une pipette TenSette, mettez 2ml d'hydroxyde de sodium à 1,00N dans le tube. Fermeture minutieuse et agitation pour assurer une homogénéité.
- Essuyez le tube avec un tissu pour enlever les marques de doigts.
- Insérer le tube avec l'échantillon préparé dans le compartiment de la cuve.
- En appuyant sur Zéro, l'écran affiche l'indication suivante : 0.00mg/l PO4
- Utilisez un entonnoir pour verser le contenu d'une pochette de réactif Phos Ver3 dans le tube. Procédez à la lecture des échantillons 2 à 8 minutes après l'introduction du réactif.
- Fermez et secouez pour homogénéiser pendant 10 à 15 secondes.
- Enfoncer l'icône symbolisant la minuterie. Cliquer sur OK. Un délai de réaction de 2 minutes va débiter.
- Nettoyez l'extérieur du tube, puis insérez le tube contenant l'échantillon préparé dans le compartiment de la cuve.
- Consulter les résultats.

III-1-3-4-Analyse de matière organique :

✓ Méthode :

- Prenez 100 ml d'eau à examiner.
- Ajoutez 5 ml de H₂SO₄ dilué et faites bouillir pendant une minute.
- Incorporer 15 ml de KMnO₄ à une concentration de 0,01 N et faire bouillir pendant 10 minutes.
- Régulière et douce.
- Incorporer 15 ml d'acide oxalique à 0.01 N. · Procéder au titrage à chaud en utilisant du KMnO₄ à 0.01 N jusqu'à obtenir une teinte rose claire (**Figure 23**) qui demeure pendant 15 à 20 secondes.



Figure 23 : Oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO_4)

III-2- paramètre bactériologique :

III-2-1- Dénombrement des germes totaux :

Le dénombrement des germes totaux, consiste à une estimation du nombre total des germes totaux dans l'eau.

✓ **Milieu de culture:**

- Gélose TGEA

✓ **Mode opératoire:**

- Deux boîtes de Pétri stériles sont utilisées, sur chacune desquelles sont indiqués le nom du milieu de culture, la température d'incubation ainsi que le germe recherché (**Figure 24**).
- Près d'un bec benzène, 1ml d'eau destiné à l'analyse est prélevé puis inoculé dans chaque boîte.
- On incorpore la gélose TGEA qui a été préalablement fondue et refroidie à une température de 45°C .
- Nous avons doucement mélangé par un mouvement circulaire pour garantir une homogénéité.
- Une boîte est incubée à 37°C pendant 48 h afin de favoriser la croissance des germes pathogènes, tandis qu'une autre est maintenue à 22°C durant 72 h pour le développement des germes saprophytes.

✓ **Lecture**

Le comptage des micro-organismes présents dans 1 ml d'échantillon (réalisé grâce à un compteur de colonies) correspond au total des colonies comptées, multiplié par l'inverse du facteur de dilution. La moyenne arithmétique du nombre total de germes détectés dans diverses dilutions correspond au nombre total de germes retenus.

✓ **Expression des résultats et les normes :**

- Les résultats sont exprimés en nombre des UFC par 1 ml.
- La norme des germes saprophytes (22°C) doit être inférieure à 100 UFC par 1 ml
- La norme des germes pathogènes (37°C) doit être inférieure à 10 UFC par 1 ml

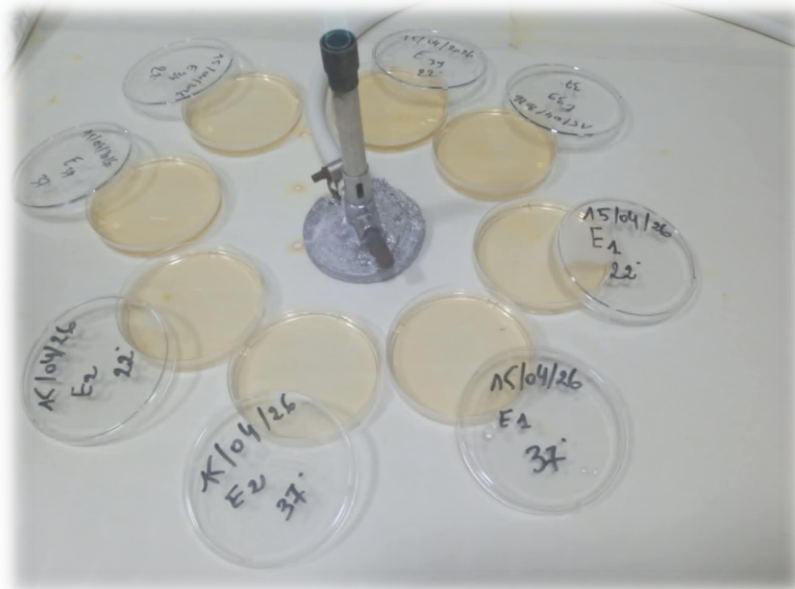


Figure 24 : Recherche des germes totaux

III-2-2 -Dénombrement des coliformes totaux et d'*Escherichia coli* :

✓ **Milieu de culture et les réactifs utilisés :**

- Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL) à double concentration (D/C) et simple concentration (S/C).
- Milieu de confirmation: milieu de Schubert.
- Réactif de Kovacs pour la recherche de l'indole.

✓ **Mode opératoire (Eau traitées):**

1^{ère} étape : Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes :

- Acquérir un lot comprenant 7 tubes réparties comme suit : [5 (D/C) 1 (S/C) 1 (S/C)]
 - Reconnaître les tubes (Figure 25).
- Inoculer les cinq premiers tubes (ceux comportant le bouillon à double concentration avec une cloche de Durham) avec 10 ml de l'échantillon d'eau à analyser à l'aide d'une pipette stérilisée. (Dilution 1:1)

- Dans les deux tubes restants (qui contiennent le bouillon à concentration simple dotés d'une cloche de Durham), introduisez 1 ml d'échantillon dans le premier tube (Dilution 1:10) et placez 0,1 ml d'échantillon dans le second tube (Dilution 1:100).
- On a remué pour uniformiser sans introduire d'air dans la cloche et on a disposé les tubes dans une étuve à 37°C pendant 48h.



Figure 25 : Recherche des coliformes totaux (Eau traitée)

N.B : Pour l'eau brute en utilise 9 tubes à essai répartis en [3 (D/C) 3 (S/C) 3 (S/C)]

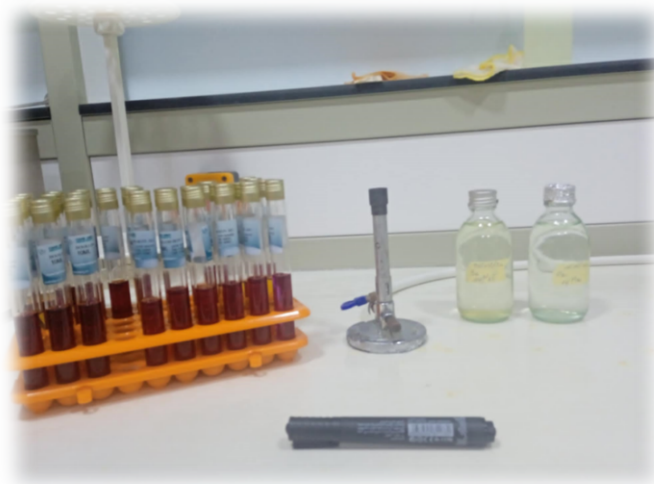


Figure 26 : Recherche des coliformes totaux (Eau brute)

✓ **Lecture :**

Après l'incubation, les tubes identifiés comme positifs montrent un virage du violet vers le jaune et un dégagement de gaz dans la cloche de durham.

