

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة البليدة 1

Université Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Filière : Hydrobiologie marine et Continentale

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master 2 en :

Ecosystèmes aquatiques

Thème

**Investigation sur la qualité des eaux usées de la STEP de
Baraki avant et après traitement**

Soutenu par :

Benaziez Djihane

et

Nessal Dallal

Devant le Jury :

OURIACHE H.

MCB

U.S.D. Blida1

Présidente

BOULHAIA I.

MCA

U.S.D. Blida1

Examinatrice

BELMESKINE H.

Professeur

U.S.D. Blida1

Promotrice

Le 29 /06 /2025

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, nous rendons grâce à Dieu, Le Tout-Puissant, pour la force, la patience et la lumière qu'Il nous a accordées.

*Nous adressons nos plus sincères remerciements au Professeure **Hayat Belmeskine**, pour son accompagnement précieux, ses conseils avisés et son professionnalisme. Sa rigueur et son soutien constant ont grandement contribué à la réussite de ce travail.*

*Nous tenons à remercier profondément docteur **Ouriache Hadjer** et docteur **Boulhaia Imène** pour avoir consacré de leur temps précieux afin d'examiner et d'évaluer notre travail.*

*Nous exprimons également notre profonde gratitude à l'Ingénieur **Merabet Nabil**, pour son soutien continu et ses conseils précieux durant notre stage pratique. Son aide a été déterminante dans notre expérience sur le terrain.*

Nous remercions nos familles et nos amis chers pour leur amour, leur patience et leur soutien constant, en particulier dans les moments les plus difficiles.

Nos remerciements vont à la société SEAAL pour son accueil chaleureux et sa collaboration précieuse. Un grand merci à toute l'équipe, sur le terrain comme en laboratoire, pour leur professionnalisme et leur soutien.

Dédicace

Avant tout, je rends grâce à Allah, source de ma lumière, pilier dans mes épreuves et témoin silencieux de mes prières.

Je rends grâce aussi à celle que je suis devenue, âme ambitieuse, ardente rêveuse capable de se soustraire à un destin et de le façonner à la seule force de son vouloir et ferveur de son cœur.

Mama :

À toi, ma mère chérie, femme de sacrifices et de tendres attentions.

Papa :

À l'âme de mon père, qui m'a légué un rêve que j'exerce à présent avec ferveur et fierté pour Lui,

Mes frères et sœurs :

À mes frères et sœurs, compagnons de chaque combat, de chaque victoire «Abdenour, Sifedinne, Siham, Soundous »

À ma sœur aînée, pour qui j'exprime reconnaissance, mère au cœur et à l'âme tendres, main tendue au creux de la nuit (siham)

Mes amies :

À mes amies de cœur, sœurs de cœur au lycée, compagnes de rires, de larmes et d'espoir (Dounia, Aya, Maria, Ibtissam)

Djihane et Rabab, vous êtes des trésors offerts par la vie à l'université.

Merci pour chaque souvenir, pour chaque éclat de rire.

Djihane, merci d'avoir été ma moitié dans cette belle aventure du projet. À tous, ce succès vous appartient aussi, car chaque mot comme chaque pas est une empreinte de vous



*Écrit avec amour par
Nessal Dallal*

Résumé

Notre recherche vise à étudier la qualité de l'eau dans la station d'épuration de Baraki (wilaya d'Alger) et cherche à évaluer l'efficacité du traitement par une comparaison analytique des données physiques, chimiques et microbiologiques avant et après le traitement. A cet effet, des échantillons d'eau ont été prélevés à différents stades sur une période de cinq mois (de janvier à mai 2025) en vue d'être analysés. En effet, nous nous sommes appuyés sur une série d'analyses de laboratoire précises pour mesurer des indicateurs tels que le pH, la turbidité, l'oxygène dissous et l'azote, en plus des dénombrements bactériens afin de vérifier le degré de leur respect des normes locales (JORDAP) et de l'Organisation mondiale de la santé OMS. Les analyses physico-chimiques de l'eau usée provenant de la STEP de Baraki, ont démontré la grande efficacité du procédé de traitement. Le pH est resté stable traduisant un bon équilibre acido-basique répondant aux valeurs réglementaires. La conductivité électrique, proportionnelle aux sels dissous, a été réduite après traitement. Les valeurs de DCO et DBO₅ se sont beaucoup abaissées, mettant à nu l'élimination des matières organiques, bien que certains n'aient pas respecté la limite autorisée. Le niveau de MES a diminué suffisamment pour être conforme aux normes. Quant aux composés azotés, une nette amélioration a été observée pour les nitrates, l'azote total et l'ammoniaque. L'élimination du phosphore total étant globalement satisfaisante, des valeurs ont néanmoins dépassé quelquefois celles recommandées par l'ONA. Sur le plan microbiologique, de fortes diminutions dans les concentrations d'E. coli, de coliformes totaux, et d'entérocoques ont été constatées, bien qu'après traitement, ces valeurs restent élevées et dénotent une désinfection à demi efficace. En conclusion, la STEP de Baraki montre des performances plus ou moins bonnes, mais nécessite un traitement tertiaire afin d'atteindre de meilleures performances globales adéquates.

Mot clés : Qualité de l'eau station d'épuration de Baraki, Analyse physico-chimique et microbiologique, Eaux usées

Abstract

Our research aims to assess the water quality at the Baraki wastewater treatment plant (Algiers province) by evaluating the treatment efficiency through an analytical comparison of physical, chemical, and microbiological parameters before and after treatment. To this end, water samples were collected at various treatment stages over a five-month period (from January to May 2025) for laboratory analysis. We relied on a series of precise laboratory tests to measure indicators such as pH, turbidity, dissolved oxygen, and nitrogen levels, in addition to bacterial counts, to determine compliance with local standards (JORDAP) and those of the World Health Organization (WHO).

The physico-chemical analyses of the wastewater from the Baraki treatment plant demonstrated a high effectiveness of the treatment process. The pH remained stable, indicating a good acid-base balance in line with regulatory values. Electrical conductivity, which is proportional to dissolved salts, decreased after treatment. Both chemical oxygen demand (COD) and five-day biochemical oxygen demand (BOD₅) dropped significantly, reflecting the removal of organic matter, although some values still exceeded the authorized limits. The concentration of total suspended solids (TSS) decreased to levels compliant with standards. Regarding nitrogen compounds, there was a clear improvement in nitrate, total nitrogen, and ammonia levels. The removal of total phosphorus was generally satisfactory, although some values occasionally exceeded the thresholds recommended by the National Sanitation Office (ONA).

From a microbiological standpoint, significant reductions in *E. coli*, total coliforms, and enterococci concentrations were observed. However, post-treatment values remained relatively high, indicating that disinfection was only partially effective.

In conclusion, the Baraki wastewater treatment plant shows moderate to good performance, but a tertiary treatment stage is needed to achieve better and more reliable overall results.

Keywords: Water quality, Baraki wastewater treatment plant, Physico-chemical and microbiological analysis, Wastewater.

الملخص

تهدف دراستنا إلى تقييم جودة المياه في محطة التصفية ببراقى (ولاية الجزائر)، من خلال تحليل فعالية المعالجة عبر مقارنة تحليلية للمعطيات الفيزيائية، الكيميائية والميكروبيولوجية قبل وبعد المعالجة. ولهذا الغرض، تم أخذ عينات من المياه في مراحل مختلفة من المعالجة، على مدى فترة خمسة أشهر (من جانفي إلى ماي 2025)، بغرض إخضاعها لتحاليل ، العكارة، (pH) مخبرية دقيقة. وقد اعتمدنا في ذلك على مجموعة من التحاليل التي شملت مؤشرات مثل درجة الحموضة ، الأوكسجين المذاب، والنيتروجين، بالإضافة إلى التعدادات البكتيرية، وذلك من أجل التحقق من مدى مطابقة النتائج للمعايير (OMS) ومعايير منظمة الصحة العالمية (JORDAP) المحلية.

أظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الواردة إلى محطة براقى فعالية عالية لعملية المعالجة. فقد بقيت درجة مستقرة، مما يدل على توازن حمضي-قاعدي جيد مطابق للقيم التنظيمية. كما تم تسجيل انخفاض في (pH) الحموضة التوصيل الكهربائي، والذي يعكس تناقص نسبة الأملاح الذائبة. وانخفضت كذلك قيم الطلب الكيميائي على الأوكسجين بشكل ملحوظ، ما يشير إلى إزالة فعالة للمواد (DBO₅) والطلب البيولوجي على الأوكسجين لمدة خمسة أيام (DCO) فقد انخفضت إلى مستويات (MES) العضوية، رغم تجاوز بعض القيم للحدود المسموح بها. أما المواد العالقة الكلية مطابقة للمعايير. وبالنسبة للمركبات النيتروجينية، فقد لوحظ تحسن كبير في نسب النترات، والنيتروجين الكلي، والأمونيا. كما أن إزالة الفوسفور الكلي كانت عموماً مرضية، إلا أن بعض القيم تجاوزت الحدود الموصى بها من طرف الديوان (ONA) الوطني للتطهير.

، والقولونيات الكلية، (E. coli) من الناحية الميكروبيولوجية، تم تسجيل انخفاضات كبيرة في تركيز الإشريكية القولونية ، والمكورات المعوية، إلا أن القيم المتبقية بعد المعالجة ما تزال مرتفعة نسبياً، ما يدل على أن عملية التطهير لم تكن فعالة بشكل كافٍ.

وبشكل عام، تُظهر محطة التصفية ببراقى أداءً مقبولاً إلى حد ما، لكنها بحاجة إلى معالجة ثالثة إضافية من أجل تحقيق نتائج أفضل وأكثر تطابقاً مع المعايير الصحية والبيئية. الكلمات المفتاحية: جودة المياه، محطة تصفية براقى، تحليل فيزيائي كيميائي وميكروبيولوجي، المياه المستعملة

Liste des abréviations

BEA : Bile Esculine Azide

CCA : Chromogènes Coliforme Agar

CE : Conductivité électrique ($\mu\text{m}/\text{cm}$)

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

EB : Eau Brute

EC : Eau Clarifiée

EE : Eau Epurée

EF : Eau Filtrée

JORADP : Journal Officielle de la République Algérienne Démocratique et Populaire

MES : Matières en suspension

MM : matières minérales

MVS : Matières Volatiles en Suspension.

NO2 : Nitrite.

NO3 : Nitrate.

NT : Azote total

pH : Potentiel Hydrogène

PR1 : Poste de relevage 1

PR2 : Poste de relevage 2

PT : phosphore totale

SEAAL : la Société des Eaux et d'Assainissement d'Algérie.

SL : Slanetz & Bartley

STEP : Station des Traitement des Eaux Polluées.

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la STEP de Baraki (Alger, Algérie)	12
Figure 2 : Schéma simplifié du processus de Traitement des eaux usées	13
Figure 3 : Poste de relevage PR1 (El Harrach) et PR2 (Baba Ali).....	14
Figure 4 : Dégrilleur (photo prise sur le terrain, mars 2025)	15
Figure 5 : Classificateur à sables (photo originale)	15
Figure 6 : Dessableurs / Déshuileur (photo originale).....	16
Figure 7 : Décanteur primaire (photo originale).....	16
Figure 8 : Bassin biologique ou d'aération (photo Originale)	17
Figure 9 : Clarificateur (photo originale).....	18
Figure 10 : Filtre à sable (photo originale).....	19
Figure 11 : Désinfection physique par UV (photo Original)	20
Figure 12 : Schéma de la méthode de filtration sur membrane pour la recherche <i>de coliformes totaux, Escherichia coli et entérocoques</i> intestinaux.....	30
Figure 13 : Identification des colonies bactériennes sur différents milieux de culture.....	30
Figure 14 : Evolution du potentiel d'Hydrogène avant et après traitement	31
Figure 15 : Evolution du Conductivité Electrique avant et après traitement.....	32
Figure 16 : Variations des valeurs de la DCO.....	33
Figure 17 : Variations des valeurs de la DBO5	34
Figure 18 : Variations des valeurs des MES	36
Figure 19 : Variations des valeurs du Nitrates (NO ₃ -).....	37
Figure 20 : Variations des valeurs de l'Azote ammoniacale	39
Figure 21 : Variations des valeurs de l'Azote Totale	40
Figure 22 : Variations des valeurs de phosphore Totale	41
Figure 23 : Mise en évidence des colonies <i>d'Escherichia coli</i> sur milieu chromogène (CCA). 43	43
Figure 24 : Les colonies <i>d'entérocoques</i> intestinaux après la confirmation sur le milieu SL ...	43
Figure 25 : Les colonies <i>coliformes totaux</i> après la confirmation sur le milieu BEA	44
Figure 26 : Evaluation de la concentration bactérienne dans les eaux usées traitées	44
Figure 27 : Suivi temporel des indicateurs microbiologiques dans les eaux usées entre 2022 et 2025	45

Liste des tableaux

Tableau I : Les normes des eaux usées rejetées selon L'OMS (1971).....	09
Tableau II : Les valeurs limites des paramètres de Rejets dans un milieu récepteur.....	10
Tableau III : Valeurs limites maximales de la teneur en Substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration	10
Tableau IV : Les intervalles de mesure de la DBO5.....	24

Table des matières

Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction.....	1
Chapitre 1 : revue bibliographique	
I.1. Généralités sur les eaux usées	3
I.1.1. Eaux usées domestiques	3
I.1.2. Eaux usées industrielles.....	3
I.1.3. Eaux pluviales contaminées	3
I.1.4. Eaux usées agricoles.....	3
I.2. Épuration des eaux usées	3
I.2.1. Définition et objectifs	3
I.2.2. Paramètres physico-chimiques et bactériologiques de qualité des eaux usées.....	4
I.2.2.1. Paramètres physiques	4
I.2.2.3. Paramètres biologiques.....	8
I.3. Les normes de rejet des eaux usées	9
I.3.1. Les normes internationales de rejet	9
I.3.2. Les normes Algériennes de rejet	10
I.4. Localisation de la zone d'étude : Station d'épuration de Baraki	11
I.4.1. Présentation de la Zone de Baraki	12
I.4.2. Les différentes étapes de traitement des eaux usées.....	13
I.4.2.1. Prétraitement.....	13
I.4.2.2. Traitement primaire.....	16
I.4.2.3. Traitement secondaire (épuration biologique).....	16
I.4.2.4. Traitement tertiaire	18
Chapitre 2 : Matériels et méthodes.	
II.1. L'échantillonnage	21
II.1.1. Echantillonnage automatique	21

II.1.2. Echantillonnage manuel.....	21
II.2. Les analyses physicochimiques	21
II.2.1. Le potentiel d'Hydrogène	21
II.2.2. La Conductivité Electrique (CE).....	22
II.2.3. La demande chimique en oxygène (DCO).....	22
II.2.4. La demande biochimique en oxygène (DBO5).....	23
II.2.5. Les matières en suspension (MES).....	24
II.2.6. Nitrates (NO ₃ -).....	25
II.2.7. Phosphore Totale (PT)	26
II.2.8. Azote ammoniacale.....	27
II.2.9. Azote totale	28
II.3. Les analyses bactériologiques.....	28
II.3.1. Préparation des dilutions.....	28
II.3.2. recherche et le dénombrement des coliformes totaux, de Escherichia coli.....	29
II.3.3. Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux	29

Chapitre3 : Résultat et discussion

III.1. Paramètres physicochimiques	31
III.1.1. Le potentiel d'Hydrogène.....	31
III.1.2. La Conductivité Electrique (CE)	32
III.1.3. La demande chimique en oxygène (DCO)	33
III.1.4. La demande biochimique en oxygène (DBO5)	34
III.1.5. Les matières en suspension (MES).....	35
III.1.6. Nitrates (NO ₃ -).....	37
III.1.7. Azote ammoniacale	38
III.1.8. Azote totale	40
III.1.9. Phosphore totale	41
III.2. Paramètres bactériologiques.....	42
1. Escherichia coli (E. coli).....	43
2. Entérocoques intestinaux	43

3. Coliformes totaux (Bactofil18h).....	44
4. Suivi temporel des indicateurs microbiologiques dans les eaux usées entre 2022 et 2025	45
Conclusion et perspective	47
Référence bibliographique	49
Annexe.....	52

INTRODUCTION

L'eau est une ressource naturelle inestimable, nécessaire à la vie, mais sa qualité est désormais menacée par les rejets domestiques, agricoles et industriels.

