

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلم

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة البليدة (1)

Université Blida (1)



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

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 bactériologique des eaux usées brutes et
traitées à l'ONA de Beni Mered (Blida)**

Soutenu le : 07 / 07 / 2025

Présentées par : CHANANE Sabrina et SLIMI Imene

Devant le jury :

Promoteur : Dr. HACHOUR Kamal MCB/USDB1

Président de jury : Dr. GUEDIOURA A. MCA /USDB1

Examinatrice : Dr. BENAOUME N. MCB/USDB1

Année universitaire : 2025 /2026

Remerciements

Nous exprimons notre gratitude envers Dieu tout-puissant pour la santé et la détermination qu'il nous a accordées afin de débiter et de finaliser ce mémoire.

*Tout d'abord, ce travail n'aurait pas pu atteindre une telle richesse ni voir le jour sans le soutien et l'encadrement de **Dr. HACHOUR Kamal**, Maître de conférences A à la faculté SNV. Nous lui sommes reconnaissants pour la qualité exceptionnelle de son encadrement, sa patience, sa rigueur et sa disponibilité tout au long de notre préparation. Nous tenons également à remercier les membres éminents du jury,*

***Dr. GUEADIOURA A.** et **Dr BENAOUME N.** Enseignants-chercheurs à la faculté SNV, qui ont eu l'honneur de corriger et d'évaluer notre travail. Nos sincères remerciements vont également à tous les professeurs et intervenants dont les paroles, écrits, conseils et critiques ont guidé nos réflexions et qui ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions tout au long de cette recherche.*

*Nous souhaitons porter une attention particulière à directeur exécutif **Mr. Khochan**, et **PDG Mr. El Moussaoui Nour Eddine**, responsable du laboratoire d'hygiène SARL Rayhane de Blida. Cet homme nous a offert la possibilité d'effectuer notre stage dans des conditions optimales et nous a profondément impressionnés par sa vaste expérience et sa contribution concrète au bon déroulement de ce travail, ainsi qu'à l'ensemble de l'équipe du laboratoire. À notre encadrant externe, **Mr. Ounas Zakaria**, chef du STEP de Beni Mered (ONA), et **Mr. Chadouli Mohamed**, chef du laboratoire, nous adressons notre plus profonde reconnaissance pour leur excellent encadrement et les conseils précieux qu'ils nous ont constamment fournis.*

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, au bon déroulement de ce travail, nous souhaitons exprimer notre gratitude par ces mots pour leur présence, leur dévouement et l'aide inestimable qu'elles nous ont apportée tout au long de ce parcours. Un petit bout de chemin, certes, mais un enrichissement considérable.



Dédicaces

Je dédie ce travail à

À ma très chère mère, honorable et aimante. Vous m'avez donné la vie, la tendresse et le courage nécessaires pour réussir. Vos prières et vos bénédictions ont été d'un grand soutien dans la poursuite de mes études. Tout ce que je peux vous offrir ne saurait jamais traduire pleinement l'amour et la gratitude que je vous porte. Vous êtes la lumière qui éclaire mon chemin vers la réussite. En témoignage, je vous offre ce modeste travail pour vous remercier des sacrifices que vous avez consentis et de l'affection que vous m'avez toujours témoignée. Que Dieu vous accorde une longue vie, vous protège et vous garde en bonne santé. Je vous 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 déterminée.

À tous les membres de ma grande famille et à ma grand-mère Sebaa Baya. À mon grand-père « Mehamade » et à ma grand-mère « Meriem », que Dieu ait leur âme. À ma chère cousine Mariya pour son soutien et son affection.

A ma chère binôme Imene

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

À mes chères amies « Yasmine » et « Selma ». Merci pour chaque encouragement et pour avoir rendu ce voyage inoubliable. Et à tous mes collègues de promotion M2.

À tous ceux qui ont contribué à ma réussite et à tous ceux qui m'aiment.

Sabrina



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À ma tante adorée Hassina, pour son affection inépuisable, sa tendresse maternelle, et ses mots toujours réconfortants qui ont souvent adouci mes journées. Ta bienveillance a illuminé mon parcours.

À ma chère mère, pour son amour inconditionnel, ses prières et son soutien sans faille. Tu es ma source d'inspiration et de courage.

À mon cher père, pour ses conseils avisés, ses encouragements et ses sacrifices constants afin que rien ne freine mon parcours.

À ma grand-mère bien-aimée, pour ses prières silencieuses, sa sagesse ancestrale et l'amour pur qu'elle m'a toujours offert.

À mes frères et sœurs, pour leur amour, leur patience et leurs encouragements au quotidien.

À mes amis fidèles : Amira, Selma et Safaa, pour leur soutien moral, leur bienveillance et les moments de joie partagés.

À mes enseignants, pour leur engagement, leur savoir transmis et leur accompagnement tout au long de mon apprentissage.

À tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Enfin, un merci tout particulier à mon binôme Sabrina, pour sa collaboration, sa patience et son implication dans chaque étape de ce projet.

Avec tout mon respect, ma gratitude et mon affection.



Imene

Résumé

Cette étude vise à évaluer la qualité des eaux usées dans la station d'épuration de Beni Mered (Wilaya de Blida). Elle se concentre sur l'analyse de divers paramètres physico-chimiques (pH, température, MES, DBO5, DCO, CE, oxygène dissous) ainsi que bactériologiques (Coliformes totaux, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux, ASR, Salmonelle, Vibrion cholérique, *Pseudomonas aeruginosa*).

Nous avons réalisé six prélèvements pour l'analyse des eaux usées brutes et six autres pour l'analyse des eaux usées traitées. Les résultats obtenus indiquent que les eaux épurées respectent les normes, avec une réduction significative de la DCO, de la DBO et de la MES, affichant des taux d'abattement de **(92,85%, 95,71% et 96,31 %)**.

L'analyse bactériologique révèle la présence de plusieurs germes, y compris les coliformes totaux et fécaux ainsi que les streptocoques fécaux, qui servent d'indicateurs de contamination fécale, tout en ne détectant ni vibrion cholérique ni salmonelle.

Selon notre étude, nous avons constaté qu'il est envisageable de réutiliser les eaux traitées de la station d'épuration de Beni Mered, mais uniquement sous certaines conditions : dans un cadre de réutilisation agricole (non alimentaire) et/ou pour la protection des milieux naturels récepteurs.

Mots clés : Eaux usées, Eaux traitées, Station d'épuration Beni Mered, Paramètres physico-chimiques, Paramètres bactériologiques.

Abstract

This study aims to assess the quality of wastewater at the Beni Mered treatment plant (Blida Province). It focuses on the analysis of various physico-chemical parameters (pH, temperature, TSS, BOD₅, COD, EC, dissolved oxygen) and bacteriological parameters (total coliforms, fecal coliforms, fecal streptococci, sulfite-reducing anaerobes, Salmonella, Vibrio cholerae, *Pseudomonas aeruginosa*).

We conducted six samples of raw wastewater and six samples of treated wastewater. The results show that the treated wastewater complies with standards, with a significant reduction in COD, BOD₅, and TSS, reaching removal rates of (92,85%,95,71 %, and 96,31% respectively).

Bacteriological analysis revealed the presence of several germs, including total and fecal coliforms as well as fecal streptococci, which serve as indicators of fecal contamination, while detecting neither cholera vibrio nor salmonella.

According to our findings, the reuse of treated water from the Beni Mered treatment plant is feasible, but only under specific conditions: for non-food agricultural use and/or for the protection of receiving natural environments.

Keywords: Wastewater, Treated water, Beni Mered treatment plant, Physico-chemical parameters, Bacteriological parameters.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة مياه الصرف الصحي في محطة معالجة بني مرد (ولاية البليدة). يركز على تحليل مختلف المعايير الفيزيائية والكيميائية (الرقم الهيدروجيني، درجة الحرارة، EC، COD، BOD5، MES، الأكسجين المذاب) وكذلك المعايير البكتريولوجية (الكوليفورم الكلي، القولونيات البرازية، العقديات البرازية، ASR، السالمونيلا، الكوليرا ضمة، الزائفة الزنجارية).

لقد أخذنا ست عينات لتحليل مياه الصرف الصحي الخام وست عينات أخرى لتحليل مياه الصرف الصحي المعالجة. وتشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن المياه المعالجة تلبّي المعايير، مع انخفاض كبير في COD و BOD و MES، حيث أظهرت معدلات انخفاض النتائج: $92,85\%$ DBO ، $95,71\%$ DCO ، و $96,31\%$ MES.

وأظهر التحليل البكتريولوجي وجود عدد من الجراثيم، بما في ذلك القولونيات الكلية والبرازية وكذلك العقديات البرازية، والتي تعمل كمؤشرات على التلوث البرازي، في حين لم يتم الكشف عن ضمة الكوليرا أو السالمونيلا.

وبحسب دراستنا، وجدنا أنه من الممكن إعادة استخدام المياه المعالجة من محطة معالجة بني مريد، ولكن فقط في ظل ظروف معينة: في سياق إعادة الاستخدام الزراعي (غير الغذائي) و/أو لحماية البيئات الطبيعية المستقبلية.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، المياه المعالجة، محطة معالجة بني مريد، المعايير الفيزيائية والكيميائية، المعايير البكتريولوجية.

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

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DTA : Tryptophane désaminase

EE : Eau Epurée

EH : Equivalent Habitant

EPA : Eau peptone alcaline

EMB : GéloseEosine au bleu de méthylène

GN : Gélose Nutritive

H₂S : Sulfure d'hydrogène

IPO : Indice de Pollution Organique

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

MES : Matière En Suspension

NPP : Nombre Plus Probable

OD : Oxygène Dissous

OMS : Organisation Mondial de la Santé

ONA : Office Nationale d'Assainissement

PH : Potentiel d'hydrogène

RM : Rouge de Méthyle

PR : Poste de Refoulement.

S/C : Simple Concentration

SF : Streptocoques Fécaux

SFB : Bouillon Sélénite-Cystéine

SS : Gélose Salmonella-Shigella

STEP : Station d’Epuración des Eaux Usées

UFC : Unité Formant Colonie

VF : Viande Foie

XLD : Gélose Xylose-Lysine-Désoxycholate

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours

Liste des Figures

Figure 1 : Schéma de principe d'une filière type de disques biologiques.	14
Figure 2 : Schéma général d'une station d'épuration par boues activées	15
Figure 3 : Vue microscopique des coliformes totaux	21
Figure 4 : Vue microscopique des coliformes fécaux (CF).....	20
Figure 5 : Observation microscopique des Streptocoques fécaux	21
Figure 6 : Observation microscopique de Clostridium Sulfito-réducteursme,	23
Figure 7 : Station d'épuration de Béni Mered (Originale, 2025)	28
Figure 8 : Vue aérienne de la STEP de Beni Mered.....	28
Figure 9 : Le prétraitement (Originale, 2025)	30
Figure 10 : Dégrilleur automatique fin (Originale, 2025).	30
Figure 11 : Bâche d'arrivé (Originale, 2025).	31
Figure 12 : Ligne de dessableur –déshuileur (Originale, 2025).	32
Figure 13 : Stockage des graisses	32
Figure 14 : Classification dessables	32
Figure 15 : Décanteur primaire de la STEP de Béni Mered (Originale, 2025).....	33
Figure 16 : Bassin d'aération de la STEP de Beni Mered (Originale, 2025).	35
Figure 17 : Exemple des micro-organismes : rotifère, vorticelle, nématode et pseudomonas (Originale,2022)	36
Figure 18 : Clarificateur de la STEP de Beni Mered (Originale, 2025).....	37
Figure 19 : Bassin de désinfection a chicanes (Originale, 2025)	38
Figure 20 : Sortie de l'eau épurée (Originale, 2025).	38
Figure 21 : Échantillonneur automatique (Originale, 2025).	40
Figure 22 : Prélèvement d'eau brute (Originale, 2025).	41
Figure 23 : Prélèvement d'eau épurée (Originale, 2025)	41
Figure 24 : Principe de la dilution d'eau usée brute et traitée (Originale, 2025).	42
Figure 25 : Variation de nombre des Coliformes totaux dans les eaux brute et traitée de la STEP de Beni Mered (Période du Mars au Mai 2025).	52
Figure 26 : Variation de nombre des Coliformes fécaux dans les eaux brute et traitée de la STEP de Beni Mered (Période du Mars au Mai 2025).	55
Figure 27 : Variation de nombre des Streptocoques fécaux dans les eaux brute et traitée de la STEP de Beni Mered (Période du Mars au Mai 2025).	56

Figure 28: Variation de nombre des <i>Pseudomonas</i> aérogénosa dans les eaux brute et traitée de la STEP de Beni Mered (Période du Mars au Mai 2025)	59
Figure 29 : Rendement épuratoire des bactéries concernées.....	60

Annexes

Figure 30: Recherche et dénombrement des coliformes totaux en milieu liquide (test de présomption)	
Figure 31: Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux (test de confirmation)	
Figure 32: Recherche et dénombrement des Spores d'anaérobies sulfito-réducteurs	
Figure 33 : Recherche des Salmonelles	
Figure 34: Recherche de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
Figure 35 : Recherche de Vibrien cholérique	
Figure 36 : Matériel des analyses bactériologiques (Originale, 2025)	
Figure 37 : Lecture des résultats des coliformes totaux et fécaux d'eau brute (Originale, 2025)	
Figure 38 : Lecture des résultats des Streptocoques fécaux d'eau brute (Originale, 2025)	

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Germes pathogène rencontrés dans les eaux usées	8
Tableau 2 : Normes de rejets internationales.	17
Tableau 3 : Normes de rejets dans un milieu récepteur	18
Tableau 4 : Données de base de la STEP de Béni Mered	29
Tableau 5 : Caractéristique dimensionnelles du décanteur primaire Source : [STEP Beni Mered]	33
Tableau 6 : Caractéristique dimensionnelles du bassin d'aération Source : [STEP Beni Mered]	35
Tableau 7 : Caractéristiques des clarificateurs	36
Tableau 8 : Caractéristiques dimensionnelles et fonctionnelles.....	38
Tableau 9 : Rendement épuratoires des paramètres bactériologiques.....	59

Annexes

Tableau 10 : Table de Mac Grady (NPP) dans le cas du système d'ensemencement	
Tableau 11 : Résultats d'analyses physico-chimiques durant les trois mois (mars/ Avril et mai)	
Tableau 12 : Rendement épuratoire des principaux paramètres physico-chimiques	
Tableau 13 : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur).	
Tableau 14 : Résultats d'analyses bactériologiques durant les quatre mois (février/ mars/ Avril et mai)	
Tableau 15 : Normes microbiologiques de rejet des eaux épurées (OMS 2006)	
Tableau 16 : Résultats de l'eau traitées	

Table des Matières

Remerciement

Résumé

Liste des Abréviations

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Introduction 1

Partie I : Revue bibliographique

Chapitre I : Généralité sur les Eaux Usées

I.1. Généralité sur les Eaux Usées	3
I.1.1 Définition.....	3
I.1.2 Origine des Eaux Usées	3
I.1.2.1. Origine Domestique.....	3
I.1.2.2. Origine Pluviale	4
I.1.2.3. Origine Agricole	4
I.1.2.4. Origine Industrielle.....	4
I.2. Caractérisation des Eaux Usées.....	4
I.2.1 Les Paramètres Physico-Chimiques	4
I.2.1.1. La Température.....	4
I.2.1.2. Le Potentiel d'Hydrogène (pH).....	4
I.2.1.3. La Demande Chimique en Oxygène (DCO)	5
I.2.1.4. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO5).....	5
I.3. Compositions des Eaux Usées	5
I.3.1 Les Substrats Polluants des Eaux Usées.....	5
I.3.1.1. Matières Décantables ou Flottantes.....	6
I.3.1.2. Matières Fines en Suspension	6

I.3.1.3.	Matières Colloïdales	6
I.3.1.4.	Matières Solubles	6
I.3.1.5.	Matières Biodégradables	6
I.3.1.6.	Matières Aisément Dégradables	6
I.3.1.7.	Matières Lentement Dégradables	7
I.3.1.8.	Matières Non-Biodégradables	7
I.3.1.9.	Matières Organiques.....	7
I.3.1.10.	Matières Inorganiques	7
I.4.	La Pollution des Eaux Usées.....	7
I.4.1	Pollution Minérale	8
I.4.2	Pollution Microbiologique.....	8
I.4.3	Pollution Chimique.....	8
I.4.4	Pollution Physique	9
I.4.5	Pollution par le Phosphore.....	9
I.4.6	Pollution par l'Azote	9
I.4.7	Pollution par Hydrocarbures.....	9
I.4.8	Pollution Thermique	10
I.4.9	Pollution Radioactive	10
I.5.	Procédés de Traitements des Eaux Usées	10
I.5.1	Prétraitement.....	10
I.5.1.1.	Dégrillage	11
I.5. 1.2.	Dessablage	11
I.5. 1.3.	Dégraissage-Déshuilage	11
I.5.2	Le Traitement Primaire.....	12
I.5.2.1.	Décantation Physique	12
I.5.2.2.	Décantation Physico-Chimique	12
I.5.2.3.	Filtration	13