✓ **Expression des résultats et la norme :**

- On détermine le nombre de coliformes totaux pour 100 ml en comptant les tubes positifs d'après le tableau de Mac Credy, qui nous fournit le nombre le plus probable (NPP).
- La norme de coliformes totaux doit être inférieure à 10 Nbr dans 100 ml

2^{ème} étape : Test confirmatif de la présence ou l'absence d'*E. coli* :

- Utiliser les tubes de test présomptif qui ont donné des résultats positifs à 3 dilutions [5 (D/C), 1 (S/C), 1 (S/C)].
- Utilisez un nombre identique de tubes contenant le milieu de Schubert.
- Avec une anse de platine, précédemment chauffée puis refroidie, prélevez une portion de l'échantillon positif de chaque tube et inoculez-la dans le tube correspondant contenant le milieu de Schubert équipé d'une cloche de Durham.
- Reconnaître les tubes (**Figure 27**).
- On fait incuber à 44°C pendant 24 heures.
- Nous jugeons favorable les tubes où une croissance bactérienne (trouble) et une libération de gaz (1/10) sont observées.
- Après incubation, on intègre deux gouttes du réactif de Kovacs au tube contenant le bouillon Schubert, là où la cloche de Durham indique une réaction positive.
- On considère comme positif les tubes où un anneau rose apparaît à la surface, indiquant la production d'indole qui confirme la présence d'*E. coli*.

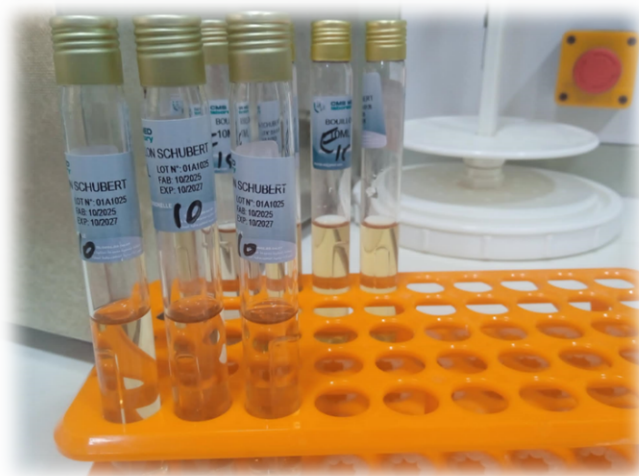


Figure 27 : recherche d'*E. coli*

- ✓ **Expression des résultats et la norme :**
- Le dénombrement d'*E. coli* se réalise de la même manière que celui des coliformes totaux.
- Pour établir la NPP, on examine l'association formée par le nombre de tubes positifs montrant les dilutions 1:1, 1:10 et 1:100 lors du test de confirmation.
- La norme pour *E. coli* est « l'absence ».

III-2-3-Dénombrement des streptocoques fécaux :

✓ **Milieu de culture :**

- Milieu de Roth à D/C
- Milieu de Roth S/C
- Milieu de Litsky

✓ **Mode opératoire (Eaux traitées) :**

1ère étape: Test présomptif

- On procède à l'ensemencement : 5 tubes contenant 10 ml de bouillon de Roth (D/C) sont inoculés avec 10 ml d'eau à tester.
- 1 tube de 10 ml de bouillon de Roth (S/C) contenant 1 ml de l'eau à analyser.
- Un tube contenant 10 ml de bouillon de Roth (S/C) avec 0,1 ml d'eau à examiner.
- Mélangez et faites incuber à 37°C pendant 48h
- Les tubes qui montrent un trouble microbien et un dépôt (blanc ou violet) sont jugés positifs et soumis à l'examen de confirmation (**Figure 28**).

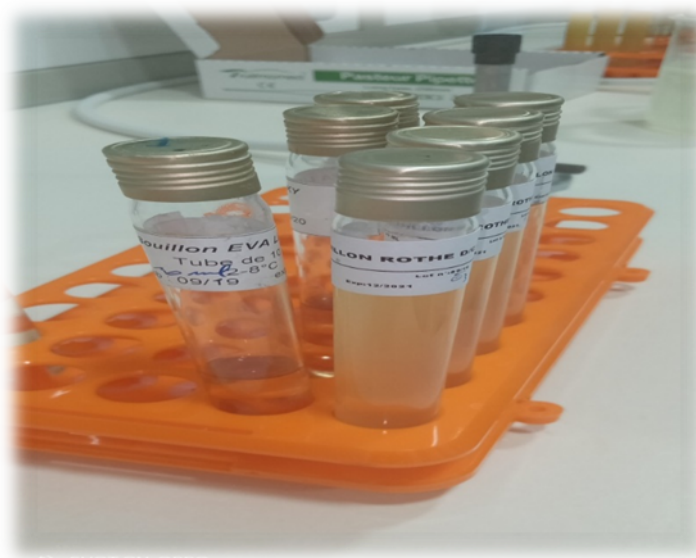


Figure 28 : Recherche des streptocoques fécaux

2ème étape: Test confirmatif

- On agite les tubes puis on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec une pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Litsky à l'éthyle violet d'acide de sodium;
- On incube à 37 °C pendant 24 h
- Si un trouble microbien se manifeste, cela indique la présence d'un Streptocoque fécal. Parfois, la culture se regroupe au fond du tube en fixant le colorant et formant ainsi une pastille violette qui a la même signification que le trouble.

✓ **Expression des résultats et la norme :**

- Les résultats de dénombrement sont exprimés comme ceux d'*E. coli* par le tableau (NPP).
- La norme de Streptocoques fécaux est ‘ ‘ l’ absence ‘ ‘

III-2-4-Dénombrement des spores d’anaérobies de clostridium sulfito-réducteurs :

✓ **Milieu de culture :**

Gélose de viande foie (VF)

Solution de sulfite de sodium

Solution d'alune de fer

✓ **Mode opératoire :**

Pour l’eau traitée (la forme sporulée) :

- On place 5 ml de l'eau à analyser dans quatre tubes à essai.
- Installer les tubes dans un bain-marie à 80°C pendant 10 minutes ou à 90°C pendant 5 minutes (pour éliminer la forme végétative de ces germes tout en préservant leur forme sporulée).
- Après avoir chauffé, il faut refroidir les tubes en utilisant de l'eau du robinet (choc thermique).
- On remplit intégralement les quatre tubes (afin d'éviter toute présence d'O₂) avec de la gélose viande foie (**Figure 29**).
- Il faut mélanger délicatement sans introduire d'air.
- L'incubation se fait à 37°C, avec une première observation après 24 heures et une seconde après 48 heures.



Figure 29 : Recherche des clostridium sulfito-réducteurs

Pour l'eau brute (la forme végétative) :

La détection des bactéries sulfito-réductrices anaérobies dans l'eau brute suit la même méthode que celle utilisée pour l'eau traitée, à l'exception du chauffage.

✓ Expression des résultats et la norme :

- L'apparition de colonies entourées d'un halo noir (point noire) indique un résultat positif pour une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice, tandis que les formes végétatives sont quantifiées en nombre de germes par 1 ml
- La norme de *Clostridium* sulfito-réducteur dans l'eau brute et traitée est "l'absence"

Chapitre IV:

Résultats et discussion

IV-1- Résultats et discussion :

IV-1-1- Les résultats des analyses physico-chimiques

Le tableau suivant représente les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau brute et l'eau traitée durant Janvier jusqu'à Avril

Tableaux 1 : Résultats des analyses physico-chimiques

Type d'eau	Eau brute				Eau traitée			
Paramètres								
Date	01-01-2026	01-02-2026	01-03-2026	01-04-2026	01-01-2026	01-02-2026	01-03-2026	01-04-2026
T (°C)	18.2	16.5	14	16.9	17	17.5	15	17.7
pH	7.46	7.56	7.78	7.47	7.44	7.51	7.70	7.37
Turb (NTU)	12.70	6.89	7.23	12.1	2.01	1.01	0.96	1.73
COND (µS/cm)	2083	1985	2070	2034	2089	2000	2108	2081
NO3 (Mg/l)	8.2	8.8	20.1	8.4	14.2	8.5	18.7	16
NO2 (Mg/l)	0.194	0.075	0.027	0.380	0.014	0.016	0.003	0.01
NH4 (Mg/l)	2.16	0.33	0.30	0.11	0.05	0.06	0.03	< 0.01
MO (mgO2/l)	8.14	8.43	6.03	6.51	4.50	4.88	2.29	2.97
PO4 (Mg/l)	0.50	0.48	0.42	0.39	0.07	0.07	0.05	0.07
O2 dissout (Mg/l)	7.13	7.55	7.67	6.45	9.26	9.65	9.88	7.87

