



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie

## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV

Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale

Option : Ecosystèmes Aquatiques

## Thème

Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des  
eaux usées de quelques stations d'épuration

Présenté par :

Soutenu le : 01 / 07 / 2024

ACHOUR Fatma zohra

OULDBOUSTAMI Amira kamar

Devant le jury:

Mme MOHAMED MAHMOUD F.

MCA /USDB1

Présidente

Mme OURIACHE H.

MCB/USDB1

Examinatrice

Mme BELMESKINE H.

MCA/USDB1

Promotrice

Année universitaire : 2023 /2024

## *Remerciements*

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Dr. BELMESKINE Hayet, Maître de conférences A, à la faculté SNV, on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous remercions les honorables membres du jury qui nous ont fait l'honneur de corriger et juger notre travail, Dr. Mohamed Mahmoud Fadhila (MCA) et Dr. Ouriach Hadjer (MCB), enseignants chercheurs à la faculté SNV. On adresse nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté à nous rencontrer et répondre à nos questions durant cette recherche.

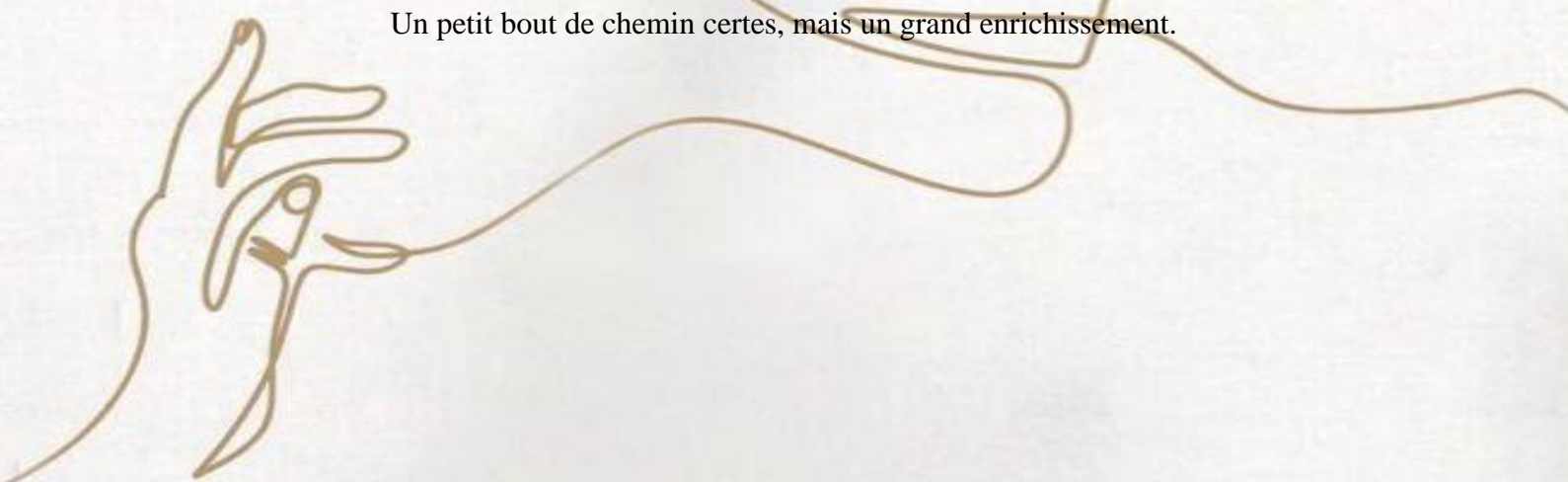
Notre attention se portera aussi plus particulièrement à Mr. TEFAHI Djamel, le responsable de laboratoire d'hygiène de Blida. Un homme qui nous a offert l'opportunité d'effectuer ce stage dans les meilleures conditions et qui nous a fortement impressionné par sa grande expérience et sa concrète contribution au bon déroulement de ce travail, et tout le groupe de laboratoire.

A notre encadrant externe, Mr. Ounas Zakaria chef du STEP de Beni Mered (ONA) et Mr. CHADOULI Mohamed chef du laboratoire, à qui nous adressons notre plus profonde reconnaissance pour leur bon encadrement et pour les conseils fructueux qu'ils n'ont cessé de nous prodiguer.

Nous adressons par la même occasion nos remerciements à Mme. GERRI chef du STEP de Boufarik (ONA) et Mme. GHERBI Fatma chef du laboratoire qui n'a épargné ni temps ni effort pour nous aider et pour répondre à nos questions.

Et toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail, qu'elles voient en ces mots l'expression de notre gratitude pour leur présence, pour leur dévouement et pour l'aide inestimable qu'elles nous ont apportées tout au long de ce parcours.

Un petit bout de chemin certes, mais un grand enrichissement.



*Je dédie ce travail à*

*A ma Chère Mère*

*À ma très chère mère, honorable et aimable*

*Vous m'avez donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Vos prières et vos bénédictions ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Tout ce que je peux vous offrir ne pourra jamais exprimer pleinement l'amour et la reconnaissance que je vous porte. Vous êtes pour moi la lumière qui me guide vers le chemin de ma réussite.*

*En témoignage, je vous offre ce modeste travail pour vous remercier de vos sacrifices consentis et de l'affection dont vous m'avez toujours témoignée. Que Dieu vous accorde une longue vie, vous protège et vous garde en bonne santé. Je t'aime, maman.*

*A mon père*

*Je vous remercie sincèrement, car grâce à vous, j'ai découvert ma force et ma résilience.*

*Vous avez fait de moi une femme courageuse et inébranlable.*

*A mon Cher Louafi Walid*

*Je dédie ce travail en reconnaissance de ton soutien et ta patience tout au long de ce voyage académique. Tu as été mon bras droit, ma source inestimable de force. Grâce à toi, j'ai pu surmonter les défis et persévérer dans les moments difficiles. Mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir. Merci de croire en moi et de m'encourager à chaque étape.*

*Que dieu te garde.*

*A mon Cher frère Badre Eddine et A ma Chère sœur Maria*

*Vous êtes ma source de bonheur, de réconfort et de complicité sans pareille, vos sourires illuminent mes journées et votre amour m'encourage à aller de l'avant. Vous avez été à mes côtés, partageant chaque moment d'émotion durant la réalisation de ce travail, renforçant ainsi notre connexion profonde. Que dieu vous protège.*

*A Tous les membres de ma Grande Famille et Ma Grand-Mère Haddad Zohore.*

*A mon Grand-père « Mahfoud » et à ma Grand-Mère « Louiza », Que dieu ait leur âme.*

*A ma Chère cousine Maroua*

*Pour son soutien et son affection*

*A ma Chère binôme Fatma Zahra*

*Ta collaboration, ton soutien et ta persévérance ont été d'une valeur inestimable tout au long de ce projet. Ensemble, nous avons surmonté les défis et célébré nos réussites. Merci d'avoir été une partenaire formidable.*

*A ma Chers Amis « Asma » et « Ayoub » Merci pour chaque encouragement, pour avoir rendu ce voyage inoubliable.*

*Et A tous mes collègues de promotion M2.*

*A Tout ce qui ont participé à ma réussite et à tous qui m'aiment*

*Amira Kamar*

*Je dédie ce travail à*

*Tout d'abord, je tiens à remercier Le Bon Dieu, Le Tout Puissant, qui m'a donné la santé, le courage et la foi pour arriver à ce jour. C'est avec gratitude et sincères mots que je dédie humblement ce projet à vous*

*A mon cher père*

*A mon père Omar, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi ; tu as été mon modèle d'honnêteté, de sérieux et de responsabilité. Ce travail est le fruit de tes sacrifices quand tu as consenti pour mon éducation et ma formation. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour*

*Ma chère Maman*

*A mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allume mon chemin, la première personne à soutenir mes ambitions, ma moitié Ma mère Houria.*

*Vous m'avez donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tu as été la lumière qui a éclairé mon chemin dans les moments sombres et tu as toujours cru en moi, même lorsque je doutais.*

*Mon cher frère, ma source de joie et de bonheur. Merci pour votre soutien constant, votre humour contagieux et votre présence réconfortante, je suis fière de vous avoir dans ma vie.*

*A tous les membres de ma grande famille (ACHOUR et MECHOUCHÉ), grands-parents, oncles et tantes, cousins et cousines. Être un membre de cette merveilleuse famille est un honneur pour moi.*

*Au frère que la vie m'a donné, Mohamed. Merci pour tout le soutien que vous m'avez apporté dans ce voyage.*

*Mes très chers collègues, Asma, Ayoub, Rachid et Taha et tous les étudiants M2 Ecosystèmes Aquatiques. Merci de votre amitié sincère et votre soutien sans faille*

*Ma chère binôme Amira Kamar*

*Finir ce chapitre à côté de vous a été une expérience inoubliable. Merci pour votre dévouement au travail, votre collaboration talentueuse et votre crédibilité.*

*Le sentier n'a pas été facile, mais la fin en vaut la peine.*

*Finalement, Je veux me remercier d'avoir cru en moi-même et de fait tout ce travail pour finir ce parcours.*

*Fatma zohra*

## Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer la qualité des eaux usées épurées dans les stations d'épuration de Beni Mered et Boufarik (Wilaya de Blida). Elle se focalise sur l'analyse de divers paramètres physico-chimiques (pH, température, MES, DBO5, DCO, CE, oxygène dissous) et bactériologiques (coliformes totaux et coliformes fécaux, streptocoques fécaux, ASR, *Salmonelle*, *Vibrion cholérique*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*,).

Les résultats obtenus ont été comparés aux normes de l'OMS et du JORAD. Les résultats montrent que la qualité physico-chimique des eaux usées traitées dans la STEP de Beni Mered est acceptable pour le rejet dans l'environnement. Par contre la STEP de Boufarik enregistre des moyennes élevées des MES (41,4 mg/l) et de DBO5 (112,5 mg/l), ces valeurs non conformes aux normes indiquent une charge polluante significative dans l'eau, ce qui peut avoir des impacts négatifs sur le milieu récepteur.

Par ailleurs, la qualité bactériologique des eaux usées épurées des deux STEP ne respecte pas les normes de rejet : La présence des germes pathogènes (*Salmonelle*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*) et les concentrations élevées des Coliformes totaux ( $>240 \times 10^4$  UFC/100 ml) et fécaux ( $35 \times 10^4$  UFC/100 ml) et de Streptocoques fécaux ( $54 \times 10^4$  UFC/100 ml), présentant ainsi un risque pour l'environnement et la santé publique. La station de Boufarik présente particulièrement plus de problèmes bactériologiques. Des mesures telles que l'amélioration de la surveillance, l'instauration de traitements complémentaires pour éliminer les germes pathogènes, et la sensibilisation des gestionnaires sont recommandées pour garantir une meilleure qualité des eaux épurées.

**Mots clés :** Epuration, Qualité physicochimique et bactériologique, STEP Beni Mered, STEP Boufarik.



# Abstract

The objective of this study is to assess the quality of treated wastewater in the wastewater treatment plants of Beni Mered and Boufarik (Wilaya de Blida). It focuses on the analysis of various physico-chemical parameters (pH, temperature, MES, DBO5, DCO, CE, dissolved oxygen) and bacteriological (total coliforms, fecal coliforms, fecal streptococci, ASR, *Salmonella*, *Vibrio cholera*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*,).

The results were compared to WHO and JORAD standards. The results shows that the physicochemical quality of the wastewater treated in the Beni Mered WWTP is acceptable for release into the environment. On the other hand, the Boufarik's WWTP records high averages of suspended matter (41.4 mg/l) and BOD5 (112.5 mg/l), these non-standard values indicate a significant pollutant load in the water, which can have negative impacts on the receiving environment.

Furthermore, the bacteriological quality of the purified wastewater of the two does not meet the discharge standards: the presence of pathogenic germs (*Salmonella*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*) and the high concentrations of total Coliforms ( $>240 \times 10^4$  CFU/100 ml) and faecal ( $35 \times 10^4$  CFU/100 ml) and faecal streptococci ( $54 \times 10^4$  CFU/100 ml), thus posing a risk to the environment and public health. The Boufarik's station presents particularly more bacteriological problems. Measures such as improved monitoring, the introduction of complementary treatments to eliminate pathogenic germs, and awareness of managers are recommended to ensure better quality of treated water.

**Keywords:** Purification, Physicochemical and Bacteriological quality, WWTP Beni Mered, WWTP Boufarik.

## الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم جودة مياه الصرف الصحي المعالجة في محطتي معالجة مياه الصرف الصحي في بني مراد وبوفاريك (ولاية البليدة). وهو يركز على تحليل مختلف المعلمات الفيزيائية الكيميائية (درجة الحموضة، درجة الحرارة، المادة المعلقة، الطلب البيولوجي على الأكسجين، الطلب على الأكسجين الكيميائي، التوصيل الكهربائي، الأكسجين المذاب) والبكتيريا (القولونيات الإجمالية، القولون البرازي، البكتيريا العقدية البرازية، الخلايا اللاهوائية الكبريتية، السالمونيلا، ضمة الكوليرا، المكورات العنقودية الذهبية، الزائفة الزنجارية).

وتمت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها بمعايير منظمة الصحة العالمية والجريدة الرسمية الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية. أظهرت النتائج أن الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في بني مراد مقبولة للتصريف في البيئة. من ناحية أخرى، سجلت محطة معالجة مياه الصرف الصحي في بوفاريك متوسطات عالية للمواد العالقة (41,4 ملغم/لتر) والطلب على الأكسجين البيولوجي (112,5 ملغم/لتر)، وتشير هذه القيم غير المتوافقة مع المعايير إلى وجود حمل ملوث كبير في مياه المحطة والتي يمكن أن يكون لها آثار سلبية على البيئة المتلقية.

علاوة على ذلك، فإن الجودة البكتريولوجية لمياه الصرف الصحي المعالجة في كلتا المحطتين لا تفي بمعايير التصريف: وجود الجراثيم المسببة للأمراض (السالمونيلا، الإشريكية القولونية، الزائفة، المكورات العنقودية) والتركيزات العالية والتركيزات العالية من إجمالي القولونيات ( $CFU/100 > 240 \times 10^4$ ) والبرازية ( $CFU/100 = 35 \times 10^4$ ) و المكورات العقدية البرازية ( $54 \times 10^4$  مل)، مما يشكل خطرا على البيئة والصحة العامة. تعرض محطة بوفاريك بشكل خاص المزيد من المشاكل البكتريولوجية. يوصى باتخاذ تدابير مثل المراقبة، وإدخال علاجات تكميلية للقضاء على الجراثيم المسببة للأمراض، ووعي المديرين لضمان جودة أفضل للمياه النقية.

**الكلمات المفتاحية:** المعالجة، الجودة الفيزيائية الكيميائية والبكتريولوجية، محطة معالجة مياه الصرف بني مراد، محطة معالجة مياه الصرف بوفاريك.

## **Liste des abréviations**

**ASR** : Anaérobie Sulfito-Réducteurs

**BCPL** : Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol

**BHIB** : Bouillon cœur-cervelle

**CE** : Conductivité électrique

**CF** : Coliformes Fécaux

**CT** : Coliformes Totaux

**D/C** : Double Concentration

**DBO<sub>5</sub>** : Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène

**DTA** : Tryptophane désaminase

**EE** : Eau Epurée

**EH** : Equivalent Habitant

**EMB** : Gélose Eosine au bleu de méthylène

**EPA** : Eau peptone alcaline

**GN** : Gélose Nutritive

**IPO** : Indice de Pollution Organique

**JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne

**MES** : Matière En Suspension

**NPP** : Nombre le Plus Probable

**OD** : Oxygène Dissous

**OMS** : Organisation Mondial de la Santé

**ONA** : Office Nationale d'Assainissement

**PR** : Poste de Refoulement.

**RM** : Rouge de Méthyle

**S/C** : Simple Concentration



**SF** : Streptocoques Fécaux

**SFB** : Bouillon Sélénite-Cystéine

**SS** : Gélose Salmonella-Shigella

**STEP** : Station d'Épuration des Eaux Usées

**UFC** : Unité Formant Colonie

**VF** : Viande Foie

**XLD** : Gélose Xylose-Lysine-Désoxycholate

## Liste des figures

Figure 1: Filière d'épuration des eaux usées .....	16
Figure 2: Vue aérienne de la STEP de Beni mered .....	21
Figure 3: Le traitement des eaux usées au sein de la station d'épuration de Beni mered .....	23
Figure 4: Vue aérienne de la STEP de Boufarik .....	24
Figure 5: Le traitement des eaux usées au sein de la station d'épuration de Boufarik .....	26
Figure 6: pH mètre.....	28
Figure 7: Conductimètre.....	29
Figure 8: Principe de la dillution .....	33
Figure 9: Variation mensuelle de la température à la sortie de la STEP de Beni mered et Boufarik.....	42
Figure 10: Variation mensuelle du pH à la sortie de la STEP de Beni mered et Boufarik .....	43
Figure 11: Variation mensuelle de l'oxygène dissous à la sortie de la STEP de Beni mered et Boufarik.....	44
Figure 12: Variation mensuelle de la conductivité électrique a la sortie de la STEP de Beni mered et Boufarik .....	45
Figure 13: Variation mensuelle des MES à la sortie de la STEP de Beni mered et Boufarik..	46
Figure 14: Variation mensuelle de la DBO5 a la sortie de la STEP de Beni mered et Boufarik	47
Figure 15: Variation mensuelle de la DCO à la sortie de la STEP de Beni mered et Boufarik	48
Figure 16: Variation hebdomadaire de nombre des Coliformes totaux dans les eaux épurées de la STEP de Beni mered et Boufarik.....	49
Figure 17: Variation hebdomadaire de nombre des Coliformes fécaux dans les eaux épurées de la STEP de Beni mered et Boufarik.....	50
Figure 18: Variation hebdomadaire de nombre des Streptocoques fécaux dans les eaux épurées de la STEP de Beni mered et Boufarik.....	51
Figure 19 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux en milieu liquide (test de présomption)	Annexes
Figure 20 : Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux (test de confirmation)	
Figure 21 : Recherche et dénombrement des Spores d'anaérobies sulfito-réducteurs	
Figure 22 : Recherche de Pseudomonas aeruginosa	
Figure 23 : Recherche des Salmonelles	
Figure 24 : Recherche de Vibriion cholérique	
Figure 25 : Recherche de Staphylococcus aureus	
Figure 26 : Matériel des analyses physico-chimiques et bactériologiques	
Figure 27 : Lecture des résultats des coliformes totaux et fécaux	
Figure 28 : Lecture des résultats des Streptocoques fécaux	
Figure 29 : Résultats de la recherche et du dénombrement des ASR	

## Liste des tableaux

Tableau I :Agents de coagulation .....	11
Tableau II : Données de base de la STEP de Beni mered .....	22
Tableau III : Données de base de la STEP de Boufarik .....	24
Tableau IV : Table de choix du volume d'échantillon dans la mesure de la DBO5 .....	31
Tableau V : Résultat de la recherche et le dénombrement des spores anaérobies sulfito- reducteurs dans les eaux usées traitées par la STEP de Beni mered et Boufarik .....	54
Tableau VI : Résultats de la recherche des bactéries pathogènes dans les eaux usées traitées par la STEP de Beni mered.....	55
Tableau VII : Résultats de la recherche des bactéries pathogènes dans les eaux usées traitées par la STEP de Boufarik.....	55
Tableau VIII : Aspect macroscopique et microscopique des colonies bactériennes.....	59
Tableau X : Table de Mac Grady(NPP) dans le cas du système d'ensemencement.	
Tableau IX : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).	
Tableau XI : Normes microbiologiques de rejet des eaux épurées (OMS 2006) .	

# Table des matières

## Résumé

## Liste des abréviations

## Liste des figures

## Liste des tableaux

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

## Chapitre I : Revue bibliographique

<b>I.1. Généralité sur les eaux usées .....</b>	<b>3</b>
<b>I. 1.1. Définition .....</b>	<b>3</b>
<b>I.1.2. Origine des eaux usées .....</b>	<b>3</b>
I.1.2.1. Eaux industrielles .....	3
I.1.2.2. Eaux urbaines .....	3
I.1.2.3. Eaux agricoles .....	4
I.1.2.4. Eaux pluviales .....	4
<b>I.2. Caractéristiques des eaux usées .....</b>	<b>4</b>
<b>I.2.1. Paramètres physicochimiques .....</b>	<b>4</b>
I.2.1.1. Température .....	4
I.2.1.2. Potentiel hydrogène (ph) .....	4
I.2.1.3. Conductivité électrique .....	5
I.2.1.4. Oxygène dissous .....	5
I.2.1.5. Demande chimique en oxygène .....	5
I.2.1.6. Demande biologique en oxygène .....	5
I.2.1.7. Matière en suspension .....	6
I.2.1.8. Matière volatile sèche .....	6
I.2.1.9. Matière minérale en suspension .....	6
I.2.1.10. Biodégradabilité .....	6
I.2.1.11. Turbidité .....	7
<b>I.2.2. Paramètres bactériologiques .....</b>	<b>7</b>
I.2.2.1. Germes indicateurs d'une contamination fécale (germes saprophytes) .....	7
I.2.2.1.1. <i>Les Coliformes</i> .....	7
I.2.2.1.2. <i>Germes pathogènes</i> .....	8
<b>I.3. Procédés de traitement des eaux usées .....</b>	<b>9</b>
<b>I.3.1. Prétraitement .....</b>	<b>9</b>
I.3.1.1. Dégrillage .....	9
I.3.1.2. Dessablage .....	9

I.3.1.3 Déshuilage-dégraissage .....	10
<b>I.3.2. Traitement primaire .....</b>	<b>10</b>
I.3.2.1. Décantation .....	10
<b>I.3.3. Traitement secondaire .....</b>	<b>11</b>
I.3.3.1. Bassin à boues activées .....	12
<b>I.3.4. Traitement tertiaire.....</b>	<b>15</b>
<b>I.4. Impacts des eaux usées .....</b>	<b>17</b>
<b>I.4.1. Impacts sur l'environnement (L'Ecosystème aquatique) .....</b>	<b>17</b>
<b>I.4.2. Impacts sur la santé humaine .....</b>	<b>18</b>

## **Chapitre II : Matériel et Méthodes**

<b>II.1. Présentation du lieu de stage .....</b>	<b>21</b>
<b>II.1.1. STEP de Beni-Mered .....</b>	<b>21</b>
<b>II.1.2. STEP de Boufarik .....</b>	<b>24</b>
<b>II.2. Matériel .....</b>	<b>27</b>
<b>II.3.Méthodes .....</b>	<b>27</b>
<b>II.3.1. Echantillonnage .....</b>	<b>27</b>
<b>II.3.2. Mode de prélèvement .....</b>	<b>27</b>
<b>II.3.3. Transport et conservation d'échantillon .....</b>	<b>27</b>
<b>II.3.4. Méthodes d'analyses physicochimiques .....</b>	<b>27</b>
<b>II.3.4.1. Mesure de la température .....</b>	<b>27</b>
<b>II.3.4.2. Mesure de pH .....</b>	<b>28</b>
<b>II.3.4.3. Mesure de la conductivité .....</b>	<b>28</b>
<b>II.3.4.4. Mesure de la concentration en oxygène dissous .....</b>	<b>29</b>
<b>II.3.4.5. Mesure de la matière en suspension .....</b>	<b>29</b>
<b>II.3.4.6. Mesure de la DBO<sub>5</sub> .....</b>	<b>30</b>
<b>II.3.4.7. Mesure de la DCO .....</b>	<b>31</b>
<b>II.3.5. Méthodes d'analyses bactériologique .....</b>	<b>32</b>
<b>II.3.5. 1. Préparation des dilutions .....</b>	<b>32</b>
<b>II.3.5. 2. Recherche et dénombrement des bactéries indicatrices de contamination fécale .....</b>	<b>33</b>

## **Chapitre III : Résultats et Discussion**

<b>III.1. Paramètres physicochimiques .....</b>	<b>42</b>
<b>III.1.1. La température .....</b>	<b>42</b>

<b>III.1.2. Le ph</b> .....	43
<b>III.1.3. Oxygène dissous</b> .....	44
<b>III.1.4. La Conductivité</b> .....	45
<b>III.1.5. Matières en suspension</b> .....	46
<b>III.1.6. La DBO5</b> .....	47
<b>III.1.7. La DCO</b> .....	49
<b>III.2. Paramètres bactériologiques</b> .....	50
<b>III.2.1. Coliformes totaux</b> .....	50
<b>III.2.2. Coliformes fécaux</b> .....	51
<b>III.2.3. Streptocoques fécaux</b> .....	52
<b>III.2.4. Spores Anaérobies Sulfito-réducteurs</b> .....	54
<b>III.2.5. Germes pathogènes</b> .....	55
<b>Conclusion générale</b> .....	62
<b>Références bibliographiques</b> .....	65
<b>Annexes</b> .....	73

## Introduction

---

Le rejet des eaux usées dans la nature sans les épurer est l'un des principaux phénomènes qui contribuent à la pollution de l'environnement, à la contamination des eaux souterraines et par la suite à la propagation des maladies. Traitée correctement, elle devient une source vitale de nutrition, d'hygiène et de développement économique en termes de son utilisation en irrigation ou en industrie. Sa pureté est synonyme de santé pour les écosystèmes et les êtres humains. La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée. Certains procédés permettent même l'élimination de l'azote et du phosphore. Une grande majorité de ces polluants est transférés de la phase liquide vers une phase concentrée boueuse (Salghi, 2017).