I.5.3	Traitement Secondaire	13
I.5.3.1.	Procédés Intensifs	13
I.5.3.2.	Traitement Biologique par Lit Bactérien.....	13
I.5.3.3.	Traitements Biologiques par Disque Biologique.....	14
I.5.3.4.	Traitement Biologique par Boues Activés.....	14
I.5.3.5.	Procédés Extensifs.....	15
I.5.4	Les Traitements Tertiaires	16
I.5.4.1.	Désinfection.....	16
I.6.	Paramètres Essentiels pour le Choix d'une Technologie de Traitement.....	16
I.7.	Norme de Rejets des Eaux Usées.....	17
I.7.1	Normes Internationales.....	17
I.7.2	Normes de Rejets Algérienne	18
I.8.	Paramètres Bactériologique.....	19
I.8.1	Germes Indicateurs d'une Contamination Fécale (Germes Saprophytes).....	19
I.8.1.1.	Germes Totaux	19
I.8.1.2.	Les Coliformes Totaux (CT)	19
I.8.1.3.	Les Coliformes Fécaux (CF)	21
I.8.1.4.	Streptocoques Fécaux (SF)	22
I.8.2.1.	Les Salmonelles.....	21
I.8.2.2.	Vibrion Cholérique.....	22
I.8.2.3.	Spores Anaérobies Sulfito-Réducteurs (Les Clostridium).....	22
I.9.	Impacts des Eaux Usées	23
I.9.1	Impacts sur l'Environnement (L'Ecosystème Aquatique).....	23
I.9.2	Impacts sur la Santé Humaine.....	23

Partie II : Partie expérimentale

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1.	Introduction	27
II.1.	L'Objectif du Travail.....	27
II.2.	Présentation de la Région d'étude	27
II.2.1	Description Générale sur la STEP de Beni Mered	27
II.3.	Traitement des Eaux	29
II.3.1	Prétraitement.....	29
II.3.2	Dégrillage	30
II.3.3	Dessablage et déshuilage	31
II.3.4	Traitement Primaire	33
II.3.5	Bassin d'Aération	33
II.3.5.1.	Clarificateur (Décantation Secondaire)	36
II.3.5.2.	Recirculation des Boues Secondaires	37
II.3.5.3.	Désinfection.....	37
II.4.	Matériel.....	39
II.4.1	Matériel Biologiques	39
II.4.2	Matériels non Biologiques.....	39
II.5.	Méthodes.....	39
II.5.1	Échantillonnage	39
II.5.2	Mode de Prélèvement	40
II.5.3	Transport et Conservation d'Echantillon.....	41
II.5.4	Méthodes d'Analyses Bactériologique.....	41
II.5.4.1.	Préparation des Dilutions	42
II.5.4.2.	Recherche et Dénombrement des Bactéries Indicatrices de Contamination Fécale	42
II.6.	Détermination du Rendement de l'Épuration.....	52
II.7.	Analyse Statistique des Résultats	53

Chapitre III : Résultats et Discussions

III.1. Paramètres Bactériologiques	52
III.1.1 Coliformes Totaux.....	52
III.1.1.1. Eau Brute (EB)	53
III.1.1.2. Eau Epurée (EE)	53
III.1.2 Coliformes Fécaux.....	53
III.1.3 Streptocoques Fécaux	55
III.1.4 Recherche et Dénombrement des Spores d'Anaérobie Sulfito-Réducteurs	56
III.1.5 Recherche des bactéries du genre salmonelle.....	57
III.1.6 Recherche des bactéries du Genre Vibron Cholérique.....	57
III.1.7 Recherche de Pseudomonas Aérogénosa	58
III.2. Rendement Epuratoire des Paramètres Bactériologiques.....	59
Conclusion Générale.....	61
Références Bibliographiques	
Annexes	

Introduction

Introduction

Le rejet des eaux usées dans l'environnement sans traitement constitue l'un des principaux facteurs de pollution, entraînant la contamination des eaux souterraines et la propagation de maladies. Lorsqu'elle est correctement traitée, cette eau peut devenir une ressource essentielle pour la nutrition, l'hygiène et le développement économique, notamment à travers son utilisation en irrigation ou dans l'industrie. Sa pureté est un gage de santé pour les écosystèmes et les êtres humains. La dépollution des eaux usées urbaines requiert une série d'étapes impliquant des traitements physico-chimiques et biologiques. Au-delà de l'élimination des plus gros déchets présents, le traitement doit au moins permettre de réduire significativement la pollution carbonée. Certains procédés permettent même d'éliminer l'azote et le phosphore. Une grande partie de ces polluants est transférée de la phase liquide vers une phase boueuse concentrée (*Salghi, 2017*). le traitement des eaux usées par le biais de la boue activée est le procédé le plus couramment utilisé en Algérie. D'après un rapport de 2017 de l'Office National d'Assainissement (ONA), le pays compte 137 stations d'épuration qui traitent 16 millions de mètres cubes d'eaux usées par mois. Néanmoins, ce volume demeure très faible comparé aux grandes quantités d'eaux usées produites (avec un taux de couverture du réseau d'assainissement d'environ 85 %, seules 20 % des eaux usées collectées sont effectivement traitées), lesquelles continuent d'être rejetées dans divers milieux naturels (*ONA, 2017 ; Hartani, 2004*). le travail effectué dans les stations d'épuration de Beni Mered a pour but à évaluer la qualité bactériologique des eaux usées brutes et traitées, afin de mesurer l'efficacité du traitement biologique par les boues activées. Il s'agit également de déterminer si la réutilisation de ces eaux épurées pour l'irrigation et/ou pour l'environnement ne posera pas de problèmes au milieu naturel récepteur et, par conséquent, à l'homme. Ce travail se divise en trois chapitres :

Le premier chapitre traite des aspects généraux des eaux usées ainsi que des différentes étapes du processus d'épuration ; **Le deuxième chapitre** est dédié à une présentation générale de la station d'épuration des eaux usées de **la STEP de Beni Mered**, ainsi qu'aux équipements et méthodes analytiques employés dans cette étude ; **Le dernier chapitre** présente les résultats expérimentaux obtenus et les discussions qui en découlent.

Revue Bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les Eaux

Usées

I.1. Généralité sur les Eaux Usées

I.1.1 Définition

L'effluent qui entre dans une station d'épuration est désigné sous le terme "eau usée" (*Bakiri, 2007*). Les eaux usées englobent toutes les eaux qui arrivent dans le réseau d'assainissement, dont les caractéristiques naturelles ont été modifiées par l'usage domestique, les principales activités industrielles, l'agriculture, et d'autres sources (*Gommella et Gurree, 1983*). En conséquence, une eau usée se compose généralement d'un mélange de substances polluantes issues de ces catégories, soit dispersées, soit dissoutes dans l'eau utilisée pour des besoins domestiques ou industriels. Ces eaux usées sont recueillies dans un réseau d'égouts, se présentant souvent sous la forme d'un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières grasses et d'autres particules en suspension d'origine minérale et organique, avec des concentrations très variables (*Rodier, 2009*). Il est impératif de traiter les eaux usées avant leur rejet dans l'environnement naturel afin d'éviter des dommages considérables. L'assainissement urbain englobe toutes les méthodes visant à garantir à la fois l'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées, ainsi que leur purification, en fonction de la zone où se situe l'habitation (*Kerloc'h et Maelstaf, 2014 ; Brière, 2012*).

I.1.2 Origine des Eaux Usées

Selon (*Rodier et al.2009*), les eaux usées peuvent être définies comme des eaux d'origine urbaine, comprenant les eaux ménagères (issues du lavage corporel et du linge, du nettoyage des locaux, ainsi que des eaux de cuisine) et les eaux de vannes, qui contiennent des fèces et des urines. L'ensemble de ces effluents est généralement dilué par les eaux de lavage des voiries et les eaux pluviales, et, selon les situations, peut également être complété par des eaux d'origine industrielle et agricole.

I.1.2.1. Origine Domestique

Les eaux usées d'origine domestique proviennent de l'utilisation de l'eau (généralement potable) par les particuliers pour répondre à tous leurs besoins ménagers. On distingue généralement deux « types » d'eaux usées domestiques qui se dirigent toutes vers le réseau d'assainissement : les eaux vannes, qui se rapportent aux eaux des toilettes, et les eaux grises, qui concernent tous les autres usages tels que le lave-linge, le lave-vaisselle et la douche/bain (*Baumont et al., 2004*).

I.1.2.2. Origine Pluviale

Les pluies s'écoulent dans les rues où s'accumulent des polluants atmosphériques, tels que la poussière, les déchets, les suies de combustion et les hydrocarbures émis par les véhicules. Les eaux pluviales sont ensuite dirigées vers le système d'assainissement et transportées vers une station d'épuration (*Metahri, 2012*).

I.1.2.3. Origine Agricole

Les eaux d'origine agricole se composent principalement des eaux de drainage des champs et des effluents de lavage des exploitations d'élevage. Ce mélange contient des composés qui sont généralement biodégradables. Cependant, il arrive que ces eaux présentent des concentrations élevées de pesticides et d'engrais chimiques (*Rejsek, 2002*).

I.1.2.4. Origine Industrielle

Il s'agit d'eaux de ruissellement qui se forment suite à des précipitations. Elles peuvent être particulièrement contaminées, surtout au début des pluies, en raison de deux mécanismes : le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées. Les déchets solides ou liquides accumulés sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières pluies qui se produisent (*Rejsek, 2002*).

I.2. Caractérisation des Eaux Usées

I.2.1 Les Paramètres Physico-Chimiques

I.2.1.1. La Température

La température constitue un facteur écologique crucial dans les milieux aquatiques. Son augmentation peut avoir des répercussions significatives sur la vie aquatique (pollution thermique). Elle est également essentielle dans les processus de nitrification et de dénitrification biologique. La nitrification atteint son optimum entre 28 et 32°C, tandis qu'elle se réduit considérablement pour des températures comprises entre 12 et 15°C et cesse complètement en dessous de 5°C (*Rodier et al, 2005*).

I.2.1.2. Le Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH représente la concentration d'ions hydrogène dans une solution. Dans le cas de l'eau, ce paramètre revêt une importance particulière, notamment dans les processus de

traitement. L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut être exprimée par la concentration en H_3O^+ (simplifiée par H^+). Pour faciliter cette expression, on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions H^+ : c'est ce qu'on appelle le pH (*Belghitimi et al., 2013 ; Ghazali et Zaid, 2013*).

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

I.2.1.3. La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) représente la quantité d'oxygène requise pour oxyder principalement les composés organiques présents dans l'eau. Les substances présentes dans l'eau sont soumises à un traitement chimique dans des conditions d'oxydation extrêmes, afin d'évaluer également celles qui sont difficilement biodégradables, telles que les composés organiques chlorés (*Bliefert et Perraud, 2001*).

I.2.1.4. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)

La Demande Biologique en Oxygène (DBO) représente la quantité d'oxygène requise par les micro-organismes pour décomposer la pollution biodégradable sur une période déterminée. En effet, il est estimé qu'un délai de 21 à 28 jours est nécessaire pour que ces micro-organismes traitent l'intégralité de la pollution biodégradable. Il a été établi qu'une période de 5 jours est suffisante pour l'assimilation de la pollution biodégradable carbonée (oxydation), après quoi les micro-organismes se consacrent à l'assimilation de la pollution biodégradable azotée (nitrification). (*Office International de l'eau, 2005*)

I.3. Compositions des Eaux Usées

I.3.1 Les Substrats Polluants des Eaux Usées

Contrairement à d'autres formes de pollution, la pollution des eaux se manifeste par des effets spécifiques en raison des caractéristiques écologiques uniques des milieux aquatiques (*Pronots et al 2002*). En effet, l'eau a la capacité de dissoudre, souvent aisément, une multitude de substances chimiques et biologiques. Ainsi, tout polluant peut être transporté sur de longues distances à partir de la source de contamination. On identifie quatre catégories principales qui se rapportent aux diverses propriétés de ces substances, lesquelles déterminent le type de méthode efficace pour leur purification :

I.3.1.1. Matières Décantables ou Flottantes

Elles constituent la portion des composés grossiers (galets, graisses...). Ces matières sont susceptibles de subir des prétraitements ou, éventuellement, un traitement primaire. Selon leur nature, il est possible d'employer les techniques de flottation ou de décantation.

I.3.1.2. Matières Fines en Suspension

Elles se composent de particules visibles à l'œil nu (mesurant entre 0,1 et 1 mm) qui participent à la turbidité de l'eau. Leur traitement se réalise à l'aide de techniques de sédimentation ou de centrifugation.

I.3.1.3. Matières Colloïdales

Dissoutes dans l'eau, elles se composent de particules dont le diamètre varie de 0,01 à 100 μm . À l'interface entre les phases solide et soluble, ces éléments sont éliminés par dégradation biologique ou par décantation associée à un processus de coagulation.

I.3.1.4. Matières Solubles

Leur taille est inférieure à 0,01 μm . Ces substances sont directement absorbées par les populations biologiques durant le traitement secondaire. La portion biodégradable peut se retrouver dans l'effluent de sortie ; si leur quantité est significative, un traitement tertiaire devient nécessaire. Une autre classification essentielle repose sur la capacité de dégradation des déchets polluants, permettant de distinguer deux classes principales. (*Pronots et al 2002*).

I.3.1.5. Matières Biodégradables

Influencées par les activités biologiques des micro-organismes, ces substances sont exposées aux différents processus biochimiques de transformation. Cette fraction biodégradable peut être divisée en deux catégories :

I.3.1.6. Matières Aiséement Dégradables

Composées de substances solubles, ces matières possèdent la particularité d'être directement assimilées par les bactéries.

I.3.1.7. Matières Lentement Dégradables

Formées de substrats particuliers résultant d'un mélange de substances organiques solides, colloïdales et solubles, ces matières subissent divers processus intermédiaires avant d'être assimilées par les communautés bactériennes.

I.3.1.8. Matières Non-Biodégradables

Selon (*Pronote et al., 2002*) Ces substances inertes ne subissent aucun processus biologique de transformation. Elles se retrouvent soit dans les eaux usées, comme c'est le cas des métaux lourds, soit proviennent des phénomènes de mortalité des micro-organismes durant les processus biologiques de traitement. Les composants solubles non-biodégradables peuvent traverser la station d'épuration sans subir de modifications, tandis que les matières inertes en suspension peuvent être éliminées par les mécanismes de décantation. La structure chimique des polluants permet de différencier deux types de composés :

I.3.1.9. Matières Organiques

Elles se composent d'un large éventail de substances qui partagent toutes la caractéristique d'avoir au moins un atome de carbone, ce qui leur vaut le nom de substances carbonées. Ces atomes de carbone sont biologiquement oxydés par les micro-organismes afin de générer l'énergie indispensable à leur développement.

I.3.1.10. Matières Inorganiques

Ce sont des substances dépourvues de carbone. La part minérale des eaux usées est principalement constituée de produits azotés et phosphorés.

I.4. La Pollution des Eaux Usées

La pollution ou la contamination de l'eau se définit comme la dégradation de celle-ci, résultant en une modification de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, due à des déversements, des rejets ou des dépôts directs ou indirects de substances étrangères ou de matières indésirables telles que des microorganismes, des produits toxiques et des déchets industriels. En fonction de leur nature, divers types de pollution peuvent être identifiés (*Afir. et Mezaoua, 1984*).

I.4.1 Pollution Minérale

Elle est principalement composée de métaux lourds issus des secteurs métallurgiques et de traitement des minerais, tels que le plomb, le cuivre, le fer, le zinc et le mercure, entre autres (**Raissi, 2005**).

I.4.2 Pollution Microbiologique

Les eaux usées renferment tous les microorganismes qui sont excrétés avec les matières fécales. Cette flore intestinale normale coexiste avec des organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être réparti en quatre grands groupes, classés par taille croissante : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (**Baumont.S,2004**). Les agents pathogènes potentiellement présents dans les eaux sont répertoriés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Germes pathogène rencontrés dans les eaux usées (**Baumont, 2004**).

Germes	Organisme	Maladie
Les bactéries pathogènes	<i>Salmonella shigelles</i>	Typhoïde Dysenterie
Entérobactérie vibrions	Colibacilles Leptospires Mycobactéries Vibron coma	Tuberculose choléra
Les parasites et les champignons	Taenia Ascaris	Lésions viscérales Eczéma, Maladie de la peau
Les virus	Entérovirus Reovirus <i>Adenovirus Rota</i> Virus	Poliomyélite Méningite Affection respiratoire, diarrhée

I.4.3 Pollution Chimique

Elle provient des rejets chimiques, principalement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux se divise en deux catégories :

- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols, etc.).
- Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore, etc.) (**Traité de l'environnement, G1210**).