IV-1-1-1-Paramètre physico-chimique :

IV-1-1-1-1- Le PH

Le PH évalue la teneur en ions H⁺ dans l'eau et influence considérablement les équilibres physico-chimiques. Une eau acide ayant un pH faible est corrosive pour les

canalisations, provoquant la diffusion de particules métalliques nuisibles pour la santé. Cependant, une eau trop alcaline peut être corrosive pour les tissus. Les normes algériennes de potabilité préconisent un pH se situant entre 6,5 et 9 (Kadri et Boudersa, 2018)

Les résultats d'analyses effectués et représentés sur la **figure 30**, montrent les variations de PH des eaux brutes et traitées au niveau de la station Hammam Boughrara :

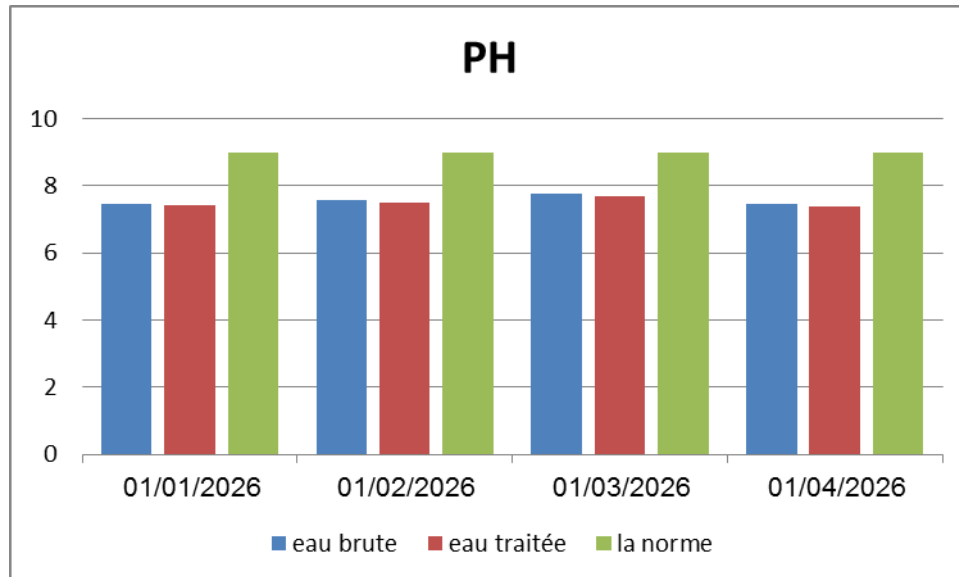


Figure 30 : les variations de ph des eaux

La **figure 30** montre une légère baisse du pH de l'eau traitée par rapport à l'eau brute. Cette variation peut être expliquée par l'utilisation de différentes doses de coagulant lors du traitement qui consomme le TAC et réduisent ainsi le pH. Par ailleurs la chloration peut également entraîner une diminution du pH. Le pH de l'eau brute varie entre 7.46 et 7.78 et de l'eau traitée varie entre 7.37 et 7.70, on constate ainsi que le pH des eaux de la station Hammam Boughrara ont un pH voisin de la neutralité et répondent aux normes algériennes (**Annexe**).

IV-1-2-1-2- La conductivité :

La conductivité sert à évaluer la capacité de l'eau à transmettre l'électricité. Effectivement, elle permet d'évaluer la concentration en sels dissous dans l'eau. La valeur de la conductivité est également liée à la composition des strates géologiques de la présence de minéraux indésirables dans la nappe aquifère (Heriarivony *et al.*, 2015).

Les résultats d'analyses effectués et représentés sur la **figure 31**, montrent les variations de la conductivité des eaux brutes et traitées au niveau de la station Hammam Boughrara :

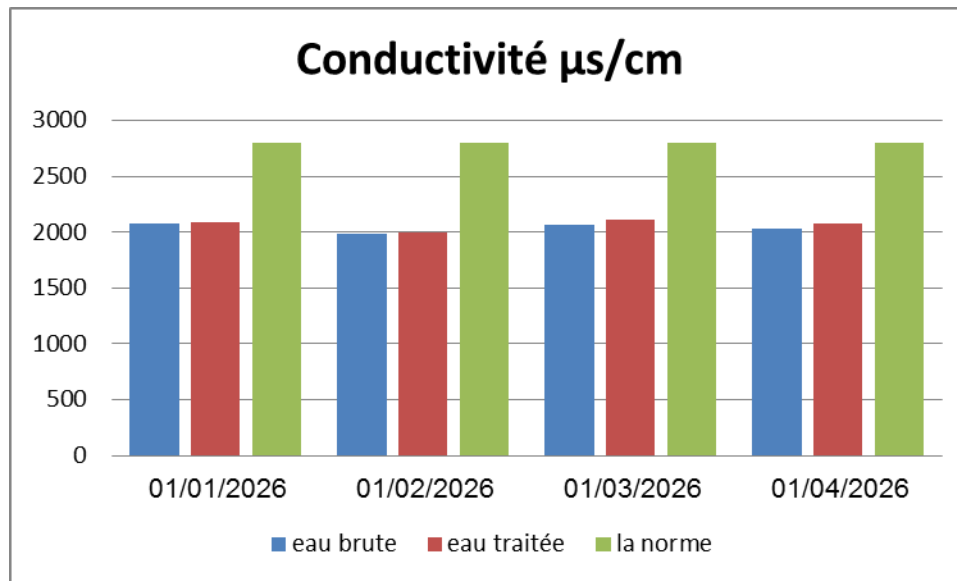


Figure 31 : les variations de conductivité des eaux

- Pour l'eau brute et traitée : à partir de résultats on constate que tous les résultats de la conductivité de l'eau obtenus fluctuent entre (1985 $\mu\text{S/cm}$ et 2108 $\mu\text{S/cm}$) qui sont inférieures à la norme qui est de 2800 $\mu\text{S/cm}$.
- On ne remarque pas vraiment une variation de la conductivité durant la période étudiée les valeurs de la conductivité sont proches les uns des autres.
- Les fluctuations de la conductivité suivent les normes algériennes (**Annexe**).

IV-1-2-1-3- Oxygène dissous :

Les teneurs en oxygène dissous enregistrées au niveau du barrage de Hammam boughrara et de la station de traitement durant la période d'étude, sont illustrées sur la figure ci-dessous.

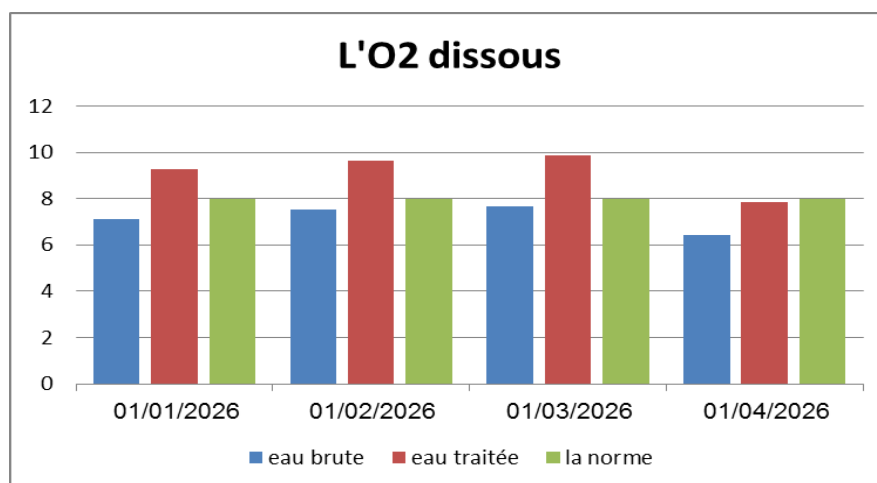


Figure 32 : les variations de l'oxygène dissous des eaux

On remarque que les concentrations en oxygène dissous présentent une grande variabilité temporelle. La teneur en oxygène dissous est toujours plus élevée à la sortie de la station de traitement par rapport à l'eau brute. Cette augmentation en teneur en oxygène dissous peut être expliquée par la réduction de la matière organique présente dans l'eau. En effet, la dégradation biologique des composés organiques entraîne une consommation importante d'oxygène. Ainsi, la diminution de la charge organique réduit la demande biochimique en oxygène et favorise l'augmentation de la concentration en oxygène dissous, traduisant une amélioration de la qualité du milieu aquatique (McCabe *et al.*, 2021).