Le procédé d'épuration à boue activée est le procédé le plus utilisé en Algérie pour traiter les eaux usées. Selon un rapport de 2017 de l'office national d'assainissement (ONA), l'Algérie dispose de 137 stations d'épuration qui évacuent 16 millions de mètres cubes d'eaux usées épurées par mois. Cependant, ce volume reste extrêmement faible par rapport aux grandes quantités d'eaux usées générées (pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %, seules 20% des eaux usées collectées sont traitées) et qui sont toujours déversées dans différents milieux naturels (Hartani, 2004 ; ONA, 2017).

Ce travail réalisé au niveau des stations d'épuration de Beni Mered et Boufarik a pour but d'optimiser le fonctionnement du traitement biologique de ces stations en vue d'améliorer la qualité de l'eau épurée, en analysant les paramètres physicochimiques et bactériologiques et de savoir si le rejet de ces eaux ne causera pas de problèmes pour le milieu naturel récepteur et par conséquent pour l'homme.

Ce travail est organisé en trois chapitres :

- Le **premier chapitre** concerne les généralités sur les eaux usées, les étapes du procédé d'épuration et l'impact de ces eaux sur la santé humaine et environnementale.
- Le **deuxième chapitre** est consacré à la description générale de la station d'épuration des eaux usées de **Beni Mered** et **Boufarik** et au matériel et méthodes analytiques utilisés dans cette étude.
- Le **dernier chapitre** inclut les résultats expérimentaux obtenus et leurs discussions.
- Enfin une **conclusion générale**.



# **Chapitre I :**

## **Revue bibliographique**

## I.1. Généralité sur les eaux usées

### I. 1.1. Définition

L'effluent entrant en station d'épuration est dénommé "eau usée" (**Bakiri, 2007**). Les eaux usées sont toutes les eaux parvenant dans la canalisation d'eaux usée dont les propriétés naturelles sont transformées par l'utilisation domestique, les principales entreprises industrielles, l'agriculture et autre (**Gommella et Gurree, 1983**). Donc Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels. Ces eaux usées sont collectées dans un réseau d'égout ; apparaissent comme un liquide trouble généralement grisâtre ; contenant des matières grasses et des autres en suspension d'origine minéral et organique à des teneurs extrêmement variables (**Rodier, 2009**)

Les eaux usées doivent être traitées avant d'être rejetées dans l'environnement naturel pour éviter des dommages graves. L'assainissement urbain regroupe toutes les techniques visant à assurer à la fois l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et des eaux usées, ainsi qu'à assurer leur épuration, selon le zonage où est implantée l'habitation (**Brière, 2012 ; Kerloc'h et Maelstaf, 2014**).

### I.1.2. Origine des eaux usées

#### I.1.2.1. Eaux industrielles

Les eaux usées industrielles proviennent des différentes usines de fabrication ou de transformation (**Schmidt, 2005**). La qualité de ces eaux varie selon le type d'industrie, en plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir : des acides, des bases et divers produits chimiques, des matières radioactives, des graisses et des hydrocarbures (**Bentamra, 2020**)

#### I.1.2.2. Eaux urbaines

Elles proviennent de différentes utilisations de l'eau domestique (**figure 1**). Ce sont un mélange d'eaux contenant des déchets humains : urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, sous forme dissoute ou en suspension (**Loucif et al., 2020**).

### I.1.2.3. Eaux agricoles

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. (**Gadri, 2019**). Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport des eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais.
- Apport de pesticides chlorés ou phosphorés de désherbants d'insecticides.
- Apport de sulfate de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection de vignes en région viticole (**Richard, 1996**).

### I.1.2.4. Eaux pluviales

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulés des polluants atmosphériques, poussières, détritiques, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules. Les eaux de pluies, sont déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration (**Metahri, 2012**).

## I.2. Caractéristiques des eaux usées

### I.2.1. Paramètres physicochimiques

#### I.2.1.1. Température

La température, en tant que facteur physiologique, influence le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau. Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (notamment l'oxygène) dans l'eau, ainsi que dans la détermination du pH et de la vitesse des réactions chimiques (**Belokda, 2009 ; Salembéré, 2009**)

#### I.2.1.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est la concentration d'ions hydrogène dans une solution. Dans l'eau, ce facteur est d'une importance exceptionnelle, en particulier dans les procédés de traitement. L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en  $H_3O^+$  (noté  $H^+$  pour simplifier). De manière à faciliter cette expression ; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion  $H^+$  : c'est le pH (**Belghitimi et al., 2013 ; Ghazali et Zaid, 2013**).

$$pH = \log 1/[H^+]$$

### **I.2.1.3. Conductivité électrique**

La mesure de la conductivité de l'eau permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. La mesure de la conductivité est plus utilisée dans l'optique de détection d'une éventuelle pollution, que les autres paramètres n'auraient pas mis en lumière (Ex. : métaux lourds dissous dans l'eau) (**Salghi, 2017**)

### **I.2.1.4. Oxygène dissous**

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation biologique des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose. Sa concentration est très faible dans les eaux usées brutes, du fait des concentrations importantes en composés réducteurs et de l'activité des microorganismes présents (**Rejsek, 2002**).

### **I.2.1.5. Demande chimique en oxygène**

La demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder principalement les composés organiques présents dans l'eau. Les substances qui se trouvent dans l'eau sont traitées chimiquement dans des conditions d'oxydation très sévères, pour estimer aussi celles qui sont difficilement dégradables biologiquement, comme les composés organiques chlorés (**Bliefert et Perraud, 2011**).

### **I.2.1.6. Demande biologique en oxygène**

La Demande Biologique en Oxygène (DBO) est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour assimiler la pollution biodégradable sur une période définie. En effet, une période allant de 21 à 28 jours serait nécessaire aux micro-organismes pour assimiler la totalité de la pollution biodégradable. Il a été déterminé qu'une période de 5 jours correspondait à l'assimilation de la pollution biodégradable carbonée (oxydation), et qu'ensuite les micro-organismes assimilaient la pollution biodégradable azotée (nitrification). (**Office International de l'eau, 2005**)



### **I.2.1.7. Matière en suspension**

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'œil nu, théoriquement non solubilisées ou colloïdales (**El Hachemi et al, 2012**). Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel, elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (**Rodier, 1996**). Les MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS}$$

Où : MMS : fraction minérale

MVS : fraction organique

### **I.2.1.8. Matière volatile sèche**

C'est la partie des matières en suspension susceptibles d'être volatilisées à 550° C. Les MVS sont généralement assimilées aux matières organiques en suspension. Ils s'expriment en mg/L (**Mira, 2008**).

### **I.2.1.9. Matière minérale en suspension**

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles en suspension. Elles représentent donc le résidu minéral de la calcination et correspondent à la présence de sels, silice, etc. (**Gaid, 1984**).

### **I.2.1.10. Biodégradabilité**

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans les processus d'épuration biologique des eaux. Elle est exprimée par un coefficient K, avec  $K = \text{DCO} / \text{DBO}_5$ .

La valeur du coefficient k détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique (**Metahri, 2012**).

### I.2.1.11. Turbidité

La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matière en suspension (argile, limons, particules colloïdales, plancton, organismes microscopique) qui donne un aspect trouble à l'eau (**Potelon et Zysman, 1998**). Celle-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace.

### I.2.2. Paramètres bactériologiques

Dans le domaine de l'hygiène, les analyses bactériologiques se concentrent souvent sur des micro-organismes indicateurs plutôt que sur des pathogènes. Ces indicateurs n'impliquent pas nécessairement un risque pour la santé publique. On distingue principalement deux types d'indicateurs : les indicateurs de contamination fécale, qui permettent d'évaluer le risque de contamination par des matières fécales susceptibles de transporter des pathogènes, et les indicateurs d'efficacité de traitement, qui servent à mesurer la qualité du traitement de désinfection de l'eau en termes de présence de micro-organismes pathogènes potentiels dans l'eau brute. En général, les mêmes germes sont utilisés dans les deux cas (**Rodier, 2005**).

Selon **Le journal officiel Algérien, 2006** ; les examens concernant les critères microbiologiques de l'eau minérale doivent comporter la détermination quantitative et le dénombrement des microorganismes suivants :

#### I.2.2.1. Germes indicateurs d'une contamination fécale (germes saprophytes) :

##### I.2.2.1.1. Les Coliformes

Les coliformes sont des micro-organismes en forme de bâtonnet, non sporogènes, Gram négatif, appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ils sont capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires. Les coliformes sont susceptibles de fermenter le lactose et le mannitol avec production d'acide et de gaz en 48 heures à des températures de 35 à 37°C.

**A. Coliformes Fécaux** : Les Coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés de structure et de culture, caractéristiques des coliformes totaux, mais après incubations à la température de 44° C (**Rodier et al., 2009 ; Dellaras, 2010**). L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* ; principale bactérie de contamination fécale.

**B. Streptocoques Fécaux :** Les streptocoques fécaux sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur recherche associée à celle des coliformes fécaux constitue un bon indice de contamination fécale. (AFNOR, 1994). Les streptocoques fécaux (ou streptocoques du groupe D ou entérocoques) sont des bactéries aérobies-anaérobies facultatives, à Gram positif qui se présentent sous forme de coques en courtes chaînes. Ils ont la capacité de croître à une température entre 10 et 45°C, à un pH alcalin de 9,6 dans une solution contenant 6,5 de NaCl. Ces caractéristiques sont utilisées pour leur identification (Chevalier, 2002).

### *1.2.2.1.2. Germes pathogènes*

**A. Les Salmonelles :** Les salmonelles possèdent les caractères généraux de la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce sont des bacilles Gram négatif, souvent mobile par ciliature péritriche, non sporulés, anaérobies, facultatives, fermentent le glucose avec ou sans production de gaz, possédant une catalase positive, oxydase négative et H<sub>2</sub>S positif sauf certaines souches de salmonella paratyphi A (CEAEQ, 2011). Il en existe deux types selon leur pathologie, les salmonelles typhiques qui provoquent la fièvre typhoïde et les salmonelles non typhiques responsables de gastro-entérites (Vaubourdolle, 2007).

**B. Vibron Cholérique :** Les vibrons cholériques appartiennent à la famille de *Vibrionaceae*. Ce sont des bacilles à Gram négatif, incurvés en virgule, parfois isolés ou groupés par deux ou plus, mobiles grâce à la présence d'un cil polaire unique, non sporulés et non capsulés. Ils ont un métabolisme aérobie préférentiel, oxydase positive, se développant bien dans l'eau (température > 15°C), dans les milieux humides, alcalins (pH > 8) et salés (Avril et al., 2000 ; Delarras, 2006 ; Konate, 2006). Ils provoquent une maladie diarrhéique strictement humaine qui est le choléra.

**C. Spores Anaérobies Sulfite-Réducteurs (Les Clostridium) :** Les *Clostridium Sulfite-réducteurs* sont des bacilles Gram positif, anaérobies stricts, capables de sporuler réduisant les sulfites en sulfures (Cavallo et al., 2002). Les clostridium sulfite-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale.



### I.3. Procédés de traitement des eaux usées

L'épuration des eaux résiduaires consiste à en retirer le plus de déchets possibles avant de les évacuer (**Hadj-Sadok, 1999**) (**figure 1**).

La composition d'une eau usée est très diversifiée suivant son origine. Chaque installation est par conséquent, conçue pour répondre à un besoin spécifique. Les technologies utilisées se développent et se perfectionnent constamment par la recherche de technologies ou de procédés nouveaux et par la mise en place de nombreux automatismes pouvant diminuer efficacement la dégradation environnementale de ressources précieuses en eau et détruire les agents pathogènes humains potentiels (**Prescott et al., 2007**).

- Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, trois niveaux de traitements sont définis :

1. Les traitements primaires.
2. Les traitements secondaires.
3. Les traitements tertiaires.

#### I.3.1. Prétraitement

Les eaux usées doivent subir, avant leur traitement proprement dit, un pré-traitement. Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait un gêne pour les traitements ultérieurs.

##### I.3.1.1. Dégrillage

Le dégrillage consiste à séparer les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute (**Alexandre et al., 1998**). Il permet de protéger les ouvrages en aval de l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les unités de l'installation, de séparer des matières volumineuses qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements.

##### I.3.1.2. Dessablage

Après le dégrillage, l'eau s'écoule dans un ensemble de bacs appelés dessableurs /déshuileurs. Les matières fines mais lourdes (sable, terre, gravier ...) se déposent au fond du bassin par décantation ensuite sont évacués, régulièrement.

### I.3.1.3. Déshuilage-dégraissage

Le déshuilage-dégraissage piège les particules de densité plus faible que l'eau. Il intercepte ainsi les huiles, les graisses, les hydrocarbures, les corps flottants tels que fragment de bois, polystyrène, plastique... (Otv, 1999).

### I.3.2. Traitement primaire

Le traitement primaire constitue une pré-épuration non négligeable pour garantir la quantité du rejet en milieu naturel. Il fait appel à différents procédés physiques et chimiques. Les matières décantables se déposent au fond ou flottent à la surface par différence de densité ou après l'adjonction de produit agglomérant les matières, accélérant leur flottation ou leur sédimentation (Satin et Selmi, 2006)

#### I.3.2.1. Décantation

La décantation a pour principe d'éliminer les particules en suspension par gravité, les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé « Décanteur » pour former les « les boues primaires ». Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage (Vilaginés, 2010).

Elle est soit physique (dite **décantation physique**) soit chimique (dite **décantation chimique**).

- **Décantation physique**

L'élimination des matières en suspension présentes dans le milieu liquide est réalisée par sédimentation en utilisant uniquement les forces de gravité, c'est le principe de la décantation.

➤ Différents types de décanteurs :

- Décanteur à piston.
- Décanteur cylindre-conique.
- Décanteur circulaire.
- Décanteur longitudinal.
- 

- **Décantation chimique**

C'est une décantation physique accélérée par des agents chimiques. Elle comporte des phases suivantes :

### ➤ Une phase de coagulation :

C'est l'adjonction des réactifs appelés **coagulants** qui sont d'origine minérale (sel de fer, sel d'alumine), ces réactifs déstabilisent les colloïdes par la neutralisation de leur charge électrostatique.

**Tableau I : Agents de coagulation (Desjadins, 1997)**

Produit	Formule chimique
Sulfate d'alumine	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
Sulfate de fer	$\text{FeSO}_4$
Aluminate de soude	$\text{NaAlO}_2$
La chaux	$\text{Ca}+(\text{OH})_2$
Chlorure ferrique	$\text{FeCl}_3$

L'ajout de ces coagulants permettent l'accroissement de la taille des MES et une décantation plus rapide, déstabiliser les suspensions colloïdales, La réduction de la turbidité et la concentration en polluants dissous par précipitation (**Gregorio et al.,2007**).

### ➤ Une phase de floculation :

Elle consiste à ajouter des polymères pour provoquer une agglomération des colloïdes et la formation des floes qui vont sédimenter (**Gregorio et al., 2007**). La décantation primaire élimine environ 70% de MES de l'eau.

### **I.3.3. Traitement secondaire**

Si les prétraitements font appel à des procédés physiques, le traitement secondaire est une épuration biologique (L'utilisation de la flore bactérienne). C'est lors de ce traitement que s'élimine l'essentiel de la pollution carbonée biodégradable.

Il constitue le second grand stade de l'épuration des eaux de raffinages. Ce stade est destiné initialement à éliminer la  $\text{DBO}_5$  et la DCO qui subsistent après l'épuration physico-chimique (**Koller, 2009**).

## Chapitre I : Revue bibliographique

---

Plusieurs types de bassins ou réacteurs sont utilisés, selon que les micro-organismes sont fixés sur un support ou en suspension dans l'eau. On parle de :

- **Culture bactérienne libres ou boues activées** lorsque la biomasse est en suspension : ici on reproduit en accéléré les mécanismes **d'autoépuration des milieux aquatiques**.
- **Culture bactérienne fixées ou lits bactériens** lorsque la biomasse est fixée sur un support : ici on reproduit en accéléré le mécanisme de **biofiltration par le sol**.

### I.3.3.1. Bassin à boues activées

Consiste à mettre en contact l'eau usée avec une biomasse épuratrice qui est en fait un écosystème simplifié et sélectionné faisant appel à des micro-organismes. Le temps de contact eau usée biomasse est de l'ordre de 6 à 10 heures.

C'est un procédé visant à éliminer les matières, principalement, organiques par les boues activées grâce à l'apport en continu de l'oxygène de l'air.

Une équation simplifiée du traitement secondaire peut s'écrire :

**Eau usée + Biomasse + Oxygène -----» Eau épurée + accroissement de la biomasse+ gaz.**

Une partie des boues formées sera recyclé dans le bassin d'aération pour en assurer le réensemencement en micro-organismes, l'excès de boues étant extrait et traité.

#### ➤ *Action des micro-organismes*

Les boues activées sont composées essentiellement de micro-organismes hétérotrophes qui vont dégrader les matières organiques, et des produits de dégradation, dont les matières azotées, transformé en nitrates.

L'introduction d'oxygène par aération est donc indispensable à leur action. Les micro-organismes sont maintenus en mélange intime avec l'eau à traiter et ainsi, entrent constamment en contact avec les polluants organiques des eaux résiduaires.

La dégradation éventuelle du nitrate (en diazote) peut être provoquée en plaçant les boues en conditions anoxiques (présence de nitrate et absence d'oxygène), soit par phase dans le bassin

## Chapitre I : Revue bibliographique

---

d'aération (celle-ci étant interrompue) soit dans un bassin non aéré, nommé bassin d'anoxie. Cette dégradation est faite par des bactéries spécifiques.

### ➤ Evolution d'une culture bactérienne

La croissance bactérienne nécessite la présence d'éléments nutritifs, en particulier l'azote N et le phosphore P. Il faut que les valeurs de DBO<sub>5</sub>, de N et de P soient dans les rapports : 100, 5 et 1, respectivement. La croissance bactérienne tolère une gamme de pH allant de 5 à 9 avec une zone optimale de 6 à 8. De nombreuses substances peuvent avoir un effet toxique sur l'activité des micro-organismes, en particulier les métaux lourds (Cu, Cr, Cd), même en faible quantité (0,1 mg/L). Quand certaines substances carbonées organiques comme le phénol et les cyanures arrivent de façon régulière, la population bactérienne peut s'acclimater à une certaine concentration de ces substances (formation de souches adaptées) (**Monod, 1942**)

Se réalise en deux étapes qui sont chronologiquement, **la nitrification et la dénitrification**.

### ➤ La nitrification :

Cette étape consiste à oxyder l'azote organique sous forme d'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) puis en nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) par l'intermédiaire des micro-organismes autotrophes, comme les Nitrosomonas et les Nitrobacter. De plus, il a été reconnu que certaines bactéries hétérotrophes sont capables de réaliser la réaction de nitrification (**Campos, 2008**)



La nitrification exige des besoins en oxygène supplémentaire. Ce dernier joue le rôle d'accepteur d'électrons.

**La nitrification n'est possible que si certaines conditions sont réunies :**

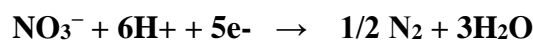
- Charge massique assez faible inférieure à 0,15 Kg DBO<sub>5</sub>/Kg MS/j à 12C.
- Teneur d'O<sub>2</sub> dissous suffisante dans le bassin d'aération.
- pH optimal voisin de 8, TAC (alcalinité totale) doit être suffisante pour éviter une baisse du pH.
- Age des boues est de 10 à 20 jours en fonction de la température.
- Teneur très faible en éléments toxiques tels que les métaux (Zinc, Plomb, Nickel,

Cuivre), les phénols, les cyanures.

### ➤ La dénitrification

La dénitrification est un processus dans lequel certaines bactéries réduisent l'azote nitrique à un état plus faible d'oxydation (anoxie). Cette dénitrification est réalisée par des bactéries hétérotrophes qui utilisent l'oxygène des nitrates comme accepteur final d'électrons, en absence d'oxygène libre (**Martin-Mousset et al., 1997**).