I.4.4 Pollution Physique

Conséquence de la présence dans l'eau de particules ou de déchets susceptibles de boucher le lit d'un cours d'eau (comme cela peut être le cas pour les eaux issues, par exemple, des mines, des usines de défibrage du bois ou des tanneries) (**Vaillant, 1974**).

I.4.5 Pollution par le Phosphore

Le phosphore provient des industries de traitement des surfaces métalliques, des laveries industrielles liées aux fabrications, ainsi que des engrais agroalimentaires (**Rodier, 2005**).

À l'instar de l'azote, le phosphore constitue un élément nutritif et est responsable du phénomène d'eutrophisation, qui se traduit par une prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques (**Aoulmi, 2007**).

I.4.6 Pollution par l'Azote

Les activités industrielles peuvent générer des rejets plus ou moins riches en azote (élément nutritif), provenant de la production d'engrais, des cokeries, ainsi que des industries chimiques et agroalimentaires (**Aoulmi, S, 2007**). L'azote se présente sous deux formes : la forme réduite, qui comprend l'azote ammoniacal (NH_3 ou NH_4^+) et l'azote organique (protéines, créatine, acide urique), et la forme oxydée, qui se manifeste en ions nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-).

I.4.7 Pollution par Hydrocarbures

La pollution due aux hydrocarbures provient de diverses activités associées à l'extraction du pétrole, à son transport, et en aval, à l'utilisation des produits finis tels que les carburants et les lubrifiants, sans oublier les rejets effectués par les navires, qui entraînent des marées noires. Les impacts des hydrocarbures sur l'environnement marin sont significatifs et varient largement en fonction de leur composition. En effet, leurs activités peuvent se manifester de plusieurs manières très distinctes.

- **Toxicité aiguë** : elle affecte tous les êtres vivants de l'environnement (plantes, animaux ou bactéries), entraînant des disparitions immédiates des poissons en raison du colmatage des branchies. Les oiseaux subissent également des pertes massives à cause de l'engluage de leurs plumes. On estime qu'entre 150 000 et 400 000 oiseaux perdent la vie chaque année à cause des hydrocarbures. (**Mekhalif, 2009**).

• **Toxicité à long terme** : les hydrocarbures ou leurs produits de dégradation peuvent être accumulés par divers organismes marins après ingestion, et leurs effets peuvent perdurer sur de très longues périodes. Ce risque est d'autant plus préoccupant lorsqu'il s'agit des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HPA), qui sont cancérigènes. Ils sont intégrés dans les chaînes alimentaires et peuvent atteindre des concentrations très élevées. On peut facilement comprendre le danger que ce phénomène représente pour le consommateur humain (**Mekhalif,2009**).

I.4.8 Pollution Thermique

Les eaux rejetées par les usines ayant un circuit de refroidissement dans certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries, etc.) affichent des températures variant entre 70 et 80°C. Cette température descend à environ 40 à 45°C lorsqu'elles entrent en contact avec les eaux des milieux aquatiques, provoquant ainsi un réchauffement de l'eau qui affecte la solubilité de l'oxygène *Traité de l'environnement, G1210*).

I.4.9 Pollution Radioactive

C'est celle qui résulte d'une éventuelle radioactivité artificielle des rejets provenant de l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ses formes (installations et centrales d'exploitation des mines d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'intègrent dans les molécules des organismes vivants. Plus on monte dans la chaîne alimentaire, plus les organismes deviennent sensibles aux rayonnements (**Mekhalif, 2009**).

I.5. Procédés de Traitements des Eaux Usées

I.5.1 Prétraitement

Selon **L'Office National de l'Assainissement (2011)**. Tous les équipements de prétraitement sont présents dans chaque station d'épuration, indépendamment des procédés appliqués en aval. Le prétraitement inclut une série d'opérations physiques ou mécaniques visant à séparer les eaux usées des matières volumineuses, qu'elles soient en suspension ou flottantes. Ces opérations comprennent :

I.5.1.1. Dégrillage

Il s'agit de faire passer les eaux usées à travers une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus volumineux. L'effluent circule ainsi entre des barreaux métalliques dont le nettoyage peut être effectué soit automatiquement, soit manuellement. L'espacement des barreaux varie de 6 à 100 mm et ceux-ci sont installés verticalement ou inclinés entre 60 et 80° par rapport à l'horizontale. Le nettoyage de la grille est généralement assuré par un mécanisme, qui utilise un râteau fixé à un chariot se déplaçant de bas en haut le long d'une crémaillère ou entraîné par deux câbles. Une fois les grilles nettoyées, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères (*ONA, 2011*).

– Les Grilles Manuelles

Sont constituées de barreaux droits de section circulaire ou rectangulaire, généralement inclinés par rapport à l'horizontale (entre 60° et 80°). Le nettoyage se fait manuellement à l'aide d'un râteau (*Saïd, 2012*).

– Les Grilles Automatiques

Sont dotées de mécanismes automatiques contrôlés par une horloge électrique, parfois uniquement en fonction de la hausse du niveau d'eau en amont. On distingue les grilles qui se nettoient par l'amont et celles qui se nettoient par l'aval (*Saïd, 2012*).

I.5. 1.2. Dessablage

Effectué par décantation, le dessablage a pour objectif d'éliminer les sables et les graviers. L'eau s'écoulant à une vitesse réduite dans un bassin nommé « dessableur » provoque leur accumulation au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être envoyés en décharge ou réutilisés, selon la qualité du lavage (*ONA, 2011*).

I.5. 1.3. Dégraissage-Déshuilage

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent à extraire les huiles et les graisses de l'effluent brut par le processus de flottation. Ces substances ont une densité légèrement inférieure à celle de l'eau. L'injection de micros bulles d'air facilite la flottation des graisses. Souvent, ces opérations sont réalisées dans une même installation, où la réduction de la vitesse permet de déposer les sables et de laisser flotter les graisses. De cette

manière, on élimine de l'eau les particules grossières et les sables de plus de 200 microns, ainsi que 80 à 90 % des graisses et matières flottantes (*ONA, 2011*).

I.5.2 Le Traitement Primaire

Le traitement primaire représente une étape de pré-épuration essentielle pour assurer le volume de rejet dans l'environnement naturel. Il utilise divers procédés physiques et chimiques. Les matières décantables se retrouvent soit au fond, soit à la surface en raison de leur différence de densité, ou suite à l'ajout de produits qui favorisent l'agglomération des matières, accélérant ainsi leur flottation ou leur sédimentation (*Satin et Selmi, 2006*).

I.5.2.1. Décantation Physique

Décantation est employée dans presque toutes les usines de traitement et d'épuration des eaux. Ce processus permet de séparer les matières en suspension et les colloïdes qui forment des floccs dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Il se déroule selon un processus dynamique, garantissant une séparation continue des phases solide et liquide. Les particules décantées se déposent au fond du bassin, d'où elles sont extraites régulièrement (*Faby, 1997*).

I.5.2.2. Décantation Physico-Chimique

Afin de favoriser leur décantation, le décanteur est probablement conditionné avec les réactifs chimiques qui facilitent l'agglomération des particules (*Dauphin, 1998*). Deux techniques sont utilisées (*Faby, 1997*).

- **Coagulation** : Il s'agit de la déstabilisation de particules colloïdales grâce à l'ajout de réactifs minéraux, qui neutralisent les charges électriques des particules en suspension. Ce processus se caractérise par une injection et une dispersion rapide de produits chimiques, notamment des sels minéraux cationiques (*Mekhalif, 2009*).

- **Floculation** : Ce phénomène entraîne l'agglomération des particules déchargées par les coagulants. La formation des floccs peut être optimisée par l'ajout de floculants. Ces particules s'assemblent pour créer un flocc qui peut être facilement éliminé par des méthodes de décantation et de filtration (*Faby, 1997*).

I.5.2.3. Filtration

La filtration est un procédé physique conçu pour clarifier un liquide contenant des particules solides en suspension. Cela se fait en faisant passer le mélange liquide-solide à travers un milieu poreux (filtre) qui retient les solides (gâteau de filtration) tout en laissant passer le filtrat (**Deronzier et Choubert, 2004**). Ce processus permet d'éliminer efficacement les bactéries, la couleur, la turbidité et, de manière indirecte, certaines odeurs (**Mekhalif, 2009**).

I.5.3 Traitement Secondaire

Les méthodes d'épuration secondaire, également connues sous le nom d'épuration biologique, englobent des procédés biologiques, qu'ils soient naturels ou artificiels, qui mobilisent des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées (**ONA, 2007**).

L'épuration biologique peut se réaliser par des voies aérobie ou anaérobie. Dans les deux scénarios, ce sont des micro-organismes spécialement adaptés au procédé qui se multiplient en assimilant la pollution organique (bactéries hétérotrophes consommant les matières organiques) (**Benali et Thamer, 2019**). Les techniques d'épuration biologique exploitent l'activité des bactéries présentes dans l'eau pour dégrader les matières organiques. Les procédés les plus avancés dans les stations d'épuration urbaines se caractérisent par des méthodes biologiques intensives et extensives (**Benali et Thamer, 2019**).

I.5.3.1. Procédés Intensifs

Les procédés biologiques artificiels englobent des dispositifs qui facilitent la localisation sur de petites surfaces et l'intensification des phénomènes de transformation et de dégradation des matières organiques, similaires à ceux observés dans les milieux naturels. (**Deshayes, 2008**).

I.5.3.2. Traitement Biologique par Lit Bactérien

Il s'agit d'une méthode d'épuration biologique utilisant des cultures fixées. Ce système est principalement employé pour traiter des eaux fortement chargées issues des industries agroalimentaires, du secteur viticole ou d'autres sources. Il repose sur le soutien des micro-organismes par des matériaux poreux. L'effluent est réparti en surface par aspersion, tandis que l'oxygénation est assurée par une ventilation naturelle de bas en haut. L'affluent entre

par le haut, tandis que l'effluent est évacué par le bas afin de préserver la fonction aérobie. Cela présente un inconvénient majeur, car un dispositif de relevage est nécessaire. La biomasse se développe à la surface du support et, lorsqu'elle atteint un volume trop important, la pellicule bactérienne se détache naturellement ; elle doit alors être séparée de l'effluent par décantation. (Mekhalif, 2009).

I.5.3.3. Traitements Biologiques par Disque Biologique

Les disques biologiques, également appelés bio disques, se composent de disques montés parallèlement sur un axe horizontal en rotation. Ces disques plongent dans une auge contenant l'eau à traiter, qui a déjà subi une décantation. Au cours d'une partie de leur rotation, ils s'imprègnent de substrat, puis émergent dans l'air le reste du temps pour absorber de l'oxygène. Chaque disque est recouvert d'un biofilm sur ses deux faces. Leur diamètre varie de 1 à 3 mètres, avec un espacement de 20 mm entre eux, et ils tournent à une vitesse comprise entre 1 et 2 tours par minute. Les boues excédentaires se détachent des disques et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

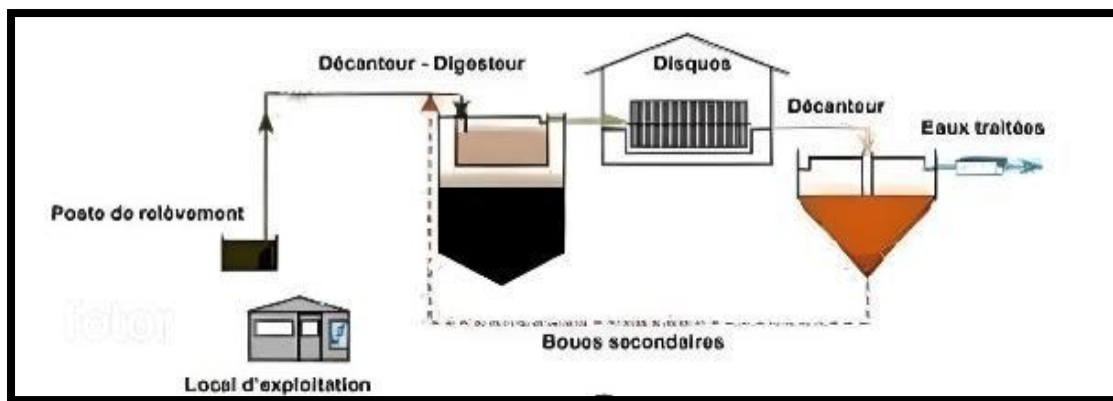


Figure 1 : Schéma de principe d'une filière type de disques biologiques (Iwema et al., 2005).

I.5.3.4. Traitement Biologique par Boues Activées

Les boues activées représentent le traitement biologique aérobie le plus courant (OMS, 2004).

Ce procédé consiste à favoriser le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées) dans un bassin qui est à la fois brassé et aéré (bassin d'aération) et qui reçoit de l'eau à traiter. Dans ce bassin, le brassage vise à prévenir les dépôts

et à homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte) (*Dehbi, 2015*).

L'aération peut être réalisée en utilisant l'oxygène présent dans l'eau, du gaz enrichi en oxygène, ou même de l'oxygène pur. Son objectif est de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de satisfaire les besoins des bactéries épuratrices aérobies (*Dehbi, 2015*).

Après un temps de contact adéquat, la liqueur mixte est dirigée vers un clarificateur, parfois désigné comme décanteur secondaire, dont le rôle est de séparer l'eau épurée des boues. Celles-ci sont ensuite recyclées dans le bassin d'aération afin d'assurer une concentration suffisante en bactéries épuratrices (*Dehbi, 2015*). L'excédent (boues secondaires en surplus) est retiré du système et dirigé vers le traitement des boues.

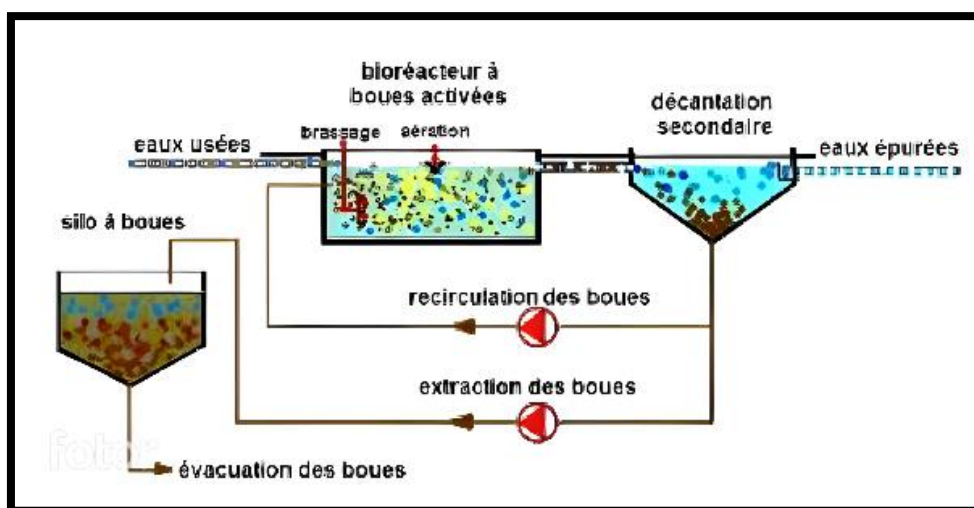


Figure 2 : Schéma général d'une station d'épuration par boues activées (*Iwema et al., 2005*).

I.5.3.5. Procédés Extensifs

Le lagunage naturel constitue un processus de traitement biologique extensif, au cours duquel l'épuration des eaux usées s'effectue dans des bassins peu profonds et à ciel ouvert, où les eaux usées s'écoulent de manière naturelle. Cette méthode de lagunage est la plus répandue lorsque l'on dispose de vastes étendues de terrain, et elle est en plein essor tant sur les plans techniques que scientifique. Le lagunage est largement employé dans de nombreux pays, en particulier dans ceux en développement (*Recault, 1997 ; Anonyme, 2002*).

I.5.4 Les Traitements Tertiaires

Appelés également traitements complémentaires, ceux-ci visent à éliminer la pollution azotée et phosphatée, ainsi que la pollution biologique des eaux usées domestiques, qui ont déjà été soumises à des traitements primaires et secondaires jugés insuffisants pour éliminer ces polluants. Les traitements tertiaires s'avèrent donc indispensables et nécessaires pour assurer une protection optimale des milieux naturels récepteurs (*Mekhalif, 2009*).