IV-1-2-1-4- La température :

La température de l'eau est un paramètre très important, elle joue un rôle dans l'augmentation des activités chimiques, bactériennes et de l'évaporation de l'eau. Elle varie en fonction de la température de l'air, les saisons et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (Gueroui, 2015).

Les résultats d'analyses effectués et représentés sur la **figure 33**, montrent les variations de la température des eaux brutes et traitées au niveau de la station Hammam Boughrara :

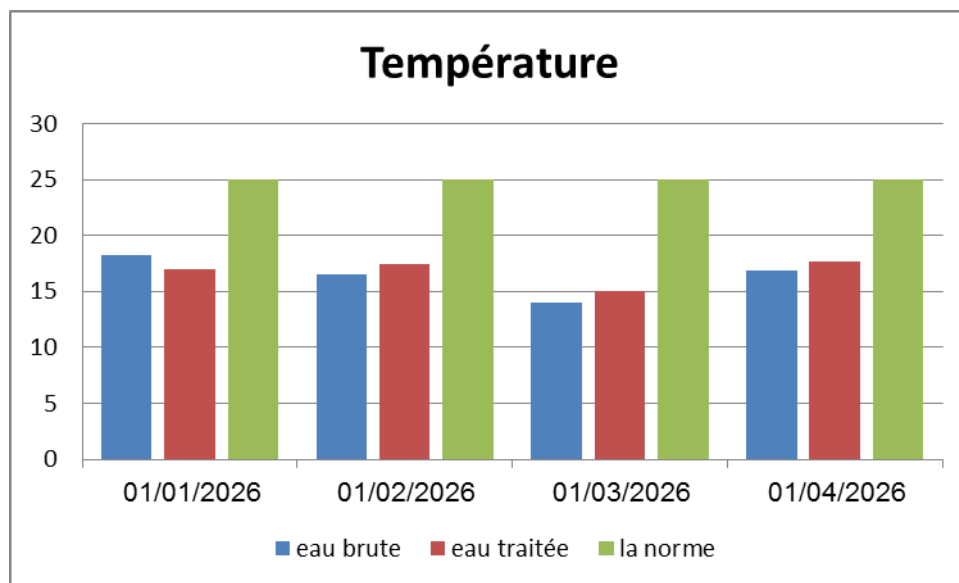


Figure 33 : les variations de température des eaux

Les températures enregistrées sont comprises entre 14 et 18°C pour l'eau brute et entre 15 et 17°C pour l'eau traitée, ces valeurs sont inférieures à la norme fixée par le journal Algérien qui est de 25 °C

En effet, cette température est largement inférieure à 25 °C comme valeur indicative indiquée dans les normes Algériennes (**Annexe**).

IV-1-2-1-5- Ammonium :

Cet élément est le résultat de la décomposition finale des composés organiques azotés et de la matière inorganique présente dans les sols et l'eau. Il est également issu de l'excrétion des êtres vivants et du processus de réduction et biodégradation des déchets. sans pour autant minimiser les contributions domestiques, agricoles et industrielles (**Abboudi et al., 2014**).

Les résultats d'analyses effectués et représentés sur la **figure 34**, montrent les variations de l'ammonium des eaux brutes et traitées au niveau de la station Hammam Boughrara :

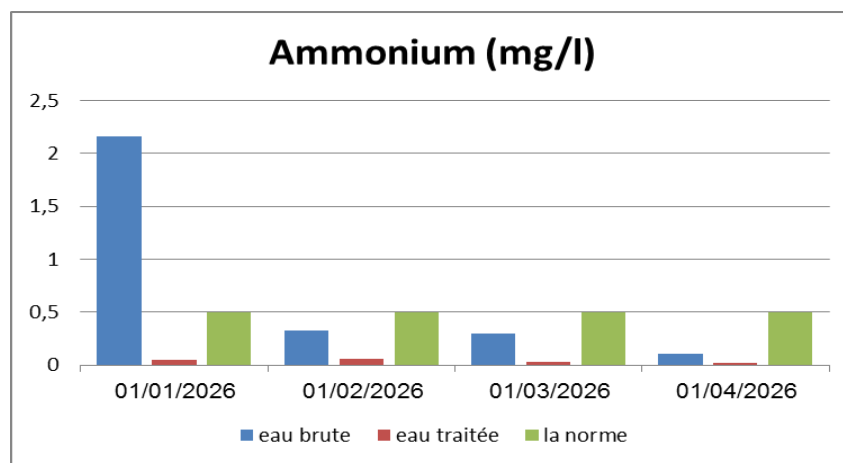


Figure 34 : les variations d'ammonium des eaux

Selon les résultats obtenus on remarque que :

La concentration de l'azote ammoniacal dans l'eau brute au cours du mois de Janvier est supérieure à la norme 0.5 mg/l due à la concentration élevée de la matière organique suite à la baisse du niveau de barrage.

Cependant durant la période du mois de Février jusqu'à Avril la concentration de NH_4 est inférieure à la norme.

Par contre pour l'eau traitée de la période étudiée la concentration de l'ammonium est inférieure à la norme 0.5 mg/l.

Alors les valeurs de la concentration de l' NH_4 dans cette étude sont dans le seuil du niveau de la norme (**Annexe**).

IV-1-2-2- Paramètre organoleptique :

IV-1-2-2-1- La turbidité :

La mesure de la turbidité permet de donner les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...etc.) (**Sari, 2014**).

Les résultats d'analyses effectués et représentés sur **la figure 35**, montrent les variations de la turbidité des eaux brutes et traitées au niveau de la station Hammam Boughrara :

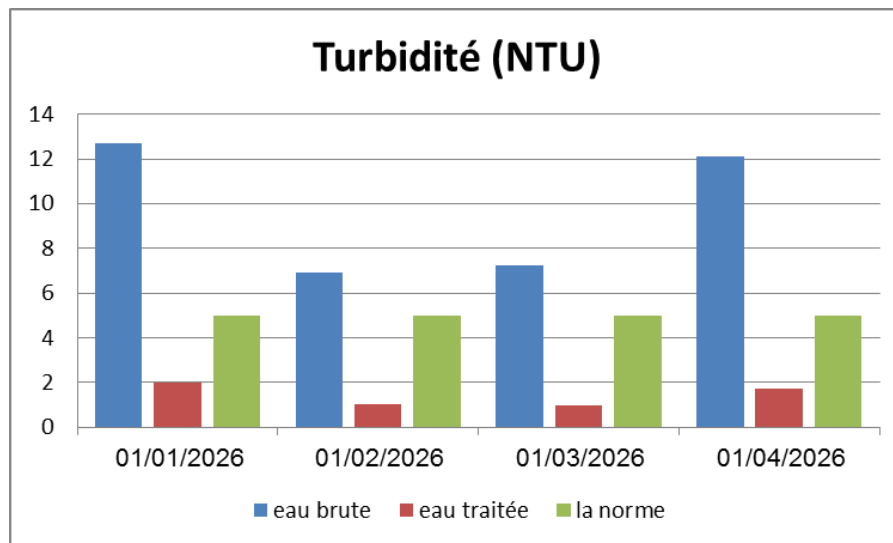


Figure 35 : les variations de la turbidité des eaux

La figure 35 montre que les valeurs de turbidité pour l'eau brute sont comprises entre 6.87 et 12.70 NTU dues à la présence de MES. Les valeurs pour l'eau traitée sont de 0.96 et 2.01 NTU, on remarque une diminution de la turbidité due à l'efficacité de traitement. Selon le journal Algérien la norme fixée pour la turbidité est de 5 NTU, la turbidité de l'eau du barrage répond donc à la norme (**Annexe**).