**L'équation globale simplifiée est :**



Les conditions de dénitrification sont les suivantes :

- Une bonne nitrification, préalable.

Une source de carbone organique disponible aisément biodégradable et un apport carbone/azote suffisant ( $\text{DBO}_5/\text{N-NO}_3 > 5$ ).

- Des conditions d'anoxie.
- Un pH optimum compris entre 7 et 8,5.

La dénitrification possède plusieurs avantages :

- Elle confère à la boue activée une meilleure décantabilité tout en évitant les phénomènes de dénitrification sauvage dans le clarificateur (remontée de la boue en surface).
- Elle permet, également, de rééquilibrer l'alcalinité du système biologique et enfin de récupérer jusqu'à 50 % environ des taux d'oxygène nécessaires à la nitrification. Cependant, il est intéressant d'associer les deux phénomènes (nitrification et dénitrification) pour des raisons d'économie d'énergie et de maintien du pH et de l'alcalinité (**Debroux et Wilson, 1996**)

### **I.3.4. Traitement tertiaire**

Nommé aussi les traitements complémentaires qui ont pour but d'éliminer la pollution azotée et phosphatée, les MES et matière organique, ainsi que la pollution biologique des eaux usées ayant déjà subi au préalable des traitements primaires et secondaires qui s'avèrent insuffisants. Pour cela, les traitements tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires, afin de garantir une meilleure protection des milieux naturels récepteurs (**Bakiri, 2007**).



# Chapitre I : Revue bibliographique

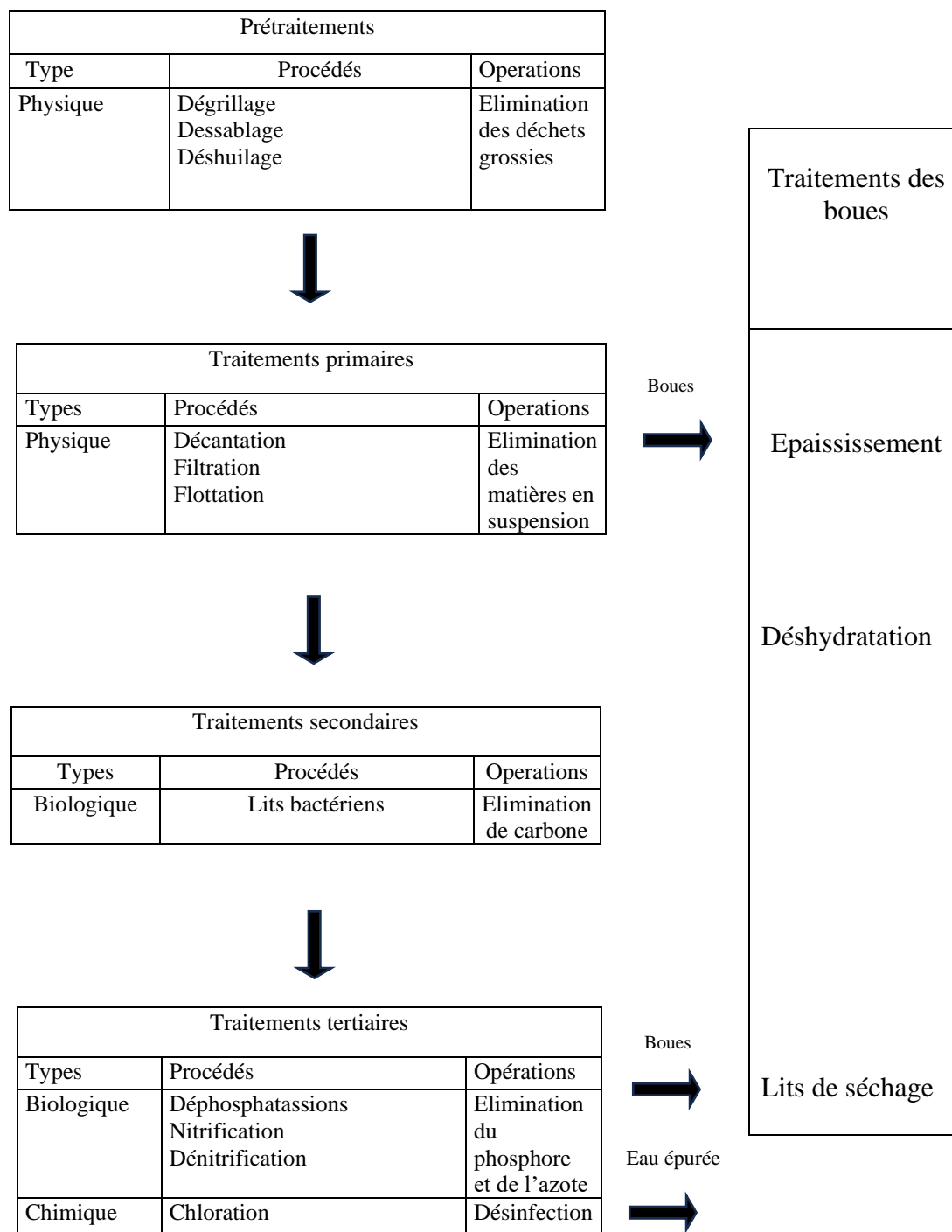


Figure 1 : Filière d'épuration des eaux usées (ONA, 2022)

### **I.4. Impacts des eaux usées**

#### **I.4.1. Impacts sur l'environnement (L'Ecosystème aquatique)**

Le rejet des eaux usées brutes perturbe l'équilibre du milieu récepteur, la quantité de pollution de rejet est devenue incompatible avec les capacités d'autoépuration des cours d'eau et provoque des conséquences néfastes :

- Dégradation du milieu naturel.
- Pollution des mers, des lacs et des cours d'eau.
- Risque de contamination des eaux souterraines

La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible par l'infiltration de ces dernières (**FAO, 2003**). La qualité de l'eau des nappes phréatiques peut être dégradée, si l'étanchéité de la station d'épuration ou de la lagune est défectueuse ou lorsque le système d'assainissement non collectif présente des dysfonctionnements (**Baumont et al., 2004**).

Il arrive que les déchets soient déversés directement dans le milieu naturel. La présence excessive de phénomène d'eutrophisation, c'est-à-dire la prolifération d'algues qui diminue la quantité d'oxygène contenue dans l'eau et peut provoquer à terme la mort de poissons et des autres organismes aquatiques qui y vivent. Les métaux lourds comme le mercure, le chrome et l'arsenic, peuvent avoir des effets sur les espèces aquatiques les plus fragiles. Sous certaines conditions physico-chimiques, certains métaux lourds tels que le mercure peuvent s'accumuler le long de la chaîne trophique et avoir un impact sur l'homme (**JORADP, 2006**).

Les solides en suspension et les matières colloïdales constituent un facteur de pollution important. Par diffusion et absorption de la lumière, ils empêchent le passage de cette dernière et accroissent la turbidité de l'eau, affectant ainsi gravement l'état écologique des masses d'eau et peuvent même être dangereux pour les baigneurs. Le passage du rayonnement solaire est entravé et par conséquent la production de phytoplancton est réduite. Les solides en suspension et les matières colloïdales peuvent avoir des effets nocifs sur les organismes aquatiques et assurer une protection contre les agents pathogènes dans des processus de destruction naturels et artificiels. Les solides en se déposant forment des fonds boueux susceptibles d'affecter les communautés d'invertébrés et bloquer les couches du fond recouvertes de gravier sur lesquelles les poissons pondent leurs œufs (**UNPE, 2011**).

## Chapitre I : Revue bibliographique

---

À partir d'une certaine dose, les substances polluantes ont un effet toxique sur les êtres vivants. Cela signifie que, lorsqu'elles pénètrent dans l'organisme (essentiellement par ingestion, mais parfois par respiration), elles sont néfastes à sa survie ou sa santé. Une distinction est faite entre la toxicité aiguë et la toxicité chronique (**Margot et al., 2011**) :

1. La toxicité aiguë est la réaction soudaine de l'organisme à une quantité importante d'une substance toxique. Elle peut entraîner la mortalité partielle ou totale des différents êtres dans le milieu pollué. Parfois, elle ne provoque pas de mortalité mais réduit fortement la capacité des organismes à survivre à une autre perturbation.

2. La toxicité chronique est la réaction d'un organisme exposé sur une longue période à de petites quantités de substances polluantes. Elle fait suite à la présence régulière (voire permanente) de ces substances en faible concentration dans l'eau. Elle peut provoquer des maladies, des déficiences physiologiques (le dysfonctionnement d'un organe par exemple), mais peut aussi affecter la reproduction (**Gassara et al., 2011**).

L'irrigation par les eaux usées provoque une augmentation de la concentration des sols en élément minéraux nutritifs (l'azote, le phosphore et le potassium) (**Cherak, 1999**). Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie (**Chelle et al., 2005**).

### **I.4.2. Impacts sur la santé humaine**

Les eaux usées présentent un risque sanitaire direct de par la présence d'organismes pathogènes, comme des bactéries (Ex. : *choléra*, *salmonella*, *shigella*), de virus (Ex. : virus de l'hépatite, entérovirus, poliovirus, virus de Norwalk) et de parasites (Ex. : protozoaires tels *Giardia* et *Cryptosporidium* et helminthes) (**OMS, 1993 ; WRI, 1996**). A l'échelle mondiale, la mortalité par les maladies à transmission hydrique reste un problème majeur de santé publique (**Caselli et al., 2002**).

L'organisation mondiale de la santé (**OMS**) considère que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : des dizaines, voire des centaines de millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement, et l'élaboration des normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue par un risque pour la santé (**OMS, 2005**).

## Chapitre I : Revue bibliographique

---

On compte, comme dangers sanitaires indirects pour l'homme, la consommation de poissons ou de mollusques rendus toxiques par la présence de bactéries, de métaux ou de composés organiques que l'on retrouve dans les eaux usées (**Waldichuck, 1989**) ou l'exposition, au cours d'activités récréatives, à des eaux ayant fait l'objet d'une contamination microbienne (**Edsall et Charlton, 1996**). Aux risques pour la santé humaine des rejets d'eaux usées domestiques s'ajoutent ceux pour l'environnement.

Les agents biologiques pathogènes pour l'homme peuvent être d'origine bactériologique, parasitaire ou virale, et peuvent être à l'origine de nombreuses maladies, entre autres : le choléra, la fièvre, les hépatites virales et les salmonelloses (**Coulibaly, 2005**). Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie (**Chelle et al., 2005**).

En plus des agents pathogènes, d'autres composants des eaux usées, comme les concentrations élevées de nutriments, les métaux lourds et les contaminants émergents (CEC), sont dangereux pour les humains. Exemples de CEC et impacts sur les personnes :

- **Métaux lourds** : peut-être ingéré lorsque les gens mangent du poisson et des crustacés. Au fil du temps, les métaux se bioaccumulent et causent des dommages aux organes et interfèrent avec les fonctions corporelles critiques (**Littmann et al., 2020**).
- **Pharmaceutiques** : les produits de soins personnels et les produits d'entretien ménager peuvent perturber le système endocrinien, entraînant des conséquences négatives sur la santé reproductive (**Crini et al., 2020**).
- **Pseudo-nitzschia australis** : un type d'algue, produit de l'acide domoïque qui s'accumule dans les organismes aquatiques et provoque un trouble neurologique appelé Amnesic Shellfish Poisoning (ASP) chez l'homme. Comme beaucoup d'autres toxines transmises par les algues, de petites doses au fil du temps provoquent éventuellement des symptômes. Dans le cas de l'ASP, cela comprend les convulsions, les hallucinations, les pertes de mémoire et les vomissements (**Grant, 2010**).

## **Chapitre II : Matériel et Méthodes**

Cette étude s'est étalée sur une période allant du 05 février jusqu'au 19 Mai de l'année 2024. Des analyses physico-chimiques ont été effectuées au sein des laboratoires des stations d'épuration de Béni Mered et Boufarik. Les analyses bactériologiques ont été réalisées au niveau du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida.

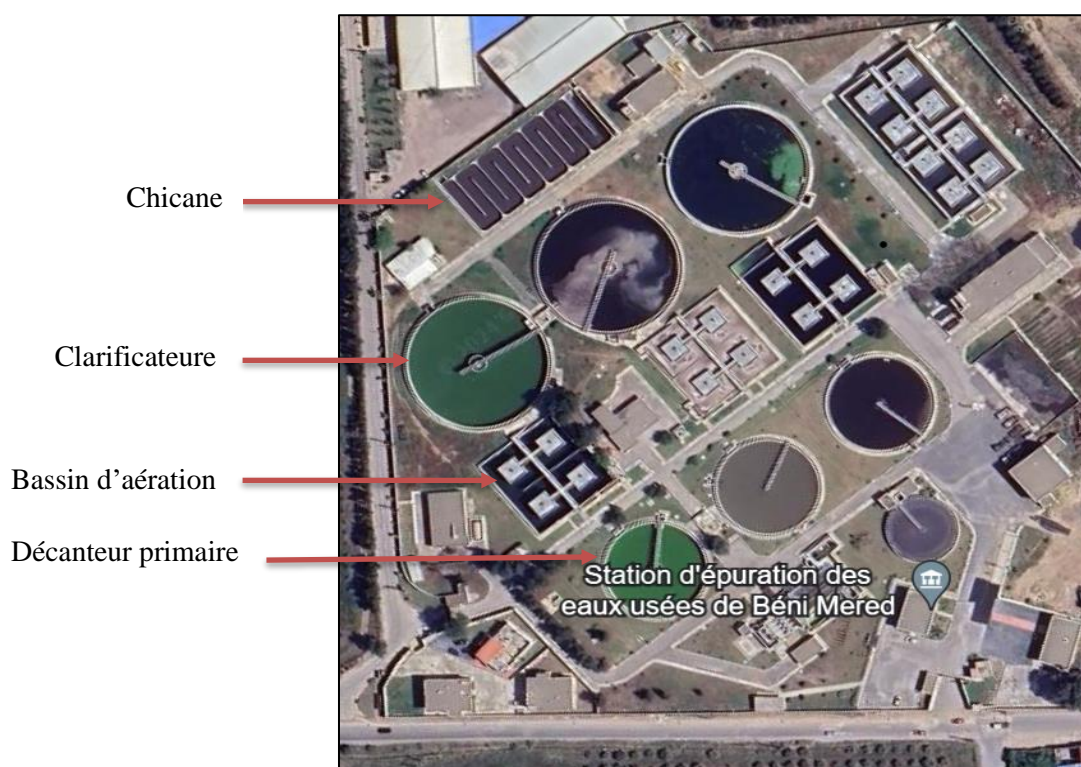
### II.1. Présentation du lieu de stage

#### II.1.1. STEP de Beni-Mered

La station traite les eaux usées de l'aire urbaine de Blida-Beni Mered et des industries connectées. Elle est implantée sur 06 Hectares, située à l'Est à proximité d'Oued Béni Azaa, environ 05 km au nord-est de Blida. La station d'épuration est dimensionnée pour une capacité de 383 000 équivalents habitants à l'horizon 2030, dont une proportion d'effluent industriels représentant 40 000 équivalent habitant (tableau II).

Cette STEP est pilotée par l'ONA (Zone d'Alger) depuis les années quatre-vingt (**Maazouz, 2022**) (**figure 2**).

Elle traite les eaux usées issue de grand Blida soit ; Commune de Beni Mered, Commune de Blida, Commune d'Ouled Yaich et Commune de Bouarfa.



**Figure 2** : Vue aérienne de la STEP de Beni Mered (Google earth)

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

**Tableau II** : Données de base de la STEP de Beni Mered (**Maazouz, 2022**).

Capacité nominale	383 000 EH
Débit de pointe journalier	51 560 m <sup>3</sup> /j
Débit de pointe temps sec	3 310 m <sup>3</sup> /h
Débit de pointe de pluie	4 800 m <sup>3</sup> /h

Le traitement des eaux usées au sein de la station d'épuration de Beni Mered s'effectue en 4 étapes (**figure 3**) :

1. Prétraitement : dégrillage, déshuilage, dessablage.
2. Traitement primaire.
3. Traitement biologique.
4. Traitement des boues : épaissement, stabilisation, déshydratation.



### Prétraitement



**Bâche d'arrivée**



**Dégrillage**



**Déshuilage / Dessablage**

↓  
**Traitement primaire**



**Decanteur primaire**

↓  
**Traitement Secondaire**



**Bassin biologique**



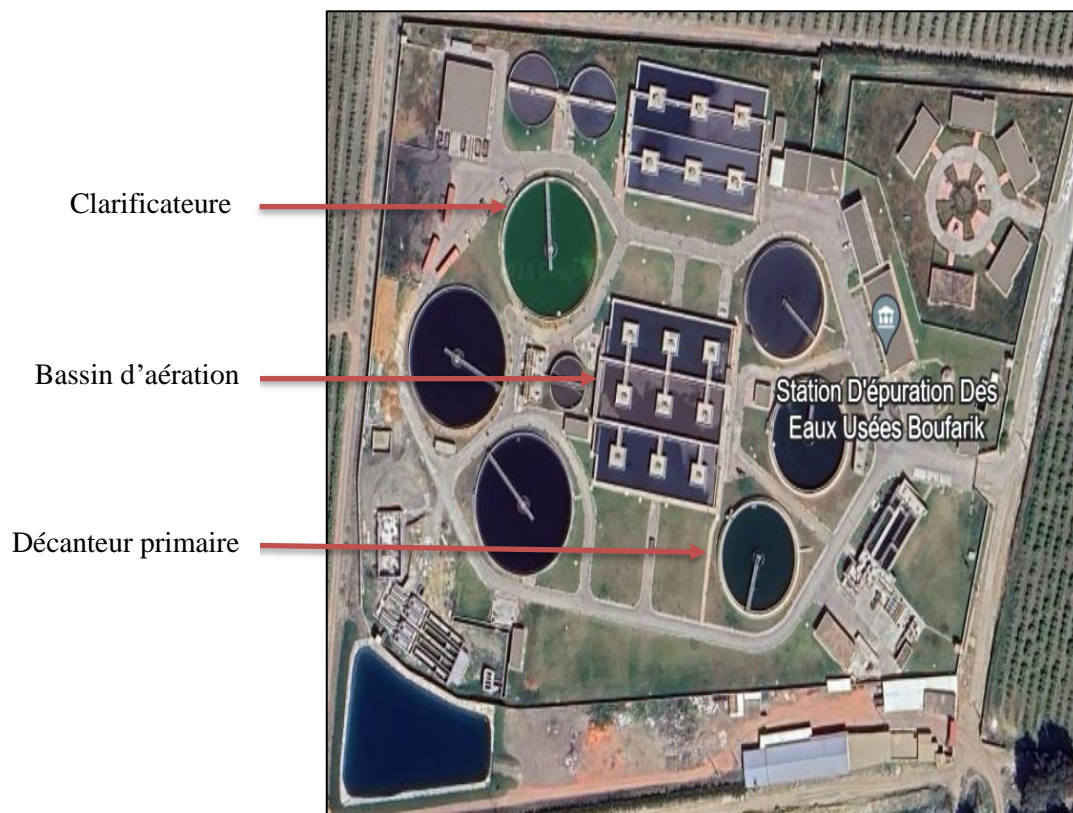
**Clarificateur**

**Figure 3 :** Le traitement des eaux usées au sein de la station d'épuration de Beni Mered

### II.1.2. STEP de Boufarik

La STEP de Boufarik était mise en service en septembre 2019. Elle est située à Ben Chaâbane, Chef-lieu de la commune de Ben Khlil qui se trouve au nord de la wilaya de Blida (**figure 4**).

Cette station qui s'étend sur 6 Ha a une capacité de 375 000 EH et un volume d'eau usée de 60000 m<sup>3</sup>/j à traiter (tableau III).



**Figure 4 :** Vue aérienne de la STEP de Boufarik (Google earth)

**Tableau III :** Données de base de la STEP de Boufarik

Capacité nominale	375.000 EH
Débit journalier	60000m <sup>3</sup> /j
Débit horaire moyen	2500 m <sup>3</sup> /h
Débit de pointe temps suc	4000m <sup>3</sup> /h

Le procédé de traitement retenu pour cette station est le procédé à boues activées aérobies à moyenne charge. Cette installation est conçue pour recevoir l'ensemble des rejets des 07 communes de la wilaya de Blida : Boufarik, Ben Khill, Soumaa, Guerouaou, Beni Tamo, Qued Alleug et Bouinan.

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

L'épuration des eaux comprend deux filières de traitement, une filière EAU qui permet l'élimination de la pollution particulaire et carbonée et une filière BOUE qui traite les boues issues du traitement de l'eau.

Les eaux usées sont acheminées vers la station d'épuration en écoulement gravitaire par le biais d'un collecteur de DN 1500 mm au niveau de la bêche d'arrivée. Les eaux usées passeront à travers un dégrilleur grossier puis seront relevées par 5 groupes de pompage et suivront les étapes de traitement suivantes :

1. Dégrillage fin, Dessablage, Déshuilage.
2. Un décanteur primaire.
3. Un bassin d'aération.
4. Un clarificateur.
5. Chicanes (désinfection à l'Hypochlorite de Soude).
6. Traitement des boues : épaissement, stabilisation, déshydratation.

### Pretraitement



Ouvrage de prétraitement



Dégrillage



Dessablage / Déhuillage



### Traitement primaire



Decanteur primaire



### Traitement secondaire



Bassin biologique



Clarificateur

**Figure 5** : Le traitement des eaux usées au sein de la station d'épuration de Boufarik

### II.2. Matériel

- **Matériel biologique**
  - 12 échantillons d'eau usée épurée
- **Matériel non biologique**

Tous les matériels et réactifs utilisés pour l'analyse physico-chimique et bactériologique des eaux usées épurées sont mentionnés en annexe.

### II.3. Méthodes

#### II.3.1. Echantillonnage

Sur une période de 4 mois, de 22 Janvier au 19 Mai 2024, des prélèvements ont été effectués quatre fois par mois pour les deux STEP, en utilisant une technique d'échantillonnage manuel instantané pour les paramètres physicochimiques et bactériologiques de l'eau épurée réalisé à l'aide d'une Canne de prélèvement (Perche télescopique).

#### II.3.2. Mode de prélèvement

Un point de prélèvement a été sélectionné à savoir ; les prélèvements d'eau épurée sortant du clarificateur. Ce point a fait l'objet :

- D'analyses physico - chimiques au niveau du laboratoire des stations d'épuration de Béni Mered et Boufarik. Le prélèvement se fait dans des flacons en polyéthylène de 1 litre.
- D'analyses bactériologiques au niveau du laboratoire d'hygiène de Blida. Le prélèvement se fait dans des flacons en verre stériles de 250 ml.