On identifie les opérations suivantes :

I.5.4.1. Désinfection

Il sera effectué par des procédés de désinfection chimique par :

a- Chlore :

Est un oxydant très puissant qui interagit tant avec des molécules réduites et organiques qu'avec les micro-organismes. Les étapes de purification et de clarification en amont revêtent une importance cruciale pour assurer l'efficacité du traitement, tout en minimisant l'utilisation excessive de chlore. Ceci est d'autant plus pertinent compte tenu du coût élevé de la décoloration, qui permet de réduire significativement la toxicité de certains sous-produits générés lors du traitement. (*Who, 1989*).

b- L'Ozone (O₃) :

Est un oxydant puissant, la désinfection par l'O₃ est principalement pratiquée aux États-Unis, en Afrique du Sud et au Moyen-Orient. Elle permet d'éliminer les bactéries, les virus et les protozoaires. C'est le seul procédé véritablement efficace contre les virus (*Lazarova et al., 2003*).

c- Rayons Ultraviolets :

Qui consiste à employer des lampes à mercure placées parallèlement ou perpendiculairement au courant d'eau. Leur rayonnement cible directement les microorganismes (*Baumont et al., 2004*).

I.6. Paramètres Essentiels pour le Choix d'une Technologie de Traitement

Les paramètres essentiels à considérer lors du choix d'une technologie de traitement incluent :

- Les exigences du milieu récepteur.
- Les caractéristiques des eaux usées (demande biochimique en oxygène, demande chimique en oxygène, matières en suspension, etc.).
- Les conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.).
- La disponibilité du site.
- Les conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation).
- Les facilités d'exploitation, de gestion et d'entretien (**Banzaoui et Elbouz, 2009**).

I.7. Norme de Rejets des Eaux Usées

I.7.1 Normes Internationales

La norme est indiquée par un chiffre qui définit une limite maximale à ne pas franchir ou une limite minimale à observer. Un critère spécifique est considéré comme satisfait lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est établie par une loi, une directive ou un décret. Les normes internationales concernant les eaux usées, selon l'Organisation mondiale de la santé, sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 2 : Normes de rejets internationales (Journal Officiel de la république algérienne, 2000).

Caractéristiques	Unité	Normes utilisées par OMS
pH	-	6,5-8,5
DCO	Mg/l	< 90
DBO5	Mg/l	< 30
MES	Mg/l	< 20
NH ⁺ 4	Mg/l	< 0,5

NO3	Mg/l	< 1
P2O5	Mg/l	< 1
NO2	Mg/l	1
Température	°C	< 30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Incolore

I.7.2 Normes de Rejets Algérienne

Conformément aux normes algériennes, les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 03 : Normes de rejets dans un milieu récepteur (*Journal Officiel d la République Algérienne, 2006.*).

Paramètre	Unité	Concentration maximale admissible
Température	°C	<30
PH	-	6.5 à 8,5
MES	mg/l	35
CE	mS/cm	3
DBO5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
SAR = 0-3 CE 3-6 6-12 12-20 20-4	mS/cm	120
Azote (NO3-N)	mg/l	30
Phosphate (P-PO4)	mg/l	0,2
Métaux lourds	mg/l	

Fer		3
Cuivre		0,5
Zinc		3
Manganèse		1
chrome		0,5
nickel		0,5
cadmium		0,2
plomb		0,5
Coliforme Fécaux	Nombre de cf/100ml	<1000 CF/100ml
Nématodes intestinaux	Œufs /l	Absence

I.8. Paramètres Bactériologiques

Dans le domaine de l'hygiène, les analyses bactériologiques portent souvent sur des micro-organismes non pathogènes, mais qui agissent comme des indicateurs, sans que leur présence n'implique nécessairement un danger pour la santé publique. On distingue ainsi deux principaux types d'indicateurs : les indicateurs de contamination fécale, qui permettent d'évaluer le risque de contamination par des matières fécales susceptibles de transporter des micro-organismes pathogènes, et les indicateurs d'efficacité de traitement, qui servent à juger de la qualité d'un processus de désinfection de l'eau vis-à-vis de micro-organismes pathogènes potentiellement présents dans l'eau brute utilisée. En règle générale, les mêmes germes sont employés dans l'une ou l'autre de ces situations.

I.8.1 Germes Indicateurs d'une Contamination Fécale (Germes Saprophytes)

I.8.1.1. Germes Totaux

Les germes totaux sont analysés à deux températures distinctes pour permettre l'identification tant des micro-organismes psychrophiles à 20°C que de ceux clairement mésophiles à 37°C (**Merabet, 2011**).

I.8.1.2. Les Coliformes Totaux (CT)

Ces coliformes se présentent sous forme de bâtonnets, sont des anaérobies facultatifs, et sont des bactéries gram-négatives non sporulantes (**PNUE/OMS, 1996**). Ils peuvent se

développer en présence de sels biliaires et fermentent le lactose en produisant de l'acide et du gaz en 48 heures à des températures comprises entre 35 et 37°C (**Rodier et al., 1996**). Ce groupe inclut des germes tels qu'*Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*, *Rahnella*, et *Buttiauxella* (**Rodier et al, 1996 ; Jolyb, Reyauda ; 2003**) .

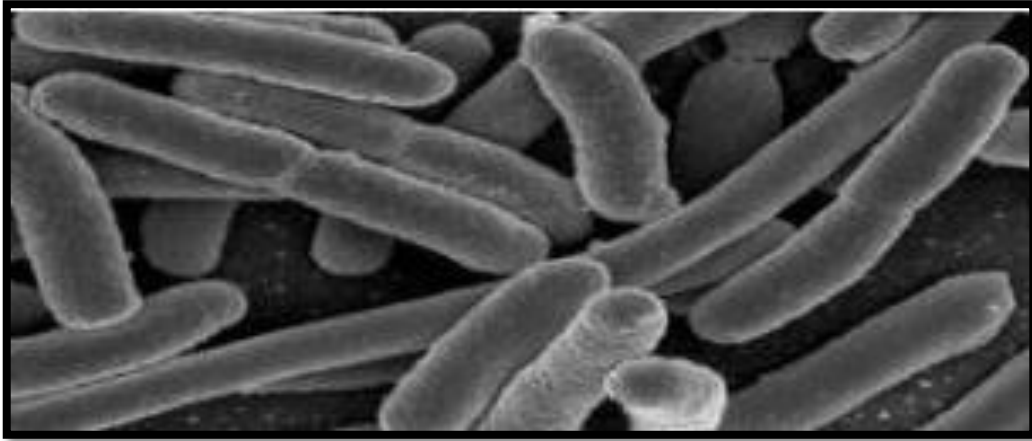


Figure 3 : Vue microscopique des coliformes totaux (Soudani, 2016)

I.8.1.3. Les Coliformes Fécaux (CF)

Ces coliformes se présentent sous forme de bâtonnets, sont des anaérobies facultatifs, et sont des bactéries gram-négatives non sporulantes (*PNUE/OMS al,1996*). Ils peuvent se développer en présence de sels biliaires et fermentent le lactose en produisant de l'acide et du gaz en 48 heures à des températures comprises entre 35 et 37°C (*Rodier et al., 1996*). Ce groupe inclut des germes tels qu'*Eschrichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*, *Rahnella*, et *Buttiauxella* (*Rodier et al., 1996; Jolyb et Reyauda ; 2003*).

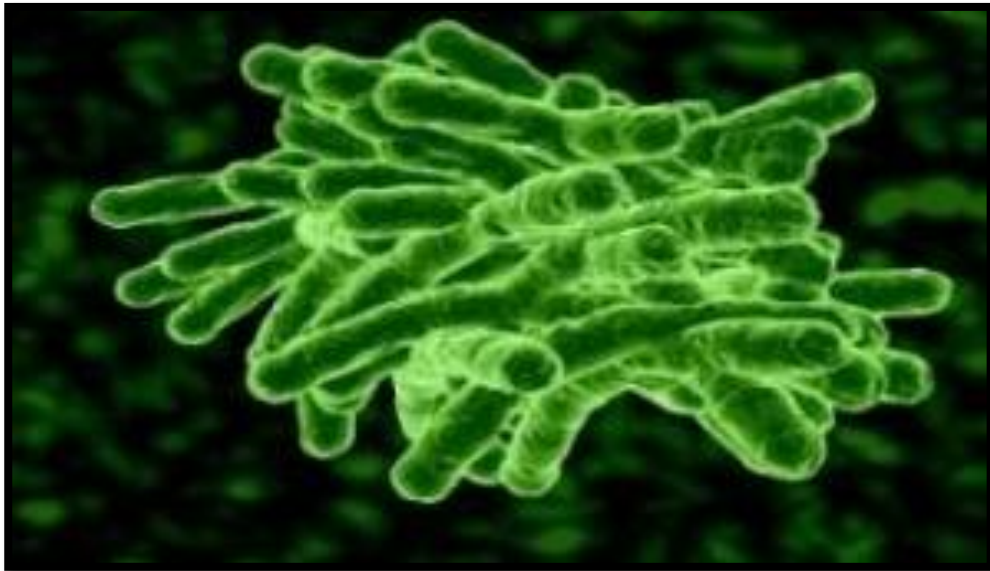


Figure 4 : Vue microscopique des coliformes fécaux (CF) (Soudani, 2016).

I.8.1.4. Streptocoques Fécaux (SF)

Les Streptocoques font partie de la famille des Streptococcaceae. Ce sont des Cocci à Gram positif, de forme arrondie ou ovoïde, et parfois allongés en bâtonnets (**Hacene, 2016**). Pour se multiplier, les Streptocoques nécessitent plusieurs facteurs de croissance présents dans la gélose au sang frais.

Les Streptocoques fécaux représentent un sous-groupe de ces bactéries, principalement d'origine humaine. Cependant, certaines espèces de ce groupe peuvent également être trouvées dans les fèces d'animaux ou sur des végétaux. Ils sont considérés comme des indicateurs de pollution fécale, et leur intérêt principal réside dans leur résistance à la dessiccation, apportant ainsi des informations supplémentaires sur la pollution. L'identification des Streptocoques fécaux constitue une confirmation essentielle du caractère fécal d'une contamination (**OMS, 2004**).

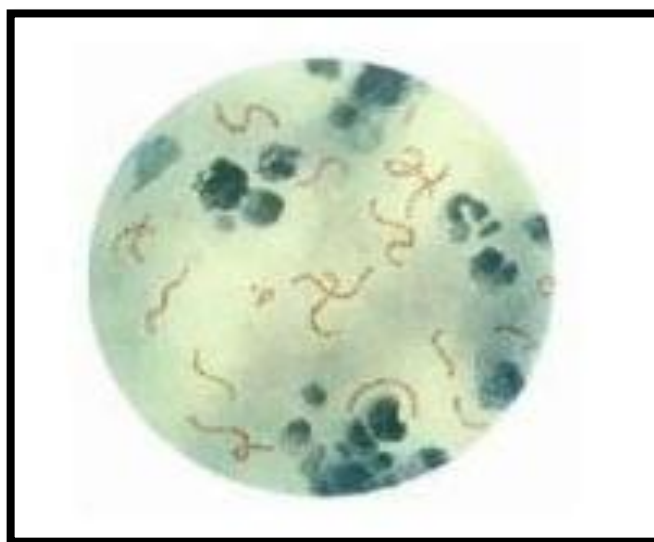


Figure 5 : Observation microscopique des Streptocoques fécaux (Anonyme 1).

I.8.2 Germes Pathogènes

I.8.2.1. Les Salmonelles

Les salmonelles présentent les caractéristiques générales de la famille des Enterobacteriaceae. Ce sont des bacilles Gram négatif, souvent mobiles grâce à une ciliature péritriche, non sporulés, anaérobies facultatifs, capables de fermenter le glucose avec ou sans production de gaz, ayant une catalase positive, une oxydase négative et produisant du H₂S, à l'exception de certaines souches de *Salmonella paratyphi A* (**CEAEQ, 2011**). On distingue

deux types en fonction de leur pathologie : les salmonelles typhiques, responsables de la fièvre typhoïde, et les salmonelles non typhiques, causant des gastro-entérites (Vaubourdolle, 2007).

I.8.2.2. Vibriion Cholérique

Les vibriions cholériques font partie de la famille des Vibrionaceae. Ce sont des bacilles Gram négatif, en forme de virgule, pouvant se trouver isolés ou en groupe de deux ou plus. Ils sont mobiles grâce à un cil polaire unique, ne forment pas de spores et ne possèdent pas de capsule. Leur métabolisme est principalement aérobic, ils sont oxydase positifs et se développent de manière optimale dans l'eau (à une température supérieure à 15°C), dans des environnements humides, alcalins (pH > 8) et *salins* (Avril et al., 2000 ; Delarras, 2006 ; Konate, 2006). Ils sont responsables d'une maladie diarrhéique strictement humaine : le choléra.

I.8.2.3. Spores Anaérobies Sulfito-Réducteurs (Les Clostridium)

Les Clostridium sulfito-réducteurs sont des bacilles Gram positif, strictement anaérobies, capables de former des spores et de réduire les sulfites en sulfures (Cavallo et al., 2002). Ils sont fréquemment perçus comme des indicateurs de contamination fécale. (Figure 6).



Figure 6 : Observation microscopique de Clostridium Sulfite-réducteurs (Anonyme 2).

I.9. Impacts des Eaux Usées

I .9.1.Impacts sur l’Environnement (L’Ecosystème Aquatique)

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

- La dégradation de l'environnement naturel.
- La pollution des mers, lacs et cours d'eau.
- Le risque de contamination des eaux souterraines.

La pollution des eaux souterraines par des éléments présents dans les eaux usées peut survenir via leur infiltration (**FAO, 2003**). La qualité de l'eau des nappes phréatiques peut se détériorer si l'étanchéité de la station d'épuration ou de la lagune est défaillante, ou si le système d'assainissement non collectif présente des dysfonctionnements (**Baumont et al., 2004**).

Il arrive que les déchets soient directement déversés dans l'environnement naturel. La présence excessive de phénomènes d'eutrophisation, c'est-à-dire la prolifération d'algues, réduit la quantité d'oxygène dans l'eau, ce qui peut finalement entraîner la mort des poissons et d'autres organismes aquatiques qui y vivent. Les métaux lourds, tels que le mercure, le chrome et l'arsenic, peuvent avoir des effets néfastes sur les espèces aquatiques les plus

vulnérables. Dans certaines conditions physico-chimiques, certains métaux lourds, comme 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 représentent un facteur de pollution majeur. En déviant et en absorbant la lumière, ils entravent son passage et augmentent ainsi la turbidité de l'eau, affectant gravement l'état écologique des masses d'eau et pouvant même présenter un danger pour les baigneurs. La pénétration des rayons solaires est limitée, ce qui réduit la production de phytoplancton. De plus, les solides en suspension et les matières colloïdales peuvent avoir des effets nuisibles sur les organismes aquatiques et offrir une protection contre les agents pathogènes lors de processus de décomposition, qu'ils soient naturels ou artificiels. Lorsqu'ils se déposent, ces solides forment des fonds boueux susceptibles d'impacter les communautés d'invertébrés et d'obstruer les couches de gravier sur lesquelles les poissons viennent pondre leurs œufs (**UNPE, 2011**)

Au-delà d'une certaine concentration, les substances polluantes exercent un effet toxique sur les organismes vivants. Cela implique que, lorsqu'elles entrent dans le corps (principalement par ingestion, mais aussi parfois par inhalation), elles nuisent à sa survie ou à sa santé. On différencie la toxicité aiguë de la toxicité chronique (**Margot et al., 2011**)

1. La toxicité aiguë se manifeste par une réaction immédiate de l'organisme face à une forte dose d'une substance toxique. Cela peut entraîner une mortalité partielle ou totale des divers organismes présents dans un environnement pollué. Dans certains cas, elle ne cause pas de décès, mais altère considérablement la capacité des organismes à faire face à une autre perturbation.

2. La toxicité chronique résulte de l'exposition d'un organisme à de faibles quantités de polluants sur une longue période. Elle découle de la présence régulière, voire constante, de ces substances à faible concentration dans l'eau. Cette condition peut engendrer des maladies, des déficiences physiologiques (comme le dysfonctionnement d'un organe, par exemple) et peut également affecter la reproduction (**Gassara et al., 2011**). L'irrigation avec des eaux usées entraîne une élévation de la concentration en éléments minéraux nutritifs dans les sols, tels que l'azote, le phosphore et le potassium (**Cherak, 1999**). Cette forme de pollution peut conduire à l'extinction totale de la vie (**Chelle et al., 2005**).

I .9.2.Impacts sur la Santé Humaine

Les eaux usées constituent un risque sanitaire direct en raison de la présence d'organismes pathogènes tels que des bactéries (ex. : choléra, salmonelle, shigelle), des virus (ex. : virus de l'hépatite, entérovirus, poliovirus, virus de Norwalk) et des parasites (ex. : protozoaires comme Giardia et Cryptosporidium, ainsi que des helminthes) (**OMS, 1993 ; WRI, 1996**). À l'échelle mondiale, la mortalité due aux maladies d'origine hydrique demeure un problème de santé publique majeur (**Caselli et al., 2002**).