En Algérie, la question des eaux usées connaît un fort développement à la fois avec la forte croissance démographique mais également l'urbanisation trop rapide.

L'Algérie dispose de 137 stations d'épuration qui éliminent environ 16 millions de mètres cubes d'eau traitée. Cependant, ce volume reste insuffisant par rapport à la quantité totale générée car, malgré un taux de couverture de 85 % du réseau d'assainissement, seulement 20 % des eaux collectées sont réellement traitées. Malheureusement, le reste est directement déversé dans les milieux naturels (**Hartani, 2004 ; ONA, 2017**).

La station d'épuration des eaux usées de Baraki (STEP de Baraki) est une infrastructure stratégique au niveau de la wilaya d'Alger, entre autres, qui réceptionne les eaux usées des zones urbaines des alentours et qui les traite au moyen de procédés physiques, chimiques et biologiques en vue de réduire leur impact environnemental.

C'est en ce sens que notre étude s'inscrit dans ce cadre et vise à évaluer l'efficacité réelle du traitement effectué par la STEP de Baraki, à travers l'analyse de la qualité physico-chimique et biologique des eaux usées avant et après leur rejet dans le milieu naturel.

Le déroulement de notre étude s'articule sur la période entre le mois de janvier et mai, pendant laquelle des prélèvements d'échantillons seront effectués de manière régulière, ainsi que les analyses en laboratoire correspondantes des différents paramètres, tels que la DBO5, la DCO, les MES, le pH, les coliformes totaux, etc.

Il est à préciser, qu'au cours de la partie pratique de notre travail, nous avons pris en considération uniquement la filière eau, c'est-à-dire du circuit de traitement des eaux usées, de leur entrée à la station jusqu'à leur sortie suivant le rejet dans le milieu naturel, alors que la filière boues, qui cependant participe dans le fonctionnement global d'une STEP, n'a pas été soumise à étude.

Pour la réalisation de notre mémoire, nous avons adopté la structure suivante :

- **Le premier chapitre** expose un cadre théorique concernant les eaux usées, les stations d'épuration ainsi que leurs procédés de traitement dans la filière eau.

INTRODUCTION

- **Le deuxième chapitre** est consacré aux moyens et à la méthode mise en œuvre pour la réalisation de l'étude, notamment aux méthodes d'analyses physico-chimiques et microbiologiques.

- **Le dernier chapitre** présente les résultats obtenus en partant d'une présentation des résultats, leur interprétation et une discussion critique au regard de la réglementation et des objectifs de traitement.

Enfin, une conclusion pour résumer nos résultats et proposer quelques recommandations.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Généralités sur les eaux usées

Les eaux usées désignent l'ensemble des eaux provenant des activités domestiques, industrielles et agricoles, ainsi que des eaux pluviales chargées en polluants. Ces eaux, collectées par les réseaux d'assainissement, transportent diverses substances polluantes qui peuvent nuire à l'environnement et aux milieux récepteurs. Elles se classent en plusieurs catégories selon leur source d'émission.

I.1.1. Eaux usées domestiques

Elles proviennent suite à l'utilisation quotidienne de l'eau par les activités ménagères pour des besoins domestiques tels que la cuisine, le lavage et l'hygiène qui nécessitent beaucoup de détergents. En effet, ces eaux contiennent divers résidus organiques et chimiques (**Baumont et al., 2004**).

I.1.2. Eaux usées industrielles

Provenant des rejets des industries et des entreprises semi-industrielles (stations-service, ateliers de mécanique, usines, etc.), ces eaux sont caractérisées par une composition chimique variable et potentiellement polluante (**Khadraoui et Talab, 2008**).

I.1.3. Eaux pluviales contaminées

Lors des précipitations, l'eau de pluie ruisselle sur les surfaces imperméables (routes, toits, sols urbains) et entraîne avec elle des polluants tels que les hydrocarbures, les métaux lourds et les dépôts accumulés. Cette contamination est particulièrement marquée en début de pluie, lors du premier lessivage des surfaces (**Frank, 2002**).

I.1.4. Eaux usées agricoles

Issues des activités agricoles, ces eaux sont chargées en engrais riches en nitrates et phosphates. En raison de leur solubilité, ces substances ne sont pas toujours retenues par le sol, favorisant ainsi leur dispersion dans les nappes phréatiques et les cours d'eau (**Adour et al., 2019**).

I.2. Épuration des eaux usées

I.2.1. Définition et objectifs

L'épuration des eaux usées est l'ensemble des procédés permettant d'éliminer les substances indésirables de l'eau avant qu'elle ne soit rejetée dans le milieu naturel. Elle a pour

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

but de préserver la qualité des ressources en eau et de réduire l'impact potentiel des polluants sur l'environnement.

Les objectifs de l'épuration se résument dans les points suivants :

- Préservation de la santé publique : La destruction des virus, bactéries et parasites présents dans les eaux usées permet de lutter contre la dissémination des maladies hydriques comme le choléra ou la typhoïde. Dans les pays où le traitement des eaux usées est souvent déficient, les épidémies de diarrhée sont encore une cause essentielle de mortalité infantile.
- La protection de l'environnement : Les rejets d'eaux usées non traitées polluent les cours d'eau et mettent en péril la faune et la flore aquatiques. Par exemple, l'eutrophisation (prolifération d'algues nuisibles) causée par un excès de nutriments (azote et phosphore) se traduit par une désoxygénation de l'eau et entraîne la disparition de certaines espèces de poissons.
- Utilisation durable de l'eau : Si la nécessité de satisfaire une demande de plus en plus forte en eau, notamment dans les zones arides, est affichée, la réutilisation des eaux traitées constitue une réponse alternative essentielle, notamment pour l'irrigation des cultures agricoles diverses autorisées par la réglementation.
- Préservation de la qualité des eaux de nappes et cours d'eau,
- La recharge des nappes souterraines,
- L'utilisation comme eau de refroidissement industrielle.

I.2.2. Paramètres physico-chimiques et bactériologiques de qualité des eaux usées

I.2.2.1. Paramètres physiques

•Température

La température des eaux usées est fortement influencée par divers facteurs environnementaux, notamment la localisation géographique, la géologie des terrains traversés, l'hydrologie, et plus particulièrement les conditions climatiques. Il est primordial de mesurer avec précision la température de l'eau, car elle joue un rôle déterminant dans plusieurs processus physico-chimiques et microbiologiques. En effet, la température affecte la solubilité des sels et des gaz dissous, tels que l'oxygène et le dioxyde de carbone, influençant ainsi la conductivité électrique de l'eau. Elle impacte également la dissociation des sels dissous et le pH, des paramètres essentiels dans le traitement des eaux (**Rodier et al., 2005**).

• **Turbidité**

Le facteur de turbidité est une caractéristique du degré de trouble de l'eau provoqué par les particules suspendues. Elle s'exprime généralement en unités de turbidité néphélométriques (UNT). La turbidité peut provenir de différents types de matières, par exemple les particules minérales (argile, limons), les précipités chimiques (fer, manganèse), les matières organiques (débris végétaux) ou les micro-organismes (OMS, 2017).

• **Potentiel Hydrogène (pH)**

Le pH s'entend comme étant le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions hydrogène (H^+) contenue dans l'eau, soit :

$$pH = -\log[H^+]$$

Il ne sera donc pas un indicateur direct de l'hygiène de l'eau mais a un rôle essentiel dans l'évaluation de son agressivité (Chang, 2010). Il est important d'effectuer la mesure directement sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre,

$[H^+] < [OH^-]$, $pH > 7$: l'eau est basique.

$[H^+] > [OH^-]$, $pH < 7$: l'eau est acide.

$[H^+] = [OH^-]$, $pH = 7$: l'eau est neutre

• **Conductivité électrique**

La conductivité fait référence à cette propriété que possède l'eau de laisser passer le courant de manière à permettre le déplacement d'ions dissous sous l'influence d'un champ électrique, et qui dépend donc de la nature et de la concentration du sel dissous.

Elle est mesurée de manière pratique comme la conductance d'un volume d'eau contenu entre deux électrodes métalliques de surface 1 cm^2 à une distance de 1 cm (Abibsi, 2011).

1.2.2.2. Paramètres chimiques

• **Matières en suspension (MES)**

Les Matières en Suspension (MES) constituent un paramètre fondamental dans les stations d'épuration des eaux usées, faisant référence aux particules solides non dissoutes issues des eaux usées. L'élimination des MES est indispensable pour favoriser l'efficacité du traitement et la qualité du rejet. Une large part de MES est en principe retirée dans les bassins de décantation

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

primaire, permettant ainsi d'alléger la charge de traitements biologiques en aval (**Rodier et al., 2009**).

Les M.E.S. comprennent :

-MM : matières minérales

-MVS : matières volatiles en suspension.

-MES = MM+MVS

• **Demande Biologique en Oxygène (DBO₅)**

L'oxydation des matières organiques carbonées se produit principalement entre 20 et 30 jours à 20 °C, alors que l'oxydation des matières organiques azotées n'est suggérée qu'au-delà de 10 jours. La DBO₅ (Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours) est équivalente à la quantité d'oxygène consommée par les bactéries pour dégrader la matière organique dans des conditions de 20 °C, à l'obscurité, après cinq jours d'incubation, d'un échantillon inoculé, le délai de la phase principale d'oxydation aérobie se référant à la valeur mesurée, qui définit la DBO₅ (**Métahri, 2012**).

• **Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

On appelle demande chimique en oxygène (DCO) ; la mesure de la quantité d'oxygène requise par les matières présentes dans l'eau qui sont oxydables dans des conditions opératoires définies. Cette mesure correspond en fait à un approximatif des matières oxydables dans l'eau quel que soit l'organe ou minéral d'origine. La DCO est la concentration, exprimée en mg/l (**Rejsek, 2002**).

□ DCO = 1,5 à 2 fois DBO pour les eaux usées urbaines

□ DCO = 1 à 10 fois DBO pour l'ensemble des eaux résiduaire

□ DCO > 2,5 fois DBO pour les eaux usées industrielles (**Métahri, 2012**)

• **Nutriments**

-Azote

Dans les eaux usées domestiques, l'azote existe principalement sous forme organique et ammoniacale. Les principales catégories d'azote sont :

✓ L'azote total de Kjeldahl (NTK),

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

✓ Les nitrates (NO_3^-),

✓ Les nitrites (NO_2^-).

La mesure de la quantité d'azote est essentielle pour surveiller les rejets liquides dans l'environnement naturel, car il constitue un élément nutritif principal dans le phénomène d'eutrophisation.

✓ Ammonification : cela consiste à transformer l'azote organique en N-ammoniacal (NH_4^+).

✓ Nitritation : il s'agit de la transformation du N-ammoniacal en N-nitrite (NO_2^-), sous l'action de bactéries Nitrosomonas.

✓ Nitratisation : il s'agit de la transformation du N-nitrite en N-nitrate (NO_3^-), sous l'action de bactéries Nitrobacter (**Gaujous, 1995**).

-Phosphore

Le phosphore total combine à la fois le phosphore sous forme organique et le phosphore sous forme minérale contenu dans l'échantillon. Il constitue tant le phosphore sous forme de phosphates que de composés organophosphorés. Assurément, le phosphore dans les effluents industriels résulte fondamentalement des détergents, des engrais et de la décomposition de la matière organique. Le tableau ci-après présente les caractéristiques des eaux usées urbaines (**Boumaaza, 2020**). En moyenne, chaque habitant rejette chaque jour entre 2,5 et 3 g de phosphore (**Degrémont, 2005**).

•Métaux lourds

Les métaux lourds sont des éléments à densité $> 4,6 \text{ g/cm}^3$. Certains sont des oligo-éléments essentiels (**Le Clech, 1998**). Dans les eaux usées urbaines, les plus fréquents sont : fer, zinc, cuivre, plomb ($\mu\text{g/L}$) et d'autres (chrome, arsenic, mercure, etc.) sont présents à l'état de traces (**Djeddi, 2006**).

Les principales sources sont ; les sédiments dans les conduites, dépôts atmosphériques, les ruissellements, circulation routière, produits chimiques en station, bâtiments, eaux domestiques et industrielles (**Jalby, 2007**).

I.2.2.3. Paramètres biologiques

Les eaux usées contiennent de nombreux micro-organismes (bactéries, virus, protozoaires, champignons) pouvant provoquer des maladies (**Khacheba, 2004**).

• Helminthes

Les helminthes sont des vers parasites du système digestif humain, souvent présents dans les eaux usées. Leurs œufs (10 à 1 000 par litre) sont très résistants et représentent un risque sanitaire, surtout en cas de réutilisation des eaux (**Edeline, 1980**).

• Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires, simples, pouvant être classées du type procaryote, de taille comprise généralement entre 0,1 et 10 μm . Leur concentration moyenne, dans les fèces, est estimée à 10^{12} bactéries par gramme (**Asano, 1998**).

C'est le type de microorganisme le plus fréquent que l'on puisse rencontrer dans les eaux usées (**Tose, 1999**). Les eaux urbaines usées présentent une charge bactérienne d'environ 10^7 bactéries pour 100 ml, ce qui correspond à une prédominance de *Proteus* et d'entérobactéries avec des valeurs d'environ 10^4 streptocoques, 10^3 clostridium.

La concentration en bactéries pathogènes dans ces eaux usées est souvent de l'ordre de 10^4 germes par litre distinct dans d'autres études. Parmi les plus souvent isolés, on trouve les salmonelles responsables de la typhoïde, les paratyphoïdes et divers troubles intestinaux.

Les coliformes thermotolérants qui permettent de retrouver la présence de contamination fécale indiquent la qualité microbiologique des eaux (**Belaid, 2010**).

• Virus

Les virus sont de très petits organismes infectieux (10 à 350 nm) qui se répliquent en infectant un organisme hôte. Contrairement aux bactéries, ils ne sont pas normalement présents dans l'intestin ; soit ils sont introduits intentionnellement (après vaccination dans le cadre de vaccination contre la poliomyélite par exemple), soit ils sont présents chez l'individu infecté accidentellement. L'isolement et le comptage des virus dans les eaux usées restent difficiles, ce qui fait probablement que leur nombre réel est sous-évalué. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le tube digestif. Le groupe des virus entériques humains les plus fréquents comprend les entérovirus (ex : polio), les rotavirus, les rétrovirus, les adénovirus, et le virus de l'Hépatite A. Les virus semblent plus résistants à l'environnement que les bactéries.

I.3. Les normes de rejet des eaux usées

1.3.1. Les normes internationales de rejet

Les eaux usées doivent respecter des normes strictes afin de préserver la qualité des milieux récepteurs et éviter toute forme de pollution. À cet effet, elles sont dirigées vers une station d'épuration où elles subissent divers traitements, adaptés à la charge polluante et à la vulnérabilité du milieu aquatique récepteur.

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont indiquées sur le tableau 1.

Tableau 1: Les normes des eaux usées rejetées selon l'OMS (1971)

Paramètres	Normes utilisées (OMS)	Unité
pH	6.5-8.5	-
DBO5	<30	mg/l
DCO	<90	mg/l
MES	<20	mg/l
NH4+	<0,5	mg/l
NO-2	1	mg/l
NO-3	<1	mg/l
P2O5	<2	mg/l
Température T	<30	°C
Couleur	Incolore	-
Odeur	Inodore	-

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I.3.2. Les normes Algériennes de rejet

Le Tableau 2 présente les valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration (JORADP, 2009). Par ailleurs, dans le tableau 3, sont dressées les valeurs limites des paramètres de rejets, après traitement, dans un milieu récepteur (JORADP, 2006).

Tableau 2 : Valeurs limites de substances nocives des eaux usées au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration (JORADP, 2009).

Paramètres	Valeurs limites maximales
Azote global (mg/l)	150
DBO ₅ (mg/l)	500
DCO (mg/l)	1000
MES (mg/l)	600
Phosphore total (mg/l)	50
Température	≤30°C
pH	5,5-8,5

Tableau 3 : Les valeurs limites des paramètres de rejets dans un milieu récepteur (JORADP, 2006).