#### II.3.3. Transport et conservation d'échantillon

L'ensemble de ces prélèvements ont été transportés directement dans une glacière dont la température doit être comprise entre 4 à 6°C. L'analyse bactériologique doit être effectuée le plus rapidement possible, dans un délai ne dépassant pas 8 heures (**Rodier, 2005**).

#### II.3.4. Méthodes d'analyses physicochimiques

##### II.3.4.1. Mesure de la température

La mesure de la température a été réalisée en utilisant une sonde thermométrique Pocket pro (Hach) qui est soigneusement trempée dans la prise d'essai. La lecture est effectuée une fois que le thermomètre soit stabilisé.

La température doit être relevée au même temps que la mesure du pH.



### II.3.4.2. Mesure de pH

Le principe consiste à quantifier la disparité de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence immergée dans une solution identique. L'électrode du pH-mètre sensION (Hach) est en platine (figure 6).



**Figure 6** : pH mètre (photo originale, 2024)

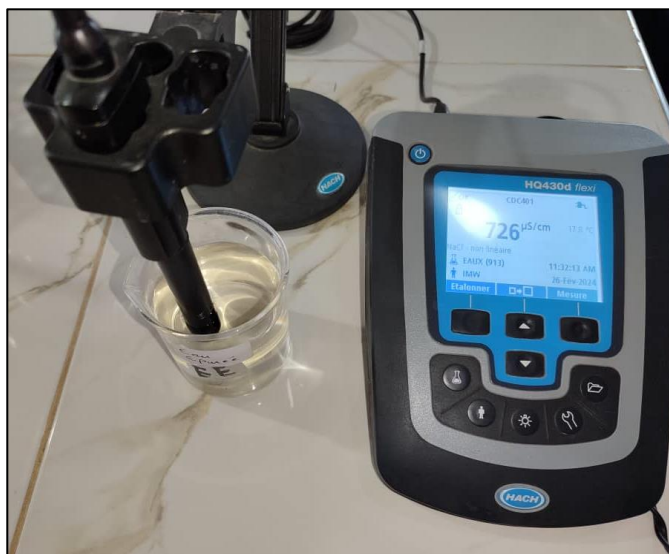
. Le mode opératoire est le suivant :

- Installez le pH-mètre et rincer l'électrode à plusieurs fois avec de l'eau distillée.
- Prendre une quantité d'eau épurée d'environ 100 ml à analyser dans un bécher.
- Plonger l'électrode dans le bécher et agiter doucement.
- Laisser stabiliser, puis notez la valeur finale afficher sur l'écran du pH mètre.
- Rincer l'électrode après chaque usage.

### II.3.4.3. Mesure de la conductivité

La conductivité électrique représente la quantité de courant que les ions de l'eau conduisent et exprimes en( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). On procède directement à la détermination en utilisant un conductimètre HACH HQ430d (figure 7).

- Installez le conductimètre et rincez la sonde à plusieurs fois avec de l'eau distillée.
- Prélever une quantité adéquate d'eau pour l'analyse dans un bécher.
- Placer l'électrode dans le bécher, laissez stabiliser puis notez la valeur de conductivité.



**Figure 7** : Conductimètre (photo originale, 2024)

#### II.3.4.4. Mesure de la concentration en oxygène dissous

Il consiste à mesurer la quantité d'oxygène dissous présente dans l'échantillon d'eau à analyser.

Le protocole est le suivant :

- Ouvrir le flacon contenant l'eau à analyser en prenant soin de ne pas l'agiter afin d'éviter une éventuelle aération de l'échantillon.
- Mettre la sonde de l'oxymètre HQ 430d dans le flacon.
- Appuyer sur Mesure et attendre le bip sonore indiquant la fin de la mesure.
- Lire et notez le résultat.

#### II.3.4.5. Mesure de la matière en suspension

A l'aide d'un équipement de filtration sous vide ou sous pression, l'échantillon est filtré sur un filtre en fibres de verre. Le filtre est ensuite séché à  $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$  et la masse du résidu retenu sur le filtre est déterminée par pesée (AFNOR, 2005).

- Peser les filtres à vide et enregistrer la valeur en tant que M0.
- Placer le filtre avec le coté plissé au-dessus dans l'appareil de filtration.
- Faire passer le volume d'échantillon jusqu'à l'élimination de toute les traces d'eau.
- Eteindre la pompe à vide et enlever le filtre à l'aide d'une pince et le transférer sur une coupelle de pesé en aluminium.
- Sécher dans une étuve à  $(105 \pm 2 ^\circ\text{C})$  pendant minimum 8h.

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

- Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total.
- Peser les filtres et enregistrer la valeur en tant que M1.
- Calculer les MES avec la formule suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = (\text{M1} - \text{M0}) \times 1000 / \text{volume de l'échantillon (ml)}$$

Avec :

M0= masse initiale du filtre (mg)

M1 = masse de filtre +résidu sec (mg)

### II.3.4.6. Mesure de la DBO<sub>5</sub>

Principe : La DBO<sub>5</sub> est mesurée au bout de cinq jours à 20°C (température favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'oxygène) et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite). Le volume de l'échantillon dépend de la valeur de la DCO d'après la formule suivante : DBO<sub>5</sub> = 1/2 DCO. Il en résulte une plage de mesure DBO allant de 0 à 4000 mg/l.

#### Mode opératoire :

- Bien mélanger l'échantillon d'eau usée.
- Mesurer avec précision la quantité d'échantillon requise à l'aide d'une fiole jaugée adaptée.
- Ajouter l'inhibiteur de nitrification dans le flacon d'échantillonnage.
- Mettre un agitateur magnétique dans le flacon d'échantillonnage.
- Fermer le flacon à l'aide d'un bouchon en silicone.
- Ajouter le réacteur KOH dans le bouchon en silicone.
- Fermer le flacon et placer le dans appareil de mesure DBO<sub>5</sub> oxyton ou DBO mètre.



**Tableau IV** : Tableau de choix du volume d'échantillon (ONA, 2022)

Plage de mesure DBO en mg/l	Volume d'échantillon en ml	Dosage de l'inhibiteur dénitrification ATH
<b>0-40</b>	428	10 gouttes
<b>0-80</b>	360	10 gouttes
<b>0-200</b>	244	05 gouttes
<b>0-400</b>	157	05 gouttes
<b>0-800</b>	94	03 gouttes
<b>0-2000</b>	56	03 gouttes
<b>0-4000</b>	21,7	01 goutte

### II.3.4.7. Mesure de la DCO

La mesure de la DCO est réalisée par analyse spectrophotométrique qui consiste à utiliser un spectrophotomètre et un kit de test spécifique LCK 314 (hach lange).

Les substances oxydables réagissent avec le bichromate de potassium sulfurique, en présence de sulfate d'argent. Le chlorure est masqué avec du sulfate de mercure. La diminution de la coloration jaune du  $\text{Cr}^{6+}$  est mesurée par photométrie.

#### Mode opératoire :

- Agiter le contenu de kit pour avoir une solution homogène.
- Pipette soigneusement 2 ml d'échantillon (eaux brutes, eaux épurées).
- Fermer la cuve bien nettoyer l'extérieur de la cuve.
- Mélanger le contenu de kit encore une fois.
- Chauffer dans le thermostat pendant 2h à 148 °C.
- Faire sortir la cuve chaude et la mélanger 2 à 3 fois.
- Laisser la cuve refroidir à température ambiante.
- Bien nettoyer l'extérieur de la cuve.
- Insérer la cuve dans le compartiment pour cuves de spectrophotomètre et mesurer.
- La concentration de DCO sera directement affichée sur l'écran du spectrophotomètre en mg/l.

### II.3.5. Méthodes d'analyses bactériologique

L'analyse bactériologique vise à la recherche et le dénombrement des germes suivants : germes totaux, coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux, Clostridium sulfito-réducteurs. Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes. L'identification et le dénombrement des germes pathogènes des eaux usées épurées ont été réalisés suivant la méthode liquide (**Rodier, 2005**).

Notre étude a été réalisée au niveau du laboratoire d'hygiène de Blida selon les techniques décrites par Rodier.

#### II.3.5. 1. Préparation des dilutions

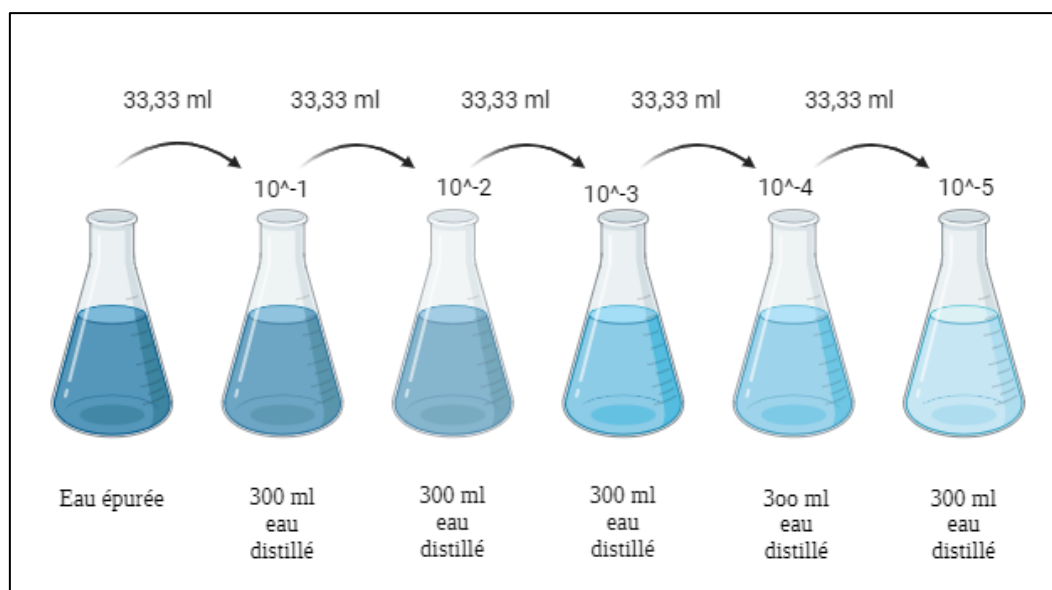
Les dilutions sont réalisées en vue de réduire le nombre de micro-organismes par unité de volume pour permettre après incubation d'observer leurs développements (cas des tubes) ou d'effectuer le dénombrement des colonies (cas des boîtes).

Nous avons effectué une série de dilutions de  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  et  $10^{-5}$  pour les eaux épurées de la STEP de Beni Mered et Boufarik. Pour cela, nous avons procédé selon la norme NF EN ISO 6887-1 : 2017 (figure 9).

Pour obtenir une quantité d'échantillon dilué adéquate en vue de réaliser les différentes analyses bactériologiques, nous avons procédé à une dilution conformément à l'équation suivante :

$$\begin{array}{lcl} 1\text{ml (échantillon)} & \longrightarrow & 9\text{ml (eau distillé)} \\ X \text{ (échantillon)} & \longrightarrow & 300 \text{ ml (eau distillé)} \end{array}$$

Donc :  $X = 300\text{ml} / 9\text{ml} = 33,33 \text{ ml d'échantillon}$ .



**Figure 8** : Principe de la dilution

### II.3.5. 2. Recherche et dénombrement des bactéries indicatrices de contamination fécale

#### A. Recherche et dénombrement des Coliformes

Selon le protocole décrit de l'Institut Pasteur, la recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes fécaux dans les eaux en milieu liquide sont effectués en utilisant la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP) (**Lebres et Mouffok, 2008**) (Table de Mac Grady, Annexe).

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Test de présomption : réservé à la recherche et le dénombrement des coliformes totaux.
- Test de confirmation : également connu sous le nom de test de McKenzie, celui-ci est utilisé pour identifier et dénombrer les coliformes fécaux (thermotolérants) à partir des tubes positifs lors du test de présomption.

#### 1) Test de présomption :

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- ❖ 50ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham (pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu).

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

- ❖ 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- ❖ 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- ❖ Avant d'ensemencer les tubes, il faut vérifier qu'il n'y a pas de bulle d'air sous la cloche, pour éviter de fausser les résultats.
- ❖ Bien mélangé le milieu et l'inoculum pour l'homogénéité.
- ❖ Incubation : L'incubation au l'incubateur à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- ❖ Lecture : Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :
  - **Un dégagement de gaz** (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
  - **Un trouble microbien** accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu). Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans la condition opératoire décrite (**Mouffok, 2001**).

### 2) Test de confirmation (Test de Mac Konzie) :

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermo-tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

- ❖ Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une micropipette (1ml) dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.
- ❖ Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- ❖ L'incubation se fait cette fois-ci au l'incubateur à 44°C pendant 24 heures.

Sont considérés comme positif, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux.
- Un anneau rouge en surface, témoignant de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.
- ❖ La lecture finale s'effectue également selon la prescription de la table du NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois productrice de gaz et d'indole à 44 °C.

### **B. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux**

Tout comme la méthode de recherche de coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Test de présomption.
- Test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

#### **1- Test de présomption :**

La recherche se fait en bouillon Rothe S/C et D/C (Bouillon à l'acide de sodium simple concentration et double concentration).

À partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- ❖ 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C.
- ❖ 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C.
- ❖ 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.
- ❖ Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- ❖ Incubation : L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- ❖ Lecture : Seront considérés comme positifs, les tubes présentant un trouble microbien (**Labres and Mouffouk, 2008**).

#### **2- Test de confirmation :**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

- ❖ Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant le milieu EVA-LITSKY.
- ❖ Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- ❖ Incubation : L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- ❖ Les lectures sont considérées comme positives, les tubes présentant à la fois :
  - Un trouble microbien.
  - Une pastille violette (Blanchâtre) au fond des tubes.
- ❖ La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP.

### **C. Recherche et dénombrement des spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR) :**

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) présentent sous forme de gram positif, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant du sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{+2}$  qui donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noir. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination (**Labres et al., 2006**). Aux conditions défavorables, les ASR ont la possibilité de se transformer sous une forme de spores résistantes.

#### **Mode opératoire :**

- Prendre environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80 ° C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5ml par tube.
- Ajouter environ 15 ml de gélose viande-foie, fondue puis refroidie, additionnée une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.
- Mélanger doucement le milieu.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes, puis incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures.
- Lecture : Les tubes contenant des colonies noires de spores de *Clostridium sulfito-réducteurs* seront considérés comme positifs.

### **D. Recherche des Salmonelles**

La recherche des Salmonelles se fait en 4 étapes :

#### **1ère étape : Enrichissement primaire**

- ❖ Introduire 50 ml d'eau à analyser dans 100 ml de bouillon sélénite-cystéine D/C ; la solution obtenue est appelée SFBI, elle est incubée à 37°C pendant 18 à 24heures.

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

### 2ème étape : Enrichissement secondaire et isolement

- ❖ La solution SFB I incubée la veille fera l'objet d'un deuxième enrichissement sur bouillon sélénite-cystéine en tube (SFBII) à raison de 1 ml par tubes et un isolement sur gélose Hecktoën I.
- ❖ L'incubation est réalisée à 37°C pendant 18 à 24 heures.

### 3ème étape : Isolement

- ❖ Effectuer à partir du bouillon SFB II un isolement sur gélose Hecktoën II.
- ❖ Prendre ensuite 1 ml du SFB II et l'introduire dans un bouillon sélénite cystéine en tube SFB III, puis l'incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures.
- ❖ Effectuer la lecture de la boîte de gélose Hecktoën.

### 4ème étape : Lecture et identification

- ❖ La boîte de gélose Hecktoën II incubée la veille fera l'objet d'une lecture.
- ❖ Les Salmonelles apparaissent les plus souvent sous formes de colonies grises avec ou sans centre noire. Ces dernières subiront une identification biochimique.

### **E. Recherche des Vibrion cholériques**

La recherche des vibrions cholériques se fait en trois (3) étapes.

#### 1ère étape :

- ❖ La première étape consiste à enrichir le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA). Dans un flacon contenant 50 ml de milieu EPA 10 fois concentré, ajouter 250 ml d'eau à analyser, puis incuber à 37 °C pendant 6, 18 à 24 heures. On nomme la solution obtenue EPA I.

#### 2ème étape :

- ❖ Un deuxième enrichissement (EPAII) sera effectué sur la solution EPAI, en ensemençant 1 ml d'EPA I dans un tube contenant 10 ml d'EPA. Par ailleurs, un isolement portant sur GNAB1 (gélose nutritive alcalin bille).
- ❖ L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

#### 3ème étape :

- ❖ Consiste d'une part, à l'isolement du tube EPA II sur GNAB II. Puis incubation à 37°C durant 24 heures et d'autre part, à la lecture de la boîte gélose GNAB I.

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

- ❖ Lecture : Apparition de grosse colonie transparente (Aspect gouttelette d'eau).

### **F. Recherche de *Staphylococcus aureus***

Le milieu Chapman est un milieu sélectif, permettant la croissance des germes halophiles. Parmi ces germes figurent au premier rang les bactéries du genre *Staphylococcus*.

#### Mode opératoire :

- ❖ A partir de la solution mère, on porte aseptiquement 0,1 ml (2gouttes) dans les boîtes de pétri qu'on étale à l'aide d'un râteau (ou en utilisant la méthode des cadrans).
- ❖ Incubation : Les boîtes seront incubées à 37 °C pendant 48 h.
- ❖ Lecture : Les colonies pigmentées en jaunes et entourées d'une auréole jaune sont synonymes de *Staphylococcus aureus*. Les autres espèces de Staphylocoques donnent généralement des colonies plus petites, rosées et n'entraînent pas de virage du milieu.

#### **Identification :**

Les résultats obtenus au cours de chaque étape permettent l'orientation des démarches ultérieures.

L'identification comporte une série d'étapes se succédant le plus souvent dans un ordre déterminé, les souches isolées sont identifiées par des techniques microbiologiques standards :

#### ➤ Examen macroscopique :

Sur le milieu de Chapman, les colonies jaunes entourées d'une zone jaune, mannitol+ sont des *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus saprophyticus*.

#### ➤ Examen microscopique :

La coloration de Gram est effectuée à partir des colonies cultivées sur milieu Chapman pour confirmer la présence de Cocci en diplocoques et en grappe de raisin.

Les frottis sont observés au microscope optique avec l'objectif à immersion (Objectif×100).

### **G. Recherche des *Pseudomonas aeruginosa***

La gélose au cétrimide est un milieu sélectif, qui permet l'isolement des *Pseudomonas* et notamment de *P. aeruginosa*.



## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

### Mode opératoire :

- ❖ Agiter soigneusement l'eau à analyser puis étaler 0,5 ml d'eau à la surface de la gélose au cétrimide.
- ❖ Incubation : L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.
- ❖ Lecture : Les colonies de *Pseudomonas aeruginosa* ont un contour circulaire, une surface lisse et brillante, une couleur blanc crème, un aspect muqueux et sont parfois déjà accompagnées d'une production de pigment bleu-vert (pyocyanine) qui commence à diffuser avec émission de fluorescence sous U.V
- ❖ Confirmation : Pour la confirmation de *Pseudomonas aeruginosa* procéder à la recherche des pigments spécifiques sur les milieux King A et King B.
- ❖ Ensemencer les deux milieux King A et King B en faisant une strie médiane à la surface de la gélose. Fermer les tubes sans serrer et incubé à 37°C pendant 1 à 4 jours.
- ❖ Lecture : La présence de pigments diffusibles se traduit par l'apparition de différentes couleurs qui peuvent diffuser sur toute la pente.

### ✓ **Coloration de Gram :**

La coloration de Gram est la base de l'identification d'une souche bactérienne. Elle doit être parfaitement maîtrisée. Au terme du processus de coloration, les bactéries dites « Gram Négatives » apparaissent roses tandis que les bactéries dites « Gram Positives » sont colorés en bleu foncé/violet (**Baldent, 1997**).

### Principe de coloration :

- Une première solution colorante, le violet de Gentiane est utilisé pour injecter les bactéries ; puis elles sont attachées par un mordant, la solution de Lugol (solution d'iode dans l'iodure de potassium).
- Par la suite, on applique un décolorant (généralement l'alcool), en fonction de la composition de leur paroi : certaines bactéries résistantes à cette décoloration et se manifestent en violet, connues sous le nom de Gram positif tandis que d'autres ne résistent pas et ne sont plus visibles.
- Il est donc nécessaire d'utiliser un deuxième colorant de couleur contrastante à la Fuchsine, ce qui donne à ces bactéries une teinte rose et les qualifie de Gram négatif.

### Mode opératoire :

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

Préparer et fixer le frottis bactérien sur une lame ;

- Coloration par le violet de Gentiane : recouvrir totalement la lame avec le violet de Gentiane et laisser agir pendant 1 minute, puis rincer avec de l'eau distillée,
- Prendre la lame avec une pince et l'incliner légèrement. Éliminer le violet de Gentiane en faisant couler sur la lame la solution de Lugol, laisser agir pendant 30 secondes puis rincer,
- Décoloration par l'alcool, en laissant couler rapidement l'alcool sur le frottis, tenu en position très inclinée, jusqu'à ce que l'alcool s'écoule non teinter, laisser réagir pour 10 secondes puis rincer aussitôt à l'eau,
- Recoloration par la fuchsine : verser quelques gouttes de fuchsine à chaque extrémité du frottis (ne jamais verser la fuchsine directement sur le frottis pour ne pas risquer de dépôts de coloration trop intense), laisser la fuchsine réagir pour 1 minute,
- Rinçage et séchage : Rincer à l'eau et sécher à la chaleur du bec Bunsen.

# **Chapitre III :**

## **Résultats et Discussion**

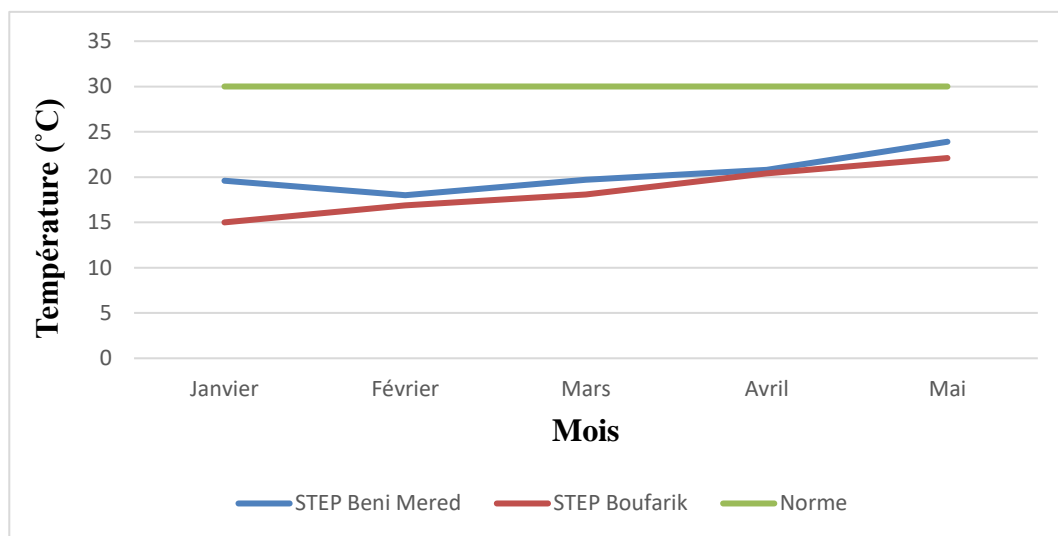
## Chapitre III : Résultats et Discussion

La qualité des eaux épurées est un indicateur essentiel de l'efficacité des installations de traitement et de leur capacité à répondre aux normes réglementaires (Selon les normes Algériennes, les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau en Annexe). L'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux épurées constitue une étape cruciale dans la gestion efficace des ressources hydriques et dans la préservation de la santé publique. Dans cette section, nous présenterons les résultats détaillés de cette évaluation, en analysant les paramètres clés et en discutant de leur implication pour la qualité de l'eau et l'environnement.