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime que 80 % des maladies touchant la population mondiale sont directement liées à l'eau : des dizaines, voire des centaines de millions de personnes souffrent en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, la transmission de maladies par une eau contaminée ne concerne pas uniquement les pays en développement. L'établissement de normes pour les eaux de consommation vise à garantir aux consommateurs une eau qui ne présente pas de risque pour la santé (**OMS, 2005**).

Parmi les dangers sanitaires indirects pour l'homme, on relève la consommation de poissons ou de mollusques devenus toxiques à cause de la présence de bactéries, de métaux ou de composés organiques issus des eaux usées (**Waldichuck, 1989**), ainsi que l'exposition, lors d'activités récréatives, à des eaux contaminées par des agents microbiens (**Edsall et Charlton, 1996**). Aux risques pour la santé humaine causés par les rejets d'eaux usées domestiques s'ajoutent ceux qui pèsent sur l'environnement.

Les agents biologiques pathogènes pour l'homme peuvent provenir de bactéries, de parasites ou de virus, et être responsables de nombreuses maladies, telles que le choléra, la fièvre, les hépatites virales et les salmonelloses (**Coulibaly, 2005**). Cette pollution peut même entraîner l'extinction de toute vie (**Chelle et al., 2005**).

Outre les agents pathogènes, d'autres éléments présents dans les eaux usées, tels que les fortes concentrations de nutriments, les métaux lourds et les contaminants émergents (CEC), représentent un danger pour la santé humaine. Voici quelques exemples de CEC et leurs effets sur les individus :

➤ **Métaux lourds** : ils peuvent être consommés lorsque les individus mangent du poisson et des crustacés. Avec le temps, ces métaux s'accumulent dans les organismes,

provoquant des dommages aux organes et perturbant des fonctions corporelles essentielles (Littmann et al., 2020).

➤ **Pharmaceutiques** : les produits de soins personnels et les nettoyants ménagers peuvent altérer le système endocrinien, entraînant des impacts néfastes sur la santé reproductive (Crini et al., 2020).

➤ **Pseudo-nitzchia australis** : une variété d'algue qui produit de l'acide domoïque, lequel s'accumule dans les organismes aquatiques et induit un trouble neurologique connu sous le nom d'Amnesic Shellfish Poisoning (ASP) chez l'homme. Comme c'est le cas pour de nombreuses autres toxines algales, de faibles doses sur une période prolongée entraînent finalement des symptômes. Dans le cas de l'ASP, cela se manifeste par des convulsions, des hallucinations, des pertes de mémoire et des vomissements (Grant, 2010).

Partie II

Partie expérimentale

Chapitre II

Matériel et Méthodes

II.1. Introduction

La réutilisation des eaux usées traitées présente non seulement un intérêt socio-économique, mais également un enjeu écologique. Dans ce cadre, notre recherche se concentre sur l'épuration des eaux usées à la station de traitement de la ville de Beni Mered, dans la wilaya de Blida, en vérifiant sa conformité aux normes établies dans le journal officiel algérien avant leur utilisation pour l'irrigation agricole et en évaluant son impact sur l'environnement. Nous avons réalisé une analyse microbiologique des effluents bruts ainsi que des eaux traitées.

Les analyses microbiologiques ont été effectuées au **laboratoire Rayhan (SARL)** de la wilaya de Blida.

II.1. L'Objectif du Travail

Dans notre étude, nous avons suivi les processus d'épuration des eaux usées depuis leur arrivée jusqu'à leur analyse. Pour comparer la qualité de l'eau usée avant et après traitement et évaluer l'efficacité des méthodes adoptées pour réduire la pollution de l'eau, nous confrontons les résultats obtenus aux normes établies dans le journal officiel algérien. Cela nous permet d'estimer l'impact de la réutilisation des eaux usées épurées sur l'environnement.

II.2. Présentation de la Région d'étude

II.2.1 Description Générale sur la STEP de Beni Mered

La station d'épuration (STEP) de Béni Mered, située à l'Est de la route nationale N° 1, près de l'oued Béni Aza (Fig. 8), fait partie des infrastructures mises en place pour protéger les cours d'eau de la wilaya de Blida contre la pollution. Établie sur une superficie de six hectares, cette station traite les eaux usées domestiques et industrielles provenant de la ville de Blida. Depuis 2015, sa capacité nominale est de 383 000 EH, avec un débit de pointe de 51 560 m³/j (**ONA 2015**).

Notre étude a été menée dans le laboratoire de la station d'épuration de Béni Mered ainsi que dans le laboratoire d'hygiène rayhan de Blida, durant la période du 03/03/2025 et 12/05/2025



Figure 7 : Station d'épuration de Béni Mered (Originale, 2025)



Figure 8: Vue aérienne de la STEP de Beni Mered (Google earth).

Elle s'occupe du traitement des eaux usées provenant de Blida :

- Commune de Beni Mered ;
- Commune de Blida ;
- Commune d'Ouled Yaich ;
- Commune de Bouarfa.

Tableau 4 : Données de base de la STEP de Béni Mered (Veolia, 2017).

Capacité nominale	383 000 EH
Débit journalier	39 500 m ³ /j
Débit horaire moyen	1 647 m ³ /h
<i>Débit horaire pointe temps sec</i>	<i>3 310 m³/h</i>

II.3. Traitement des Eaux

Le processus de traitement des eaux se déroule en trois lignes, mais à l'heure actuelle, seule une ligne est opérationnelle, englobant ainsi l'ensemble des étapes de manière successive :

II.3.1 Prétraitement

En règle générale, les prétraitements visent à retirer les éléments les plus volumineux afin d'éviter que les modules ne se bouchent à cause des matières en suspension (MES). Dans le cadre du prétraitement de la STEP de Beni Mered, les effluents subissent trois opérations :

- Dégrillage
- Dessablage
- Déshuilage



Figure 9 : Le prétraitement (Originale, 2025)

II.3.2 Dégrillage

La STEP de Beni Mered dispose de quatre dégrilleurs automatiques fins, présentant une largeur de 10 mm entre les barres de la grille, dont un est réservé en tant que secours. Les déchets extraits sont collectés dans une vis convoyeuse, puis acheminés vers une vis compacteuse à déchets. La vitesse d'approche dans le canal du dégrilleur est d'environ 0,51 m/s.



Figure 10 : Dégrilleur automatique fin (Originale, 2025).



Figure 11: Bâche d'arrivée (Originale, 2025).

II.3.3 Dessablage et déshuilage

La station d'épuration dispose de trois lignes de dessableurs-déshuileurs, capable de traiter un débit total de 4800 m³/h. Cette installation se présente sous la forme d'un ouvrage rectangulaire à flux longitudinal lent. Actuellement, deux lignes sont en service, chacune pouvant gérer un débit de pointe unitaire de 1600 m³/h. Les effluents qui sortent des dégrilleurs fins sont acheminés vers les systèmes de dessablage-déshuileurs, où se déroule la décantation des résidus les plus denses présents dans l'effluent (sables et matières lourdes dont la granulométrie dépasse 200 microns) ainsi que la flottaison des déchets plus légers (graisses).

L'élimination du sable permet de prévenir l'abrasion des équipements et l'accumulation de ces particules, qui risquerait de provoquer des obstructions dans les canalisations et l'ensablement des ouvrages. Par ailleurs, le retrait des graisses contribue à améliorer le transfert d'oxygène dans les bassins d'aération.

La flottation des graisses est réalisée grâce à l'injection d'air sous pression, qui génère des bulles dans le dessableur déshuileur. Les graisses qui remontent à la surface sont éliminées par un racleur fixé au pont. Le sable accumulé au fond du dessableur / déshuileur est évacué par un système d'air lift intégré au pont. Des pompes à vide aspirent le sable et le transfèrent vers le canal de collecte situé le long du dessableur / déshuileur (voir figures 13, 14 et 15)



Figure 12: Ligne de dessableur –déshuileur (Originale, 2025).



Figure 13 : Stockage des graisses (Originale, 2025).



Figure 14: Classification dessables (Originale, 2025).

II.3.4 Traitement Primaire

Avant le traitement biologique, les effluents passent par trois installations de décantation primaire, chacune ayant des caractéristiques uniques (voir tableau ci-dessous), dont pour l'instant, une seule ligne est opérationnelle.

Le décanteur primaire a pour objectif de réaliser un premier traitement sur les paramètres MES (55 %), DCO (30 %) et DBO5 (30 %). Cela se traduit par l'accumulation de boues au fond du décanteur. Ces boues sont ensuite raclées vers un puits central, puis extraites vers la filière de traitement des boues via la bêche de mélange des boues mixtes (biologiques et primaires). Les eaux en surface passent à travers une lame déversante crénelée située en périphérie du bassin. Après cette étape, les eaux sont dirigées vers les bassins d'aération.



Figure 15: Décanteur primaire de la STEP de Béni Mered (Originale, 2025).

Tableau 5 : Caractéristiques dimensionnelles du décanteur primaire (ONA, 2022)

Données	Unité	Valeurs
Nombre d'ouvrage	/	03
Diamètre unitaire	m	33
Volume utile	m ³	2223
Volume total	m ³	6669
Hauteur d'eau en zone périphérique de l'ouvrage	m	2,6

II.3.5 Bassin d'Aération

Le bassin d'aération représente le centre névralgique du procédé, où l'épuration de l'eau se réalise grâce à une population ciblée de bactéries. Cette population bactérienne,

désignée sous le nom de biomasse ou boues activées, a pour rôle de décomposer et d'assimiler les polluants. Ce processus entraîne une croissance bactérienne qui favorise le renouvellement et l'évolution continue des bactéries. Le bassin d'aération poursuit trois objectifs :

- Oxydation des composés carbonés ;
- Oxydation et réduction des composés azotés ;
- Oxydation et réduction du phosphore.

Pour atteindre ces objectifs, trois actions sont indispensables :

- Aération du bassin ;
- Recirculation des boues ;
- Extraction des boues excédentaires.

La station d'épuration de Beni Mered se compose de trois structures de bassin d'aération. L'oxygénation de chaque bassin est réalisée grâce à quatre aérateurs de surface, chacun ayant une puissance nominale de 55 kW. La valeur d'apport spécifique brute en oxygène maximale est de 1,6 kg d'O₂/kWh. Les caractéristiques dimensionnelles sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Caractéristique dimensionnelles du bassin d’aération (ONA, 2022).

Données	Unité	Valeurs
Nombre d’ouvrage	U	03
Dimension unitaire	m *m * m	32 x 32 x 4, 65
Volume unitaire	m3	4762
Volume total	m3	14286
Nombre d’aérateur de surface par bassin	U	04
Puissance absorbé unitaire	Kw	51



Figure 16 : Bassin d’aération de la STEP de Beni Mered (Originale, 2025).

À la sortie du bassin d'aération, les effluents sont libérés en surface grâce à une lame qui les dirige vers le dégazage.

Le traitement de cette pollution est assuré par les bactéries présentes dans le bassin biologique et nécessite un apport d'oxygène fourni par les aérateurs. Son fonctionnement est influencé par la quantité de biomasse dans le bassin ainsi que par la charge polluante qui y entre. La biomasse peut abriter divers micro-organismes épurateurs tels que :

- ✓ Bactéries : Pseudomonas, Aeromonas, Flavobacter, Alcaligenes...
- ✓ Protozoaires : Zooflagellés, Vorticelles, Sarcodines, Amibes...
- ✓ Métazoaires : Rotifères, Nématodes, Ciliés, Tardigrades.



Figure 17 : Exemple des micro-organismes : rotifère, vorticelle, nématode et Pseudomonas (Originale, 2025).

II.3.5.1. Clarificateur (Décantation Secondaire)

Cette étape de traitement est essentielle pour garantir que la qualité des rejets soit conforme aux normes algériennes. Elle permet de séparer les boues de l'eau traitée, ce qui dépend de la décantabilité des boues (associée à la nature des effluents) et de la capacité de l'installation à gérer de fortes variations de charges hydrauliques.

Le dimensionnement d'un clarificateur repose sur une vitesse ascensionnelle qui doit rester inférieure à la vitesse de décantation des boues. Il est également important de prévoir une hauteur d'eau suffisante en périphérie des installations pour favoriser le tassement du voile de boues, conformément à la théorie de Kynch.

Tableau 7 : Caractéristiques des clarificateurs (ONA, 2022).

Données	Unité	Valeurs
Nombre de file	U	03
Diamètre intérieur d'un clarificateur	m	46
Volume d'un clarificateur	m ³	6315
Volume total de clarification	m ³	18945
Hauteur d'eau périphérique	m	3,8

Le clarificateur de chaque fil fonctionne par gravité, alimenté via le puits central de l'ouvrage par une canalisation qui passe sous le radier. Les boues se déposent au fond de l'ouvrage et sont aspirées à l'aide d'un système de tubes verticaux (tubes de succion) qui couvrent l'ensemble de la surface de l'ouvrage à chaque rotation. Un pont racleur classique entraînerait un temps de séjour plus long, car les boues se déposant en périphérie devraient être ramenées vers le centre de l'ouvrage avant d'être extraites. Les effluents traités sont récupérés par surverse et dirigés vers le poste de désinfection et le comptage à la sortie.



Figure 18 : Clarificateur de la STEP de Beni Mered (Originale, 2025).

II.3.5.2. Recirculation des Boues Secondaires

La recirculation des boues récoltées dans les clarificateurs vise à conserver la concentration de biomasse épuratrice dans les bassins d'aération. Le volume à recirculer peut être déterminé par la relation suivante :

$$(R+V). [MS]_{ba} = R [MS]_{clari}$$

$$\text{Soit : } R = V. [MS]_{ba}$$

$$[MS]_{ba} - [MS]_{clari}$$

Le taux de recyclage des boues pour la station d'épuration de Beni Mered est établi à 200 % du débit de pointe entrant. La recirculation se fait directement dans le bassin d'aération.

II.3.5.3. Désinfection

La détection de germes de contamination fécale, tels que les coliformes fécaux et les streptocoques, indique la présence potentielle de germes pathogènes (protozoaires, bactéries, virus) qu'il est impératif d'éliminer pour prévenir toute contamination. Ainsi, l'objectif de cette opération est d'inactiver les organismes pathogènes, y compris les virus et les parasites présents dans l'eau traitée. Cette désinfection se fait à l'aide d'eau de javel (un produit

commercial classique) ayant une densité de 1,22 kg/l et une concentration en chlore de 13%, stockée dans deux cuves verticales d'une capacité unitaire de 20 m³. Les eaux traitées par la station d'épuration sont déversées dans l'Oued Beni Azza.

Tableau 8 : Caractéristiques dimensionnelles et fonctionnelles (ONA, 2022).

Données	Unité	
Nombre d'ouvrage	U	01
Volume	m ³	2145
Débit de pointe maximale	m ³ /h	3310
Temps de contact	Mn	39
Taux de chlore actif à injecter (mg Cl actif) en moyenne	mg/l	5
Concentration de l'eau de Javel à 13%	g/l	150
Consommation moyenne journalière hypochlorite de sodium	m ³ /j	3,44



Figure 19 : Bassin de désinfection à chicanes (Originale, 2025).



Figure 20: Sortie de l'eau épurée (Originale, 2025).

II.4. Matériel

II.4.1 Matériel Biologiques

Deux prélèvements ont été réalisés entre le (03/03/2025 et 12/05/2025) pour chaque échantillon :

- Eau usée brute (EB)
- Eau usée traité (ET)

II.4.2 Matériels non Biologiques

Pour réaliser les analyses microbiologiques, nous avons utilisé des appareils, de la verrerie, des réactifs, appareillage.et solution.et des milieux de culture (voir annexes).

II.5. Méthodes

II.5.1 Échantillonnage

Les analyses ont été réalisées entre le (03/03/2025 et 12/05/2025), avec deux prélèvements *effectués chaque mois*. Au cours de cette étude, nous avons opté pour deux types d'échantillonnage :

- **L'échantillonnage Automatique** : destiné à mesurer les paramètres bactériologiques de l'eau brute, avec des prélèvements effectués à l'aide d'un échantillonneur automatique (Figure 24).
- **L'échantillonnage Manuel** : instantané pour les paramètres bactériologiques de l'eau épurée, réalisé à l'aide d'une canne.

● Échantillonneur Automatique

Un échantillonneur automatique peut être configuré selon des intervalles de temps ou le débit selon les exigences, permettant ainsi de recueillir des échantillons représentatifs qui fourniront des informations sur la qualité et la charge polluante de l'eau.



Figure 21: Échantillonneur automatique (Originale, 2025).