IV-1-2-3- Paramètre de pollution :

IV-1-2-3-1- Nitrite :

Une eau contenant des nitrites est suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (**Kadri et Boudersa, 2018**).

Les résultats d'analyses effectués et représentés sur **la figure 36**, montrent les variations de nitrite des eaux brutes et traitées au niveau de la station Hammam Boughrara :

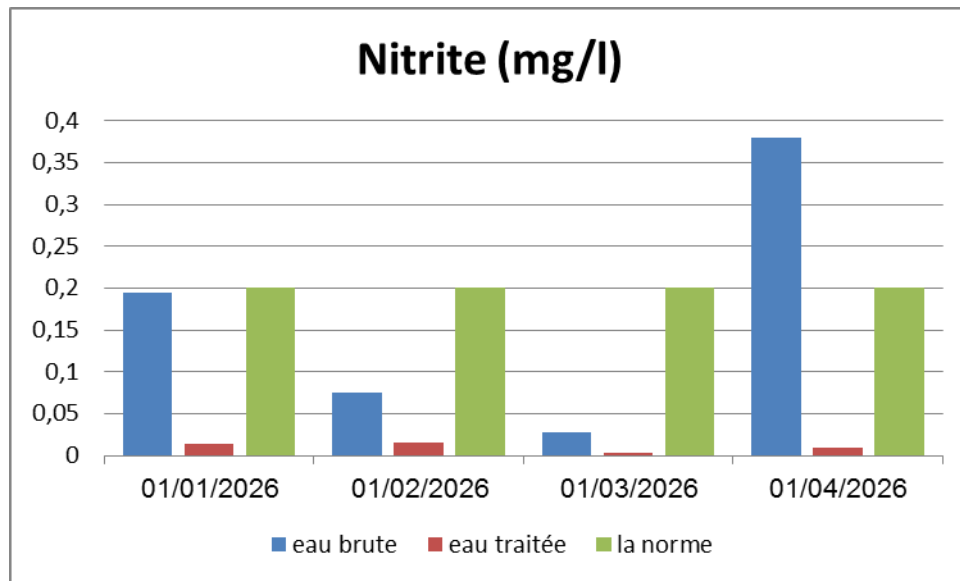


Figure 36 : les variations de nitrite des eaux

D'après les résultats obtenus, on remarque que :

La teneur en nitrite des eaux brutes durant la période du mois de Janvier jusqu'à Mars est inférieure à la norme 0.2 mg/l

Cependant au cours du mois d'Avril la teneur en nitrite est supérieure à la norme 0.2 mg/l due à l'oxydation de NH_4 .

Pour l'eau traitée la concentration de nitrite est inférieure à la norme 0.2 mg/l

Donc les valeurs de nitrite de la période d'étude sont le niveau de la norme 0.2 mg/l

IV-1-2-3-2- Nitrate :

Les nitrates sont généralement le résultat de la dégradation de la matière organique par l'oxydation bactérienne des nitrites, ce qui en fait le produit final de la nitrification (**Abboudi et al., 2014**).

Les résultats d'analyses effectués et représentés sur la **figure 37**, montrent les variations de nitrate des eaux brutes et traitées au niveau de la station Hammam Boughrara :

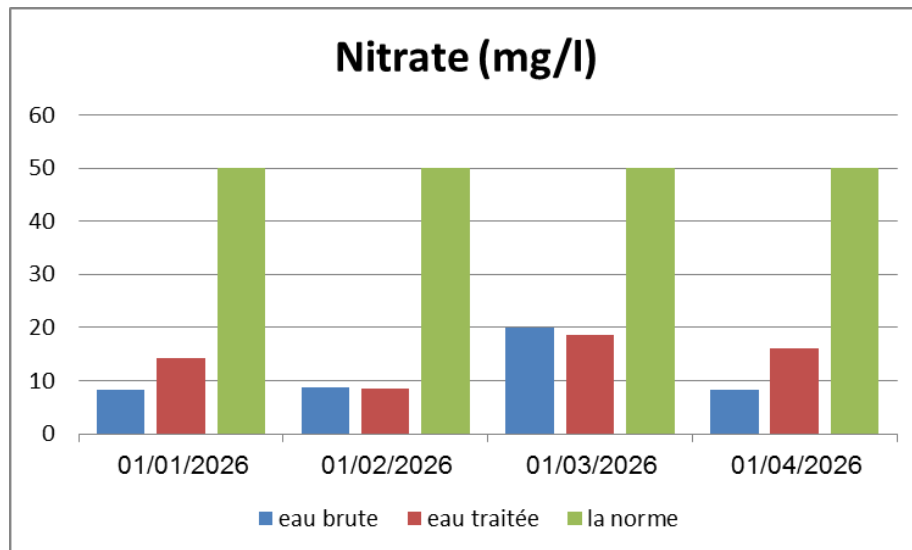


Figure 37 : les variations de nitrate des eaux

D'après les résultats obtenus dans la figure 37, les concentrations de nitrate sont comprises entre 8.2 et 20.1 mg/ L pour l'eau brute et entre 8.5 et 18.7 mg/ L pour l'eau traitée, qui sont inférieures à la teneur suggérée par les normes algériennes (**Annexe**).

Cela signifie que les eaux examinées ne sont pas exposées au danger d'une contamination par les nitrates. C'est une indication de l'absence de lessivage des fertilisants et de l'azote reminéralisé dans les régions cultivées (comme c'est le cas pour les zones agricoles), ou bien éloignées des eaux usées domestiques et parfois industrielles. Cela nous autorise à affirmer que l'eau examinée est de bonne qualité en ce qui concerne les nitrates.

IV-1-2-3-3- Phosphate :

Le phosphate est une composante vitale de la matière organique et il représente un élément nutritif crucial pour les êtres vivants. Toutefois, lorsqu'il est présent à des concentrations élevées dans l'environnement, il doit être classé comme un polluant. Des teneurs dans l'eau supérieures à 0.5 mg/l doivent constituer un indice de pollution (**Kadri et Boudersa, 2018**).

Les résultats d'analyses effectués et représentés sur la **figure 38**, montrent les variations de nitrate des eaux brutes et traitées au niveau de la station Hammam Boughrara :

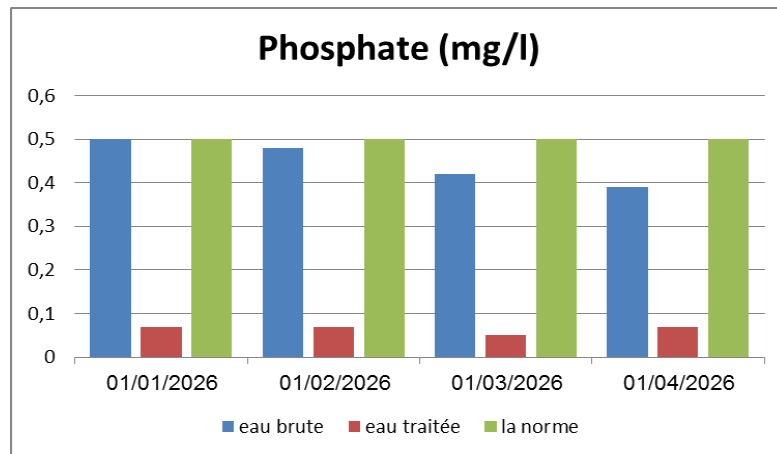


Figure 38 : les variations de phosphate des eaux

D'après les résultats obtenus dans la figure 38 les concentrations en phosphates sont comprises entre 0.39 et 0.50 mg/l pour l'eau brute et entre 0.05 et 0.07 mg/l pour l'eau traitée dans les normes de potabilité Algérienne (**Annexe**).