### III.1. Paramètres physicochimiques

#### III.1.1. La température

La figure 9 présente l'évolution mensuelle de la température à la sortie des deux STEP entre Janvier et Mai 2024.



**Figure 9 :** Variation mensuelle de la température à la sortie de la STEP de Beni Mered et Boufarik (Période du Janvier au Mai 2024)

La température augmente graduellement d'un mois à l'autre (évolution saisonnière). La STEP de Beni Mered présente une température légèrement supérieure à celle de la STEP de Boufarik tout au long de la période étudiée. Cette différence entre les deux STEP peut s'expliquer par plusieurs facteurs, tels que la configuration des bassins, la composition des eaux usées traitées ou encore le mode d'aération.

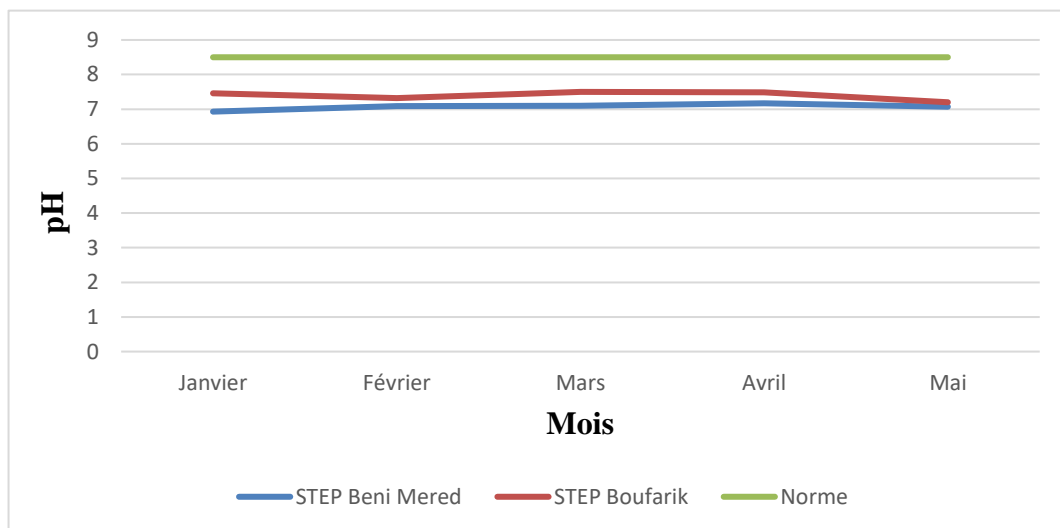
## Chapitre III : Résultats et Discussion

- La STEP de Beni Mered présente une valeur minimale en Février ( $18^{\circ}\text{C}$ ) et maximale en Mai ( $23,9^{\circ}\text{C}$ ).
- La valeur la plus basse de la température des eaux épurées de la STEP de Boufarik est observée en Janvier ( $15,87^{\circ}\text{C}$ )

En comparant avec la norme, les résultats graphiques montrent que la température dans les deux STEP est conforme à la norme algérienne ( $30^{\circ}\text{C}$ ), cela signifie que le traitement fonctionne correctement et que les STEP ne rejettent pas d'eau trop chaude dans le milieu naturel (**JORADP, 2006**).

### III.1.2. Le pH

D'après la figure 10, les valeurs du pH de l'eau épurée de la STEP de Beni Mered sont neutres tout au long de la période étudiée, se situant entre 6,93 (Janvier) et 7,17 (Avril) avec une valeur moyenne d'environ 7,1.



**Figure10 :** Variation mensuelle de pH à la sortie de la STEP de Beni Mered et Boufarik (Période du Janvier au Mai 2024)

Les valeurs de pH de la STEP de Boufarik sont plus élevées que celles de Beni Mered, se situant entre 7,2 (Mai) et 7,50 (Mars). Cette hausse modérée du pH pourrait être due à plusieurs facteurs tels que la composition des eaux usées (la présence de certaines composées, comme les acides ou les bases peut influencer les pH des eaux usées à l'entrée de la STEP), la charge organique (augmentation ou diminution de l'activité biologique), elle-même liée à la température ambiante.

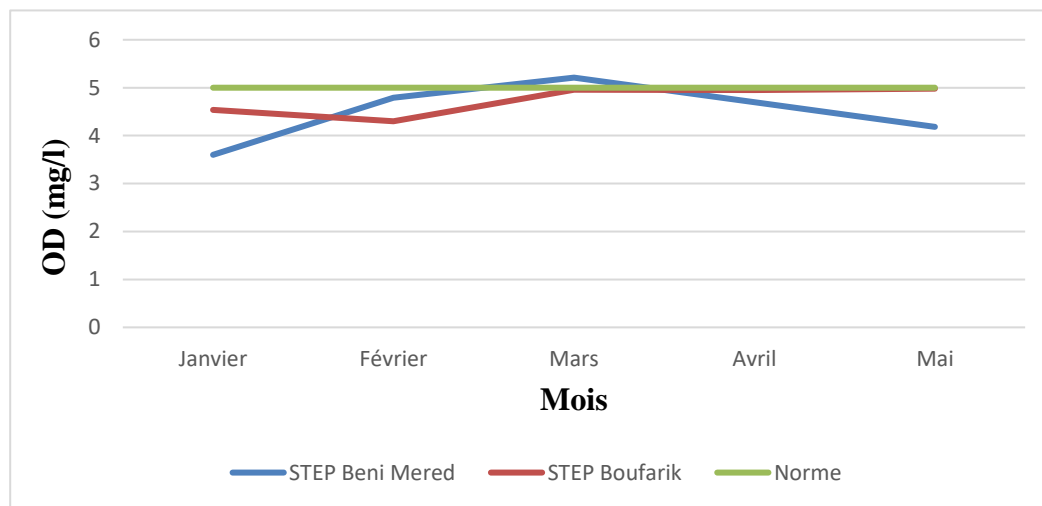
## Chapitre III : Résultats et Discussion

Le pH de l'eau épurée à la sortie des STEP est conforme à la norme algérienne de rejet (6,9-8,5) ; cela signifie que l'eau épurée ne présente pas de risque d'acidité ou d'alcalinité excessive pour l'environnement (**JORADP, 2006**).

### III.1.3. Oxygène dissous

La figure 11 représente la variation mensuelle de l'oxygène dissous à la sortie de la STEP de Beni Mered et Boufarik durant la période de Janvier au Mai 2024.

La concentration d'oxygène dissous dans les eaux épurées des deux STEP présente une variabilité notable au cours du période étudiés.



**Figure 11 :** Variation mensuelle de l'oxygène dissous à la sortie de la STEP de Beni Mered et Boufarik (Période du Janvier au Mai 2024).

- Les valeurs de la STEP de Beni Mered présentent un pique ; c'est la valeur maximale observée en Mars (5,21 mg/L), tandis que la valeur minimale est enregistrée en Janvier (3,6 mg/l).
- Les valeurs de l'oxygène dissous des eaux épurées de la STEP de Boufarik varient entre 4,3 mg/l (Février) et 4,98 mg/l (Mai).

Cette variabilité peut s'expliquer par divers facteurs, tels que les variations de température (la quantité d'oxygène dissous dans l'eau dépend fortement de la température. En règle générale, plus la température de l'eau est élevée, moins elle peut contenir d'oxygène dissous) (**Watzel, 2001**), de précipitations et d'activité biologique (l'épuration efficace des eaux usées repose sur

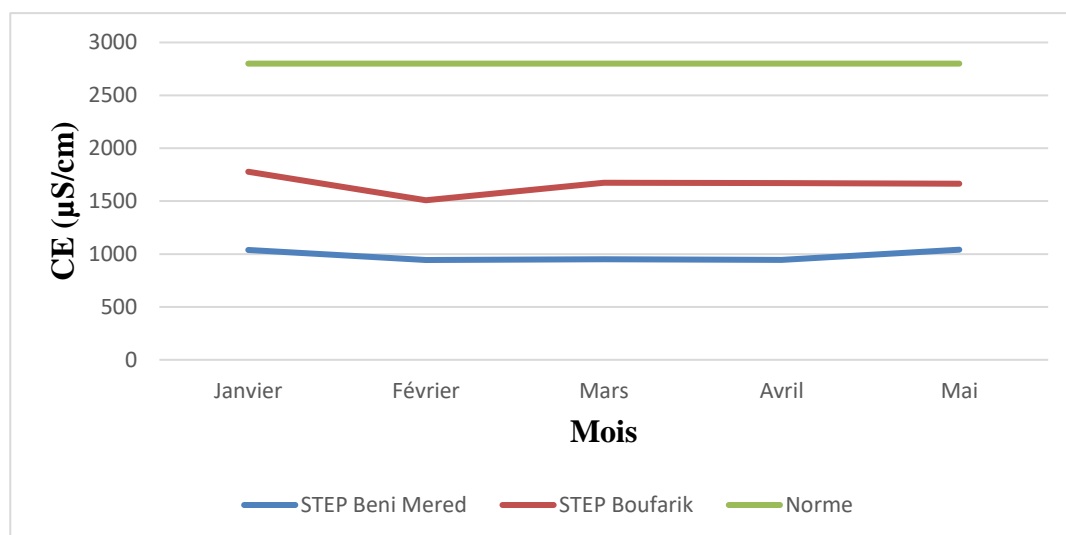
une bonne oxygénation au niveau du bassin d'aération, favorisant la prolifération des microorganismes aérobie responsables de la dégradation des matières organiques).

Les résultats indiquent que la STEP de Beni Mered et Boufarik produisent une eau épurée dont la concentration en oxygène dissous est conforme à la norme algérienne des eaux usées rejetées en milieu naturel (5mg/l) (JORADP, 2006).

### III.1.4. La Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire l'électricité, ce qui dépend des ions dissous dans l'eau. Une CE élevée peut indiquer une présence importante de sels et de minéraux, ce qui peut être un facteur de pollution.

La variation mensuelle de la Conductivité électrique à la sortie de la STEP de Beni Mered et Boufarik est illustrée dans la figure 12



**Figure12 :** Variation mensuelle de la Conductivité électrique à la sortie de la STEP de Beni Mered et Boufarik (Période du Janvier au Mai 2024).

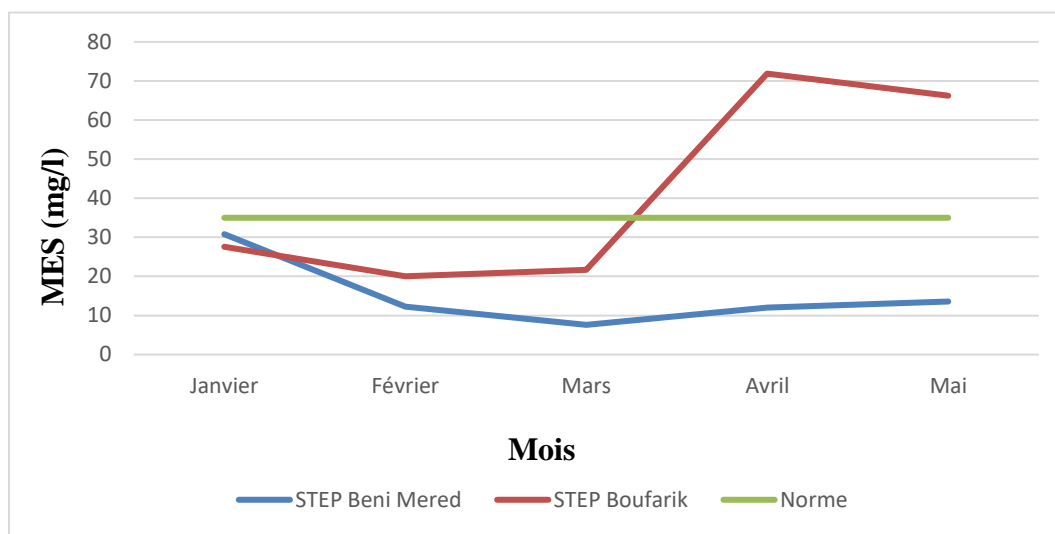
- STEP Beni Mered : La CE reste relativement constante de janvier à mai, avec une légère augmentation en avril et mai. Les valeurs varient entre 943,4µS/cm (Février) et 1040µS/cm (Mai), ce qui est nettement inférieur à la norme (JORADP, 2006).
- STEP Boufarik : La CE commence à environ 1777,90µS/cm en janvier et montre une tendance à la baisse jusqu'à environ 1508,41µS/cm en Février ; bien que la CE soit plus

## Chapitre III : Résultats et Discussion

élevée qu'à Beni Mered, elle augmente progressivement au fil des mois. Les valeurs restent toujours inférieures à la norme.

En résumé, les résultats indiquent que les eaux épurées des STEP de Beni Mered et Boufarik sont de qualité acceptable pour le rejet dans l'environnement, mais une attention particulière doit être accordée aux variations de CE, en particulier à Boufarik, pour garantir une protection continue des écosystèmes aquatiques.

### III.1.5. Matières en suspension



**Figure 13 :** Variation mensuelle des MES à la sortie de la STEP de Beni Mered et Boufarik (Période du Janvier au Mai 2024)

- STEP Beni Mered : En janvier, le niveau des MES est légèrement inférieure à 30 mg/l. Une diminution constante est observée de Janvier à Mars, atteignant 7,6 mg/l en Mars. Les niveaux restent stables d'Avril à Mai, autour de 13 mg/l. Les niveaux des MES sont inférieurs à la norme tout au long de la période. Cela indique une performance stable et efficace du système d'épuration. La diminution de Janvier à Mars pourrait être due à des améliorations dans le processus de traitement ou à des variations saisonnières dans la charge d'entrée.
- STEP Boufarik : En Janvier, le niveau des MES est proche de celui de la STEP de Beni Mered, légèrement inférieur à 30 mg/l ; une légère baisse est observée jusqu'en Février (20,03 mg/l), suivie d'une forte augmentation observée en Avril (71,88 mg/l), pour revenir



## Chapitre III : Résultats et Discussion

à une diminution progressive jusqu'au Mai mais la valeur reste élevée par rapport aux normes.

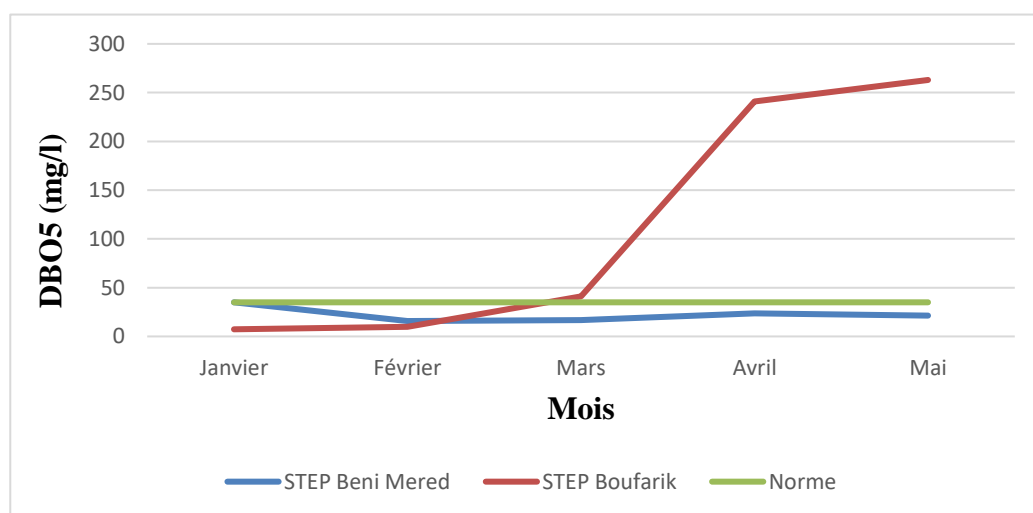
Les niveaux des MES restent proches de la norme jusqu'en mars, indiquant une performance initialement adéquate. La forte augmentation en Avril et Mai pourrait être due à un problème dans le processus de traitement, une augmentation de la charge de pollution, ou des conditions environnementales défavorables affectant l'efficacité de l'épuration.

Les données indiquent une bonne performance de la STEP de Beni Mered en termes de réduction des MES, restant bien en dessous de la norme. En revanche, la STEP de Boufarik montre des signes de défaillance ou de surcharge à partir d'Avril, nécessitant une investigation plus approfondie pour identifier et résoudre les causes des niveaux élevés de MES.

### III.1.6. La DBO5

La DBO5 est une mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer la matière organique présente dans l'eau, un indicateur important de la qualité de l'eau.

Variation mensuelle de la DBO5 à la sortie de la STEP de Beni Mered et Boufarik est représentée sur la figure 14 ci-dessous :



**Figure 14 :** Variation mensuelle de la DBO5 à la sortie de la STEP de Beni Mered et Boufarik (Période du Janvier au Mai 2024).

### Chapitre III : Résultats et Discussion

---

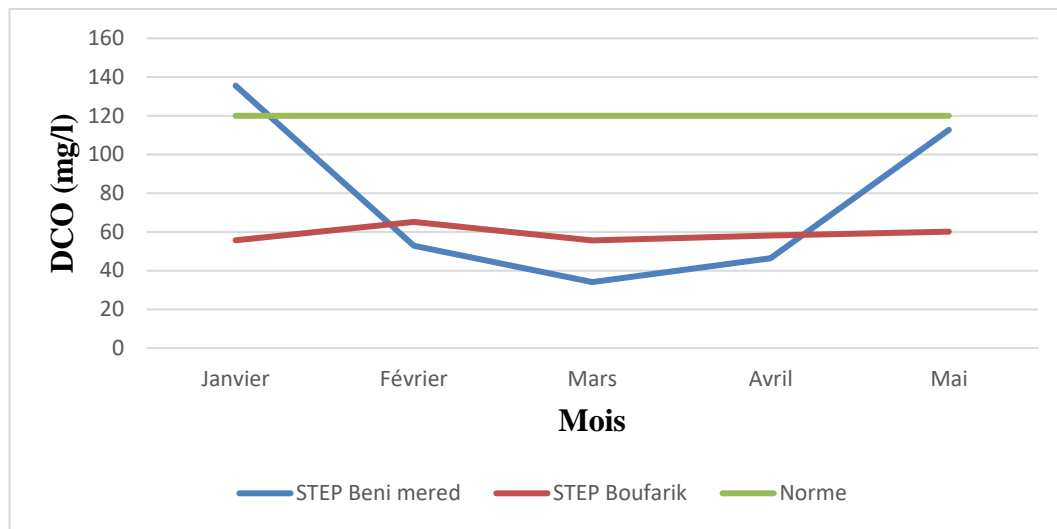
- De Janvier à Février : Les niveaux de DBO5 des deux STEP sont relativement bas, se situant autour de la norme. Cela indique une bonne performance des deux stations d'épuration pour cette période, avec une efficacité dans le traitement des eaux usées.
- Mars : La DBO5 à la sortie de la STEP de Boufarik augmente brusquement, dépassant largement la norme. En revanche, la STEP de Beni Mered reste stable et conforme à la norme. Cette augmentation à Boufarik pourrait être due à une surcharge de la station, une défaillance dans le processus de traitement ou une augmentation soudaine de la pollution entrant dans la station.
- Avril et Mai : La tendance observée en mars se poursuit avec des niveaux élevés de DBO5 à la sortie de la STEP de Boufarik, atteignant un pique en Mai. Cela suggère que les problèmes identifiés en mars n'ont pas été résolus. La STEP de Beni Mered continue de fonctionner correctement, avec des niveaux de DBO5 dans les limites acceptables.

La hausse significative de la DBO5 à Boufarik pourrait être due à une défaillance des équipements ou à un manque de maintenance adéquate. Il serait utile de vérifier les infrastructures et les processus de traitement de cette station.

La différence de performance entre les deux STEP pourrait également être liée à l'efficacité des procédés de traitement mis en place. Beni Mered semble avoir des processus plus robustes ou mieux adaptés aux variations de charge polluante.

### III.1.7. La DCO

La figure 15 représente la variation mensuelle de la DCO à la sortie des STEP de Beni Mered et Boufarik



**Figure 15 :** Variation mensuelle de la DCO à la sortie de la STEP de Beni Mered et Boufarik (Période du Janvier au Mai 2024).

La demande chimique en oxygène (DCO) est une mesure de la quantité de matière organique présente dans l'eau. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder complètement les matières organiques et minérales présentes dans l'eau. La DCO est exprimée en milligrammes par litre (mg/L) d'oxygène. Plus la DCO est élevée, plus la quantité de matière organique présente dans l'eau est importante.

- La DCO de la STEP Beni Mered est la plus élevée, sa valeur maximale est 135,6 mg/l (Janvier). La valeur de la DCO diminue rapidement de Janvier à Mars, atteignant son point le plus bas d'environ 34,1 mg/l.
- La valeur de la DCO augmente légèrement au mois d'Avril à environ 60 mg/l suivie par une forte accélération en Mai (112,8 mg/l).

Ces variations peuvent résulter de nombreux facteurs, y compris des fluctuations dans la quantité et la composition des eaux usées influentes, des modifications dans les processus de traitement, des conditions météorologiques, et des variations dans l'efficacité des équipements de traitement.

En comparant avec la norme, la DCO atteint une valeur supérieure en Janvier mais elle diminue

en dessous de la norme pendant le reste de la période étudiée.