II.5.2 Mode de Prélèvement

Deux points de prélèvement ont été choisis à savoir :

- Un prélèvement d'eau brute à l'entrée de la station.
- Un prélèvement d'eau épurée sortant du clarificateur.
- Ces deux points font l'objet :

Des analyses bactériologiques sont réalisées au laboratoire d'hygiène de Blida. Les échantillons sont collectés dans des flacons en verre stériles de 250 ml.

L'analyse bactériologique doit être réalisée dans les plus brefs délais, sans excéder un délai de 8 heures.



Figure 22 : Prélèvement d'eau brute (Originale, 2025).



Figure 23: Prélèvement d'eau épurée (Originale, 2025).

II.5.3 Transport et Conservation d'Echantillon

Tous ces prélèvements ont été immédiatement placés dans une glacière, ayant une température entre 4 et 6°C. L'analyse bactériologique doit être réalisée dans les plus brefs délais, sans dépasser une durée de 8 heures (Rodier, 2005).

II.5.4 Méthodes d'Analyses Bactériologique

L'analyse bactériologique a pour objectif la recherche et le dénombrement des germes suivants : germes totaux, coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux, ainsi que Clostridium sulfito-réducteurs. Il convient de noter qu'un examen bactériologique ne peut être correctement interprété que s'il est effectué sur un échantillon prélevé de manière appropriée dans un récipient stérile, conformément à une procédure précise qui évite toute contamination accidentelle, et qui est ensuite transporté au laboratoire et analysé rapidement

ou après une courte période de conservation dans des conditions adéquates. L'identification et le dénombrement des germes pathogènes présents dans les eaux usées traitées ont été réalisés selon la méthode liquide (**Rodier, 2005**). Les eaux usées traitées ont été réalisées selon la méthode de mallette « filtration sur membrane » (**Rodier, 2009**).

Notre étude a été réalisée au niveau du laboratoire rayhan (SARL) de Blida en suivant les techniques décrites par **Rodier**.

II.5.4.1. Préparation des Dilutions

Les dilutions sont effectuées afin de diminuer la quantité de micro-organismes par unité de volume, ce qui permet, après incubation, d'observer leur développement (comme dans le cas des tubes) ou de procéder au dénombrement des colonies (dans le cas des boîtes).

La dilution sera donc plus importante pour l'eau usée brute (10-5) que pour l'eau épurée (10-3).



Figure 24 : Principe de la dilution d'eau usée brutes et traitées (Originale, 2025).

II.5.4.2. Recherche et Dénombrement des Bactéries Indicatrices de Contamination Fécale

II.5.4.2.1. Recherche et Dénombrement des Coliformes

Conformément au protocole écrit de l'Institut Pasteur, l'analyse et le comptage des bactéries coliformes ainsi que des coliformes fécaux dans les eaux en milieu liquide sont réalisés en appliquant la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP) (**Lebres et Mouffok, 2008**). (Voir Tableau NPP en annexes I).

La technique en milieu liquide repose sur deux tests successifs, à savoir :

➤ **Test de présomption** : destiné à la recherche et au dénombrement des coliformes totaux.

➤ **Test de confirmation** : également appelé test de Mac Kenzie, il sert à identifier et à dénombrer les coliformes fécaux (thermotolérants) à partir des tubes positifs obtenus lors du test de présomption.

1) Test de présomption :

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

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

❖ Réaliser 5 inoculations de 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C, chacun muni d'une cloche de Durham.

❖ Effectuer 5 inoculations de 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C, également équipés d'une cloche de Durham.

❖ Avant de procéder à l'ensemencement des tubes, il est impératif de s'assurer qu'aucune bulle d'air ne se trouve sous la cloche, afin de garantir l'exactitude des résultats.

❖ Bien mélanger le milieu et l'inoculum pour assurer une homogénéité optimale.

❖ **Incubation** : Placer les tubes dans l'incubateur à 37°C pendant une durée de 24 à 48 heures.

❖ **Lecture** : Seront considérés comme positifs les tubes affichants simultanément :

- **Un dégagement de gaz** supérieur à 1/10 de la hauteur de la cloche.

- **Un trouble microbien** associé à un virage du milieu en jaune (ce qui sert de témoin pour la fermentation du lactose présent dans le milieu). Ces deux caractéristiques indiquent la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites (*Mouffok, 2001*).

2) Test de Confirmation (Test de Mac Konzie) :

❖ Le test de confirmation, également connu sous le nom de test de Mac-Kenzie, consiste à rechercher des coliformes thermotolérants, parmi lesquels la présence d'*Escherichia Coli* est particulièrement préoccupante.

❖ *Escherichia coli* est un coliforme thermotolérant qui se distingue par certaines caractéristiques :

- Il est capable de produire de l'indole à partir du tryptophane à une température de 44 °C.
- Il donne un résultat positif lors de l'essai avec le rouge de méthyl.

❖ Les tubes de BCPL identifiés comme positifs lors du comptage des coliformes totaux seront ensuite repiqués dans des tubes contenant le milieu Schubert ‘

Equipés d'une cloche de Durham. Il est important d'éliminer le gaz qui pourrait s'accumuler dans les cloches de Durham et de bien mélanger le milieu avec l'inoculum.

❖ **Incubation** : L'incubation se déroule cette fois dans l'étuve à 44°C pendant 24 heures.

❖ **Lecture** : Les tubes seront jugés positifs s'ils montrent les deux caractéristiques suivantes :

- Un dégagement de gaz.
- Un anneau rouge à la surface, indiquant la production d'indole par *Escherichia coli* après l'ajout de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.
- La lecture finale doit également se faire selon les indications de la table NPP, en tenant compte que *Escherichia coli* produit A la fois du gaz et de l'indole à une température de 44 °C. (Voir figur 31 en annexe III).

La technique de filtration sur membrane , à savoir :

– Matériel utilisé

_ L'unité de filtration se compose d'un récipient supérieur et d'un récipient récepteur en polysulfone, qui sont autoclavables et réutilisables. La membrane, un filtre en acétate de cellulose de 47 µm de diamètre, est fixée sur une plaque-support amovible placée entre les deux récipients.

_ Les deux joints toriques (rouges) de la plaque-support doivent être correctement positionnés pour garantir l'étanchéité du système : l'un des joints doit être placé dans la rainure du dessous du récipient supérieur, tandis que l'autre se fixe sous la plaque-support.

_ L'anneau de verrouillage, serré à la main, comprime les joints.

_ L'eau à analyser est versée dans le récipient supérieur (entre 50 et 250 ml). L'aspiration de l'eau et son passage à travers le filtre sont assurés par une pompe à vide manuelle connectée au récipient récepteur. Le filtrat est alors collecté dans ce dernier.

_ Ce type d'appareil (voir figure 37 annexes IV) existe également sous forme de rampe de filtration, permettant une analyse simultanée de plusieurs échantillons ou plusieurs tests sur un même échantillon.

_ Mode Opératoire

_ Désinfection du système de filtration avant la filtration de l'eau : après l'assemblage du système, procéder à une désinfection à l'éthanol suivie d'un rinçage à l'eau stérile. Répétez cette opération entre chaque filtration différente.

_ Manipuler délicatement le filtre à l'aide d'une pince désinfectée à l'éthanol (veiller à ne pas placer la protection du filtre en même temps que le filtre ou à la place de celui-ci, car le filtre est étanche et ne permettra pas à l'eau de passer), en orientant le quadrillage vers le haut et en le centrant bien sur la plaque-support.

_ Visser le récipient supérieur pour garantir l'étanchéité du système.

_ Remplir le récipient supérieur avec l'eau à analyser jusqu'à la graduation appropriée (entre 50 ml et 250 ml) sans le refermer.

_ Positionner la pompe à vide manuelle, puis effectuer la filtration en créant le vide.

_ Rincer à l'eau stérile.

_ Démontez le système. Retirez le filtre à l'aide d'une pince désinfectée à l'éthanol et le placez délicatement sur le milieu adéquat dans une boîte de Petri de 5 cm de diamètre, le quadrillage orienté vers le haut, en veillant à ne laisser aucune bulle d'air entre le filtre et le milieu de culture afin d'assurer un contact total du filtre avec le milieu.

_ Incuber à la température choisie.

II.5.4.2.2. Recherche et Dénombrement des Streptocoques Fécaux

De la même manière que la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, la détection et le comptage des Streptocoques fécaux reposent sur deux tests consécutifs, à savoir :

- Un test de présomption
- Un test de confirmation, destiné à vérifier la présence réelle des Streptocoques fécaux à partir des tubes positifs obtenus lors du test de présomption.

1- Test de Présomption

La recherche s'effectue dans un bouillon Rothe S/C et D/C (bouillon à l'acide de sodium de simple concentration et de double concentration).

À partir de l'eau à analyser, manipuler de manière aseptique :

- ❖ 50 ml dans un flacon avec 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 avec 10 ml de milieu ROTHE S/C.
- ❖ Bien mélanger le milieu avec l'inoculum.
- ❖ **Incubation** : Incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- ❖ **Lecture** : Les tubes montrant un trouble microbien seront considérés comme positifs (*Labres et Mouffouk, 2008*).

2- Test de Confirmation

Le test de confirmation repose sur la détection des Streptocoques fécaux qui pourraient être présents dans le test préliminaire.

- ❖ Les tubes de ROTHE jugés positifs seront donc transférés dans des tubes contenant le milieu EVA-LITSKY.
- ❖ Assurez-vous de bien mélanger le milieu avec l'inoculum.

❖ **Incubation** : La période d'incubation se déroule à 37°C pendant 24 à 48 heures.

❖ Les lectures sont considérées positives lorsque les tubes montrent à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (ou blanchâtre) au fond des tubes.

❖ **La lecture finale** s'effectue également conformément aux indications de la table NPP qui (figure 32 en Annexe. III).

II.5.4.2.3. Recherche et Dénombrement des Spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR) :

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) apparaissent sous forme de Gram positif et se développent en 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie (VF), formant des colonies typiques qui réduisent le sulfite de sodium (Na_2SO_3) présent dans le milieu en sulfure. En présence de Fe^{+2} , ce sulfure se transforme en FeS (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR sont généralement des indicateurs de contamination (**Labres et al., 2006**). Dans des conditions défavorables, les ASR peuvent se convertir en spores résistantes.

— Mode Opératoire

❖ Agiter soigneusement l'eau à analyser.

❖ Distribuer, à l'aide d'une pipette graduée stérile, 25 ml d'eau dans des tubes stériles en prélevant 5 ml par tube.

❖ Placer les tubes dans un bain-marie à 80 °C pendant 10 minutes.

❖ Refroidir immédiatement sous l'eau du robinet.

❖ Faire fondre au préalable 250 ml du milieu viande-foie, puis, après refroidissement, ajouter 12,5 ml de la solution de sulfite de sodium à 5 % et 2,5 ml de la solution d'alun de fer à 5 %, en mélangeant délicatement pour éviter la formation de bulles.

❖ Verser la gélose viande-foie sulfitée dans chaque tube contenant l'eau traitée, à hauteur de 15 ml par tube.

- ❖ Compléter et mélanger doucement sans incorporer d'air.

- ❖ Laisser solidifier les tubes sur la paillasse.

- ❖ **Incuber** à 37 °C pendant 48 heures, avec une première lecture à 16 heures.

- ❖ **Lecture** : Les tubes renfermant des colonies noires de spores de *Clostridium sulfito-réducteurs* seront jugés comme positifs. (Figure 33 en annexe III)

II.5.4.2.4. Recherche des Salmonelles

La détection des Salmonelles s'effectue en quatre étapes (Figure 34 en annexe III).

1^{ère} étape : Enrichissement primaire

- ❖ Ajouter 50 ml d'eau à analyser dans 100 ml de bouillon sélénite-cystéine D/C. La solution ainsi obtenue est désignée sous le nom de SFBI et est incubée à 37 °C pendant 18 à 24 heures.

2^{ème} étape : Enrichissement secondaire et isolement

- ❖ La solution SFBI incubée le jour précédent subit un second enrichissement dans un bouillon sélénite-cystéine en tube (SFBII), à raison de 1 ml par tube, suivi d'un isolement sur une gélose Hecktoen I.

- ❖ L'incubation se fait également à 37 °C pendant 18 à 24 heures.

3^{ème} étape : Isolement

- ❖ Effectuer un isolement à partir du bouillon SFB II sur une gélose Hecktoen II.

- ❖ Ensuite, prélever 1 ml du SFB II et l'ajouter dans un bouillon sélénite cystéine en tube SFB III, puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

- ❖ Lire les résultats sur la boîte de gélose Hecktoen.

4^{ème} étape : Lecture et identification

- ❖ La boîte de gélose Hecktoen II incubée la veille sera analysée.

- ❖ Les Salmonelles se manifestent généralement sous forme de colonies grises, avec ou sans centre noir. Celles-ci seront soumises à une identification biochimique.

II.5.4.2.5. Recherche des *Pseudomonas Aeruginosa*

La gélose au cétrimide est un milieu sélectif qui favorise l'isolement des *Pseudomonas*, en particulier de *P. aeruginosa*. (Voir Figure 35 en annexe III).

– Mode Opératoire

❖ Agiter soigneusement l'échantillon d'eau à analyser, puis étendre 0,5 ml d'eau sur la surface de la gélose au cétrimide.

❖ **Incubation** : Incuber à 37°C pendant 24 heures.

❖ **Lecture** : Les colonies de *Pseudomonas aeruginosa* se caractérisent par un contour circulaire, une surface lisse et brillante, une couleur crème, un aspect muqueux et peuvent parfois présenter une production de pigment bleu-vert (pyocyanine) qui commence à se diffuser tout en émettant une fluorescence sous ultraviolet.

❖ **Confirmation** : Pour confirmer la présence de *Pseudomonas aeruginosa*, procéder à la recherche de pigments spécifiques sur les milieux King A et King B.

❖ Ensemencer les deux milieux King A et King B en réalisant une strie médiane sur la surface de la gélose. Fermer les tubes sans trop serrer et incuber à 37°C pendant 1 à 4 jours.

❖ **Lecture** : La présence de pigments diffusibles se manifeste par l'apparition de différentes couleurs qui peuvent se propager sur l'ensemble de la pente.

- Sur le Milieu King A

❖ Les colonies typiques dans cet environnement se présentent sous des teintes bleu-vert, parfois brun-rose (pyorubine). La pyocyanine est extraite à l'aide de chloroforme. On ajoute 0,5 ml de chloroforme à la culture et on laisse reposer pendant 10 à 15 minutes, en position inclinée, ce qui permet à la pyocyanine, très soluble dans le chloroforme, de donner une coloration bleue.

- Concernant le Milieu King B

❖ La production de pyoverdine se manifeste par une teinte jaune-verte, accompagnée d'une fluorescence observée sous UV à 340 nm. Ce pigment est insoluble dans le chloroforme. (Voir en annexe III figure 35).

_ Principe de Coloration

- En premier lieu, le violet de gentiane est employé comme solution colorante pour injecter les bactéries ; ensuite, elles sont fixées à l'aide d'un mordant, la solution de Lugol (un mélange d'iode et d'iodure de potassium).

- Par la suite, un décolorant est appliqué (généralement de l'alcool), selon la composition de leur paroi : certaines bactéries, résistantes à ce processus de décoloration, se manifestent en violet et sont désignées comme Gram positif, tandis que d'autres ne résistent pas et deviennent invisibles.

- Il devient donc nécessaire d'utiliser un second colorant, de teinte contrastante, à savoir la Fuchsine (Safranine), ce qui confère aux bactéries une couleur rose, les classant ainsi comme Gram négatif.

– Mode Opératoire

Préparez et fixez le frottis bactérien sur une lame ;

- Coloration avec le violet de Gentiane : recouvrez entièrement la lame avec le violet de Gentiane et laissez agir pendant 1 minute, puis rincez avec de l'eau distillée.

- Prenez la lame avec une pince et inclinez-la légèrement. Éliminez le violet de Gentiane en faisant couler la solution de Lugol sur la lame, laissez agir pendant 30 secondes puis rincez.

- Décoloration à l'alcool : laissez couler rapidement l'alcool sur le frottis, en maintenant la lame très inclinée, jusqu'à ce que l'alcool s'écoule sans teinte. Laissez agir pendant 10 secondes puis rincez immédiatement à l'eau.

- Recoloration avec la fuchsine : déposez quelques gouttes de fuchsine à chaque extrémité du frottis (évittez de verser la fuchsine directement sur le frottis afin de prévenir des dépôts de coloration trop intense), laissez la fuchsine agir pendant 1 minute.

- Rinçage et séchage : rincez à l'eau et séchez à la chaleur du bec Bunsen.

II.5.4.2.6. Recherche des Vibrion Cholériques

La recherche des vibrions cholériques se fait en trois (3) étapes. (Voir en annexe III figure 36).