IV-1-2-3-4- Matière organique :

Les résultats d'analyses effectués et représentés sur la **figure 39**, montrent les variations de la matière organique des eaux brutes et traitées au niveau de la station Hammam Boughrara :

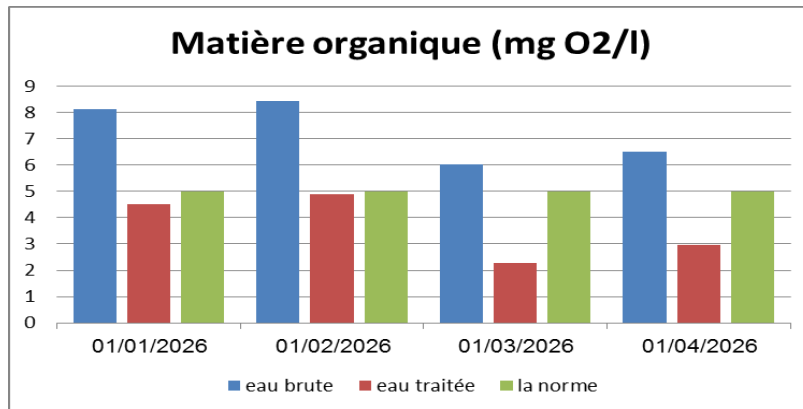


Figure 39 : les variations des MO des eaux

Selon les résultats obtenus :

Concernant l'eau brute de la période d'étude, nous constatons que la quantité de matières organiques excède la norme de 5 mg O₂/l, une concentration élevée de matière organique dans l'eau peut être attribuée à la décomposition des résidus végétaux et animaux présents dans le milieu aquatique, ainsi qu'aux apports d'origine anthropique tels que les rejets d'eaux usées domestiques insuffisamment traitées. Ces composés organiques dissous contribuent à l'augmentation de la charge organique de l'eau et peuvent altérer sa qualité en favorisant le développement microbien et la consommation de l'oxygène dissous (**Sillanpää et al., 2018**).

Concernant l'eau traitée durant la période d'étude, la concentration en matière organique est acceptable et se situe en dessous de la norme. Cette baisse est attribuée à l'élimination et à la décomposition de la matière organique par les divers procédés de traitement au sein de la station.

IV-1-2- Les résultats des analyses microbiologiques

Le tableau suivant représente les résultats des paramètres microbiologiques de l'eau brute et l'eau traitée durant Janvier jusqu'à Avril

Tableaux 2 : Résultats des analyses microbiologiques

Type d'eau	Eau brute				Eau traitée			
Paramètres								
Date	01-01-2026	01-02-2026	01-03-2026	01-04-2026	01-01-2026	01-02-2026	01-03-2026	01-04-2026
Coliformes totaux	11*10 ²	1.5*10 ²	4.6*10 ²	75	8.8	00	00	00
<i>E. coli</i>	00	20	2.1*10 ²	00	Absence	Absence	Absence	Absence
<i>Streptocoques fécaux</i>	04	00	00	00	Absence	Absence	Absence	Absence
Clostridium sulfitoréducteurs	01	Envahiss ante	02	02	Absence	Absence	Absence	Absence
Germes totaux 37°C	80	83	61	30	15	12	05	00
Germes totaux 22°C	23	21	12	22	01	04	02	03

IV-1-2-1- Les germes totaux :

Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sous certaines conditions, ils peuvent générer des problèmes. Ce sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique (Reggam, 2015).

D'après les résultats obtenus dans la station, on a constaté que :

- Le taux des germes totaux à 37°C est élevé pour l'eau de barrage avant le traitement, Cependant ces valeurs dépassent la norme Algérienne des eaux (**Annexe**). Pour l'eau de barrage traité nous avons noté un faible taux des germes totaux.
- Le taux des germes totaux à 22°C pour l'eau brute et traitée ne dépassent pas la norme Algérienne.

IV-1-2-2- Les coliformes :

Les coliformes totaux sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (**John et Donald, 2010**).

On observe que les échantillons de l'eau brute de barrage Hammam Bouhrara présentaient des résultats positifs en coliforme qui est de l'origine de matière fécale. Pour l'eau de barrage traitée on a remarqué une absence totale des coliformes totaux, cela répond aux normes Algérienne (**Annexe**).

IV-1-2-3- Les streptocoques :

Ces germes sont considérés comme un bon indicateur de pollution, aussi utilisés comme indicateurs d'efficacité de traitement, car ils sont nettement plus résistants que les coliformes et autres entérobactéries pathogènes (**Leyral et al., 2002**).

- L'analyse des prélèvements de l'eau brute de barrage présentaient des résultats positifs en Streptocoques fécaux.
- Le résultat obtenu pour l'eau de barrage traitée montre une absence totale des streptocoques fécaux dans le respect des normes Algérienne (**Annexe**).

IV-1-2-4- Les clostridium sulfito-réducteurs :

Sont des bactéries d'origine fécale, si elles se trouvent normalement dans les matières fécales, elles peuvent également vivre et se multiplier dans les milieux naturels (**Amirat et Neciri, 2017**).

- L'analyse des prélèvements de l'eau brute de barrage présentaient des résultats positifs en Clostridium sulfito-réducteurs.
- Le résultat obtenu pour l'eau de barrage traitée montre une absence totale des Clostridium sulfito-réducteurs et répand aux normes Algérienne (**Annexe**).

Conclusion

Conclusion générale

L'eau représente une ressource indispensable à la vie et à la santé publique. Cependant, les eaux de surface sont continuellement exposées à différentes sources de pollution d'origine naturelle et anthropique, ce qui nécessite un contrôle permanent de leur qualité ainsi qu'un traitement adéquat avant leur consommation.

Le présent travail, réalisé au niveau de la station de traitement des eaux du barrage de Hammam Boughrara, avait pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau avant et après traitement durant la période allant de janvier à avril 2026.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que l'eau brute présentait certaines anomalies liées principalement à la turbidité, à la matière organique, à l'ammonium et aux nitrites, traduisant une charge polluante importante. Toutefois, les procédés de traitement appliqués au niveau de la station ont permis une diminution significative de ces paramètres, aboutissant à une eau traitée conforme aux normes algériennes de potabilité.

Sur le plan microbiologique, l'eau brute contenait plusieurs germes indicateurs de contamination fécale tels que les coliformes totaux, les streptocoques fécaux et les clostridiums sulfito-réducteurs. Après traitement, l'absence de ces micro-organismes dans l'eau traitée confirme l'efficacité des différentes étapes de désinfection et de filtration mises en œuvre au sein de la station.

Cette étude démontre l'importance des analyses physico-chimiques et microbiologiques dans le suivi de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Elle souligne également le rôle fondamental de la station de traitement de Hammam Boughrara dans la protection de la santé publique par la production d'une eau potable de bonne qualité.

Enfin, il serait souhaitable de poursuivre les contrôles réguliers de la qualité de l'eau tout au long de l'année et d'étendre les analyses à d'autres paramètres afin d'assurer une surveillance plus complète et durable des ressources hydriques.

Références

bibliograPHiques

Abboudi, A., Tabyaoui, H., & El Hamichi, F. (2014). Étude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou. *European Scientific Journal*, 10(23).

Ahouidi, H., Gnandi, K., Tanouayi, G., & Ouro-Sama, K. (2015). Caractérisation physicochimique et état de pollution par les éléments traces métalliques des eaux souterraines de Lomé (Sud Togo) : cas du quartier Agoè Zongo. *Larhyss Journal*, 12(4), 41-56.

Ashton, P., & Seetal, A. (2002). Challenge of water resource management in Africa. *Rebirth of Science in Africa*, 133-148.

Atteia, O. (2005). Chimie et pollution des eaux souterraines. Paris : Lavoisier.

Amirat, A., Neciri, S. (2017). Etude de la qualité bactériologique de l'eau ; eau de citerne vendue dans la ville d' ; Ouargla. Mémoire de Master de ; Université Kasdi Merbah, Ouargla

Benamar, A. (2020). étude de la qualité des eaux de la rivière oum er rbia: approche analytique et chimiométrique, et traitement des effluents par voie physicochimique et biologique

Batli, A. (2023). Analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de barrage d'Ain Zada (Doctoral dissertation, Faculté des sciences et de la technologie, Univ BBA).