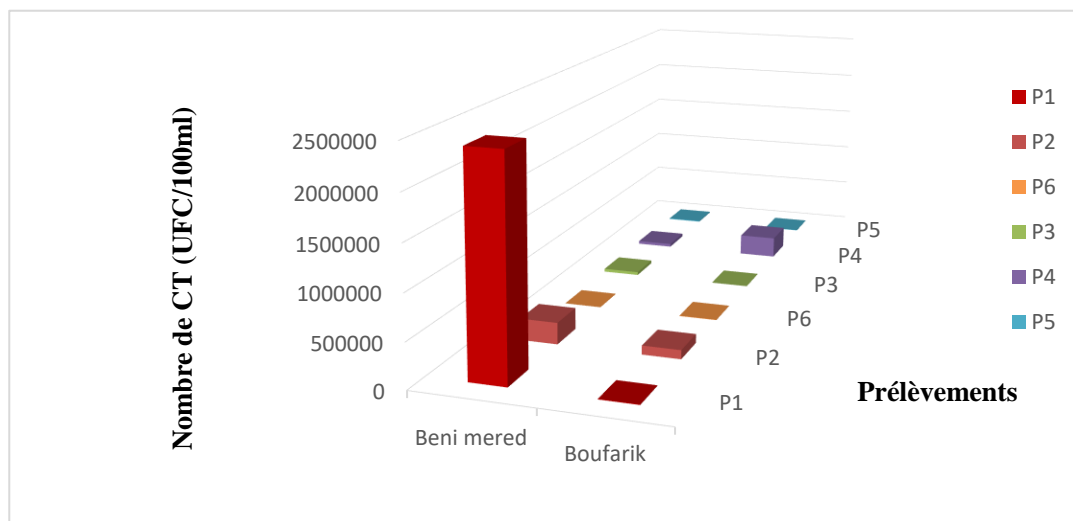
- La DCO de la STEP Boufarik est relativement constante et inférieure, autour de 55,63 mg/l (Janvier). De Février à Mai les valeurs de la DCO augmente légèrement pour atteindre sa valeur maximale en Mai (60,2 mg/l).

La STEP Boufarik montre une stabilité remarquable de la DCO et constamment en dessous de la norme tout au long de la période, indiquant une efficacité de son processus de traitement des eaux usées.

### III.2. Paramètres bactériologiques

#### III.2.1. Coliformes totaux

La figure 16 montre les résultats des coliformes totaux dans les eaux épurées de la STEP de Beni Mered et Boufarik analysés dans différentes dates.



**Figure 16 :** Variation hebdomadaire de nombre des Coliformes totaux dans les eaux épurées de la STEP de Beni Mered et Boufarik (Période du Février au Mai 2024).

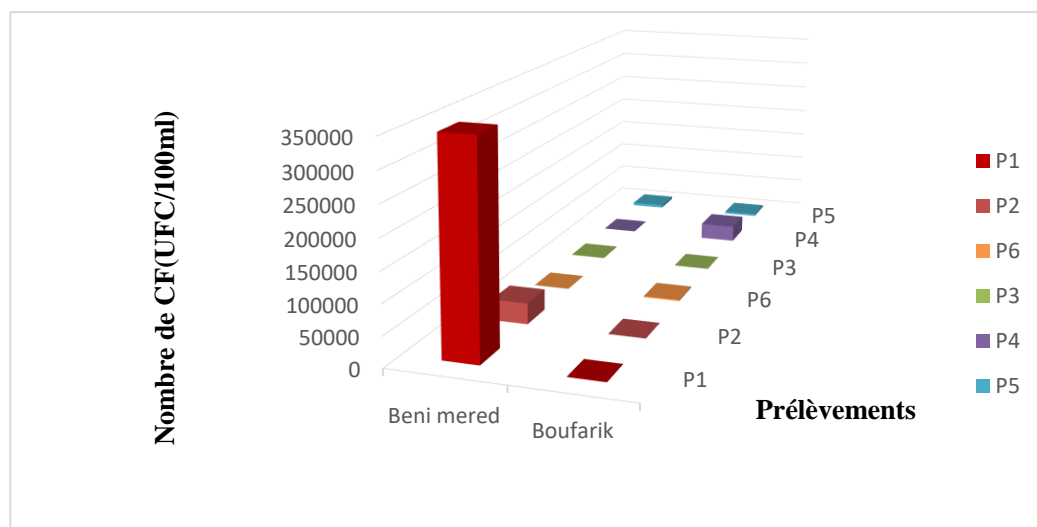
- STEP de Beni Mered : Entre le 5 Février et le 28 Avril 2024, la concentration de coliformes totaux dans l'eau a montré une réduction remarquable, passant de  $240 \times 10^4$  UFC/100 ml d'eau à analyser à seulement  $2 \times 10^2$  UFC/100 ml. Cette tendance indique une amélioration significative des processus de traitement de l'eau ou des conditions environnementales plus favorables. Les mesures prises le 11 Mars, 24 Mars, 14 Avril,

et 21 Avril montrent des diminutions progressives et substantielles des niveaux de contamination, atteignant finalement une concentration stable et basse de  $2 \times 10^2$  UFC/100 ml, suggérant une efficacité accrue et maintenue des systèmes de traitement de l'eau.

- b. STEP de Boufarik : Entre le 31 Mars 2024 et le 19 Mai 2024, le nombre de coliformes totaux (CT) a varié de manière significative. Le 31 Mars, le niveau était de  $6 \times 10^3$  UFC/100 ml, relativement bas ; cependant, le 21 Avril, une augmentation drastique à  $1 \times 10^5$  UFC/100 ml a été notée, suivie d'une nouvelle hausse à  $240 \times 10^3$  UFC/100 ml le 5 Mai, indiquant une possible défaillance du traitement des eaux. Par la suite, une amélioration a été observée avec des niveaux de  $43 \times 10^2$  UFC/100 ml le 12 Mai et de  $35 \times 10^2$  UFC/100 ml le 19 Mai, suggérant une stabilisation du traitement.

### III.2.2. Coliformes fécaux

La figure 17 présente la variation hebdomadaire de nombre des Coliformes fécaux dans les eaux épurées de la STEP de Beni Mered et Boufarik (Période du Février au Mai 2024).



**Figure 17 :** Variation hebdomadaire de nombre des Coliformes fécaux dans les eaux épurées de de la STEP de Beni Mered et Boufarik (Période du Février au Mai 2024).

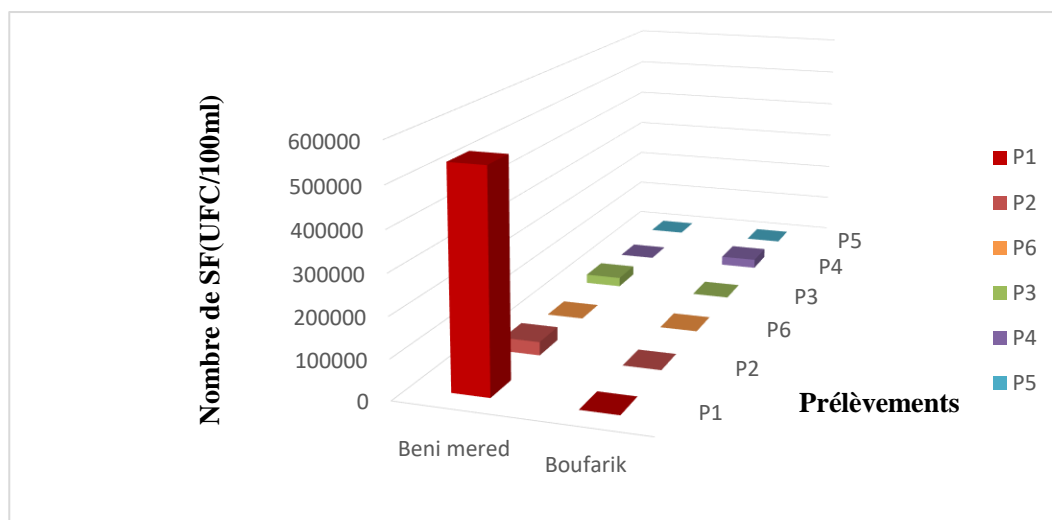
- a. STEP Beni Mered : Entre le 5 Février et le 28 Avril 2024, les niveaux de coliformes fécaux dans l'eau ont montré une diminution progressive et significative, passant de  $35 \times 10^4$  UFC/100 ml à  $2 \times 10^2$  UFC/100 ml. Initialement, en Février, le niveau était extrêmement élevé, indiquant une forte contamination bactérienne due à un traitement

inefficace des eaux. En Mars, une réduction notable a été observée, mais les niveaux restaient encore au-dessus des normes acceptables (Tableau Annex). Cette amélioration s'est poursuivie tout au long du mois, avec une nouvelle réduction en Avril, atteignant des niveaux beaucoup plus bas et enfin stabilisés à  $2 \times 10^2$  UFC/100 ml, proche des standards acceptables, démontrant une efficacité accrue du traitement des eaux.

- b. STEP Boufarik : Entre le 31 Mars 2024 et le 19 Mai 2024, les analyses de la qualité de l'eau montrent une fluctuation notable des niveaux de coliformes fécaux (CF). Initialement, les CF étaient absents (0 UFC/100 ml) le 31 Mars et le 21 Avril, indiquant une eau de bonne qualité. Le 28 avril, une légère présence de CF est détectée ( $2 \times 10^2$  UFC/100 ml), marquant une dégradation. Le 5 Mai, un pic significatif de contamination est observé avec  $28 \times 10^3$  UFC/100 ml, suivi d'une réduction à  $35 \times 10^2$  UFC/100 ml le 12 Mai, puis à  $22 \times 10^2$  UFC/100 ml le 19 Mai. Bien que la situation s'améliore, la qualité de l'eau reste préoccupante.

### III.2.3. Streptocoques fécaux

La figure 18 illustre la variation hebdomadaire de nombre des Streptocoques fécaux dans les eaux épurées de la STEP de Beni Mered et Boufarik (Période du Février au Avril 2024).



**Figure 18 :** Variation hebdomadaire de nombre des Streptocoques fécaux dans les eaux épurées de la STEP de Beni Mered et Boufarik (Période du Février au Avril 2024).

### Chapitre III : Résultats et Discussion

---

- a. STEP Beni Mered : Au début de Février 2024, la concentration de SF était extrêmement élevée, indiquant une forte contamination fécale. Cependant, une réduction progressive a été observée au fil des semaines, démontrant une amélioration de l'efficacité de la STEP dans la réduction de la charge bactérienne. Avril - Mai 2024, les prélèvements ont montré une absence de SF, indiquant une bonne qualité de l'eau épurée à ces dates. La légère réapparition de SF à la fin avril pourrait être due à des fluctuations dans le fonctionnement de la STEP ou à des variations dans la charge d'entrée. Cette amélioration globale peut être attribuée à une optimisation des processus de traitement de l'eau, aux conditions opérationnelles de la STEP, et à des facteurs environnementaux influençant la charge bactérienne et l'efficacité du traitement.
- b. STEP Boufarik : Les prélèvements des 31/03/2024, 21/04/2024, 12/05/2024, et 19/05/2024 montrent une absence de Streptocoques fécaux dans l'eau épurée, indiquant l'efficacité du traitement de la STEP à ces dates. Cependant, le prélèvement du 28/04/2024 montre une légère présence de Streptocoques fécaux avec  $1 \times 10^2$  UFC/100ml, suggérant une possible variation dans l'efficacité du traitement ou une contamination mineure. Le prélèvement du 05/05/2024 révèle une contamination importante avec  $24 \times 10^2$  UFC/100ml, indiquant un problème sérieux dans le processus de traitement de la STEP, nécessitant une investigation et des mesures correctives immédiates. Les explications possibles incluent une variation dans la charge de polluants entrants, des fluctuations opérationnelles, des maintenances non prévues, une défaillance mécanique ou une surcharge du système.

Les résultats montrent une amélioration significative de la qualité des eaux épurées à la STEP de Beni Mered au cours de la période analysée, avec une réduction marquée des coliformes totaux, des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux ; malgré quelques légères variations en fin de période, la tendance générale indique une amélioration continue de traitement.

Les résultats des coliformes totaux et fécaux dans les eaux épurées de la STEP Boufarik montrent des variations significatives sur la période d'étude, avec des pics de contamination fécale importants. L'absence de Streptocoques fécaux à plusieurs dates suggère un bon fonctionnement général du traitement, bien qu'une contamination notable due probablement à des fluctuations dans la charge de polluants ou des maintenances imprévues.

## Chapitre III : Résultats et Discussion

### III.2.4. Spores Anaérobies Sulfito-réducteurs

**Tableau V** : Résultat de la recherche et dénombrement des spores anaérobies sulfito-réducteurs dans les eaux usées traitées par la STEP de Beni Mered et Boufarik.

<i>Date de prélèvement</i>	<i>Résultats Beni Mered</i>	<i>Date de prélèvement</i>	<i>Résultats Boufarik</i>
<b>05/02/2024</b>	0 spore dans 20 ml d'eau à analyser	<b>31/03/2024</b>	Indénombrable
<b>11/03/2024</b>	0 spore dans 20 ml d'eau à analyser	<b>21/04/2024</b>	$16 \times 10^5$ spores dans 20 ml d'eau à analyser
<b>24/04/2024</b>	0 spore dans 20 ml d'eau à analyser	<b>28/04/2024</b>	0 spore dans 20 ml d'eau à analyser
<b>14/04/2024</b>	Indénombrables	<b>05/05/2024</b>	0 spore dans 20 ml d'eau à analyser
<b>21/04/2024</b>	0 spore dans 20 ml d'eau à analyser	<b>12/05/2024</b>	$> 45 \times 10^2$ spores dans 20 ml d'eau à analyser
<b>28/04/2024</b>	0 spore dans 20 ml d'eau à analyser	<b>19/05/2024</b>	$> 30 \times 10^2$ spores dans 20 ml d'eau à analyser

- STEP Beni Mered : Les résultats des tests montrent que, la plupart du temps, l'eau traitée par la STEP de Beni Mered est exempte de spores anaérobies sulfito-réducteurs, indiquant l'efficacité générale des processus de traitement et de désinfection. Cependant, une anomalie a été observée le 14/04/2024, où le nombre de spores était indénombrable, suggérant une possible défaillance temporaire du système. Cela souligne l'importance d'une surveillance continue et d'un entretien régulier pour garantir une qualité constante de l'eau et prévenir de futures anomalies.
- STEP Boufarik : Les résultats des analyses des spores anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) dans les eaux épurées de la STEP de Boufarik montrent des variations



### Chapitre III : Résultats et Discussion

significatives. Le 31/03/2024, la concentration est "indénombrable", indiquant une contamination très élevée. Le 21/04/2024, une valeur extrêmement élevée de  $16 \times 10^5$  ASR dans 20 ml d'eau est observée. Les 28/04/2024 et 05/05/2024, aucune spore n'est détectée. Le 12/05/2024, la concentration est supérieure à  $45 \times 10^2$  ASR, et le 19/05/2024, elle est supérieure à  $30 \times 10^2$  ASR, indiquant une faible présence de spores. Ces fluctuations peuvent être attribuées à des variations dans l'efficacité du traitement de l'eau, des conditions environnementales changeantes et des sources de pollution ponctuelles.

Les données indiquent principalement que l'eau traitée à la STEP de Beni Mered est exempte de spores anaérobies sulfito-réducteurs, ce qui témoigne de l'efficacité du traitement de l'eau. Cependant, un résultat indénombrable à une date souligne la nécessité de rester vigilant et d'agir rapidement pour corriger les anomalies afin de maintenir des normes de qualité de l'eau constantes. Par ailleurs, les résultats des analyses de la STEP de Boufarik montrent que les niveaux de contamination par les spores anaérobies sulfito-réducteurs peuvent fluctuer de manière significative dans les eaux épurées. Cela souligne la nécessité d'une surveillance continue et d'améliorations potentielles des processus de traitement pour assurer une qualité constante des eaux épurées.

#### III.2.5. Bactéries pathogènes

##### A. STEP Beni Mered:

**Tableau VI :** Résultat de la recherche des bactéries pathogènes dans les eaux usées traitées par la STEP de Beni Mered.

<i>Bactéries</i> <i>Date de</i> <i>prélèvement</i>	<i>Salmonelle</i>	<i>Vibrion</i> <i>cholérique</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>	<i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i>
<b>05/02/2024</b>	(-) absence	(-) absence	(+) présence	(+) présence
<b>11/03/2024</b>	(-) absence	(-) absence	(+) présence	(+) présence
<b>24/03/2024</b>	(-) absence	(-) absence	(+) présence	(+) présence
<b>14/04/2024</b>	(-) absence	(-) absence	(+) présence	(-) absence
<b>21/04/2024</b>	(+) présence	(-) absence	(-) absence	(-) absence
<b>28/04/2024</b>	(+) présence	(-) absence	(-) absence	(+) présence

### 1. Salmonelle :

Les microorganismes pathogènes tels que les salmonelles sont Généralement transmis à l'homme par ingestion d'eau contaminée et sont responsables de diverses maladies (**MOMBA et al., 2006**). La recherche de ce germe revêt une importance particulière car sa présence dans l'environnement hydrique est le signe d'une contamination fécale (**CAVALLARI et al., 2011**).

- ✓ Absence : Les échantillons analysés en 05/02/2024, 11/03/2024, 24/03/2024, et 14/04/2024 montrent l'absence de Salmonelle, ce qui est un bon indicateur de la qualité de l'eau traitée à ces dates.
- ✓ Présence : Les échantillons analysés en 21/04/2024 et 28/04/2024 montrent la présence de Salmonelle, indiquant une contamination et un potentiel risque pour la santé publique.

### 2. Vibrio cholérique :

Le *Vibrio cholerae* est responsable du choléra, une maladie diarrhéique aiguë.

- ✓ Tous les échantillons montrent l'absence de *Vibrio cholerae*, ce qui est favorable car cela signifie que l'eau épurée ne présente pas de risque de choléra.

### 3. Pseudomonas aeruginosa :

Cette bactérie est opportuniste et peut causer des infections, notamment chez les personnes immunodéprimées.

- ✓ Présence : Les échantillons des dates 05/02/2024, 11/03/2024, et 24/03/2024 montrent la présence de *Pseudomonas aeruginosa*, ce qui indique une contamination et un risque potentiel pour la santé.
- ✓ Absence : Les échantillons des dates 14/04/2024, 21/04/2024, et 28/04/2024 montrent l'absence de *Pseudomonas aeruginosa*, indiquant une meilleure qualité de l'eau épurée à ces dates.

### 4. Staphylococcus aureus :

Cette bactérie peut causer une variété d'infections allant de légères à potentiellement mortelles.

### Chapitre III : Résultats et Discussion

- ✓ Présence : Les échantillons des dates 05/02/2024, 11/03/2024, 24/03/2024, et 28/04/2024 montrent la présence de *Staphylococcus aureus*, ce qui signifie une contamination et un risque pour la santé.
- ✓ Absence : Les échantillons des dates 14/04/2024 et 21/04/2024 montrent l'absence de *Staphylococcus aureus*, indiquant une amélioration de la qualité de l'eau.

Les analyses microbiologiques des eaux épurées de la STEP de Beni Mered ont révélé la présence de bactéries pathogènes telles que *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*, indiquant que la qualité de l'eau traitée ne respecte pas les normes en vigueur. L'inutilisation de la désinfection par le chlore, essentielle pour éliminer ces micro-organismes, pourrait être la cause de cette contamination. Ces résultats posent des risques sérieux pour la santé publique et l'environnement, car l'eau contaminée peut provoquer des maladies et affecter les écosystèmes aquatiques. Il est donc urgent que la STEP de Beni Mered améliore son processus de traitement, notamment en rétablissant une désinfection efficace et en surveillant régulièrement la qualité de l'eau traitée.

#### B. STEP Boufarik :

**Tableau VII :** Résultat de la recherche des bactéries pathogènes dans les eaux usées traitées par la STEP de Boufarik.

<i>Bactéries</i> <i>Date de</i> <i>prélèvement</i>	<i>Salmonelle</i>	<i>Vibron</i> <i>cholérique</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>	<i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i>
<b>31/03/2024</b>	(+) présence	(-) absence	(-) absence	(-) absence
<b>21/04/2024</b>	(+) présence	(-) absence	(-) absence	(+) présence
<b>28/04/2024</b>	(+) présence	(-) absence	(-) absence	(+) présence
<b>05/05/2024</b>	(-) absence	(-) absence	(+) présence	(+) présence
<b>12/05/2024</b>	(-) absence	(-) absence	(-) absence	(+) présence
<b>19/05/2024</b>	(-) absence	(-) absence	(-) absence	(-) absence

## Chapitre III : Résultats et Discussion

---

### 1. Salmonelle :

- ✓ Présence détectée les 31/03/2024, 21/04/2024, et 28/04/2024.
- ✓ Absence détectée les 05/05/2024, 12/05/2024, et le 19/05/2024.

La présence de Salmonelle à plusieurs reprises indique une contamination bactérienne intermittente. La réduction de la présence de Salmonelle après le 28/04 peut suggérer une amélioration temporaire des conditions ou des mesures de traitement, bien que la source de contamination puisse être encore active.

### 2. Vibrion cholérique :

- ✓ Absence détectée à toutes les dates.

L'absence de Vibrion cholérique est un point positif et indiquant que les eaux épurées ne présentent pas de risque de cholera dans les échantillons testés, respectant potentiellement les normes de sécurité pour cette bactérie spécifique.

### 3. Pseudomonas aeruginosa :

- ✓ Présence détectée le 05/05/2024.
- ✓ Absence détectée les autres dates.

La détection de *Pseudomonas aeruginosa* le 05/05 est préoccupante car cette bactérie est souvent associée à des infections nosocomiales et peut indiquer une contamination récente ou un événement de pollution ponctuel.

### 4. Staphylococcus aureus :

- ✓ Présence détectée les 21/04/2024, 28/04/2024, 05/05/2024, et le 12/05/2024.
- ✓ Absence détectée les 31/03/2024 et le 19/05/2024.


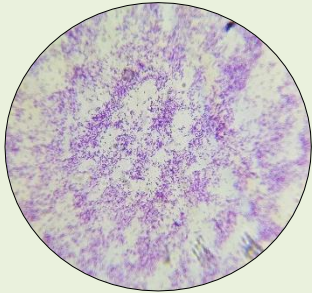

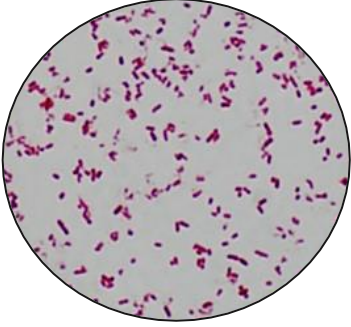
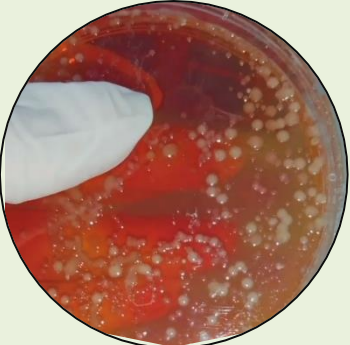
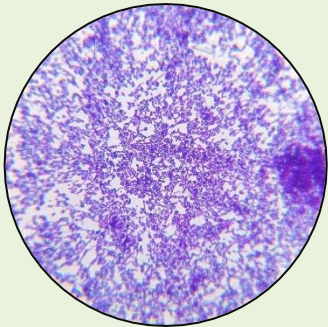
La présence fréquente de *Staphylococcus aureus* suggère une contamination bactérienne persistante et peut poser des risques pour la santé publique, surtout en l'absence de désinfection efficace.