PARAMETRES	VALEURS LIMITES	UNITES
Température	30	C°
pH	6,5 à 8,5	—
MES	35	mg/ l
DBO ₅	35	mg/ l
DCO	120	mg/ l
Azote	30	mg/ l

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Phosphates	02	mg/ l
Phosphore total	10	mg/ l
Cyanures	0.1	mg/ l
Aluminium	03	mg/ l
Cadmium	0.2	mg/ l
Fer	03	mg/ l
Manganèse	01	mg/ l
Mercure total	0.01	mg/ l
Nickel total	0.5	mg/ l
Plomb total	0.5	mg/ l
Cuivre total	0.5	mg/ l
Zinc total	03	mg/ l
Huiles et Graisses	20	mg/ l
Hydrocarbures totaux	10	mg/ l
Indice de phénols	0.3	mg/ l
Fluor et composés	15	mg/ l
Etain total	02	mg/ l
Composés organiques chlorés	05	mg/ l

I.4. Localisation de la zone d'étude : Station d'épuration de Baraki

La zone d'étude se situe dans la commune de Baraki, localisée dans la plaine de la Mitidja. Elle est implantée à environ 15 km au sud de la capitale, Alger, à 13 km de la mer Méditerranée et à 40 km à l'Est de la ville de Blida. Baraki occupe une position stratégique et fait partie des communes les plus importantes de la périphérie sud d'Alger (Figure 1).

Elle est délimitée au Nord par la commune d'El Harrach, au Nord-Ouest par Gué de Constantine, à l'Ouest par Saoula et Birtouta, à l'Est par Les Eucalyptus, et au Sud par la commune de Sidi Moussa.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

La station d'épuration des eaux usées (STEP) de Baraki constitue la principale infrastructure de traitement des eaux usées de la wilaya d'Alger. Elle est également classée comme la deuxième plus grande installation de ce type à l'échelle nationale.

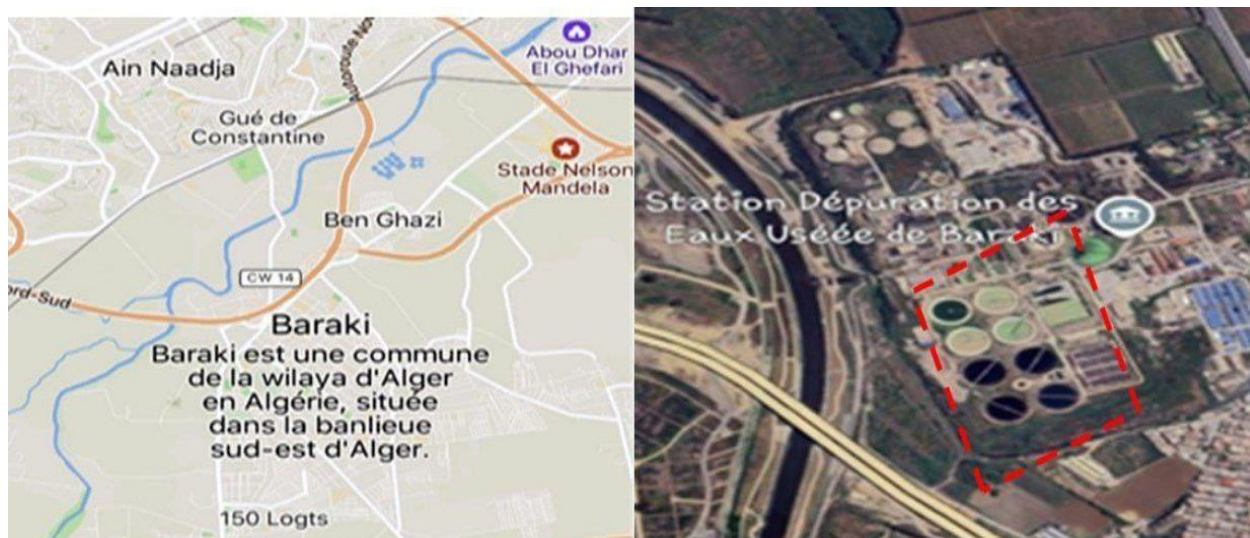


Figure 1 : Localisation de la STEP de Baraki (Alger, Algérie)

1.4.1. Présentation de la Zone de BARAKI

La STEP de Baraki date de 1989. Elle a cessé de fonctionner pendant presque vingt ans avant d'être réhabilitée en 2009. Lors de sa remise en service, sa capacité était de 900 000 équivalents-habitants (EH) mais en 2015, elle est portée à 1,8 million EH. À la station d'épuration de Baraki, le traitement des eaux usées s'effectue selon les étapes ci-dessous (Figure 2) :

- Stations de relèvement (PR1 et PR2) : réception des eaux pour leur acheminement vers le site de traitement.
- Dégrillage grossier mécanisé : élimination des plus gros solides.
- Dégrillage fin mécanisé : élimination de solides plus petits.
- Dessablage et déshuilage : séparation des graisses et des sables contenus dans les effluents.
- Aération biologique : traitement biologique de dégradation de la matière organique.
- Pompage de boues : récupération des boues excédentaires et des boues activées.
- Décantation secondaire : séparation des boues biologiques restantes.
- Ouvrage de rejet : rejet des effluents traités dans le milieu naturel.
- Épaississement des boues : concentration des boues avant traitement.
- Stabilisation anaérobie : digestion des boues en vue de réduire leur volume et leur toxicité.
- Traitement du biogaz : valorisation du biogaz récupéré lors de la digestion.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

- Déshydratation mécanique et stockage des boues : réduction de l'humidité des boues avant évacuation ou valorisation dans les sols.

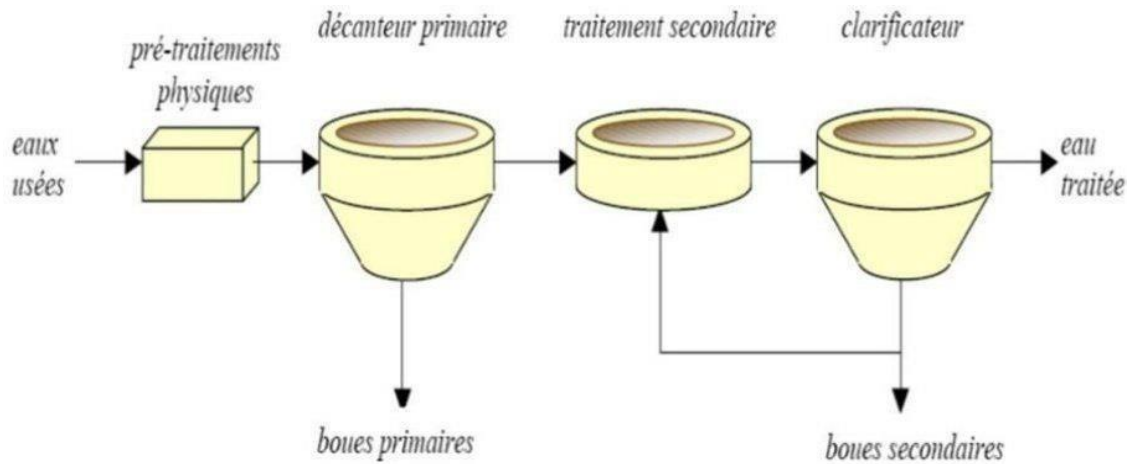


Figure 2 : Schéma simplifié du processus de traitement des eaux usées

I.4.2. Les différentes étapes de traitement des eaux usées

I.4.2.1. Prétraitement

Le relevage des eaux usées à la STEP de Baraki se fait en deux étapes principales :

A) Poste de relevage 1 (PR1) : Les eaux prélevées au niveau de PR1 arrivent dans une fosse où elles sont mélangées avec les eaux usées en provenance de l'émissaire (El Harrach). Ce mélange est ensuite pompé, toujours à l'aide de pompes à vis, en direction du poste de dégrillage.

B) Poste de relevage 2 (PR2) : Les eaux brutes, provenant du collecteur principal et des sources internes (Baba Ali) à la station (comme les eaux pluviales et les eaux de drainage), sont acheminées vers la station. Elles sont ensuite reprises par des pompes à vis pour être dirigées vers le poste de dégrillage.



Figure 3 : A) Poste de relevage (PR1) El Harrach, B) : Poste de relevage (PR2) Baba Ali

Différentes mesures en phase de prétraitement

- Mesure de pH : Seuil pH bas = 6,0 et seuil pH haut = 9,0
- Mesure de la conductivité des eaux brutes : Mesure la conductivité des eaux brutes
- provenant du poste de relevage PR2. Seuil Conductivité haut : 2500,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Mesure des hydrocarbures : Un instrument de mesure des hydrocarbures est prévu pour détecter une situation exceptionnelle de teneur en hydrocarbures qui pourrait se manifester si des combustibles étaient effectivement introduits dans le réseau des émissaires (**Chadouli et Belabbas, 2017**).

-Le dégrillage

Le dégrillage consiste à faire passer l'eau usée, après pompage, à travers une grille dont l'intervalle entre barreaux doit être assez large pour permettre le passage de l'eau usée, propre, mais suffisamment contraignant pour retenir les plus grossiers de ces éléments. Après on l'accumule, ensuite on la nettoie avant de l'évacuer, avec les ordures ménagères. Les grilles sont 2 (Figure 4), le plus souvent, inclinées entre 60° et 80° de l'horizontale, et composées de deux parties soient ; dégrillage mécanique grossier et dégrillage mécanique fin.



Figure 4 : Dégrilleur (photo prise sur terrain Mars 2025).

-Classificateur à sable

Le classificateur à sable a pour fonction principale de séparer le sable de l'eau en provenance du dessableur (Figure 5).



Figure 5 : Classificateur à sables (photo originale).

-Le dessablage / Le dégraissage

Le dessablage-déshuilage intervient par la séparation des sables, graviers et autres particules denses qui tombent au fond du bassin, et les matières fortement flottantes aux surfaces. Les sables sont aspirés et envoyés dans des classificateurs à sable et les graisses raclées en surface pour être réacheminées vers un prétraitement spécifique. C'est ainsi que la protection des équipements en aval, pompes notamment, est garantie contre l'abrasion des formes solides de faibles densités et la réduction du risque de dépôts en particulier dans les canalisations est assurée (Figure 6).



Figure 6 : Dessableur /déshuileur (photo originale)

I.4.2.2. Traitement primaire

- **La décantation primaire**

Elle a pour objectif principal d'éliminer une partie des matières en suspension (MES) présentes dans les effluents, notamment les particules solides et les matières organiques grossières. Ce procédé repose sur la séparation physique, généralement par sédimentation gravitaire (Figure 7). L'eau usée est acheminée dans un bassin de décantation où les particules les plus lourdes se déposent au fond pour former des boues primaires, tandis que l'eau clarifiée est récupérée en surface par des goulottes et dirigée vers le traitement biologique.



Figure 7 : Décanteur primaire (photo originale)

I.4.2.3. Traitement secondaire (épuration biologique)

Le traitement biologique des eaux résiduaires a pour but d'éliminer la matière organique dissoute par action des bactéries et micro-organismes. Il permet de passer des éléments présents sous forme soluble ou colloïdale en éléments floculables et de constituer des agrégats que l'on peut séparer de l'eau (Figure 8). Il faut aussi signaler que la plupart des procédés biologiques

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

exigent un domaine optimum de pH compris entre 6,5 et 8,5 quant à l'activité microbienne, elle est optimale à 30°C et requière des quantités suffisantes en nutriments.

On peut grossièrement classer les micro-organismes en :

- Germes aérobies qui exigent de l'oxygène pour leur métabolisme.
- Germes anaérobies qui tirent leurs besoins énergétiques de la matière organique en absence de l'oxygène ;
- Germes aérobies facultatifs qui ont un métabolisme aérobie et un métabolisme anaérobie.



Figure 8 : Bassin biologique ou d'aération (photo originale)

- **Clarification (Décanteur secondaire)**

Après un temps suffisant, la liqueur mixte est renvoyée dans un clarificateur ou décanteur secondaire où s'effectuera la séparation de l'eau épurée des boues.

Les boues décantées sont réintroduites en partie dans le bassin d'aération (recirculation de boues) pour maintenir un équilibre constant entre la quantité de pollution à traiter et la masse de bactéries épuratrices, les boues sont évacuées du système vers le traitement des boues.

L'installation comprend 8 clarificateurs d'un volume unitaire de 8 900 m³, 6 vis de recirculation (débit unitaire : 3 150 m³/h) et 4 pompes d'extraction (débit unitaire : 17 m³/h). Ce système garantit une séparation efficace entre l'eau traitée et les boues activées, contribuant ainsi à la performance globale de la station (Figure 9).



Figure 9 : Clarificateur (photo originale)

1.4.2.4. Traitement tertiaire

Le traitement tertiaire constitue une étape complémentaire aux traitements primaire et secondaire, visant à améliorer davantage la qualité des eaux traitées afin de répondre aux normes de rejet en vigueur. Ses objectifs peuvent varier selon les besoins spécifiques de la station ou du milieu récepteur. Il permet notamment :

- La réduction des matières en suspension (MES) et de la demande chimique en oxygène (DCO);
- La déphosphatation, réalisée principalement par précipitation à l'aide de sels de fer ou d'aluminium, plus rarement avec de la chaux ;
- La diminution de la DCO résiduelle dite « dure » ;
- L'élimination de la couleur, particulièrement importante pour les effluents issus de l'industrie textile ;
- La suppression de certains composés spécifiques tels que les pesticides, fongicides, métaux et métalloïdes, détergents, hydrocarbures solubles, dérivés nitrés ou sulfonés, ainsi que divers anions et cations.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

- **Filtration à sable**

Le lit de sable permet de créer un cheminement par rapport à une charge, un milieu filtrant, mais pas une élimination à 100% de MES contenues, car il y'a une partie susceptible à s'échapper malgré que ces traitements soient les plus sévères.

Le sable utilisé dans cet ouvrage est de la même texture et dimensions granulométriques et doit être couvert par des bâches pour empêcher le phénomène d'eutrophisation.

L'installation est équipée de 7 filtres à sable de type AQUAZUR V, capables de traiter un débit maximum de 9 350 m³/h, alimentés par 4 pompes d'un débit unitaire de 3 117 m³/h. Ce dispositif assure une filtration fine et contribue significativement à la qualité finale de l'eau traitée (Figure 10).



Figure 10 : Filtre à sable (photo originale)

- **Désinfection par rayons ultraviolets (UV)**

Chaque canal est équipé de manière redondante d'un système de protection de l'UV par gâchette de sécurité (protection contre l'intervention humaine), mais aussi d'un système de surveillance qui permet d'alerter le gestionnaire de la station d'un dysfonctionnement (Figure 11). Quant au système d'aération des bassins, il est du type à bulles, disposant de compresseurs de blowers adaptés, dans le but d'oxygéner le plus complètement les boues et d'épurer les effluents.

Les conditions de fonctionnement des modules UV ont été établies pour être fonctionnelles pour des températures d'eau au-dessus de 15° et inférieures à 25 °C, dans le but de travailler à des températures optimales. Au-delà de ces températures, des mesures seront prises pour limiter d'éventuels dysfonctionnements du système UV.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

La qualité de traitement de l'eau par l'UV a été justifiée par les valeurs en sortie de traitement mesurées par des dispositifs en continu dans les effluents traités mais également par des prélèvements effectués dans le cadre du contrôle qualité lors de l'autorisation de mise en service de l'unité.

De la même manière, des tests ont permis de justifier que la désinfection par UV permet de garantir une qualité de traitement avec une concentration en résidus d'algues inférieure au seuil de 2 mg/l fixé par la réglementation.



Figure 11 : Désinfection physique par UV (photo originale)

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

Notre étude consiste à évaluer les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau usée traitée au niveau de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Baraki, durant la période de janvier à mai 2025. Les analyses ont été réalisées dans le laboratoire de la STEP et le laboratoire SEAL de Kouba (Alger). Des échantillons ont été prélevés à différents points de traitement avant d'être transportés et analysés en utilisant des méthodes normalisées existantes. Les paramètres physico-chimiques comprenaient le pH, la conductivité électrique, les matières en suspension, la demande en oxygène par oxydation, les nitrites et les nitrates. Les analyses bactériologiques ont été effectuées en utilisant la filtration sur membrane pour la détection et le comptage des coliformes totaux, d'*Escherichia coli* et Streptocoques fécaux.