Beaulieu, P., & Fisset, B. (2009). Eau du robinet : une exigence de qualité. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 44(6), 294-301.

Belghiti, M. L., Chahlaoui, A., Bengoumi, D., & Moustaine, E. (2013). Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la PPE plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). *Larhyss Journal*, 10(3), 21-36.

Boubou, N. (2015). Eau, environnement et énergies renouvelables : vers une gestion intégrée de l'eau en Algérie (Thèse de doctorat).

Chartier, M. (1974). Les types de pollutions de l'eau. *Norois*, 82(1), 183-193.

Cherif. (2007). Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Technique et documentation, p. 1039.

Djihad, H., & Malika, H. (2017). Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana, Wilaya d'Aïn Defla, p. 5-8.

François Bouraud. (2011). Alumina contre aluminium et maladie d'Alzheimer. *La Revue d'Homéopathie*, 2(1), 12-16.

Gaujous, D. (1995). La pollution des milieux aquatiques (2e éd.). Paris : Lavoisier, 220 p.

Gueroui, Y. (2015). Caractérisation Hydrochimique et Bactériologique des Eaux Souterraines de L'aquifère Superficiel de la Plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien). Thèse de Doctorat 3ème cycle, Université 8 mai 1945, Guelma, 162p.

- Gerard, G. (1999).** L'eau : milieu naturel et maîtrise (Vol. 1). Édition INRA.
- Henri, L. (2012).** L'eau potable (Édition réimprimée, 190 p.).
- John, P., & Donald, A. (2010).** Microbiologie (3e éd., 1216 p.).
- Kadri, D., & Boudersa, K. (2018).** Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux dans un établissement de santé (Hôpital d'Ali Mendjeli) (Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine).
- Kattab, A. (2001).** Les ressources en eau dans l'Algérie : enjeux et vision. École Nationale Polytechnique d'Algérie.
- Kheliel, O., Ouakouak, A.E.K., Youcef, L., & Achour, S. (2015).** Dénitrification des eaux souterraines par adsorption sur charbon actif et par coagulation-floculation au sulfate d'aluminium. Larhyss Journal, 21, 181-190.
- Kemmer, N. (1984).** Le manuel de l'eau. Paris : Tec & Doc Lavoisier, 55 p.
- Kumar, M., & Puri, A. (2012).** A review of permissible limits of drinking water. Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine, 16, 40-44.
- Leyral, G., Ronnefoy, C., & Guillet, F. (2002).** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaires. Paris, 245 p.
- Lounnas A, (2008).** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda, Algérie. Mémoire de magister. Université. 20 Août 1955 Skikda. 120p.
- Merouani M, Bouguedah AB, (2013).** Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité alla pollution des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla. Mémoire de Master. Université Kasdi Marbah Ouargla. P59
- McCabe, K.M., Smith, E.M., Lang, S.Q., (2021).** Particulate and Dissolved Organic Matter in Stormwater Runoff Influences Oxygen Demand in Urbanized Headwater Catchments. Environmental Science & Technology, 55(2), 952–961
- Maïga Fatoumata Sokona. (2002).** Manuel du cours d'hygiène du milieu. F.M.P.O.S.
- Makhoukh, M., Sbaa, M., & Berrahou, A. (2010).** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). Revue Larhyss, 8(2), 149-169.
- Manuel fiche technique de la station de traitement des eaux du barrage Hammam Boughrara de la ville de Maghnia. (2006).** Date de mise en exploitation : 11 octobre 1998.
- Mehanned, S., Zaid, A., & Chahlaoui, A. (2014).** Étude bactériologique comparative du lac réservoir du barrage Sidi Chahed et ses effluents : Mekkes et Mellah. Larhyss Journal, 11(2), 143-153.
- Montiel, A. (2004).** Contrôle de la pollution. Paris : Technique de l'ingénieur, PC 4195.

Montiel, A., Bausset, P., & Daghet, J.-P. (2001). Test rapide pour connaître le risque de migration du plomb de canalisation dans l'eau. ED. TSN, 35 p.

Observatoire régional de l'environnement Poitou-Charentes. (2015). L'environnement en Poitou-Charentes : thème, l'eau. Futuroscope-Chasseneuil.

Paquin, J. L., Blok, J. C., Haudidier, K., Hartemann, P., Colin, F., Miazga, J., & Levi, Y. (2002). Effet du chlore sur la colonisation bactérienne d'un réseau expérimental de distribution d'eau. *Revue des Sciences de l'Eau*, 5(3), 399-414.

Picard, C., Larbot, A., Sarrazin, J., Janknecht, P., & Wilderer, P. (2001). Membranes céramiques pour l'ozonation dans le traitement des eaux usées. *Annales de Chimie Science des Matériaux*, 26(2), 13-22.

Postel, S. L., Daily, G. C., & Ehrlich, P. R. (1996). Human appropriation of renewable fresh water. *Science*, 271, 785-788.

Rodier, J. (1984). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer (7e éd.). Paris : Dunod, 1365 p.

Rodier, J. (2009). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer (9e éd.). Paris : Dunod, 1600 p.

Rouabhia, A. E. K., & Djabri, L. (2010). L'irrigation et le risque de pollution saline : exemple des eaux souterraines de l'aquifère miocène de la plaine d'El Ma El Abiod. *Larhyss Journal*, 8(1), 55-67.

Reggam, A. (2015). Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux d'Oued Seybouse. Thèse de Doctorat, Université 8 mai 1945, Algérie, 131p.

Sakae Yumoto, Shigeo Kakimi, Akihino Ohsaki, & Akira Ishikawa. (2009). Demonstration of aluminum in amyloid fibers in the cores of senile plaques in the brains of patients with Alzheimer's disease. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 103, 1579-1584.

Sillanpää, M., Ncibi, M.C., & Matilainen, A. (2018). Advanced oxidation processes for the removal of natural organic matter from drinking water sources: A comprehensive review. *Journal of Environmental Management*, 208, 56–76.

Sari, H. (2014). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines dans la plaine du Harouz (Mémoire de licence, Université Cadi Ayyad, Marrakech, 82 p.).

UNESCO, (2015). The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. UNESCO World Water Assessment Programme.

Annexes

➤ Normes des paramètres physico-chimiques (Normes Algérienne)

Tableaux 3 : les paramètres avec les valeurs indicatives

Paramètres (Unité)	Norme Algérienne
T (°C)	25
pH	6.5-8.5
Turb (NTU)	5
COND (µS/cm)	2800
NO3 (Mg/l)	50
NO2 (Mg/l)	0.2
NH4 (Mg/l)	0.5
PO4 (Mg/l)	0.5

➤ Normes des paramètres bactériologiques (Normes Algérienne)

Tableaux 4 : les paramètres bactériologiques avec les valeurs indicatives

Paramètres (Unité)	Norme Algérienne
Coliforme totaux/ 100ml	200
Coliforme fécaux/100ml	00
E. coli/ 100ml	00

Streptocoques fécaux	00
Clostridium/ 100ml	00
Les germes à 22°C	100
Les germes à 37°C	10

➤ **Eau brute :**

Tableaux 5 : Nombre le plus probable est intervalle de confiance dans le cas du système d'ensemencement

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			N.P.P dans 100 ml	Limite de confiance à 95%	
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 0,1 ml	3 tubes de 0,01 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	3	<0,5	9
0	1	0	3	<0,5	13
1	0	0	4	<0,5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149

3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800

➤ **Eau traitée :**

Tableaux 6 : Nombre le plus probable est intervalle de confiance dans le cas du système d'ensemencement

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			N.P.P dans 100 ml	Limite de confiance à 95%	
5 tubes de 10 ml	1 tube de 0,1 ml	1tube de 0,01 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	0	2	0	5,9
0	1	0	2	0,050	13
1	0	0	2,2	0,050	13
1	1	0	4,4	0,52	14
2	0	0	5	0,54	19
2	1	0	7,6	1,5	19
3	0	0	8,8	1,6	29