1^{ère} 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, ajoutez 250 ml d'eau à analyser, puis incubez à 37 °C pendant 6, de 18 à 24 heures. La solution obtenue est désignée sous le nom d'EPA I.

2^{ème} étape :

❖ Un second enrichissement (EPAII) sera réalisé sur la solution EPAI, en inoculant 1 ml d'EPA I dans un tube contenant 10 ml d'EPA. De plus, un isolement sera effectué sur GNAB1 (gélose nutritive alcalin bille).

❖ L'incubation se déroulera à 37°C pendant 24 heures.

3^{ème} étape :

❖ Cette étape consiste, d'une part, à isoler le tube EPA II sur GNAB II, suivi d'une incubation à 37°C pendant 24 heures, et d'autre part, à analyser la boîte de gélose GNAB I.

❖ Lecture : Observation de grandes colonies transparentes (aspect de gouttelettes d'eau).

II.6. Détermination du Rendement de l'Épuration

Les performances sont présentées sous forme de rendement (R) en fonction de divers paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Ce descripteur représente le taux de diminution de la concentration en micropolluants entre l'entrée et la sortie de la station (Choubert et al., 2011).

Chaque rendement est déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$R = \frac{\text{La concentration en amont} - \text{la concentration en aval}}{\text{La concentration en amont}} \times 100$$

II.7. Analyse Statistique des Résultats

– La moyenne et l'écart-type ($n < 30$)

Les résultats des analyses des eaux usées brutes et traitées nous ont permis de déterminer la moyenne ainsi que l'écart-type.

La moyenne $\bar{X}$ d'un échantillon de taille n , constitué des valeurs $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, est calculée de la manière suivante :

$$\bar{X} = \sum x_i / n$$

L'écart type est un indicateur statistique qui permet d'évaluer la dispersion des variables par rapport à la moyenne de l'échantillon.

Ecart type :

$$\sum (x_i - \bar{X}) / n^{1/2}$$

Avec :

$\bar{X}$: Moyenne.

x_i : Les effectifs.

N : nombre des effectifs.

Chapitre III

Résultats et Discussions

Ce chapitre expose les résultats ainsi que la discussion des analyses microbiologiques réalisées, en suivant les méthodes décrites dans le chapitre précédent. Voici les résultats obtenus :

III.1. Paramètres Bactériologiques

Les analyses bactériologiques des eaux usées brutes et traitées permettent d'évaluer l'efficacité du traitement biologique par boues activées dans la diminution de la charge microbiologique. Les résultats des analyses microbiologiques des eaux brutes et épurées prélevées à la STEP de Beni Merad durant les trois mois (**mars, avril et mai**) sont présentés dans le **tableau (annexe II)**.

III.1.1 Coliformes Totaux

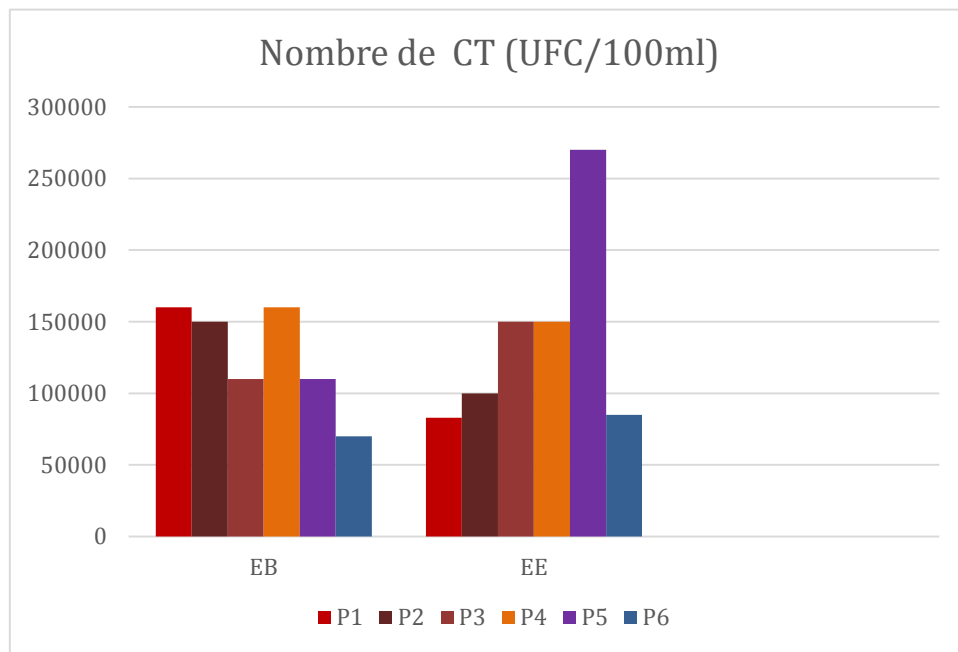


Figure 25 : Variation de nombre des Coliformes totaux dans les eaux brutes et traitées de la STEP de Beni Mered (Période : Mars à Mai 2025).

III.1.1.1. Eau Brute (EB)

Les concentrations observées en coliformes totaux dans l'eau brute, comprises entre $0,7 \times 10^5$ et $1,6 \times 10^5$ UFC/mL, sont caractéristiques d'eaux fortement chargées en matières organiques, typiques des rejets domestiques ou urbains non traités. Cette forte contamination reflète une pollution d'origine anthropique importante, ce qui est attendu dans une eau usée avant traitement.

III.1.1.2. Eau Epurée (EE)

Malgré une réduction partielle de la charge microbienne, les niveaux de CT dans l'eau traitée atteignent encore 270×10^3 UFC/mL, ce qui est **largement supérieur aux seuils tolérables** pour une eau épurée conforme aux normes de rejet ou de réutilisation. Ces concentrations traduisent une efficacité insuffisante du processus de traitement, en particulier en ce qui concerne l'étape finale de désinfection.

La persistance de charges élevées en coliformes totaux après traitement indique des **dysfonctionnements à plusieurs niveaux du système d'épuration** :

- Le **traitement biologique**, bien que fonctionnel, n'assure qu'une élimination partielle de la flore microbienne. Cela peut être dû à un temps de séjour insuffisant, à une concentration excessive de matières organiques ou à une mauvaise aération dans les bassins biologiques.
- La **désinfection finale**, censée éliminer les bactéries résiduelles, semble **inefficace ou sous-dimensionnée**. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette défaillance :
 - **Sous-dosage ou mauvaise répartition du désinfectant** (ex. : chlore, UV).
 - **Présence de matières en suspension** ou de biofilms, qui protègent les bactéries du contact avec le désinfectant.
 - **Variabilité du débit** à l'entrée des unités, rendant le processus instable.
 - **Vieillesse ou encrassement des installations**, affectant les performances globales.

III.1.2 Coliformes Fécaux

L'analyse des coliformes fécaux dans l'eau brute a révélé des concentrations élevées, variant entre $0,3 \times 10^5$ et $1,1 \times 10^5$ UFC/mL. Ces valeurs traduisent une **pollution fécale récente**, typique des eaux usées domestiques non traitées. Ce niveau de contamination est

généralement associé à la présence potentielle de germes pathogènes entériques, ce qui met en évidence l'importance de traitements efficaces en aval.

Cependant, les résultats obtenus pour l'eau épurée montrent que malgré le passage par les différentes étapes de traitement, les concentrations en CF demeurent anormalement élevées, atteignant jusqu'à 75×10^3 UFC/mL. Cette persistance de contamination fécale dans les effluents traités indique que l'épuration actuelle ne parvient pas à assurer une élimination microbiologique suffisante.

Cette situation peut s'expliquer par plusieurs facteurs techniques. Il est possible que le temps de contact entre l'eau et le désinfectant soit insuffisant, réduisant ainsi l'efficacité de la désinfection finale. De plus, une concentration trop faible en chlore libre, souvent due à une consommation élevée de chlore par les matières organiques résiduelles, pourrait également compromettre la destruction des germes. Par ailleurs, des problèmes liés à la qualité du traitement biologique — comme un déséquilibre dans les boues activées ou une accumulation de biofilms — peuvent également expliquer ces niveaux élevés de CF en sortie.

En somme, la présence marquée de coliformes fécaux dans les eaux épurées soulève des inquiétudes quant à la capacité de la station à garantir une qualité microbiologique conforme aux normes en vigueur. Une réévaluation des procédés de désinfection et du rendement global de l'installation s'avère nécessaire afin d'assurer la sécurité sanitaire des rejets, notamment si ceux-ci sont destinés à des usages agricoles ou à un rejet dans le milieu naturel.

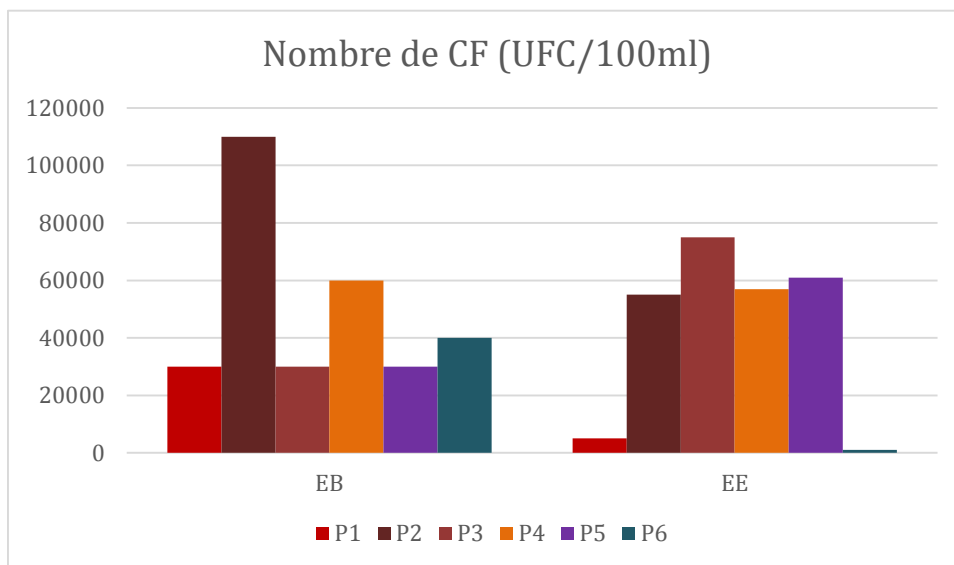


Figure 26 : Variation de nombre des Coliformes fécaux dans les eaux brutes et traitées de la STEP de Beni Mered (Période : Mars à Mai 2025).

III.1.3 Streptocoques Fécaux

Les résultats d'analyses ont révélé une seule détection ponctuelle de streptocoques fécaux dans l'eau brute, avec une concentration de $0,6 \times 10^5$ UFC/mL enregistrée le 8 avril. Cette présence isolée suggère une contamination fécale d'origine humaine ou animale, mais limitée dans le temps. Elle peut être liée à un événement spécifique ou à un apport occasionnel de rejets non domestiques.

En revanche, aucune trace de streptocoques fécaux n'a été détectée dans l'ensemble des échantillons d'eau épurée, ce qui constitue un indice positif quant à l'efficacité du système d'épuration. Leur élimination complète témoigne d'un traitement efficace vis-à-vis de ce groupe bactérien, bien que cette performance ne garantisse pas nécessairement l'élimination de tous les germes indicateurs

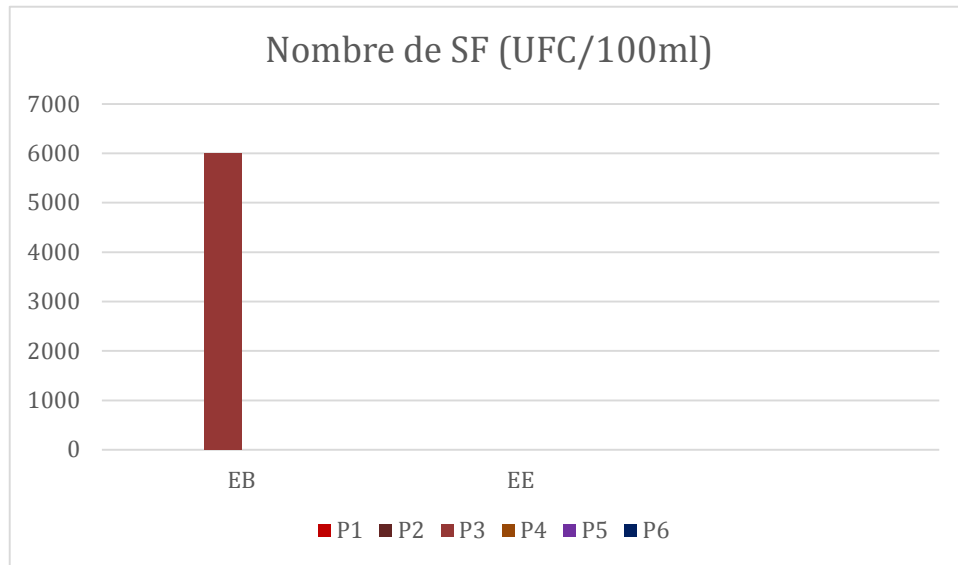


Figure 27 : Variation de nombre des Streptocoques fécaux dans les eaux brutes et traitées de la STEP de Beni Mered (Période : Mars à Mai 2025).

III.1.4 Recherche et Dénombrement des Spores d’Anaérobie Sulfito-Réducteurs

Selon Rodier et al. (2005), les spores d’anaérobies sulfito-réducteurs sont connues pour être responsables de mauvaises odeurs dans les eaux usées. Ces spores présentent une grande résistance aux procédés classiques de désinfection et peuvent persister longtemps dans l’environnement. Toutefois, leur fiabilité comme indicateur de contamination fécale est aujourd’hui débattue, car des études telles que celle de Pitkänen (2010) ont montré qu’elles peuvent également provenir de sources naturelles non fécales.

Dans le cadre de cette étude, les analyses menées sur les échantillons d’eau brute et d’eau épurée n’ont révélé aucune présence d’ASR. Cette absence simultanée dans les deux types d’eau suggère qu’il n’y a pas de contamination ancienne ou chronique, ce qui constitue un indice favorable sur le plan de l’historique de la pollution.

Les ASR étant généralement associés à une pollution ancienne et persistante, leur absence indique que les structures de collecte, d’accumulation ou de stockage des eaux usées ne présentent pas de dysfonctionnement majeur. De ce fait, les infrastructures semblent correctement entretenues et ne favorisent pas la stagnation prolongée des eaux polluées, ce qui limite la prolifération de ces microorganismes résistants.

III.1.5 Recherche des bactéries du genre salmonelle

On a noté une absence totale tout au long de la période d'étude (**Tableau XIII, annexe II**). Cette absence est probablement liée aux conditions environnementales qui sont peu propices à la survie et à la prolifération de ce germe.

Les analyses effectuées sur l'ensemble des échantillons d'eau brute et d'eau traitée n'ont révélé aucune présence de *Salmonella*. Cette absence totale, aussi bien à l'entrée qu'à la sortie de la station, constitue un résultat extrêmement positif, dans la mesure où *Salmonella* fait partie des agents pathogènes les plus préoccupants sur le plan sanitaire.

Ce constat témoigne d'une maîtrise satisfaisante des risques microbiologiques majeurs, malgré la persistance de certains indicateurs de contamination fécale comme les coliformes fécaux. En effet, la présence de ces derniers ne signifie pas nécessairement la présence de pathogènes spécifiques, mais leur absence – en particulier celle de *Salmonella* – **réduit considérablement** les risques d'infections entériques d'origine hydrique.

La non-détection de ce germe pathogène suggère que, même si certaines étapes du traitement peuvent être améliorées, le système actuel est capable de contenir les agents pathogènes les plus critiques, probablement grâce à une combinaison efficace des étapes de décantation, de traitement biologique et de désinfection finale.

III.1.6 Recherche de bactéries du Genre Vibrio Cholérique

Le *Vibrio cholerae* est à l'origine du choléra, une maladie caractérisée par des diarrhées aiguës.

✓ Au cours de la période d'étude, aucune colonie typique censée être des vibrions cholériques n'a été identifiée (Tableau XIII, annexe II).

L'ensemble des analyses réalisées n'a révélé aucune présence de *Vibrio cholerae*, aussi bien dans l'eau brute que dans l'eau traitée. Cette absence totale constitue un indicateur très rassurant, compte tenu du fort potentiel pathogène de cette bactérie, responsable du choléra, une maladie hydrique grave à déclaration obligatoire.

Ce résultat est particulièrement significatif, car *Vibrio cholerae* est souvent associée à des contextes de pollution fécale massive ou à une insalubrité structurelle du réseau d'assainissement. Sa non-détection suggère que, malgré les déficiences constatées sur

d'autres indicateurs microbiologiques, le système d'épuration parvient à prévenir la survie ou la prolifération de germes hautement pathogènes.