II.1. L'échantillonnage

II.1.1. Echantillonnage automatique

La STEP de Baraki est équipée de préleveurs automatiques qui permettent de réaliser un échantillon composite représentatif sur 24 h, aux différentes étapes de traitement des eaux usées. Chaque dispositif est constitué d'une enceinte réfrigérée contenant 24 flacons de prélèvement. Toutes les 20 min, 100 ml sont prélevés soit un volume total de 7,2 l sur une journée complète. Au bout de 24 h, le préleveur mélange le contenu des 24 flacons afin d'obtenir un échantillon moyen de 2 l, qui sera acheminé vers le laboratoire de la station d'épuration pour analyse. Les prélèvements au niveau de deux segments stratégiques sont réalisés :

- l'entrée de la station pour les eaux brutes (EB),
- le clarificateur pour les eaux clarifiées (EC).

II.1.2. Echantillonnage manuel

En cas d'absence ou de panne de préleveur, le prélèvement sera effectué par le préleveur ou par l'opérateur désigné par le responsable selon le planning. Chaque 2 h, le prélèvement est de 1000 ml entre 8h et 16h. Le prélèvement sera ensuite transmis au laboratoire.

Au moment de chaque prélèvement, nous prenons 500 ml la reconstitution de l'échantillon moyen et le dépôt au réfrigérateur. Les prélèvements se font au niveau de :

- Bassin primaire (eaux décantées).
- Bassin secondaire (eaux décantées secondaires).

II.2. Les analyses physicochimiques

II.2.1. Le potentiel d'Hydrogène

Le pH appartient à l'une des particularités de l'eau qui quantifie son acidité, en rapport avec la concentration en ions H^+ hydronium contenue dans un volume d'eau donné. Ce paramètre est

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

capital dans la plupart des procédés d'épuration, encore plus ceux faisant intervenir des réactions chimiques ou requérant un pH donné. Le pH influence un bon nombre d'équilibres physico-chimiques et varie selon de nombreux facteurs, notamment la température et l'origine de l'eau (**Rodier, 2005**). Le pH permet dès lors d'obtenir un indice du caractère agressif que peut présenter une eau

a. Appareillage

- Multi paramètres.

b. Modalités opératoires

1. Prélever une quantité suffisante de l'échantillon pour immerger l'électrode et la sonde dans un bécher,
2. Immerger la sonde dans l'échantillon,
3. Laisser stabiliser la mesure avant de faire la lecture.

c. Expression des résultats

La valeur de pH est exprimée à deux décimales près.

II.2.2. La Conductivité Electrique (CE)

Mesure directe, par un instrument adapté, de la conductivité électrique de solutions aqueuses. La conductivité électrique se déduit de la mesure du courant exécuté par les ions en solution dans l'eau et dépend de :

- la concentration en ions
- la nature des ions
- la température de la solution.
- la viscosité de la solution.

a. Appareillage

- Multi-paramètres.

b. Mode d'opération

1. Plonger la sonde dans l'échantillon.
2. Attendre la stabilisation de la mesure, puis effectuer la lecture.

c. Expression des résultats

Le résultat mesuré est exprimé en « $\mu\text{S} / \text{cm}$ » à 25°C.

II.2.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

La mise en œuvre du principe de mesure de la DCO consiste à faire bouillir à reflux pendant 2 heures, une prise de l'échantillon, en milieu acide, en présence d'une quantité de bichromate de potassium (oxydant), de sulfate d'argent (catalyseur d'oxydation) de sulfate de

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

mercure II (complexant des ions chlorures), puis à doser l'excès de bichromate de potassium méthode de la norme française NF T 90- 101.

a. Appareillages

- Spectromètre - Pipettes.
- Thermostat - Hotte.

b. Mode opératoire

Il utilise la méthode kit Hach LCK114 (haute gamme) et LCK314 (basse gamme).

LCK114/314 : teste en cuve a code barre.

1. Préparation des échantillons : prélever un échantillon représentatif dans un contenant de plastique. Analyser les échantillons dès que possible et au plus tard dans les 5 jours qui suivent le prélèvement, Il faut ajouter 10 ml d'acide sulfurique par litre d'échantillon et conserver au réfrigérateur (4°C), la durée maximale du stockage de l'échantillon après acidification est de 6 mois,
2. Prendre une cuve de la gamme indiquée, bien agiter (l'agitation de la cuve est obligatoire afin de bien mélanger les dépôts des substances décantées avec le reste de la cuve DCO),
3. En utilisant une pipette, prélever un volume de 2 ml de l'échantillon (réaliser une dilution de l'eau brute : 10 ml d'eau brute mélangé à 100 ml d'eau distillée, ce qui donne un rapport 1 à 10),
4. Resserrer le bouchon de la cuve,
5. Agiter le mélange,
6. Placer le tube au thermostat LT200 pendant 2 h à 148°C : ce chauffage de la cuve à 148°C ± 3 pendant 2 heures est nécessaire pour permettre la réaction des substances oxydables avec le bichromate de potassium sulfurique en présence du sulfate d'argent comme catalyseur,
7. Retirer la cuve, laisser refroidir à température ambiante, et enfin, nettoyer et remettre la cuve dans son emplacement approprié.

c. Expression des résultats : La DCO s'exprimera en mg O₂/l.

II.2.4. La demande biochimique en oxygène (DBO5)

a. Mode opératoire

1- Élaboration de l'eau servant à la dilution :

Le jour précédant le prélèvement, dans un récipient de 10 litres, on met de l'eau du robinet dans laquelle on a immergé durant 24H un aérateur pour la saturation en O₂, puis on laisse décanter durant 12H. Le facteur de dilution pour une eau usée est de 50 à 100 (DBO5 moyenne = 300 mg/l pour un effluent domestique).

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

2- Élaboration des flacons de mesure :

- Dans le flacon, on verse un peu d'eau distillée, puis on ajoute quelques ml de l'échantillon (eau brute : 3 ml et eau traitée : 30 ml) complétée par l'eau distillée.
- Le flacon est fermé sans laisser entrer d'air.
- On fait alors 2 flacons identiques.

3- Mesure de l'oxygène dissous :

On dosera l'oxygène dissous dans 1 flacon d'eau diluée (on notera T_0 en mg/L).

- Les 2 flacons restants sont placés à thermostat DBO₅ 20°C et à l'obscurité durant 5 jours.
- Mesure à J= 5 jours : l'O₂ dissous sera dosé dans le flacon d'échantillon d'eau diluée restante (on notera T_5 en mg/l) (Saggai, 2004).

Le choix du volume de la prise d'essai se fait en fonction des intervalles de mesure de la DBO₅ dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 : Les intervalles de mesure de la DBO₅

Volume de la prise d'essai	Intervalle de mesure (mg/l)	Facteur
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43.5	0-2000	50
22.7	0-4000	100

b. Expression des résultats

La lecture se fait comme suit :

$$DBO = F(T_0 - T_s)$$

Avec F : facteur de correction

II.2.5. Les matières en suspension (MES)

L'obtention des matières en suspension nécessite soit un traitement de filtration des effluents peu concentrés, soit un traitement par centrifugation des solutions, couplé éventuellement avec un séchage jusqu'à la totale évaporation de l'eau (Rodier et al., 2009).

a. Appareillage

- Une balance analytique - Une centrifugeuse.
- Un dispositif de filtration - Un étuvage.

b. Mode opératoire

1. On commence par peser à vide la filtre (balance analytique, avec une résolution de 0.1 mg) placée dans le creuset, obtenant ainsi sa masse.
2. On place ensuite la partie lisse du filtre dans l'entonnoir du dispositif et insère l'entonnoir du dispositif dans la fiole vide.
3. On agite l'échantillon, puis prélève un volume de l'échantillon (mètreur avec éprouvette graduée) qui est en préparation pour la filtration.
4. Procède à la filtration (eaux épurées, décantées, filtrées).
5. Centrifuge les eaux brutes (20 minutes, 4000 tours par minutes).
6. Retire délicatement le filtre de l'entonnoir avec une pince à bouts plats.
7. Remplace le filtre dans le creuset que l'on assèche dans l'étuve, à 105 °C, pendant 2h.
8. Après avoir retiré les creusets de l'étuve, ils doivent être pesés avec le plus grand soin (balance analytique, 0,1 mg près de résolution), après un total refroidissement des creusets, la masse m1 (mg/l) doit être notée.

c. Expression des résultats :

La détermination de la teneur en matières en suspension, par filtration, peut s'exprimer ainsi :

$$MES = \frac{(m1 - m0) \times 1000}{V} \text{ mg}$$

- (MES) : matières en suspension soluble (milligrammes par litre).
- V : l'essai de volume, en millilitres.
- m0 : masse, en milligrammes, du creuset avec filtre avant filtration.
- m1 : masse, en milligrammes, du creuset avec filtre après filtration, séchage à 105 °C et refroidissement.

II.2.6. Nitrates (NO₃⁻)

- Par méthode Kit Hach LCK339 :

Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrates réagissent avec le 2, 6 diméthylphénol pour donner du 6-nitro-2,6-diméthylphénol.

a. Appareillage :

- Spectrophotomètre - Hotte.

b. Mode opératoire :

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

1. Pipeter 1ml d'échantillon dans la cuve à code barre.
2. Pipeter 0,2 ml de la solution A (LCK 339).
3. Fermer la cuve et mélanger le contenu en le retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet.
4. Laisser reposer la cuve pendant 15 min.
5. Insérer la cuve dans le DR2800 après avoir nettoyer son extérieur en appuyant sur le menu code à barre.

c. Expression des résultats :

Le spectrophotomètre indique des résultats en mg/l de N-NO₃

II.2.7. Phosphore Totale (PT)

La technique décrite ici est celle qui est utilisée pour la détermination de la concentration en phosphore total dans un échantillon d'eau, déterminée essentiellement après digestion sous la forme d'orthophosphates.

a. Appareillage :

- Spectrophotomètre (ex. : Hach DR3900).
- Kit de réactifs (ex. : LCK350).
- Pipette automatique avec embouts stériles.
- Éprouvettes avec bouchon (cuves réactives).
- Gants, lunettes de protection.

b. Mode opératoire :

1. Prélever les échantillons dans des flacons en polyéthylène propres.
2. Conserver les échantillons à l'abri de la lumière jusqu'à l'analyse.
3. Pipeter 0,4 mL d'un échantillon dans une cuve réactive (ex. LCK350).
4. Ajouter 0,5 mL du réactif B.
5. Visser le Dosi Cap Zip (si présent).
6. Agiter énergiquement la cuve pendant quelques secondes.
7. Laisser reposer 10 minutes à température ambiante.
8. Nettoyer soigneusement l'extérieur de la cuve.
9. Introduire la cuve dans le spectrophotomètre et lire la concentration à la longueur d'onde appropriée (ex. : 880 nm).
10. Exprimer le résultat en mg/L de phosphore total (PT).

c. Expression des résultats :

- Mesure de la concentration par spectrophotométrie exprimée en mg/L.
- Les réactifs LCK350 sont à conserver entre 15 et 25 °C.

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

- Les échantillons peuvent être :
- Conservés congelés à $< -18\text{ °C}$ dans des flacons plastiques (1 mois), ou acidifiés (pH 1–2 avec HNO_3), conservés à $1\text{--}5\text{ °C}$ dans des flacons adaptés (plastique, verre borosilicaté, PFHD, PTEF, PFA, PFE, PE ou PVC) (1 mois).

Dosi Cap Zip : bouchon réactif avec feuille de protection en aluminium, à retirer avant usage.

II.2.8. Azote ammoniacale

La technique est reposée sur la formation d'un complexe coloré bleu indophénol, étant à l'origine de l'association des ions ammonium, de l'acide salicylique et des ions hypochloreux avec du nitroprussiate de sodium en tant que catalyseur à pH alcalin ($\sim 12,6$) et qui sera mesurée par spectrophotométrie.

a. Appareillage :

- Spectrophotomètre (ex. : Hach DR3900)/ - Hotte aspirante/Cuves réactives (LCK302, LCK303 ou LCK305)/ - Pipettes automatiques et embouts stériles /- Gants et lunettes de protection.

b. Mode opératoire :

1. Prendre pour l'échantillon prélevé dans des flacons en polyéthylène à l'abri de la lumière.
2. Retirer avec précaution la feuille de protection du Dosi Cap Zip.
3. Dévisser le Dosi Cap Zip de la cuve réactive.
- ✓ Pipeter :
 - 0,2 mL de l'échantillon pour les cuves LCK302/303
 - 0,5 mL pour la cuve LCK305
4. Revisser immédiatement le Dosi Cap Zip en orientant les cannelures vers le haut.
5. Agiter vigoureusement la cuve pour bien mélanger.
6. Laisser reposer 15 minutes à température ambiante.
7. Nettoyer soigneusement l'extérieur de la cuve.
8. Mettre la cuve dans le spectrophotomètre pour lecture d'absorbance.

c. Présentation des résultats :

- La concentration en ammonium est réalisée par spectrophotométrie et exprimée en mg/L.
- Les réactifs LCK302/303/305 doivent être conservés entre $2\text{ et }8\text{ °C}$.
- Les échantillons d'eau doivent être filtrés sur le site de prélèvement, puis :
 - Soit conservés à $1\text{--}5\text{ °C}$ (1 jour) dans des flacons plastique ou verre ; ou
 - Congelés à $< -18\text{ °C}$ (1 mois) dans des flacons plastiques ; ou
 - Acidifiés (pH 1–2 avec H_2SO_4) et conservés à $1\text{--}5\text{ °C}$ (21 jours) dans des flacons plastique ou verre.

II.2.9. Azote Totale

La méthode suivante permet de déterminer la concentration en azote total dans un échantillon d'eau après digestion thermique, selon une procédure normalisée utilisant un kit prédosé.

a. Appareillage :

- Spectrophotomètre (ex. : Hach DR3900).
- Kit de réactifs (ex. : LCK 338 ou LCK 238).

b. Mode opératoire :

1. Introduire 0,2 à 0,5 mL d'échantillon d'eau dans une cuve réactive du kit.
2. Ajouter 2 à 2,3 mL de solution A, 1 pastille A et 1 pastille B.
3. Fermer puis chauffer la cuve pendant 30 minutes à 120 °C (digestion).
4. Laisser refroidir à température ambiante.
5. Mélanger le contenu, puis transférer 0,5 mL dans une autre cuve à code-barres.
6. Ajouter 0,2 mL de solution D.
7. Mélanger et laisser réagir pendant 15 minutes.
8. Insérer la cuve dans le spectrophotomètre.
9. Lire directement la concentration en azote total (mg/L).

c. Expression des résultats :

- Résultat exprimé en mg/L d'azote total (NT).
- Les cuves et réactifs du kit doivent être conservés conformément aux recommandations du fabricant.

II.3. Les analyses bactériologiques

II.3.1. Préparation des dilutions

Avant de réaliser les analyses microbiologiques de l'eau du STEP de Baraki, une série de dilutions a été effectuée pour réduire la concentration de micro-organismes et permettre une identification précise des colonies après incubation.

L'extraction des eaux brutes et traitées a été effectuée à la station de purification de Baraki, puis les eaux ont été transportées dans des conditions appropriées au laboratoire SEAL de Kouba, où toutes les analyses bactériologiques ont été réalisées.

- ✓ Les dilutions inférieures suivantes ont été réalisées pour les eaux traitées : 10^{-1} , 10^{-2} et 10^{-3} .
- ✓ La procédure utilisée est conforme à la norme NF EN ISO 6887-1.

Étapes de dilution :

1. Créez une série de flacons stériles, chacun contenant 9 mL d'eau distillée stérile.

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

2. Ajoutez 1 mL de l'échantillon à analyser au premier flacon et agitez doucement pour obtenir la dilution de 10^{-1} .
3. Répétez le processus en transférant 10 mL de la dilution précédente dans un nouveau flacon jusqu'à ce que la dilution souhaitée soit atteinte.