3	1	0	12	3,1	30
4	0	0	15	3,3	46
4	0	1	20	5,9	48
4	1	0	21	6,0	53
5	0	0	38	6,4	330
5	0	1	96	12	370
5	1	0	240	12	3700

➤ La composition des milieux de culture :

Tableaux 7 : La composition du milieu TGEA

Extrait de Levure	3 g
Peptone	5 g
Gélose	15 g

Tableaux 8 : la composition du BCPL

Peptone	5 g
Extrait de viande de bœuf	3 g
Lactose	10 g
Pourpre de bromocrésol	25 mg
Agar	15 g

Tableaux 9 : La composition du milieu Schubert

Peptone	10 g
Tryptone	10 g
Mannitol	7,5 g
Sodium Chloride	2 g
Magnesium Sulfate	0,7 g
Sodium Citrate	0,5 g
Ammonium Sulfate	0,4 g
Tryptophan	0,2 g
GlutamicAcid	0,2 g

Tableaux 10 : La composition du milieu Rothe

Polypeptone	20 g
Glucose	5 g
Sodium chlorure	5 g

Phosphate monopotassique	2,7 g
Phosphate dipotassique	2,7 g
Azide de sodium	0,2 g

Tableaux 11:La composition du milieu d'Evalitsky

Peptone	20 g
glucose	5 g
azide	0,2 g
éthyl-violet	0,5 g
NaCl	5 g
Hydrogénophosphate de potassium	2,7 g
Dihydrogénophosphate de potassium	2,7 g

Tableaux 12 : La composition du milieu Viande foie

Peptone	10 g
Extrait de viande	10 g
Extrait de foie	25 g
Sodium chlorure	5 mg
Glucose	2g

➤ Matériels utilisés en bactériologie :



Figure 40 : Four pasteur



Figure 41 : Incubateur biologique



Figure 42 : Autoclave

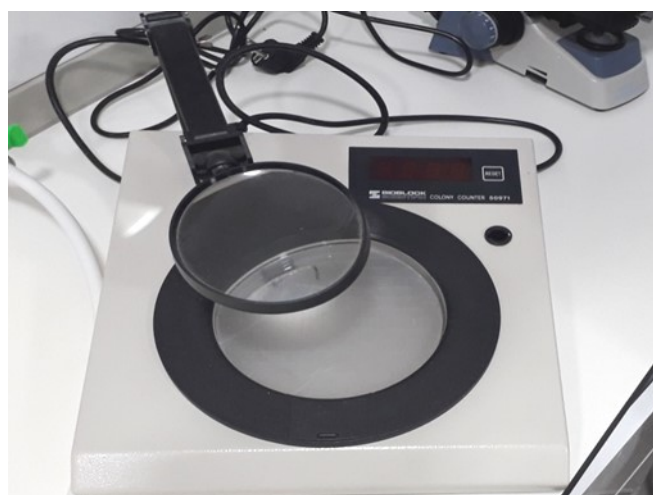


Figure 43 : Compteur de colonies



Figure 44 : Bain-marie

Résumé

Cette étude a porté sur l'analyse physico-chimique et microbiologique des eaux du barrage de Hammam Boughrara avant et après traitement au niveau de la station de traitement des eaux. L'objectif principal était d'évaluer la qualité de l'eau brute ainsi que l'efficacité des différents procédés de traitement appliqués durant la période allant de janvier à avril 2026.

Les analyses physico-chimiques ont concerné plusieurs paramètres tels que le pH, la température, la conductivité, la turbidité, l'oxygène dissous, les nitrates, les nitrites, l'ammonium, les phosphates et la matière organique. Les résultats obtenus montrent que l'eau brute présentait des variations importantes de certains paramètres, notamment la turbidité, l'ammonium et la matière organique, témoignant d'une charge polluante relativement élevée. Après traitement, une amélioration remarquable de la qualité de l'eau a été observée, avec des valeurs conformes aux normes algériennes de potabilité.

Les analyses microbiologiques ont révélé la présence de germes indicateurs de contamination dans l'eau brute, notamment les coliformes totaux, les streptocoques fécaux, les clostridiiums sulfite-réducteurs ainsi qu'un nombre élevé de germes totaux. En revanche, les résultats de l'eau traitée ont montré une absence totale des bactéries indicatrices de pollution fécale, ce qui confirme l'efficacité des différentes étapes de traitement appliquées au sein de la station.

Cette étude met ainsi en évidence le rôle essentiel de la station de traitement de Hammam Boughrara dans l'amélioration de la qualité des eaux de barrage et dans la production d'une eau potable répondant aux exigences sanitaires.

Mots clés : Eau de barrage, analyse physico-chimique, analyse microbiologique.

Abstract

This study focused on the physicochemical and microbiological analysis of water from the Hammam Boughrara Dam before and after treatment at the water treatment plant. The main objective was to assess the quality of the raw water as well as the effectiveness of the various treatment processes applied during the period from January to April 2026.

The physicochemical analyses covered several parameters, including pH, temperature, conductivity, turbidity, dissolved oxygen, nitrates, nitrites, ammonium, phosphates, and organic matter. The results show that the raw water exhibited significant variations in certain parameters, particularly turbidity, ammonium, and organic matter, indicating a relatively high pollutant load. After treatment, a remarkable improvement in water quality was observed, with values compliant with Algerian drinking water standards.

Microbiological analyses revealed the presence of indicator organisms of contamination in the raw water, notably total coliforms, fecal streptococci, sulfite-reducing clostridia, as well as a high total bacterial count. In contrast, the results for the treated water showed a complete absence of bacteria indicative of fecal contamination, confirming the effectiveness of the various treatment stages applied at the plant.

This study thus highlights the essential role of the Hammam Boughrara treatment plant in improving the quality of reservoir water and in producing drinking water that meets health standards.

Keywords: Dam water, physicochemical analysis, microbiological analysis

المخلص

ركزت هذه الدراسة على التحليل الفيزيوكيميائي والميكروبيولوجي لمياه سد حمام بوغرة قبل وبعد المعالجة في محطة معالجة المياه. وكان الهدف الرئيسي هو تقييم جودة المياه الخام وكذلك فعالية مختلف عمليات المعالجة المطبقة خلال الفترة الممتدة من يناير إلى أبريل 2026.

شملت التحليلات الفيزيائية والكيميائية عدة معايير مثل درجة الحموضة ودرجة الحرارة والناقلية الكهربائية والتعكر والأوكسجين المذاب، النترات، النتريت، الأمونيوم، الفوسفات، المواد العضوية. تُظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن المياه الخام أظهرت تباينات كبيرة في بعض المعلمات، ولا سيما التعكر والأمونيوم والمواد العضوية، مما يدل على وجود حمل تلوثي مرتفع نسبياً. وبعد المعالجة، لوحظ تحسن ملحوظ في جودة المياه، حيث أصبحت القيم متوافقة مع المعايير الجزائرية لصلاحية الشرب.

وكشفت التحاليل الميكروبيولوجية عن وجود جراثيم تدل على التلوث في المياه الخام، ولا سيما البكتيريا الكوليفورمية الكلية، والمكورات العقدية البرازية، والبكتيريا الكلوسترديوم المختزلة للكبريتات، فضلاً عن عدد مرتفع من الجراثيم الكلية. في المقابل، أظهرت نتائج المياه المعالجة غياباً تاماً للبكتيريا الدالة على التلوث البرازي، مما يؤكد فعالية المراحل المختلفة للمعالجة المطبقة داخل المحطة.

وبذلك تسلط هذه الدراسة الضوء على الدور الأساسي لمحطة معالجة حمام بوغرة في تحسين جودة مياه السد وإنتاج مياه صالحة للشرب تستوفي المتطلبات الصحية.

الكلمات المفتاحية: مياه السد، التحليل الفيزيائي الكيميائي، التحليل الميكروبيولوجي.