Les résultats montrent une contamination bactérienne fluctuante avec des occurrences notables



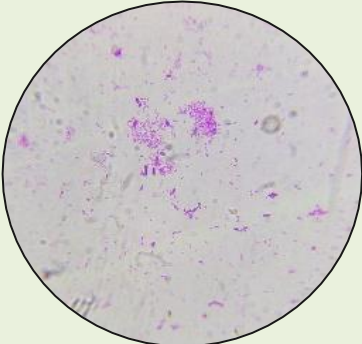
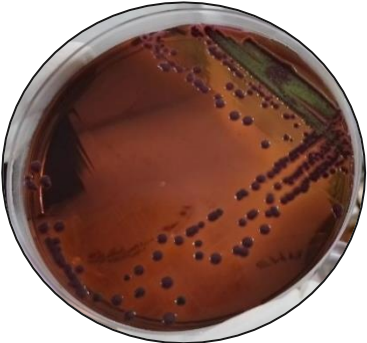
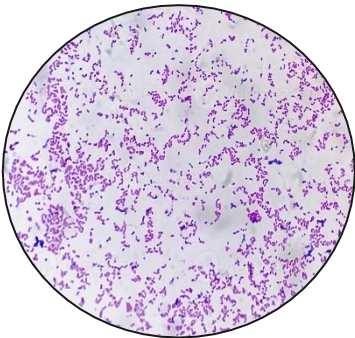
### Chapitre III : Résultats et Discussion

de *Salmonelle* et *Staphylococcus aureus*, et un incident ponctuel de *Pseudomonas aeruginosa* au niveau de la STEP de Boufarik. L'absence de *Vibrio cholérique* est un point positif mais ne compense pas les autres contaminations. Cela souligne la nécessité d'améliorer les traitements biologiques pour garantir une meilleure qualité de l'eau traitée. Des mesures supplémentaires de désinfection et de surveillance continue sont essentielles pour minimiser les risques sanitaires et assurer la conformité aux normes en vigueur.

**Tableau VIII :** Aspect macroscopique et microscopique des colonies bactériennes.

Milieu de culture	Observation macroscopique	Observation microscopique
<b>Cétrimide</b> 	-Couche lisse et de couleur verte.	<b><i>Pseudomonas aeruginosa</i></b>  Bâtonnets courts à Gram (-)
<b>Héctoène</b> 	-Petites colonies lisses, à contour régulier, pigmentées en vert ou en bleu vert avec ou sans centre noir.  -Colonies transparentes avec ou sans centre noir.	<b><i>Salmonelle</i></b>  Bacilles à Gram (-)
<b>Chapman</b> 	-Colonies Petites et moyennes, plus ou moins plates, lisses, opaques crémeuses, à contour régulier, de couleur blanche ou jaune.	<b><i>Staphylococcus aureus</i></b> 

## Chapitre III : Résultats et Discussion

		Cocci à Gram (+) groupés en amas ou en chaînette.
<b>GNAB</b> 	/	/
<b>S-S</b> 	-Petite et moyenne colonies, circulaires, bombées, muqueuse de couleur rose.	<b>Shigella</b>  Bacilles a Gram (-)
<b>EMB</b> 	-Colonies bleu-noir avec des reflets verts métallisés.	<b>Escherichia coli</b>  Bacilles a Gram (-)

# Conclusion



## Conclusion

---

Ce travail a été réalisé dans le but de l'évaluation de la qualité des eaux usées épurées dans la station d'épuration de Beni Mered et Boufarik. Après une série d'analyses de plusieurs paramètres physico-chimiques (pH, T°, MES, DBO<sub>5</sub>, DCO, ...) et bactériologiques (CT, CF, SF, ASR, ...) et la comparaison des résultats avec les normes d'OMS et JORAD nous avons constaté :

- Globalement, l'analyse physicochimique indique que les eaux épurées des STEP de Beni mered et Boufarik sont de qualité acceptable pour le rejet dans l'environnement, selon les normes algériennes et celles de l'OMS. Cependant, des améliorations et des surveillances continues sont nécessaires pour garantir la conformité sur tous les paramètres et la protection optimale des écosystèmes aquatiques.
- Malheureusement selon les résultats discutés dans cette étude ; la qualité bactériologique des eaux usées épurées de la station d'épuration de Beni Mered et Boufarik ne conforme pas aux normes de rejet dans le milieu naturel du journal officiel Algérien et de l'OMS, et par conséquence leurs réutilisation n'est pas recommandé avant de prendre les précautions nécessaires.

Bien que la qualité physico-chimique des eaux usées traitées dans les deux stations soit conforme aux normes, leurs rejets présentent un risque pour le milieu récepteur en raison de la mauvaise qualité bactériologique, dont les paramètres dépassent significativement les normes établies ; cela provoque des conséquences graves et durables sur l'environnement, la santé publique et l'économie du pays. Il est crucial de renforcer les réglementations et les contrôles pour garantir le traitement adéquat des eaux usées et protéger les ressources en eau pour les générations futures.

Les résultats de cette étude peuvent influencer les politiques de gestion des eaux usées de plusieurs manières :

- Amélioration de la surveillance et de la maintenance pour garantir la stabilité du traitement et le respect des normes de rejet.
- Mise en place de traitements complémentaires pour éliminer les germes pathogènes.
- Sensibilisation des gestionnaires des stations d'épuration à l'importance du suivi régulier de la qualité des eaux.
- Gestion des déchets pour réduire les impacts environnementaux et sanitaires.

Les résultats préliminaires obtenus dans le cadre de cette étude nous permettent de penser aux



## Conclusion

---

perspectives suivantes :

- Nous constatons que les eaux usées représentent une ressource d'eau renouvelable qu'il faudrait exploiter dans l'agriculture, l'industrie et dans d'autres usages municipaux, donc constituer sans doute, demain, l'une des solutions incontournables pour notre pays qui souffre du déficit hydrique.
- Mettre en place des traitements complémentaires, notamment de désinfection, pour améliorer l'élimination des micro-organismes pathogènes.
- Encourager la recherche et l'innovation dans le domaine du traitement des eaux usées afin de développer des technologies plus performantes et durables.
- Gestion des eaux usées en tant que ressources pour minimiser les impacts environnementaux et sanitaires.
- Formation et sensibilisation du public sur la gestion des eaux usées et ses impacts.

A la fin, nous souhaitons vivement encourager les étudiants à envisager des thèses de recherche axés sur le traitement, en utilisant les données que nous avons collectées dans notre étude sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux épurées. Ces données constituent une base solide pour explorer de nouvelles avenues dans ce domaine crucial pour la santé publique et la durabilité environnementale. Les données existantes inspirent et guident les étudiants vers des recherches qui peuvent avoir un impact positif sur la qualité de l'eau et son utilisation efficace dans divers domaines.

# **Références bibliographiques**

### A

- ❖ **AFNOR (1994, 2005).** Qualité de l'eau : Recueil de normes françaises. Paris. Association Française de Normalisation.
- ❖ **Alexandre O., Boutin C., Duchêne Ph., Lagrange C., Lakel A., Liénard A., Orditz D. (1998).** Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités. Document technique FNDAE n°22, Ed Ministère de l'agriculture et de la pêche. 96 p.
- ❖ **Aoualmia Saida, R. A. (2011).** Suivi de la qualité de l'eau potable après traitement à la station de Hammam Debagh.
- ❖ **Avril J-L., Dabernat H., Denis F. et al. (2000).** Bactériologie Clinique. Ellipses. 3ème Edition. 511p.

### B

- ❖ **Bakiri, Z. (2007).** Traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques : expérimentation et modélisation (Doctoral dissertation, Université de Sétif 1-Ferhat Abbas).
- ❖ **Baldent. (1997).** Coloration usuelle en bactériologie. Revue de développement et santé.
- ❖ **Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconie A. (2004) :** Réutilisation des eaux usées, Risque sanitaires et faisabilité en Ile –De –France. Rapport ORS ,220 p.
- ❖ **Belghitimi L., Chahlaoui A, Bengoumi D, El Moustane. R. (2013).** Etude de la qualité physico -chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe Plio - Quaternaire dans la région de Meknès (Maroc), Larhyss Journal, n°14, pp. 21-36.
- ❖ **BELOKDA W. (2009).** Thèse contribution à une gestion des effluents liquides hospitaliers.
- ❖ **Bentamra, B. (2020).** Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées de la Station d'épuration de la ville de Tissemsilt.
- ❖ **Bliefert, C., & Perraud, R. (2001).** Chimie de l'environnement. Air, eau, sols, déchets. De Boeck.
- ❖ **Brière, F. G. (2012).** *Distribution et collecte des eaux.* Presses inter Polytechnique.

## Références bibliographiques

---

### C

- ❖ **Campos, C. (2008).** New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse. *Desalination*, 218(1-3), 34-42.
- ❖ **Caselli, P., Walmsley, C. M., Zucconi, A., Tafalla, M., Dore, L., & Myers, P. C. (2002).** Molecular ions in L1544. II. The ionization degree. *The Astrophysical Journal*, 565(1), 344.
- ❖ **Cavallo J.D., Plesiat P., Couetdic G., Leblanc F., Fabre R. (2002).** Mechanisms of  $\beta$ -lactam resistance in *Pseudomonas aeruginosa*: prevalence of OprMover producing strains in a French multicentre study (1997).
- ❖ **CEAEQ. (2011).** Détermination des métaux : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon. Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques du Québec, p.32.
- ❖ **Chellé, F., Dellale, M., Dewachter, M., Mapakou, F., & Vermey, L. (2005).** L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer. Office international de l'eau, P15.
- ❖ **Cherak, L. (1999).** Incidences des eaux usées résiduelles sur la microflore et le comportement de l'avoine (Doctoral dissertation, Thèse magister Université de Batna (Algérie)).
- ❖ **Chevalier, P., Levallois, P., Gingras, S., Déry, P., Payment, P., Michel, P., & Rodriguez, M. (2014).** Risk of infectious gastroenteritis in young children living in Québec rural areas with intensive animal farming: results of a case-control study (2004–2007). *Zoonoses and public health*, 61(1), 28-38.
- ❖ **Coulibaly, M. B. (2005).** Etude des besoins obstétricaux non couverts au Centre de Santé de référence de Niono.
- ❖ **Crini, G., Montiel, A. J., & Badot, P. M. (2007).** *Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique*. Presses Univ. Franche-Comté.

### D

- ❖ **Debroux, J. F., Amy, G., Arnold, R., & Wilson, L. G. (1996).** Preozonation for enhancing the biodegradability of wastewater effluent in a potable-recovery soil aquifer

## Références bibliographiques

---

treatment (SAT) system. *Revue des sciences de l'eau/journal of water science*, 9(3), 365-380.

- ❖ **Delarras, C., & Trébaol, B. (2003).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : réglementation, prélèvements, analyses. Tec & Doc.
- ❖ **Desjardins, R. (1997).** *Le traitement des eaux*. Presses inter Polytechnique.

### E

- ❖ **Edsall, T. A., & Charlton, M. N. (1996).** *Nearshore waters of the Great Lakes*. Environment Canada, Water Science and Technology Directorate.
- ❖ **El Hachemi, O., El Halouani, H., Meziane, M., Torrens, A., Salgot, M., & Sbaa, M. (2012).** Etude des performances épuratrices dans une station de traitement des eaux usées par lagunage en climat désertique (Oasis de Figuig-Maroc) : Aspect bactérien et organique. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn*, 6(1), 84-97.

### F

- ❖ **FAO. (2003).** L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper, 65p.

### G

- ❖ **Gadri H. (2019).** Effet de Coagulation à base de fer sur l'épuration par coagulation-Floculation des eaux usées provenant de rejet de la wilaya de Biskra. Mémoire pour l'obtention du diplôme Master en hydraulique. Université Mohamed Khider –Biskra.
- ❖ **Gaid, A.k. (1984).** Epuration biologique des eaux usées urbaines, tome I. édition : OPU. Ben Aknoun, Alger (Algérie).
- ❖ **Gassara, F., Brar, S. K., Tyagi, R. D., & Valero, J. R. (2011).** Dégradation biologique du bisphénol A dans les eaux usées. *Environmental Reviews*, 19(NA), 32-54.
- ❖ **GHAZALI, D. et ZAID, A. (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknès-Maroc).
- ❖ **Gomella, C., & Guerrée, H. (1978).** Eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales.

## Références bibliographiques

---

- ❖ **Gonsioroski, A., Mourikes, V. E., & Flaws, J. A. (2020).** Endocrine disruptors in water and their effects on the reproductive system. *International journal of molecular sciences*, 21(6), 1929.
- ❖ **Grant, K. S., Burbacher, T. M., Faustman, E. M., & Grattan, L. (2010).** Domoic acid: neurobehavioral consequences of exposure to a prevalent marine biotoxin. *Neurotoxicology and teratology*, 32(2), 132-141.

### H

- ❖ **HADJ-SADOK Zakaria Mohamed. (1999).** Modélisation et estimation dans les bioréacteurs ; prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau. Thèse : Sciences de l'Ingénieur, Nice– Sophia Antipolis, 267 p.
- ❖ **Hartani, Tarik. (2004).** La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie.

### J

- ❖ **JORAD. (2006).** Décret Exécutif n°06-141, Définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Algérie : JO N° 26 du 23 Avril 2006, Page 4.

### K

- ❖ **Kerloc'h, B., & Maelstaf, D. (2014).** Le dimensionnement des réseaux d'assainissement des agglomérations. 52.
- ❖ **Koller, E. (2009).** *Traitement des pollutions industrielles*. Paris, France : Dunod.
- ❖ **Konate, S. (2006).** Etude Epidémio-clinique et thérapeutique de l'Hématome retro-placentaire au CHU du Point G et au Centre de référence de la commune V du District de Bamako (République du Mali). Bamako : Université du Mali.

### L

- ❖ **Labres, E., Azizi, D., Boudjellab, B. (2006).** Cours d'Hygiène et de Microbiologie des Eaux : Microbiologie des eaux et des boissons, Institut Pasteur d'Algérie. Documentation interne.

## Références bibliographiques

---

- ❖ **Littmann, J., Viens, A. M., & Silva, D. S. (2020).** The super-wicked problem of antimicrobial resistance. *Ethics and drug resistance: Collective responsibility for global public health*, 5, 421-443.
- ❖ **Loucif, K., Neffar, S., Menasria, T., Maazi, M. C., Houhamdi, M., & Chenchouni, H. (2020).** Physico-chemical and bacteriological quality assessment of surface water at Lake Tonga in Algeria. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 13, 100284.

### M

- ❖ **MAAZOUZ M. (2022).** Mémoire technique sur la station d'épuration des eaux usées de Benimered wilaya de Blida. Algérie.
- ❖ **Margot, J., & Magnet, A. (2011).** Elimination des micropolluants dans les eaux usées- Essais pilotes à la station d'épuration de Lausanne. *gwa*, 7, 487-493.
- ❖ **Martin-Mousset, B., Croué, J. P., Lefebvre, E., & Legube, B. (1997).** Distribution et caractérisation de la matière organique dissoute d'eaux naturelles de surface. *Water Research*, 31(3), 541-553.
- ❖ **Metahri M.S. (2012).** Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixte cas de la STEP de la ville de Tizi –Ouzou, Thèse de doctorat, Spécialité : Agronomie, Université Mouloude Mammeri De TiziOuzou, P21-23.
- ❖ **Mira Yasmine. (2008).** Contribution à la conception de la station d'épuration d'ISOLA 2000. These : Département Hydraulique, Ecole Nationale Polytechnique, Algérie.
- ❖ **Monod, J. (1942).** Recherches sur la croissance des cultures bactériennes.
- ❖ **Mouffok, F. (2001).** Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut Pasteur d'Alger 40.

### O

- ❖ **Office Internationale de l'Eau. (2005).** Développer les compétences pour mieux gérer l'eau, pp. 1-105.
- ❖ **OMS. (2005).** Etude parasitologie médicale ; technique de base pour laboratoire. P119.
- ❖ **ONA. (2022).** Mémoire technique de l'Organisation Nationale d'Assainissement.

## Références bibliographiques

---

- ❖ **OTV. (1999).** Traiter et valoriser les boues. France : omnium de traitement et de valorisation. P457.

### P

- ❖ **POTELON, J., & Zysman, K. (1998).** Guide des analyses de l'eau potable, Ed. «. La lettre du cadre territoriale ». SERT Dossier d'expert, France.
- ❖ **Prescott L.M., Harley J.P. et Klein D.A. (2007).** Microbiologie. De Boeck & Larcier. Bruxelles : 805-825.

### R

- ❖ **Rejsek, F. (2002).** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.
- ❖ **Richard C. (1996).** Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Ed. Scientifiques et médicale Elsevier. Paris.
- ❖ **RODIER, J. (2005).** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer : Chimie, physicochimie, biologie, interprétation des résultats. Paris Dunod, 1383.
- ❖ **Rodier, J., Geoffray, C., & Rodi, L. (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer : chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie. Dunod.
- ❖ **Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., & Brunet, R. (2009).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9ème Edition Dunod. *Paris, France.*

### S

- ❖ **Salembéré C.A. (2009).** Epuration des eaux usées de Kossodo : analyse des performances épuratoires de la STEP de Kossodo et analyse des impacts socio-économiques et sanitaires des maraîchers.
- ❖ **SALGHI, R. (2006).** Différentes filières de traitement des eaux. *Cours. Ecole nationale des sciences appliquées d'AGADIR. Université IBEN ZOHIR. ROAUME du MAROC.*
- ❖ **SATIN, M. SELMI B. (2006).** Guide technique de l'assainissement. 3ème Édition. Le Moniteur Edition. 726P.
- ❖ **SCHMIDT P. (2005).** Guide pratique de l'eau et de l'assainissement. Edition Bergerlevrault. Paris. 281p.



### U

- ❖ **UNEP (26 avril 2011).** « Inventaire des stations d'épuration des eaux usées dans les agglomérations côtières méditerranéennes de plus de 2000 habitants (2010) » Université Chouaib Doukkali El-Jadida. Maroc. Génie de l'environnement et santé.

### V

- ❖ **Vaubourdolle Michel. (2007).** Infectiologie. Chapitre : infections urinaires par Collignon A., hombrouck C., Torlotin J-C. 3ème édition. Paris. P283, 286, 290.
- ❖ **Vilaginés, R. D., & Akhras, A. R. (2010).** Three-phase flows simulation for improving design of gravity separation vessels. In *SPE Annual Technical Conference and Exhibition?* (pp. SPE-134090). SPE

### W

- ❖ **Waldichuk, M. (1989).** The state of pollution in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 20(12), 598-602.
- ❖ **World Health Organization. (1994).** Activité de l'OMS, 1992-1993 : rapport biennal du Directeur général à l'Assemblée mondiale de la Santé et aux Nations Unies. In *Activité de l'OMS, 1992-1993 : rapport biennal du Directeur général à l'Assemblée mondiale de la Santé et aux Nations Unies.*

# **Annexes**

## Annexe I

### 1. Matériel pour les analyses physicochimiques

#### Matériel biologique:

- Eau épurée

#### Appareillages et verreries :

- Balance de précision.
- Balance.
- Béchers.
- Bloc chauffant HACH LT 200.
- Conductimètre HACH HQ430d.
- Coupelle en aluminium.
- Creusets.
- DBO mètre HACH BOD Direct plus.
- Dessiccateur.
- Dispositif de filtration.
- Eprouvette graduée.
- Eprouvettes 100ml.
- Etuve à 105°C.
- Etuve memmert.
- Filtre en microfibre en verre Wattman.
- Flacons avec bouchons pour DBO5.
- Incubateur pour DBO5 Lavibond.
- Micropipette.
- Oxygène mètre HACH HQ430d.
- Papier filtre.
- pH-mètre HACH sensION.
- Pince.
- Pompe à vide.
- Réfrigérateur.
- Sonde thermométrique Pocket pro (Hach).
- Système de filtration sous vide.

### 2. Matériel d'analyses bactériologiques :

#### Appareillage et verreries :

- Anse de platine.
- Bain marie 80°C.
- Bec Bunsen.
- Boîtes de Pétri.
- Etuves.
- Fiole jaugée.
- Flacons stériles.
- Glacière.
- Lame et lamelle.
- Microscope.

## Annexes

---

- Pince stérile.
- Pipettes Pasteur.
- Portoir.
- Réfrigérateur.
- Tubes à essai.

### Solutions, Additifs et réactifs :

- Alcool.
- Alin de fer.
- Cloche Durham.
- Eau de Javel.
- Eau distillée.
- Eau physiologique.
- Fushine.
- Huile immersion.
- Kovacs
- Lugol.
- Sélénite de sodium.
- Sulfite de sodium.
- TDA (Tryptophane désaminase).
- Tubes à essai stériles.
- Violet de Gentiane.

### Milieu de culture :

- Bouillon cœur-cerveau B.H.I.B (05ml).
- Bouillon lactosé au bromo-crésol pourpre (BCPL 10 ml double et simple concentration).
- Bouillon Rothe (10 ml double simple et concentration).
- Bouillon Schubert.
- Eau peptone exemple d'indole (10ml).
- Eau peptone exemple d'indole 10 × concentré (50ml).
- Gélose au Cétrimide.
- Gélose Chapman.
- Gélose Eosine Bleu de Méthylène (EMB).
- Gélose Hectoène.
- Gélose Nutritive Alcalin Bille.
- Gélose Salmonella-Shigella.
- Gélose Viande foie.
- Gélose Xylose-Lysine-Désoxycholate (XLD).
- Milieu Eva Litsky.
- Sérum Fœtal Bovin (SFB 50ml double et 10ml simple concentration).
- Tryptophane (05ml).