Avant le traitement, les suspensions étaient conservées au frais.

II.3.2. Recherche et le dénombrement des coliformes totaux, de *Escherichia coli*

✓ Méthodes

- Filtrer 100 mL d'eau à travers une membrane de 0,45 μm .
- Déposer la membrane sur une boîte contenant le milieu chromogène, en évitant les bulles d'air.
- Incuber à 36 ± 2 °C pendant 21 à 24 heures, boîte à l'envers (couvercle en bas).

✓ Observer et compter :

- Colonies rose à rouge (β -D-galactosidase +) → coliformes présomptifs non *E. coli*
- Colonies bleu foncé à violet (β -D-galactosidase et β -D-glucuronidase +) → *E. coli*

✓ Confirmation par test à l'oxydase (pour les colonies rose/rouge) :

- Appliquer une colonie sur un papier imprégné de réactif oxydase.
- Coloration bleu foncé < 30 sec → test positif → non coliforme
- Pas de coloration → coliforme confirmé

II.3.3. Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux

✓ Méthodes

- Préparer la gélose Slanetz et Bartley, chauffer au bain-marie (100 °C), refroidir à 50 °C, ajouter le TTC.
- Verser dans des boîtes de Pétri et laisser solidifier.
- Après filtration de 100 mL d'eau, déposer la membrane sur le milieu.
- Incuber à 36 ± 2 °C pendant 21 à 24 heures
- Identifier les colonies typiques : bombées, de taille moyenne, rose à rouge.

✓ Confirmation des entérocoques :

- Transférer la membrane sur la gélose B.E.A préchauffée à 44 °C.
- Incuber 2 heures à $44 \pm 0,5$ °C.
- Colonies avec halo noir → entérocoques confirmés

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

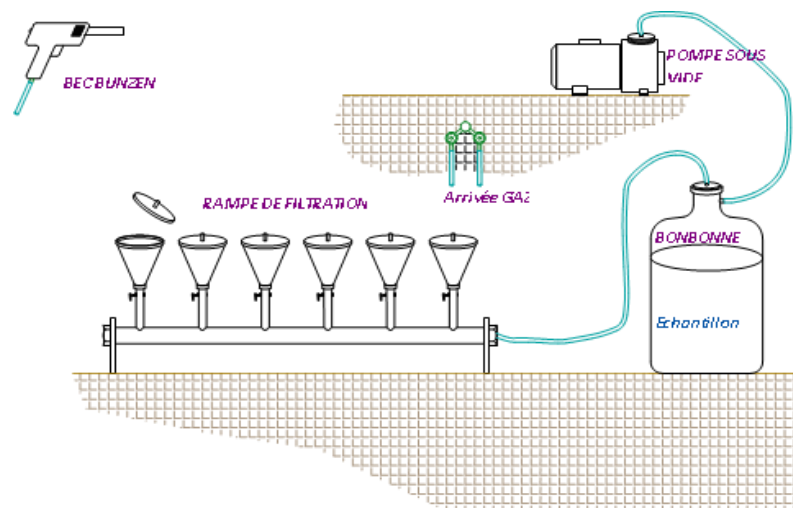


Figure 12 : Schéma de la méthode de filtration sur membrane pour la recherche des coliformes totaux, *Escherichia coli* et entérocoques intestinaux

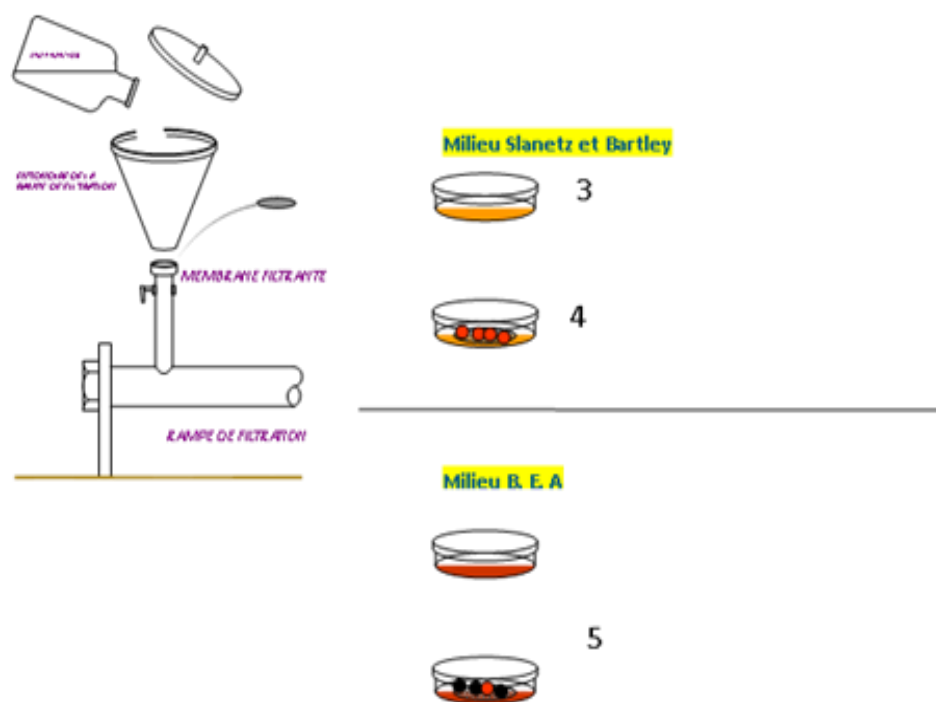


Figure 13 : Identification des colonies bactériennes sur différents milieux de culture

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

La qualité de l'eau purifiée est un indicateur clé de l'efficacité des installations de traitement et de leur capacité à respecter les normes réglementaires. L'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau purifiée est une étape indispensable dans la gestion efficace des ressources en eau et le maintien de la santé publique. Nous présenterons les résultats détaillés de l'évaluation dans ce chapitre, en analysant les paramètres clés et en discutant de leurs implications dans la qualité de l'eau et par conséquent dans l'environnement.

III.1. Paramètres physicochimiques

III.1.1. Le potentiel d'Hydrogène

Le suivi des variations mensuelles du pH de l'eau usée à l'entrée (Eau usée brute -EUB) et à la sortie (Eau usée traitée-EUT) de la STEP, durant la période allant de janvier à mai 2025, est illustré dans la figure 14.

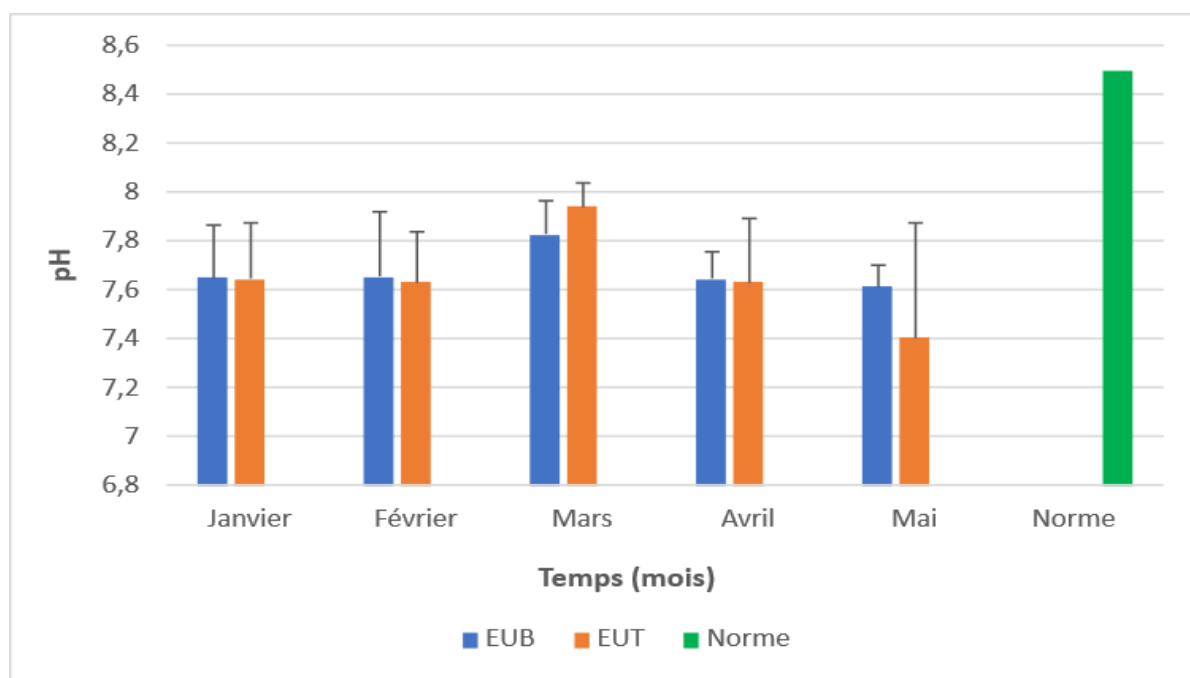


Figure 14 : Variations des valeurs du pH de l'eau usée à l'entrée (EUB) et de la sortie (EUT) de la STEP (Janvier - Mai 2025)

Les valeurs de pH observées étaient généralement stables tout au long de la période d'étude, avec quelques fluctuations, allant de 7,61 à 7,83, ce qui est bien en dessous de la limite recommandée. Cette stabilité indique la bonne capacité du système de traitement à maintenir un équilibre acido-basique, garantissant la conformité environnementale des rejets.

Par ailleurs, l'absence de différence significative entre les pH des EUB et des EUT indique que le traitement n'altère pas de manière notable l'acidité ou la basicité des effluents. Deux

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

explications peuvent être avancées : soit les équipements de la station assurent une efficacité constante du processus physico-chimique, soit la composition des eaux usées est restée relativement stable tout au long de la période considérée.

Deux légères exceptions méritent cependant d'être notées :

- En mars, un léger pic est observé (7,83 en EUB et 7,93 en EUT), pouvant traduire une modification ponctuelle de la nature des effluents entrants.
- En mai, une baisse du pH est relevée (jusqu'à 7,61 en EUB et 7,41 en EUT), tout en restant bien dans les seuils réglementaires.

D'après les résultats, on peut conclure que le pH varie dans la fourchette des valeurs autorisées dans les normes de rejet algériennes (JORA, 2006), à savoir entre 6,5 et 8,5. Le traitement appliqué à la STEP de Béraki assure un bon contrôle de la qualité physico-chimique des eaux usées, sans induire de modifications significatives du pH.

III.3.2. La Conductivité Electrique (CE)

La figure 15 illustre l'évolution de la Conductivité Electrique dans les eaux brutes (EUB) et traitées (EUT) à la STEP de Braki entre janvier et mai 2025.

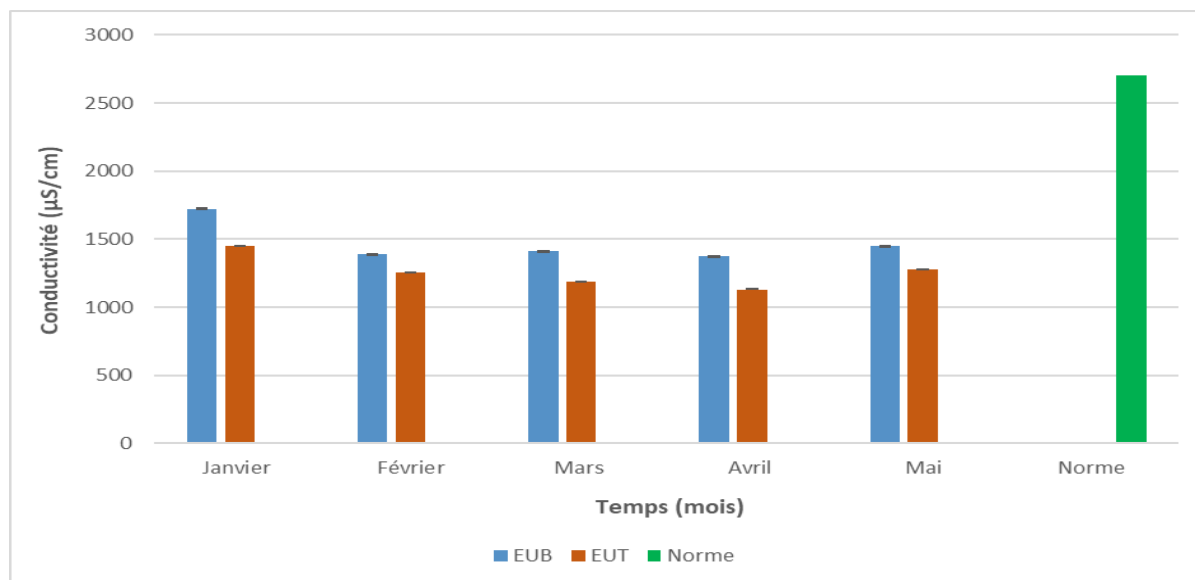


Figure 15 : Variations des valeurs de la Conductivité Electrique de l'eau usée à l'entrée (EUB) et à la sortie (EUT) de la STEP (Janvier - Mai 2025)

Les valeurs mesurées sont statistiquement inférieures à la limite supérieure autorisée par les réglementations algériennes de rejet (JORA, 2006), qui est fixée à 2700 µS/cm. De plus, il y a

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

une diminution notable des valeurs avant et après traitement, ce qui indique l'efficacité du processus d'épuration.

Les valeurs les plus basses sont enregistrées en avril, avec un minimum de 1131,08 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans les EUT, ce qui pourrait refléter une meilleure performance de la station durant ce mois.

De manière générale, les concentrations observées restent largement inférieures à la norme, témoignant ainsi d'un bon rendement épuratoire de la STEP de Baraki au cours de la période étudiée.

Ces résultats sont un peu plus bas que ceux trouvés par Grine et Remadella (2017), qui ont rapporté une valeur élevée de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, soulignant ainsi l'efficacité relative du système étudié.

III.3.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

La Figure 16 montre l'évolution des concentrations en DCO (Demande Chimique en Oxygène) dans les eaux usées brutes (EUB) et traitées (EUT) à la STEP de Baraki entre janvier et mai 2025.

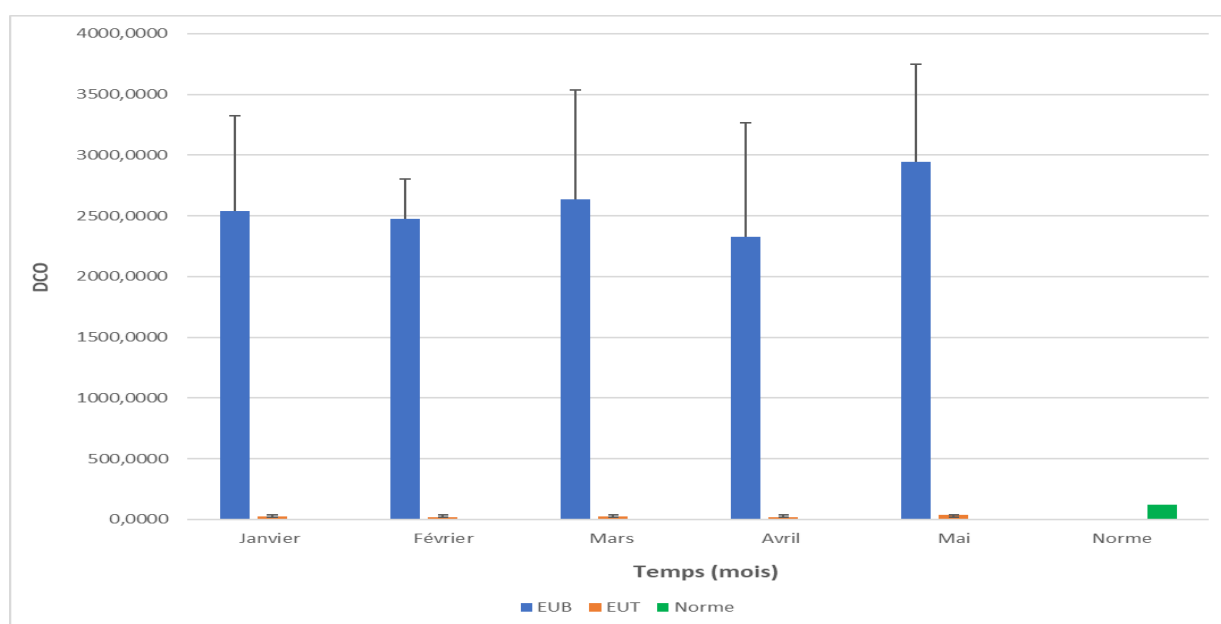


Figure 16 : Variations des valeurs de la DCO de l'eau usée à l'entrée (EUB) et à la sortie (EUT) de la STEP (Janvier - Mai 2025)

Les valeurs de DCO mesurées dans les EUB varient entre 2328 mg/L et 2942,73 mg/L, ce qui traduit une forte charge organique des eaux à l'entrée.