## Annexes

### Annexe II

**Tableau IX :** Table de Mac Grady(NPP) dans le cas du système d'ensemencement.

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

## Annexes

**Tableau X :** Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).

Paramètres	Normes	Unités
T <sup>0</sup>	30	C <sup>0</sup>
Ph	6,9-8,5	/
MES	35	mg/l
DBO <sub>5</sub>	35	mg/l
DCO	80-120	mg/l
Oxygène dissous	5	mg/l
Conductivité électrique	2800	μS/cm
Azote total Kjeldahl	30	mg/l
Phosphore total	10	mg/l
Aluminium	3	mg/l
Cyanures	0,1	mg/l
Cadmium	0,2	mg/l
Chrome	0,5	mg/l
Fer	3	mg/l
Manganèse	1	mg/l
Mercuré total	0,01	mg/l
Nickel	0,5	mg/l
Plomb total	0,5	mg/l
Zinc total	3	mg/l
Cuivre total	0,5	mg/l
Huiles et Graisses	20	mg/l
Hydrocarbures	20	mg/l
Phénol	0,3	mg/l

**Tableau XI :** Normes microbiologiques de rejet des eaux épurées (OMS 2006) .

Micro-organismes	Concentration (en nombre par litre)
<b>Bactéries :</b>	
• Coliformes totaux	<b>10<sup>3</sup> -10<sup>7</sup></b>
• E.coli	<b>10-10<sup>6</sup></b>
• Enterocoques	<b>10-10<sup>5</sup></b>
• Salmonelles	<b>0-10</b>
• Vibrion cholériques	<b>0-10</b>

Annexe III

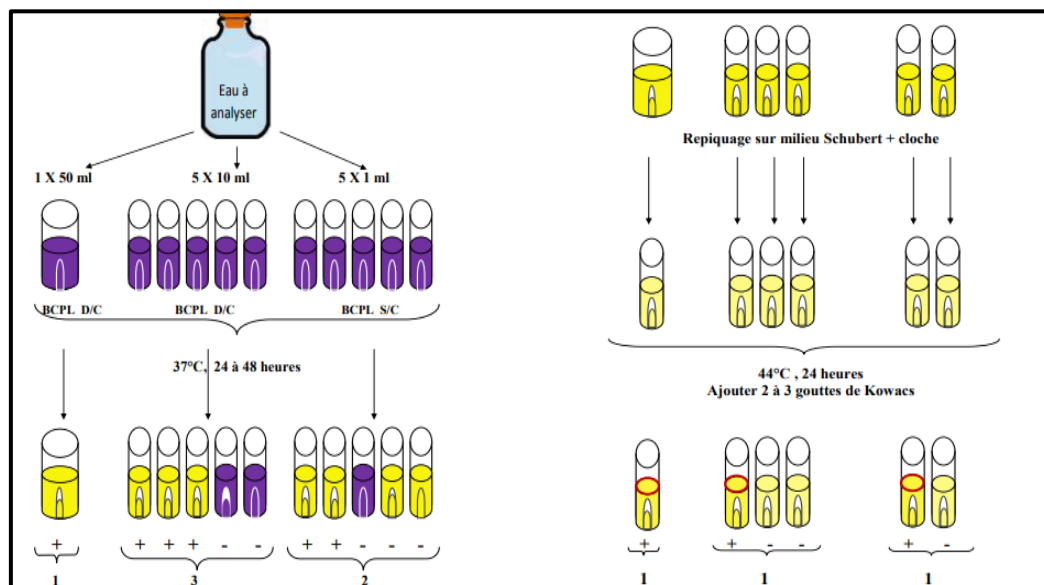


Figure 19 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux en milieu liquide (test de présomption)

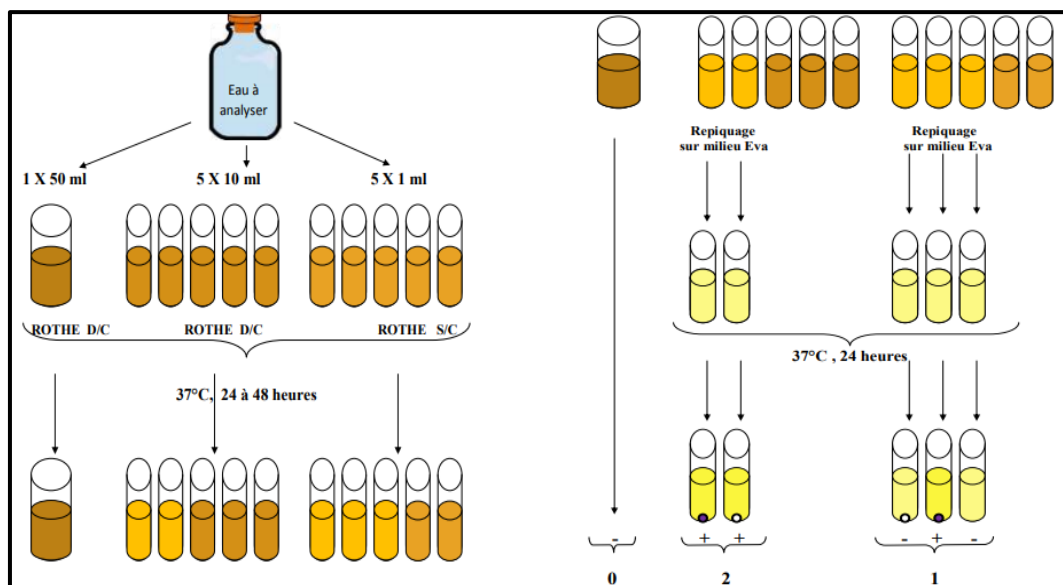


Figure 20 : Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux (test de confirmation)

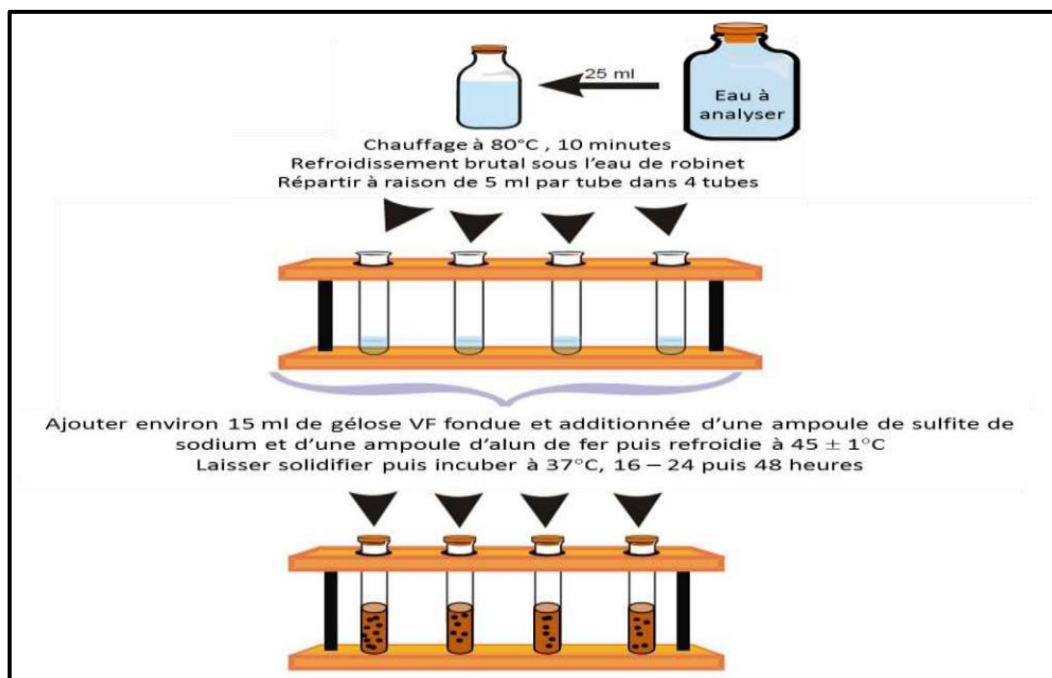


Figure 21 : Recherche et dénombrement des Spores d'anaérobies sulfito-réducteurs

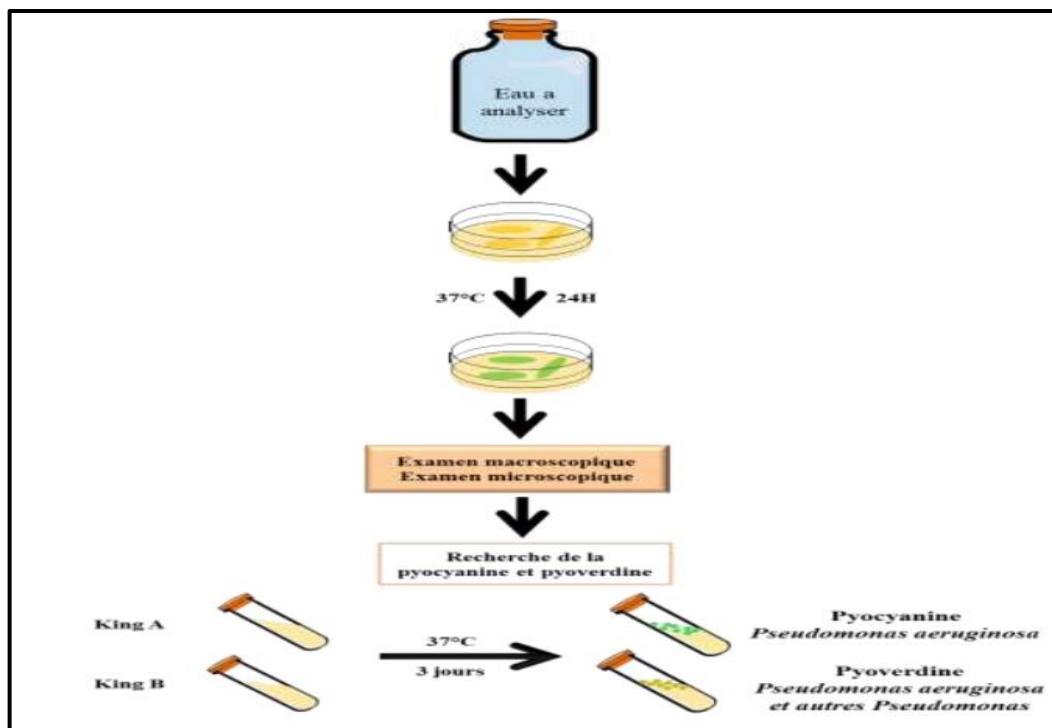


Figure 22 : Recherche de *Pseudomonas aeruginosa*



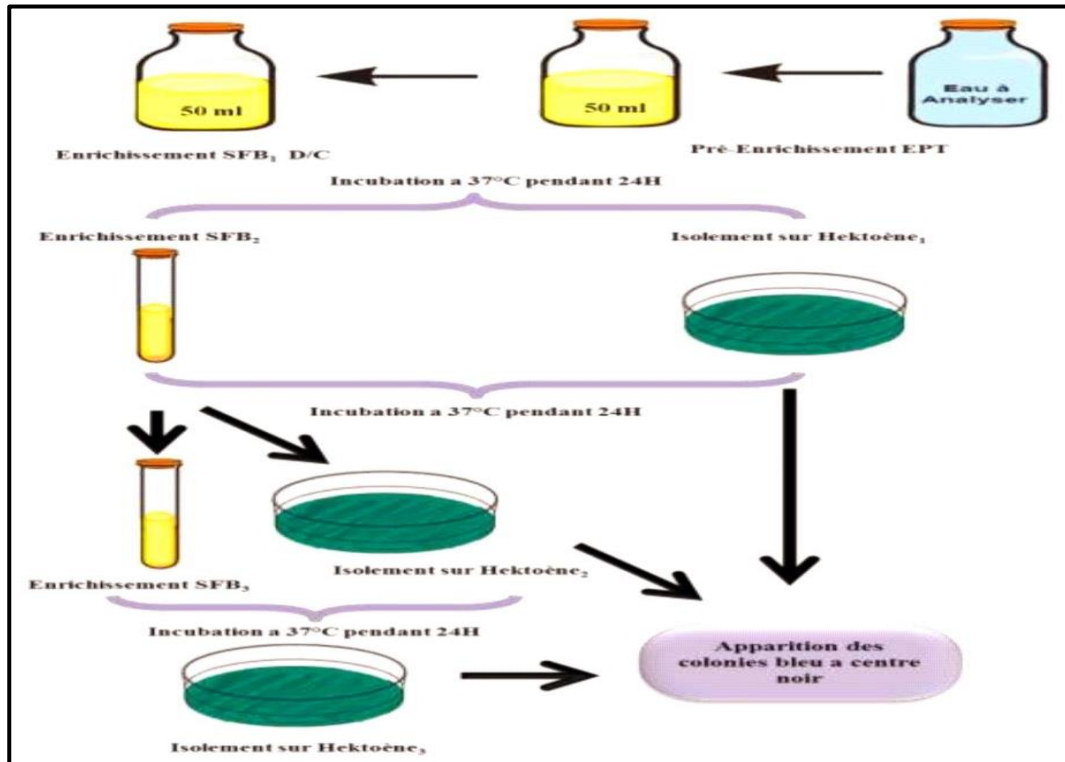


Figure 23 : Recherche des Salmonelles

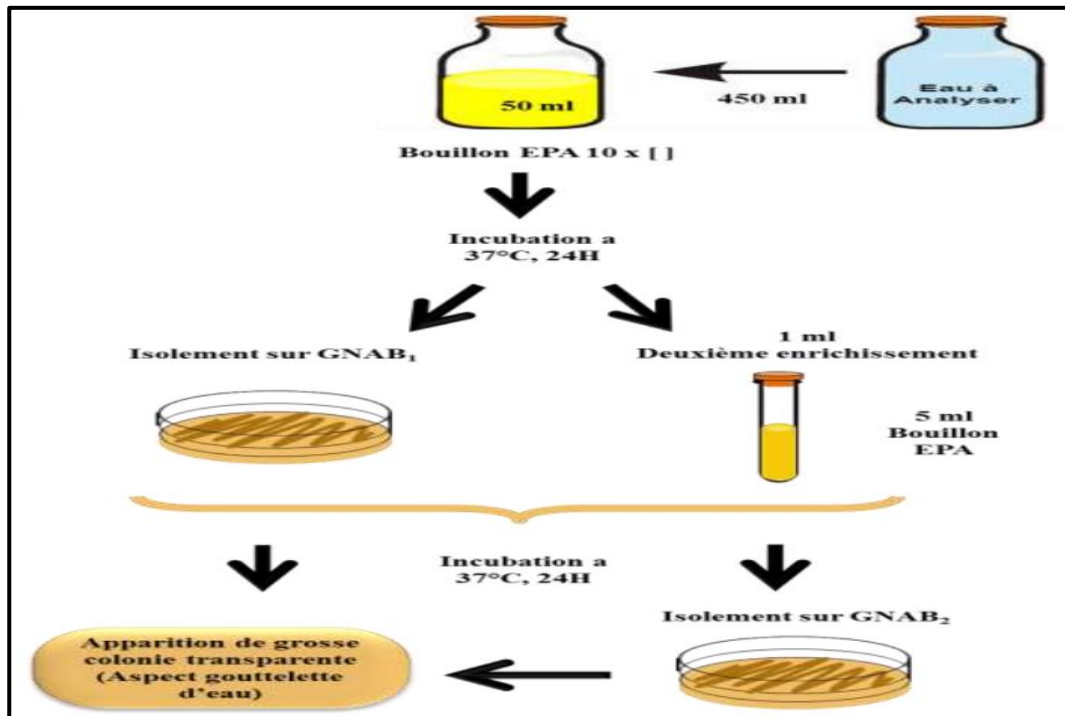


Figure 24 : Recherche de Vibron cholérique

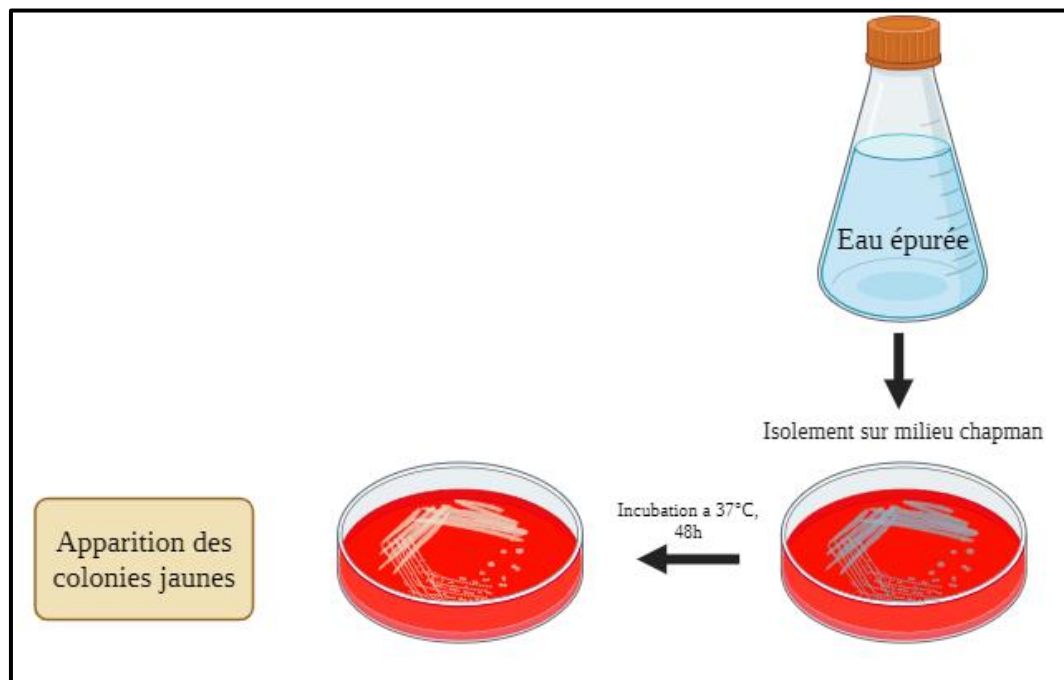


Figure 25 : Recherche de *Staphylococcus aureus*

## Annexes

### Annexe IV



Oxymètre



pH mètre



Conductimètre



Centrifugeuse









Thermostat bloc chauffante



DBO mètre

## Annexes

	
<p>Four à Moufle</p>	<p>Etuve</p>
	
<p>Balance</p>	<p>Dispositif de filtration</p>
	
<p>Dessicateure</p>	<p>Filtre en microfibre en verre Wattman</p>



## Annexes



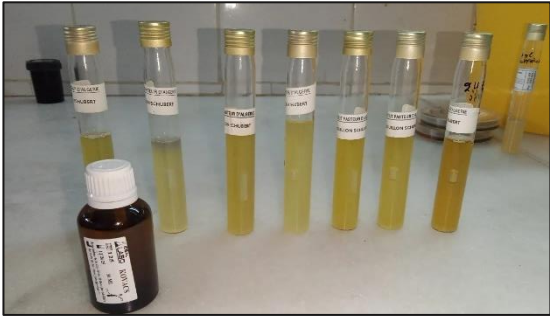


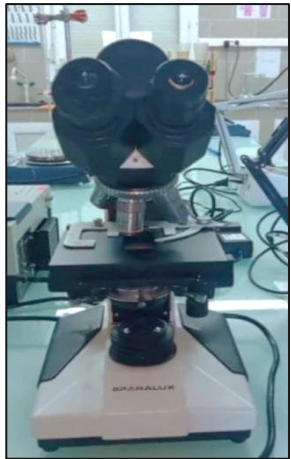
	
Boîtes petries et Bec bunsen	Bain marie memmert
	
Bouillon Schubert et Kovacs	Bouillon SFB
	
Echantillon à analyser	Microscope photonique

Figure 26 : Matériel des analyses physico-chimiques et bactériologiques (**photos originales, 2024**)

### Annexe V



Figure 27 : Lecture des résultats des coliformes totaux et fécaux (photos originales, 2024)

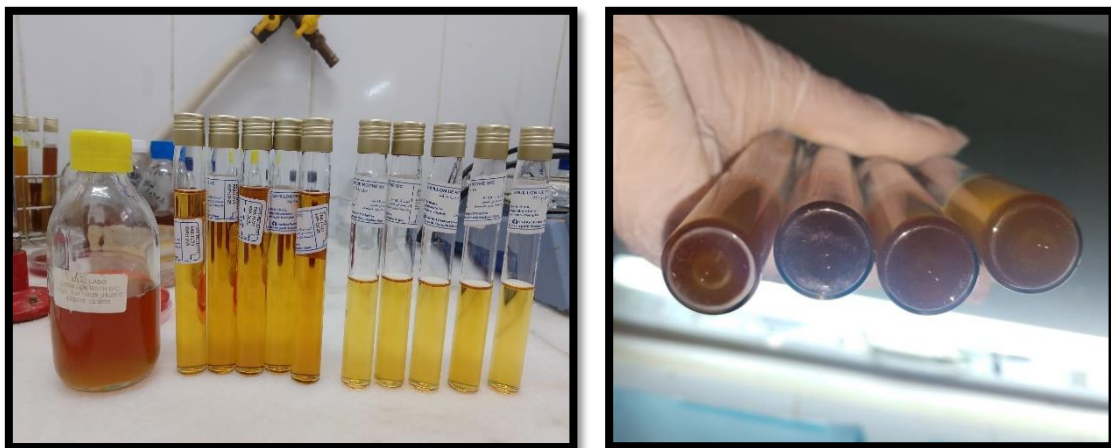


Figure 28 : Lecture des résultats des Streptocoques fécaux (photos originales, 2024)

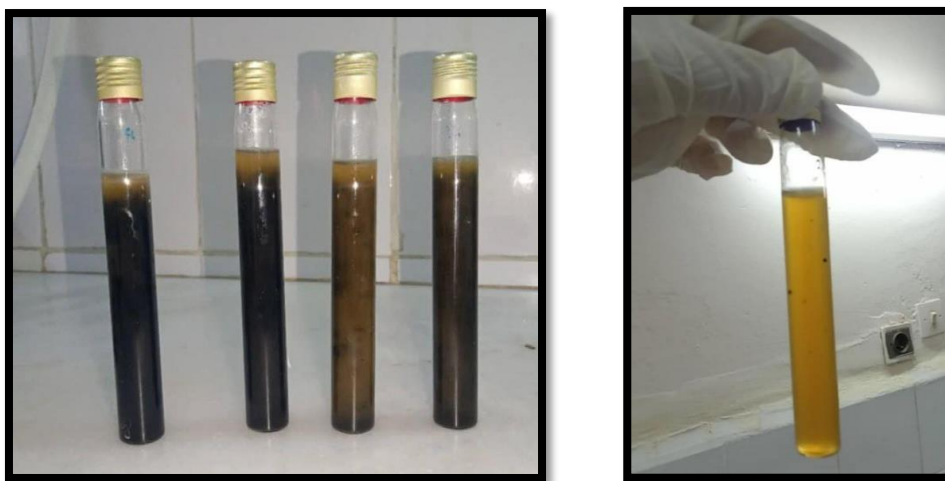


Figure 29 : Résultats de la recherche et du dénombrement des ASR (photos originales, 2024)