Après traitement, on observe une baisse notable des concentrations, avec des valeurs très faibles enregistrées, comme en février (18,75 mg/L) et en avril (20,91 mg/L). Cette diminution

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

significative démontre l'efficacité des traitements biologiques et physico-chimiques utilisés au sein de la station. Sachant que le seuil de rejet recommandé est fixé à 120 mg/L par les normes environnementales algales (JORA, 2006).

Bien que la STEP de Baraki garantisse une bonne réduction de la DCO, des efforts supplémentaires pourraient être anticipés pour atteindre des performances comparables à celles rapportées dans d'autres études. Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Grine et Remadella (2017), qui ont rapporté des valeurs allant de 27 à 62 mg/L.

II.3.4. La demande biochimique en oxygène (DBO5)

La Figure 17 montre les résultats obtenus pour la DBO₅ (demande biologique en oxygène sur 5 jours).

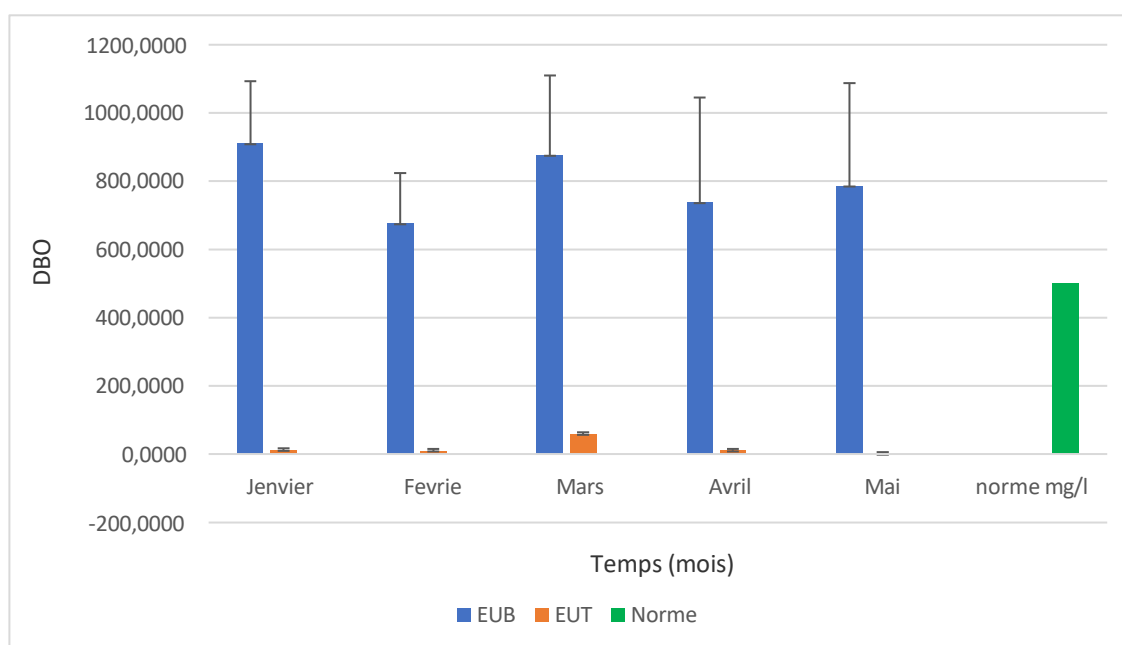


Figure 17 : Variations des valeurs de la DBO₅ de l'eau usée à l'entrée (EUB) et à la sortie (EUT) de la STEP (Janvier - Mai 2025)

En référence à la réglementation actuellement en vigueur, fixée à 500 mg/L par le JORADP, 2009, il ressort une légère différence entre les valeurs mesurées dans les eaux brutes et traitées (EUB et EUT).

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

Pendant toute la période d'étude (de janvier à mai), il est apparu que les valeurs de DBO₅ pour les eaux brutes (EUB) étaient élevées, certaines dépassant même la limite réglementaire. Ce taux élevé reflète la contribution significative de la charge organique des eaux industrielles ou domestiques non traitées. Lorsqu'elle est libérée dans l'environnement naturel, une telle charge peut provoquer une forte dissipation de l'oxygène, ce qui perturberait l'équilibre écologique des milieux aquatiques récepteurs.

Cependant, le mois de mars se distingue par une augmentation significative de la DBO₅ même dans les eaux traitées (EUT), avec une valeur bien supérieure à celles observées les autres mois. Ceci peut être lié à un dysfonctionnement temporaire du système de traitement, à une surcharge hydrique ou organique, ou encore à des conditions environnementales particulières (variation de température, de pH ou de concentration en matière organique).

Globalement, les résultats montrent que la STEP de Baraki assure un traitement efficace des eaux usées, réduisant considérablement la charge organique dans la plupart des cas.

Ces résultats restent toutefois un peu plus élevés que ceux rapportés par Grine et Remadella (2017), qui ont observé une valeur moyenne de 30 mg/L, ce qui suggère qu'un renforcement du suivi ou des ajustements techniques pourrait améliorer davantage les performances de la station.

II.3.5. Les matières en suspension (MES)

La figure 18 compare la concentration de matières en suspension (MES) dans les eaux brutes et traitées (EUB et EUT) à la station de purification de Baraki entre janvier et mai 2025 à la valeur standard de 35 mg/L (JORADP, 2006).

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

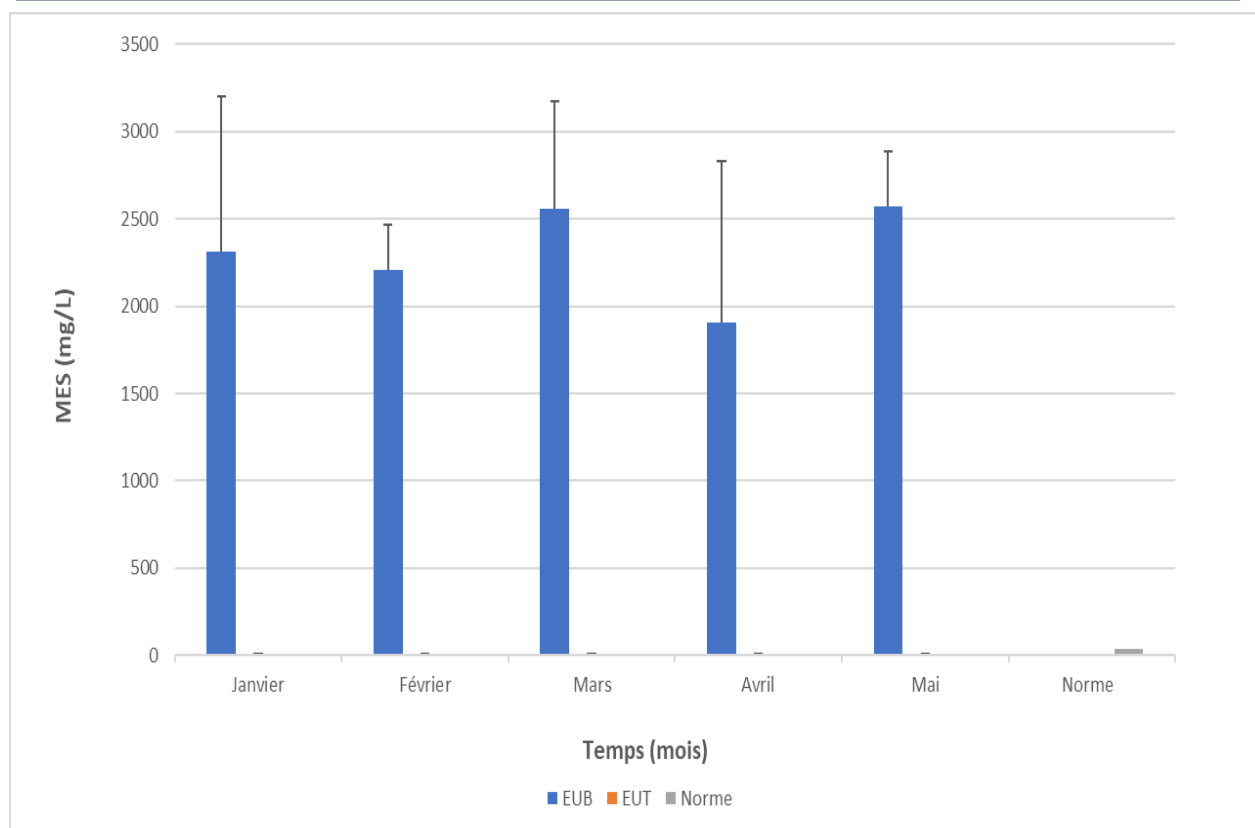


Figure 18 : Variations des valeurs du MES de l'eau usée à l'entrée (EUB) et à la sortie (EUT) de la STEP (Janvier - Mai 2025)

Tout au long de la période d'étude, la concentration de MES dans les EUB varie entre 1 905 mg/L et 2 573 mg/L. Ces valeurs indiquent une forte charge en particules solides, ce qui est typique des eaux usées industrielles et domestiques non traitées. Cela souligne à quel point un prétraitement efficace est crucial pour prévenir l'empiètement des installations et réduire la pollution des milieux aquatiques récepteurs.

En revanche, Les eaux traitées (EUT) ont des valeurs significativement plus faibles, allant de 3,818 mg/L à 10,08 mg/L, toutes inférieures à la limite réglementaire de 35 mg/L. Cela indique que le processus de clarification utilisé à la STEP de Baraki a bien fonctionné.

Bien qu'il y ait eu une légère augmentation en Mars, probablement due à un déséquilibre hydraulique ou à une brève baisse de l'efficacité de filtration, les résultats globaux étaient très satisfaisants.

Ces résultats sont inférieurs à ceux rapportés par Chadouli et Belabbas (2017), qui ont trouvé une concentration de 14 mg/L dans les eaux traitées, ce qui montre une diminution notable de MES à la STEP de Baraki durant la période étudiée.

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

II.3.6. Nitrates (NO_3^-)

La figure 19 illustre le suivi des concentrations de nitrates (N-NO_3^-) dans les eaux brutes (EUB) et traitées (EUT) dans la STEP de Baraki de janvier à mai 2025.

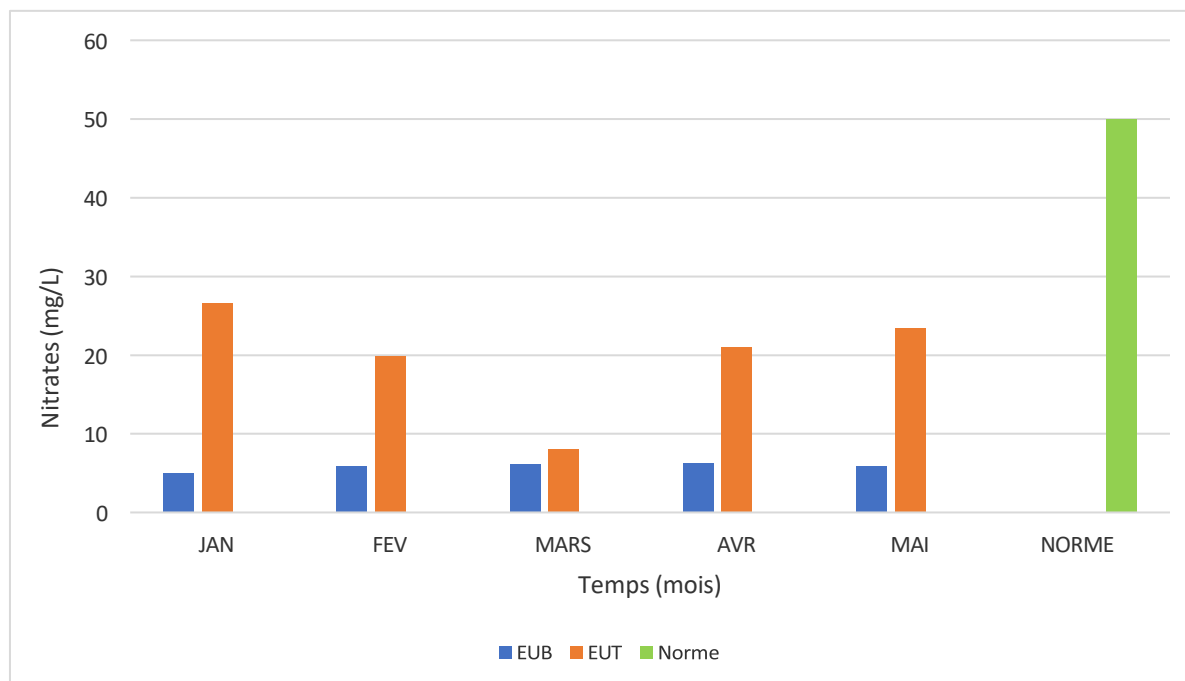


Figure 19 : Variations des valeurs du Nitrates (NO_3^-) de l'eau usée à l'entrée (EUB) et à la sortie (EUT) de la STEP (Janvier - Mai 2025)

Avec très peu d'exceptions, les concentrations post-traitement sont systématiquement inférieures à celles des eaux brutes, démontrant ainsi l'efficacité globale du processus de traitement mis en œuvre.

Les variations mensuelles des concentrations d'eau brute montrent une augmentation significative en mars, probablement en raison des apports saisonniers d'azote, tels que l'utilisation d'engrais agricoles, les dépôts atmosphériques suite aux précipitations, ou même la dilution par l'eau domestique.

Cependant, les processus biologiques et physico-chimiques des STEP ont effectivement réduit les nitrates dans le monde entier. Cependant, dans certains cas, les concentrations dans les eaux traitées restent relativement élevées, ce qui pourrait s'expliquer par une nitrification incomplète ou limitée, en particulier lorsque les facteurs environnementaux (tels que la disponibilité du carbone, le temps de séjour, la température, etc.) sont défavorables aux processus biologiques.

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

En effet, comme l'explique Boubki (2016), cette accumulation de nitrates peut être attribuée à l'absence de dénitrification par les bactéries dénitrifiantes, un phénomène entravé par la forte concentration en oxygène dans le bassin biologique alimenté par un réacteur de surface.

Les résultats restent inférieurs à la norme recommandée par l'OMS (2004), soit 50 mg/L, ce qui témoigne d'une conformité sanitaire. Toutefois, une attention particulière doit être accordée à l'optimisation du processus de traitement afin d'éviter toute pollution azotée des milieux récepteurs.

Comparativement, les valeurs obtenues dans notre étude sont plus élevées que celles rapportées par Grine et Remadella (2017), qui ont enregistré une concentration de seulement 4 mg/L, soulignant ainsi l'importance d'un contrôle rigoureux du fonctionnement de la STEP pour assurer une meilleure élimination des composés azotés.

II.2.8. Azote ammoniacale

La Figure 20 met en évidence les évolutions des concentrations en azote ammoniacal des eaux usées brutes (EUB) et traitées (EUT) par la station d'épuration (STEP) de Baraki entre janvier et mai 2025.

Celles-ci varient, dans le cas des EUB, entre 30,405 mg/L et 38,725 mg/L, montrant une légère hausse au fil des mois, traduisant une charge croissante en azote organique issue probablement de sources domestiques ou industrielles.

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

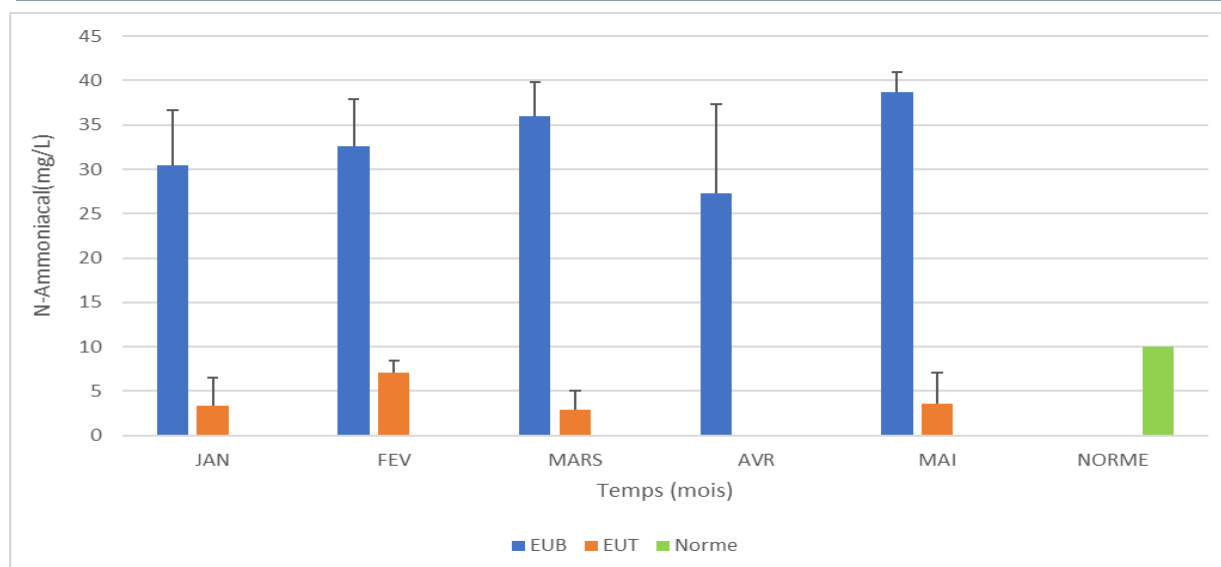


Figure 20 : Variations des valeurs de l’Azote ammoniacale de l’eau usée à l’entrée (EUB) et de la sortie (EUT) de la STEP (Janvier - Mai 2025)

Quant aux eaux traitées (EUT), elles présentent des concentrations significativement plus faibles, allant de 2,96 mg/L (en mars) à 7,04 mg/L (en février), toutes inférieures à la norme réglementaire de rejet fixée à 10 mg/L selon le JORADP n°26 du 16 avril 2006. Cela atteste de l’efficacité du traitement appliqué à la STEP de Baraki, capable de ramener les concentrations d’ammonium à des niveaux conformes aux exigences environnementales. À noter, l’absence de données pour le mois d’avril en EUT, probablement due à une omission ou un incident technique ponctuel, sans incidence sur la tendance générale.

Par ailleurs, les résultats obtenus sont nettement inférieurs à ceux rapportés par Grine et Remadella (2017), qui ont observé une concentration de 17,1 mg/L, ce qui souligne la performance du système de traitement à Baraki durant la période étudiée.

Il est également important de noter que les nitrites peuvent résulter soit d’une oxydation incomplète de l’ammonium, indiquant une nitrification non achevée, soit d’une réduction des nitrates, comme l’a précisé Rodier (1996). Ces phénomènes dépendent fortement des conditions opératoires telles que le taux d’oxygène, la température et la disponibilité du carbone.

En conclusion, la STEP de Baraki assure un traitement efficace de l’azote ammoniacal, en maintenant des valeurs conformes à la réglementation, bien que l’évolution croissante des concentrations en entrée impose un suivi rigoureux des charges azotées et des performances du procédé.

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

II.2.9. Azote Totale

Le courant mensuel des concentrations en azote total (NT) dans les eaux usées brutes (EUB) et traitées (EUT), pendant la période de janvier à mai 2025, est représenté dans la Figure 21.

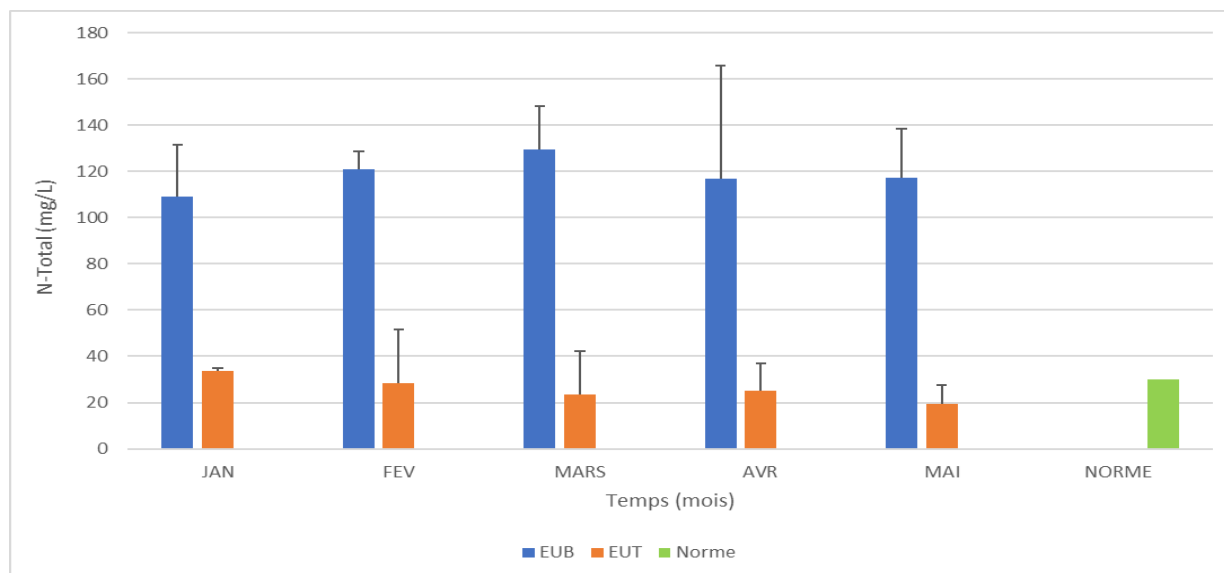


Figure 21 : variations des valeurs de l’Azote Total de l’eau usée à l’entrée (EUB) et de la sortie (EUT) de la STEP (Janvier - Mai 2025)

Les concentrations en entrée (EUB) apparaissent relativement stables mais à des niveaux élevés, variant de 109 mg/L en janvier à un maximum de 129,64 mg/L en mars. Ces valeurs se traduisent par une forte charge en azote industriel et domestique, ainsi qu'en azote ammoniacal, nitrates et azote organique (urée, protéines), entre autres formes.

Inversement, les concentrations d'eaux traitées (EUT) montrent une diminution notable, passant de 33,51 mg/L en janvier à 19,49 mg/L en mai. Cette diminution significative démontre l'efficacité du traitement utilisé par la STEP de Baraki, en particulier à partir de mars lorsque les concentrations tombent en dessous du seuil réglementaire de 30 mg/L fixé par le Décret Exécutif n° 06-141 du JORA n° 26 de 2006. Cette évolution se traduit par une amélioration progressive de la performance du système d'épuration au cours de la période d'étude.

De plus, cette diminution de la quantité globale d'azote dans les effluents traités suggère un fonctionnement de la station plus stable et optimisé tout au long de la chaîne de traitement. Cependant, la présence de fortes concentrations à l'entrée nécessite une surveillance régulière de la charge azotée et du rendement de la station afin de maintenir la conformité réglementaire et d'éviter toute surcharge future qui pourrait compromettre l'efficacité du processus

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

II.3.7. Phosphore Totale (PT)

La Figure 22 illustre l'évolution des concentrations en phosphore total (PT) dans les eaux usées brutes (EUB) et les eaux traitées (EUT) par la station d'épuration de Baraki entre janvier et mai 2025.

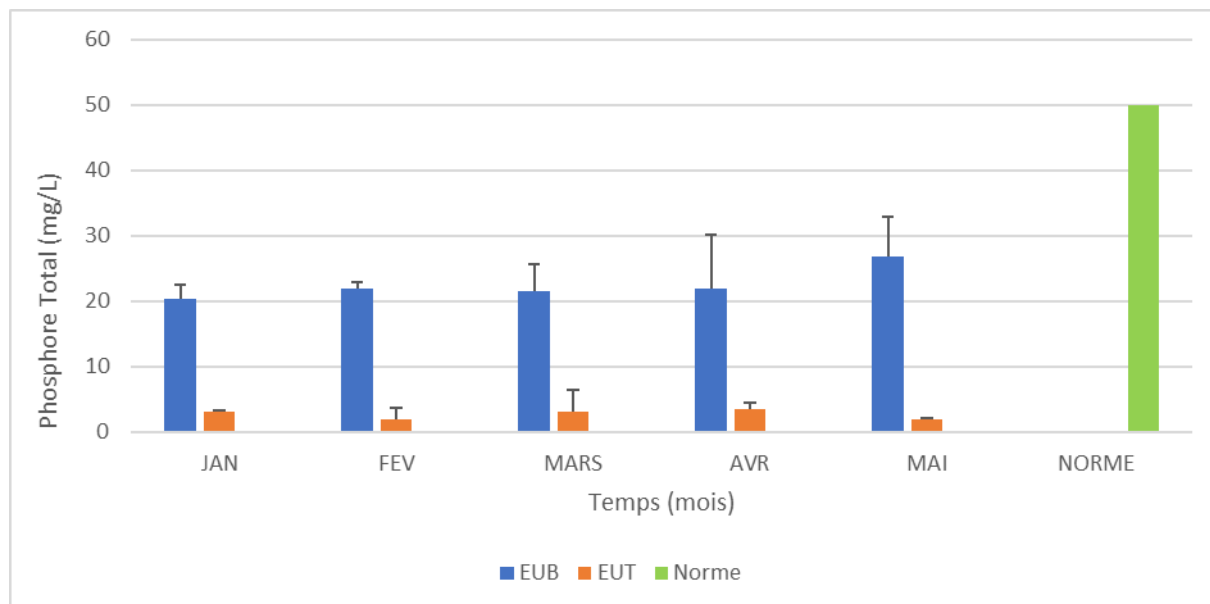


Figure 22 : Variations des valeurs du Phosphore Totale (PT) de l'eau usée à l'entrée (EUB) et de la sortie (EUT) de la STEP (Janvier - Mai 2025).

Il ressort que les concentrations en PT dans les EUB présentent une tendance générale à la hausse, passant de 20,35 mg/L en janvier à 26,885 mg/L en mai, ce qui peut être lié à une

augmentation des activités anthropiques ou à des apports accrus en nutriments (effluents domestiques, agricoles ou industriels).

En revanche, pour les eaux traitées (EUT), les concentrations en phosphore total sont nettement plus faibles, variant entre 1,962 mg/L (mai) et 3,419 mg/L (avril). Ces valeurs restent bien en dessous de la norme de rejet de 50 mg/L fixée par le JORA (2009), ce qui démontre l'efficacité du traitement mis en place à la STEP de Baraki.

Cependant, on remarque de légères fluctuations mensuelles dans les concentrations des EUT, possiblement dues à des variations des conditions de fonctionnement (débit, température, charge organique) ou à la performance variable des procédés de traitement du phosphore (coagulation chimique ou élimination biologique).

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

Toutefois, selon l'Office National de l'Assainissement (ONA, 2015), les concentrations en phosphore total dans les eaux traitées ne devraient pas dépasser 2 mg/L. Ainsi, certaines valeurs enregistrées dépassent ce seuil, suggérant un suivi plus rigoureux des apports en phosphore et de l'efficacité du traitement pour éviter une surcharge du système.

En comparaison avec les travaux de Grine et Remadella (2017), qui ont rapporté une concentration de 4,79 mg/L, les résultats de la STEP de Baraki restent relativement proches, mais indiquent une marge d'amélioration possible pour répondre aux exigences plus strictes comme celles de l'ONA..

III.2. Paramètres bactériologiques

III.2.1. *Escherichia coli* (*E. coli*)

La Figure 23 montre l'apparition des colonies d'*Escherichia coli* sur milieu CCA sous forme de taches bleu foncé à violet, dues à l'activité des enzymes β -D-galactosidase et β -D-glucuronidase. Cette coloration permet de différencier clairement *E. coli* des autres coliformes.

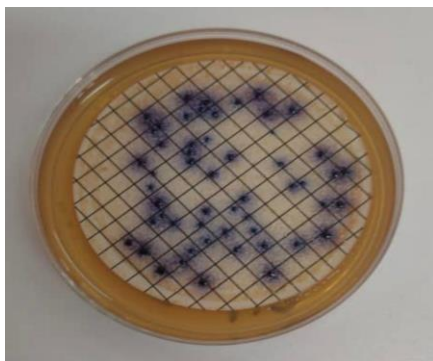


Figure 23 : Mise en évidence des colonies d'*Escherichia coli* sur milieu chromogène (CCA)

III.2.2. *Entérocoques intestinaux*

Les colonies typiques sont roses à rouge, bombées, avec confirmation sur gélose B.E.A à 44°C où elles présentent un halo noir.

Les entérocoques étant plus résistants dans l'environnement que les *E. coli*, leur présence en baisse indique une réduction globale de la contamination fécale ancienne et persistante.



Figure 24 : Les colonies d'entérocoques intestinaux après la confirmation sur le milieu SL

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

III.2.3. Coliformes totaux

Les colonies Coliformes totaux sont roses à rouge et doivent être testées à l'oxydase : une coloration bleue indique un non-coliforme.



Figure 25 : Les colonies coliformes totaux après la confirmation sur le milieu BEA

Les résultats quantitatifs sont regroupés dans la figure 26. Celle-ci illustre l'évaluation de la concentration bactérienne dans les eaux usées traitées en 2025, en se basant sur trois types de bactéries indicatrices : *Escherichia coli* (E. coli 18h), les entérocoques intestinaux (*Entérocoques* 24h) et les coliformes totaux (Bact. Coliformes 18h).

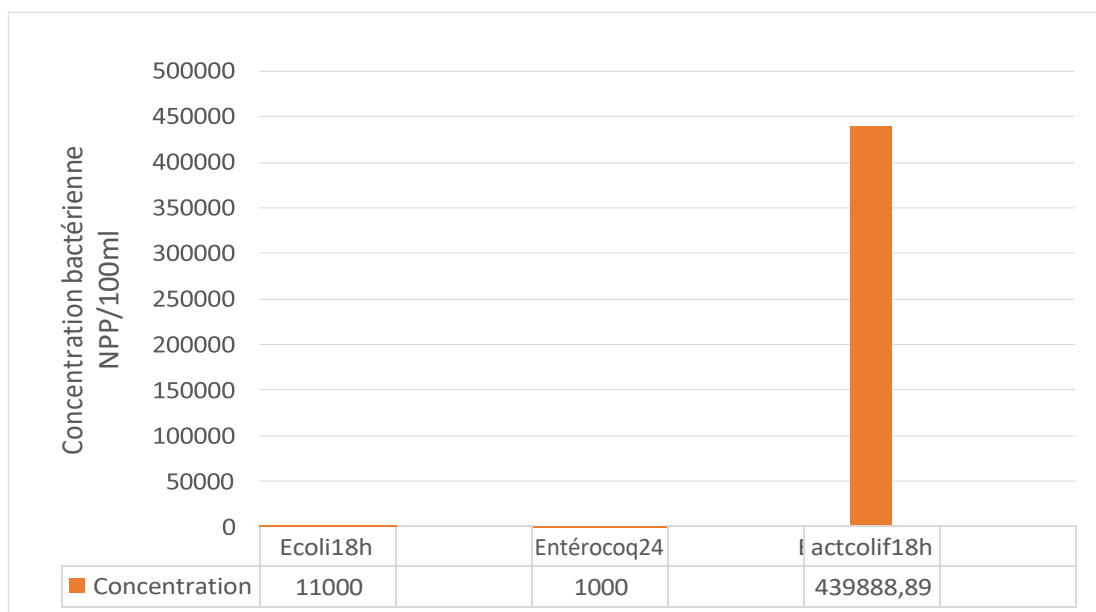


Figure 26 : Evaluation de la concentration bactérienne dans les eaux usées traitées

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats révèlent une concentration très élevée de coliformes totaux (439 888,89 UFC/100 mL), suivie de *E. coli* avec 11 000 UFC/100 mL, et enfin les entérocoques avec 1 000 UFC/100 mL. Ces valeurs, bien qu'obtenues après traitement, indiquent une persistance notable de la charge microbienne, suggérant une efficacité partielle du système d'épuration en place.

III.2.4. Suivi temporel des indicateurs microbiologiques dans les eaux usées

La figure 27 explore le suivi temporel des indicateurs microbiologiques dans les eaux usées entre 2022 et 2025.

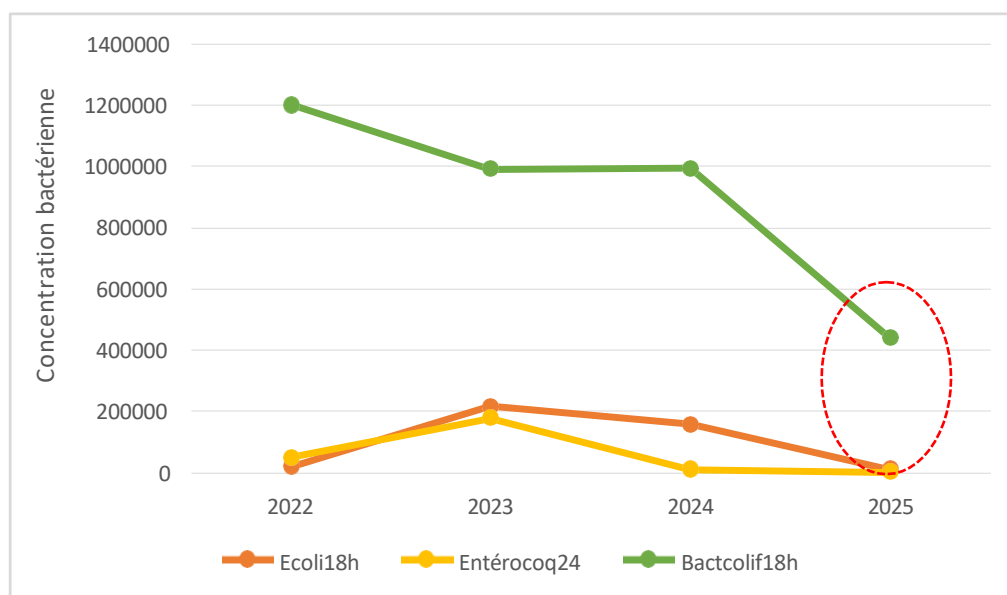


Figure 27 : Suivi temporel des indicateurs microbiologiques dans les eaux usées entre 2022 et 2025

Le graphe montre une tendance décroissante générale des trois indicateurs microbiologiques de 2022 à 2025. Cette évolution positive suggère :

- Un renforcement des traitements appliqués aux eaux usées.
 - Une meilleure gestion des sources de contamination (ex. : rejets domestiques, industriels).
 - Un suivi rigoureux et conforme aux normes de surveillance bactériologique.
- *E. coli* : L'analyse montre une très chute entre 2023 (215706,67 UFC/100mL) et 2025 (11000 UFC/100mL), ce qui atteste de la mieux de la qualité des eaux usées traitées. Cette réduction proviendrait d'un traitement des eaux usées amélioré ou d'un milieu

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

moins favorable à la croissance des bactéries ; elle est également un bon indicateur d'une pollution fécale récente en diminution.

- Entérocoques intestinaux : Après un pic en 2023 (178651,75 UFC/100mL), la concentration chute à 1000 UFC/100mL en 2025.
- Coliformes totaux (Bactofil18h) : Baisse notable de 1 200 000 UFC/100mL (2022) à 439888,89 UFC/100mL (2025). Cette baisse traduit une amélioration du traitement des eaux en amont ou un meilleur contrôle de la contamination diffuse.

CONCLUSION GENERALE

Cette étude a contribué à l'évaluation de l'efficacité du système de traitement des eaux usées à la station d'épuration de Baraki, à travers l'analyse approfondie de plusieurs paramètres physico-chimiques (pH, DCO, DBO₅, MES, nitrates, phosphore totale, azote ammoniacal et total) et microbiologiques (*Escherichia coli*, entérocoques intestinaux, coliformes totaux), durant la période de janvier à mai 2025.

Les résultats obtenus révèlent une amélioration significative de la qualité physico-chimique des eaux traitées. Les concentrations en DBO₅, DCO, MES et nutriments azotés et phosphorés ont été remarquablement réduites après traitement, pour atteindre dans la majorité des cas des valeurs conformes aux seuils réglementaires fixés par le JORADP et de l'OMS. Cela démontre l'efficacité du procédé utilisé dans la filière eau de la STEP de Baraki, aussi bien en termes de dégradation de la matière organique que d'élimination des charges solides et nutritives.

Cependant, l'analyse microbiologique révèle une persistance préoccupante de la contamination bactérienne, avec des teneurs élevées en coliformes totaux ($\approx 440\ 000$ UFC/100 mL), *Escherichia coli* (11 000 UFC/100 mL) et entérocoques (1 000 UFC/100 mL). Ces valeurs dépassent largement les normes de rejet autorisées, ce qui indique une efficacité limitée du traitement vis-à-vis des germes pathogènes. Cela représente un risque réel pour les milieux récepteurs ainsi que pour toute forme de réutilisation de l'eau, notamment en agriculture.

En résumé, bien que la STEP de Baraki assure une bonne performance sur le plan physico-chimique, des insuffisances majeures persistent sur le plan bactériologique, justifiant la nécessité de :

- Renforcer les étapes de désinfection (chloration, UV, ozone),
- Assurer une surveillance régulière de la qualité microbiologique,
- Optimiser les conditions de fonctionnement (temps de séjour, aération, température),
- Et considérer l'étude de la filière boues, souvent négligée mais cruciale dans la gestion globale de l'épuration.

CONCLUSION GENERALE

Les données générées par cette étude constituent une base de réflexion précieuse pour améliorer les procédés existants et orienter les futures recherches vers une gestion durable, efficace et intégrée des eaux usées en Algérie.

Liste des Références bibliographiques

A

- **Adour, M., Benali, A., & Mahmoudi, F. (2019).** Impact des agricoles sur la qualité des eaux souterraines. *Revue des Sciences de l'Eau*, 32(2), 145–159.
- **Asano, T. (Éd.). (1998).** Wastewater Reclamation and Reuse. *Water Quality Management Library*, Volume 10. CRC Press.

B

- **Baumont, D., Castaing, J., & Talvas, J. (2004).** Les eaux usées domestiques : composition, impact et traitement. Éditions Techniques de l'Ingénieur.
- **Belaid, N. (2010).** Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques [Thèse de doctorat, École Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Université de Sfax et Université de Limoges].
- **Boubekki, T. & Boudjema, H. (2016).** Contrôle du rendement épuratoire de la station d'épuration de Baraki (Alger) [Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou].

C

- **Chadouli, M. & Belabbas, M. (2017).** Étude du fonctionnement de la digestion d'une station d'épuration des eaux usées urbaines : Cas de la STEP de Baraki (W. Alger) [Mémoire de Master, Université Saad Dahlab, Blida, Algérie].
- **Chang, R. (2010).** General Chemistry : The Essential Concepts (6^e éd.). McGraw-Hill.
- **Chadouli, M. & Belabbas, M. (2017).** Étude du fonctionnement de la digestion d'une station d'épuration des eaux usées urbaine : Cas de la STEP de Baraki (W. Alger) [Mémoire de Master].

D

- **Degrémont. (2005).** Water Treatment Handbook (7^e éd.). Degrémont – Lavoisier Publishing.
- **Djeddi, S. (2006).** Étude phytochimique, biologique et chimiométrique des substances naturelles isolées de *Centaurea pullata* L. d'Algérie et *Centaurea grisebachii* de Grèce [Thèse de doctorat, Université (nom à préciser)].

E

- **Edeline, F. (1980).** Réacteurs Anaérobies (Digesteurs). In *L'Épuration Biologique des Eaux Résiduaires : Théorie et Technologie* (pp. 207–253). Cebedoc, Liège, Belgique.

F

-Frank, R. (2002). Urban Runoff Pollution and Management. Environmental Science Press.

G

-Gaujous, D. (1995). La pollution des milieux aquatiques (2^e éd.). Québec : Griffon d'argile.

-Grine, G., et al. (2017). Methanobrevibacter smithii, a methanogen consistently colonising the newborn stomach. European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases, 36, 2449-2455.

H

-Hartani, T. (2004). La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie.

J

-Jalby, C ;(2007). La police technique et scientifique. Presses Universitaires de France.

-JORA (2012). Journal Officiel de la République Algérienne.

-JORADP (2006). Arrêté interministériel fixant les normes de rejets des effluents liquides, Journal Officiel n°26, 16 avril 2006.

-République Algérienne Démocratique et Populaire. (2009). Décret exécutif n°09-209 du 11 juin 2009 fixant les valeurs limites relatives aux rejets des établissements industriels et d'assainissement des eaux [JORADP, n°36].

K

-Khacheba, R. (2004). Essai de la réutilisation des eaux usées épurées de la STEP de Staoueli en agriculture [Mémoire d'ingénieur, I.N.A., El Harrach, Alger].

L

-Le Clech, B. (1998). Environnement et agriculture. Édition Synthèse Agricole, Bordeaux.

M

-Metahri, M. S. (s.d.). Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes : Cas de la STEP Est de Tizi-Ouzou [Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou].

-Ministère des Ressources en Eau – ONA. (2022). Mémoire technique de l'Organisation Nationale d'Assainissement.

O

-Office National de l'Assainissement (ONA). (2015). Rapport technique annuel sur la qualité des rejets des stations d'épuration.

-Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2004). Directives pour la qualité de l'eau de boisson – Volume 1 : Recommandations (3^e éd.). Genève : OMS.

-Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2017). Lignes directrices de qualité pour l'eau de boisson (4^e éd., intégrant le premier addendum). Genève : OMS.

R

-Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer (9^e éd.). Dunod.

-Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. (2009). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer (9^e éd.). Dunod.

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

-Rodier, J., Bernard, L., & Merlet, N. (1996). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^e éd., Dunod, Paris.

S

- SEAAL – Station d'épuration de Baraki. (2025). Procédures internes d'analyse physico-chimique des eaux usées. Document technique interne, non publié.

- SEAAL – Laboratoire central de Kouba. (2025). Protocole de dénombrement microbiologique des eaux usées (E. coli, coliformes, entérocoques). Document interne, non publié.

T

-Tose, L. M. (1999). Reducing production of excess biomass during wastewater treatment. Science of the Total Environment, 227(1), 1–8.

ANNEXE 01

1. Matériel pour les analyses physicochimiques

Matériel biologique :

- Eau épurée

Appareillages et verreries :

- Spectrophotomètre
- papier à Filtre en microfibre en verre Wattman
- Coupelle en aluminium.
- Balance analytique.
- Thermostat
- Pipette
- Hotte
- Incubateurs à (20°C, 105°C, et 155°C) ;
- Barreaux magnétiques
- Dispositif de filtration.
- Etuvage.
- LCK 114, 314, 350, 302, 303, 305, 339
- Pompe à vide.
- Flacons
- Eau distillée.
- Multi paramètres.
- Centrifugeuse.
- Système de filtration sous vide.
- Béchers.
- Creusets.
- Dessiccateur.
- Eprouvette graduée.
- Eprouvettes 100ml.
- Flacons avec bouchons pour DBO5.

ANNEXES

➤ Oxitop

➤ Pince.

2. Matériel d'analyses bactériologiques :

Appareillage et verreries :

➤ stériles de prélèvement

➤ Glacière avec accumulateurs de froid

➤ Flacons stériles de 10 mL contenant 9 mL d'eau distillée stérile

➤ Pipettes stériles (10 mL)

➤ Pipeteur manuel ou automatique

➤ Agitateur ou vortex

➤ Pompe à vide

➤ Système de filtration (entonnoir, support de membrane)

➤ Membranes filtrantes (0,45 µm, 47 mm)

➤ Pinces stériles

➤ Bec Bunsen

➤ Boîtes de Pétri stériles

➤ Marqueurs pour étiquetage

➤ Étuve à 37°C

➤ Étuve à 44°C

➤ des milieux de culture et bactéries ciblées

Milieu de culture	Bactéries ciblées
BEA (Bile Esculine Azide)	Entérocoques (E. faecalis, E. faecium)
CCA (Chromogenic Coliform Agar)	Coliformes totaux + E. coli
SL (Slanetz & Bartley)	Entérocoques intestinaux

ANNEXES

ANNEXE 02

Prélèvement (Échantillonnage) des eaux épurées

Prélèvement automatique



L'échantillonnage de l'eau brute est réalisé toutes les 24 heures par prélèvement automatique à partir de différents points. Ce système est équipé d'un mélangeur automatique depuis le répéteur.

Prélèvement manuel



Depuis le décanteur, nous remplissons l'eau au moment où elle s'écoule sur le côté, à l'aide d'Un flacon dans lequel un tuyau est placé pour faciliter le transfert manuel de l'eau. Il s'agit d'une méthode manuelle.

ANNEXES

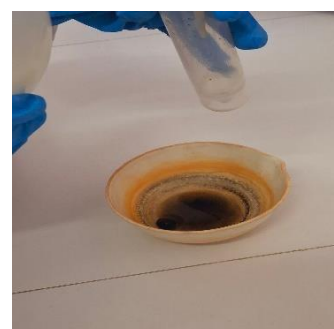
ANNEXE 03



Coupelle en aluminium



Balance analytique



Creuset



Etuvage



pompe à vide



Centrifugeuse



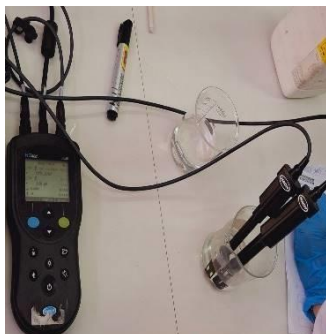
Flacons d'échantillons d'eau
thermostat



Photomètre portable HACH DR1900



ANNEXES



multi paramètre



flacon + oxitop



éprouvette graduée



Kit d'analyse LANGE (réactifs LCK)

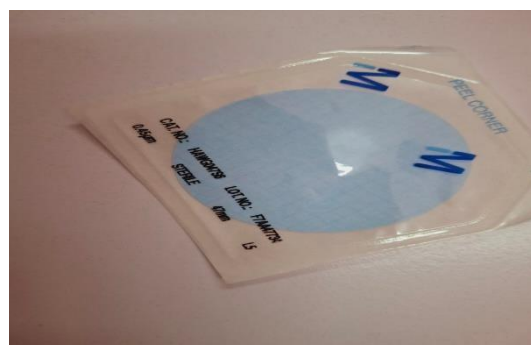


système de filtration sous vide multiple



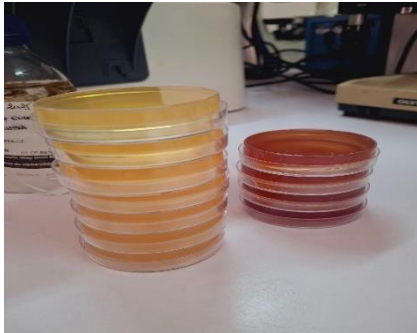
Bunsen

Bec



filtre membrane stérile

ANNEXES



Boîtes de Pétri contenant des milieux de culture



E.coli



Entérocoques



coliformes

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة البليدة 1

Université Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Filière : Hydrobiologie marine et Continentale

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master 2 en :

Ecosystèmes aquatiques

Thème

**Investigation sur la qualité des eaux usées de la STEP de
Baraki avant et après traitement**

Soutenu par :

Benaziez Djihane

et

Nessal Dallal

Devant le Jury :

OURIACHE H.

MCB

U.S.D. Blida1

Présidente

BOULHAIA I.

MCA

U.S.D. Blida1

Examinatrice

BELMESKINE H.

Professeur

U.S.D. Blida1

Promotrice

Le 29 /06 /2025