Ainsi, l'absence de *Vibrio cholerae*, au même titre que celle de *Salmonella*, renforce le constat d'une certaine efficacité sanitaire globale du traitement appliqué, en particulier vis-à-vis des risques épidémiologiques graves.

III.1.7 Recherche de *Pseudomonas Aerogenosa*

Le graphique présenté illustre l'évolution de la concentration en *Pseudomonas* (exprimée en UFC/100 mL) sur plusieurs dates d'échantillonnage, en distinguant deux types d'échantillons : EB (en rouge) et EE (en vert).

L'analyse visuelle des résultats montre une concentration notable de *Pseudomonas* exclusivement dans les échantillons EE. En particulier, on observe deux pics majeurs : le premier le **18/03**, avec une charge microbienne atteignant environ *120 000 UFC/100 mL*, et un second le *03/03*, avoisinant les *47 000 UFC/100 mL*. Une présence plus modérée est enregistrée le *08/04*, avec une valeur autour de *10 000 UFC/100 mL*. Aucune contamination n'a été détectée aux autres dates, ni dans les échantillons EB.

Ces résultats suggèrent une contamination sporadique des échantillons EE par *Pseudomonas*, probablement liée à des facteurs environnementaux ou procéduraux spécifiques à ces dates.

L'absence de bactéries dans les échantillons EB pourrait refléter soit une meilleure maîtrise des conditions de prélèvement, soit une nature intrinsèquement moins favorable au développement de cette espèce bactérienne.

Il serait pertinent d'approfondir l'analyse en croisant ces données avec des paramètres environnementaux (température, humidité, présence de biofilms, etc.) pour identifier les conditions favorables à la prolifération de *Pseudomonas*.

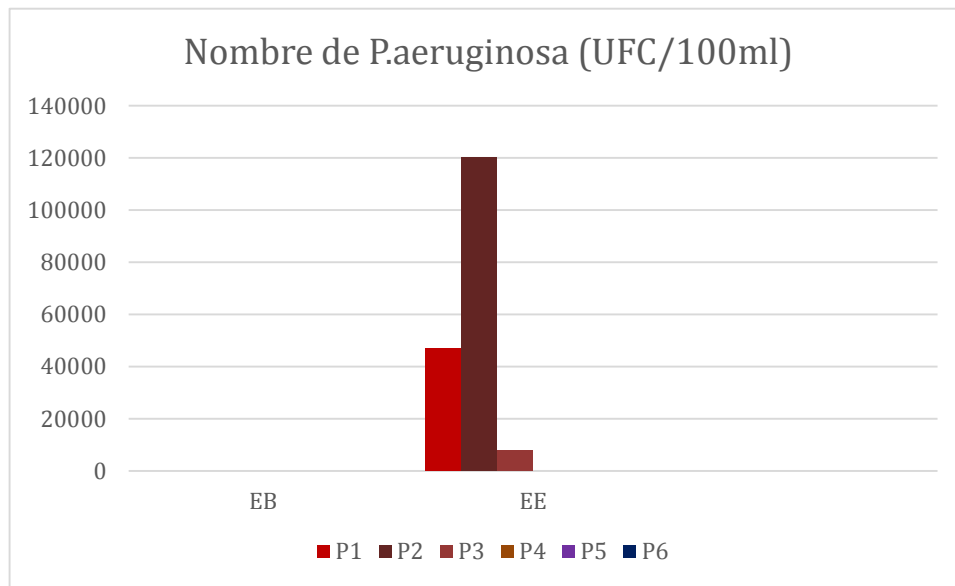


Figure 28 : Variation de nombre des Pseudomonas aérogénosa dans les eaux brutes et traitées de la STEP de Beni Mered (Période : Mars à Mai 2025).

III.2. Rendement Epuratoire des Paramètres Bactériologiques

Les rendements d'épuration sont déterminés en fonction des normes moyennes des germes indicateurs de contamination fécale : les coliformes totaux (10,84 %), les coliformes fécaux (83,66 %), les streptocoques fécaux (1 %) et les spores (0 %). Les résultats relatifs aux rendements d'épuration figurent dans le Tableau 10.

Tableau 9 : Rendement épuratoires des paramètres bactériologiques.

	CT (UFC)	CF (UFC)	SF (UFC)	ASR (spore)
EB	$1,26 \times 10^5$	$0,5 \times 10^5$	$0,1 \times 10^5$	0
EP	$139,66 \times 10^3$	$42,33 \times 10^3$	0	0
Rendement %	10,84%	83,66%	1%	0

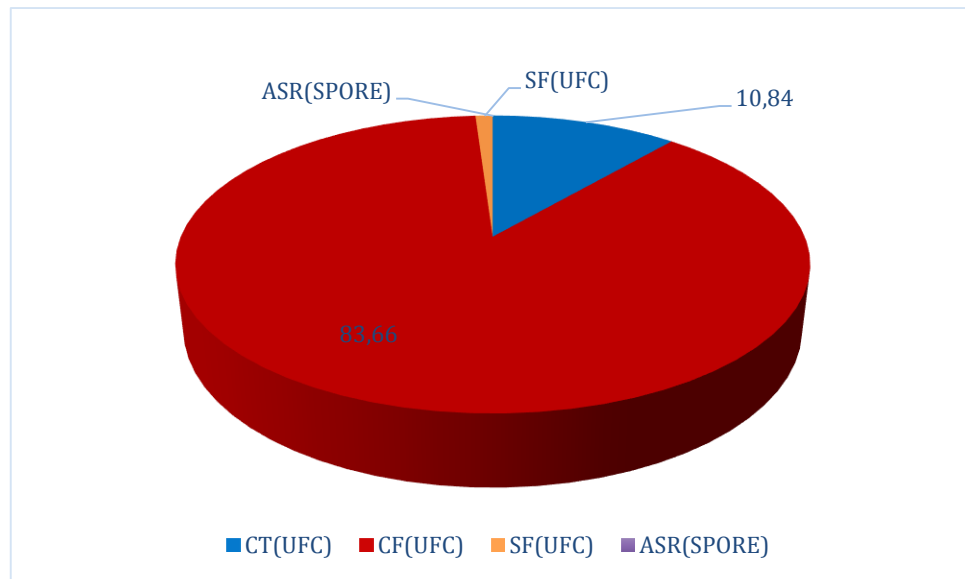


Figure 29 : Rendement épuratoire des bactéries concernées.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Ce mémoire a pour objectif d'offrir une analyse approfondie des défis et des solutions associées au traitement des eaux usées de la station de Beni Mered, dans le but de favoriser une gestion responsable de cette précieuse ressource. Cela inclut l'évaluation de l'élimination de divers paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

En premier lieu, nous avons examiné les paramètres physico-chimiques des effluents bruts et traités. Les résultats obtenus respectent les normes du JORA et de l'OMS, avec des rendements suivants : **MES : 96,31 %**, **DCO : 92,85 %**, **DBO : 95,71 %**.

Concernant les analyses bactériologiques, celles-ci montrent un bon rendement épuratoire, avec des taux respectifs de réduction des coliformes totaux, des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux atteignant **10,84 %**, **83,66 %** et **1 %**.

Cependant, il est à noter l'absence de rendement pour les ASR, dont les niveaux dépassent les limites établies par l'OMS dans tous les prélèvements, ce qui souligne un problème majeur concernant l'efficacité de la STEP. De plus, la recherche de germes pathogènes tels que Salmonella et vibron a donné des résultats négatifs.

À travers l'ensemble de ces observations, nous pouvons conclure que le traitement des eaux usées par le procédé biologique des boues activées est efficace, représentant un processus essentiel pour la protection de l'environnement et de la santé publique, mais reste néanmoins insuffisant dans cette station.

En termes de perspectives, les techniques de traitement deviennent de plus en plus sophistiquées et efficaces, permettant non seulement de récupérer des ressources et de produire de l'énergie, mais aussi de réduire l'impact environnemental des eaux usées. Cependant, il demeure crucial de continuer à investir dans la recherche et l'innovation pour améliorer les performances et la durabilité des systèmes de traitement des eaux usées.

Références Bibliographiques

Références



A

- ❖ Afir, D., & Mezaoua, A. (1984). Application et dimensionnement d'un procédé de coagulation-floculation pour le traitement des eaux résiduaires de la papeterie de Baba-Ali. Mémoire de fin d'études. École Nationale Polytechnique, Alger.
- ❖ Aoulmi, S. (2007). Conception de la station d'épuration dans la ville d'Eddine (W. Ain Defla), [Mémoire de fin d'études, École Nationale supérieure de l'hydraulique], Blida, Algérie.
- ❖ Avril, J.-L., Dabernat, H., Denis, F. & Monteil, H. (2000). Bactériologie clinique (3^e éd., 511 p.). Paris : Ellipses.



B

- ❖ Bakiri, Z. (2007). Traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques : expérimentation et modélisation (Doctoral dissertation, Université de Sétif 1-Ferhat Abbas).
- ❖ Banzaoui, N. Et Elbouz F, (2009). Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au Niveau de la commune de Touggourt. Mem.Ing. Chimie. Univ. De Annaba.
- ❖ Baumont, S., Jean, P., Lefranc, A., Franconi, A. (2004). Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France. 169 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.
- ❖ Benali A et Thamer O. (2019). Diagnostic de Fonctionnement de la station D'épuration de Kouinine : Solutions Proposées, mémoire master en hydraulique, Université d'El-Oued p 75.
- ❖ 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



- ❖ Cavallo, J. D., Fabre, R., Vimont, S., Arpin, C., and Quentin, C. (2002). Mechanisms of β -lactam resistance in *Pseudomonas aeruginosa* : prevalence of OprM-overproducing strains in a French multicentre study (1997). *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 49(2), 229–234.
- ❖ Ceaq (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.
- ❖ Chaala, W. (2013). Occurrence et profil d'antibiorésistance des *Staphylococcus aureus* isolés de produits alimentaires. Université d'Es-senia Oran.Algérie.
- ❖ 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.
- ❖ Choubert, J.-M., Ruel, S.-M., Budzinski, H., Miège, C., Coquery, M., & Esperanza, M. (2011). Évaluer les rendements des stations d'épuration : apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées. *Techniques Sciences Méthodes*, n° 1-2, pp. 36–50.
- ❖ 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.



Références

- ❖ Dauphin, S. (1998). Connaissance et contrôle du fonctionnement des stations d'épuration, intérêt et limites des moyens métrologiques actuels : application à la gestion hydraulique d'un décanteur secondaire (Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, no 98 STR 1 3074). Strasbourg, France : Université Louis Pasteur
- ❖ Dehbi F, Z. (2015). Etude comparative des performances d'un lit bactérien à garnissage en pouzzolane de Beni Saf et d'un lit bactérien à garnissage plastique. Mémoire Magistrale hydraulique p133.
- ❖ Delarras, C., & Trébaol, B. (2003). Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : réglementation, prélèvements, analyses. Tec & Doc.
- ❖ Deronzier et Choubert, (2004). “ Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées : Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique.,” no. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, la Pêche, et des affaires rurales (FNDAE n°29), document technique, France.
- ❖ Deshayes ,M, (2008). Guide pour l'établissement des Plans d'Assurance de la Qualité dans le Cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés.



- ❖ Edsall, T. A., & Charlton, M. N. (1996). Nearshore waters of the Great Lakes. Environment Canada, Water Science and Technology Directorate.



Références

- ❖ Faby, J. A. (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76 p.
- ❖ Fao. (2003). L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper, 65p.



- ❖ 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.



- ❖ Hacene, H. (2016). Microbiologie fondamentale et appliqué Tomel, pp 477.
- ❖ Harould, C. N. (1992). The crisis in antibiotic resistance. Science. pp : 257.1064-1073.
- ❖ Hartani, T. (2004). La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie (Mémoire de Magistère). Institut National Agronomique, El Harrach, Algérie. 125 p.



- ❖ Iwema, A., Molle, P., Liénard, A., Boutin, C. (2005). Épuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes : recommandations techniques pour la

Références

conception et la réalisation. Groupe macrophytes et traitement des eaux, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 67 pages.



❖ J.O.R.A (journal officiel de la république algérienne). (2006). Décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Journal Officiel de la République Algérienne, n°26 du 23 avril 2006, pp. 4–10

❖ Joly, B., & Reynaud, A. (2003). Entérobactéries : systématique et méthodes d'analyses. Éditions Techniques et Documentation, Paris, 356 p.



❖ Kerlocl'h, B., & Maelstaf, D. (2014). Le dimensionnement des réseaux D'assainissement des agglomérations. 52.

❖ Konate, S. (2006). Etude Epidémiologique 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.

Références



- ❖ 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.
- ❖ Lazarova, V., Gaid, A., Rodriguez-Gonzalez, J., AldayAnsola, J. (2003). L'intérêt de la réutilisation des eaux usées : analyses d'exemples mondiaux. TSM. Techniques science méthodes. Génieurbaingénie rural 64-85.
- ❖ Littmann, J., Viens, A. M., & Silva, D. S. (2020). The super-wicked problem Ofantimicrobial resistance. Ethics and drug resistance: Collective responsibility for Global public health, 5, 421-443.



- ❖ 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.
- ❖ Mekhalif, A. (2009). Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de Magister en Chimie, Université de Skikda, Algérie.
- ❖ Merabet, A. (2011). Étude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrional (Chott Merouane et Ain El Beida) : environnement et signes de dégradation (Mémoire de magistère, Université Kasdi Merbah, Ouargla). 171 p.
- ❖ Mouffok, F. (2001). Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut Pasteur d'Alger 40.



Références

- ❖ ONA. (2007). Rapport annuel. Algérie : Office National de l'Assainissement.
- ❖ ONA. (2011). Descriptif de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration de Guelma. Ministère des Ressources en Eaux. Office National de l'assainissement. Algérie. 64p.
- ❖ ONA. (2015). Descriptif de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration De Béni Mered. Ministère des Ressources en Eaux. Office National de L'assainissement. Algérie.
- ❖ OMS. (2004). Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui.
- ❖ Office Internationale de l'Eau. (2005). Développer les compétences pour mieux gérer L'eau, pp. 1–105.



- ❖ Pnue/oms. (1977). Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchyliques. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague, 168P.
- ❖ Pronost, J., Pronost, R., Deplat, L., Malrieu, J. and Berland, J. (2002). Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation. – Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, et des affaires rurales (FNDAE n ° 22 bis), document technique, France.



Références

- ❖ Raissi, O. (2005). Réutilisation des eaux épurées et des boues résiduelles des stations d'épuration. Mémoire de Magistère, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB), Alger, 142 p.
- ❖ Ramade, F. (2000). Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed. Ediscience International, Paris, 689p.
- ❖ Recault, Y. (1997). Lagunage naturel : les leçons à tirer de 15 ans de pratique. Ministère de l'Environnement, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 108 pages.
- ❖ Resjeck, F. (2002). Analyse des eaux, aspects réglementaires et techniques. Edition : SCERENE. P. 166-198.
- ❖ Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. (1996). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer (8e éd.). Paris : Lavoisier Tec & Doc, 1383 p.
- ❖ Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., & Brunet, R. (2009). L'analyse de l'eau : Eaux Naturelles, eaux résiduelles, eau de mer, 9ème Edition Dunod. Paris, France.



- ❖ Saïd, A. (2012). Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes : Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou (Mémoire de Magister). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Faculté de Génie de Procédés.
- ❖ Satin, M. Selmi, B. (2006). Guide technique de l'assainissement. 3^{ème} Édition. Le Moniteur Edition. 726P.



- ❖ Unep/map & Université Chouaib Doukkali. (2011, 26 avril). Inventaire des stations d'épuration des eaux usées dans les agglomérations côtières méditerranéennes de plus de 2000 habitants (2010). Programme des Nations Unies pour l'Environnement, Plan d'Action

Références

pour la Méditerranée (PNUE/PAM), Chouaib Doukkali University – Génie de l'environnement et santé, El Jadida, Maroc.



❖ Traité de l'environnement. (2005). Techniques de l'Ingénieur, Volume G1210, Paris, France : Éditions T.I. (Techniques de l'Ingénieur), pp. 1–30.



❖ Vaillant J, R. (1974). Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : Eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles, Edition, Eyrolles, Paris.

❖ Vaubourdolle, M. (2007). Infectiologie. In : Collignon, A., Hombrouck, C., Torlotin, J.-C. (Éds), Infections urinaires, 3^e édition. Paris : Éditions [Nom de l'éditeur si connu], pp. 283, 286, 290.



❖ Waldichuk, M. (1989). The state of pollution in the marine environment. Marine pollution bulletin, 20(12), 598-602.

❖ WHO (World health organization). (1989). Health “Guidelines for the Use of Waste Water in Agriculture and Aquaculture.”. Technical Report Series No. 778. WHO, Geneva: World Health organization, 74p.

Webographie

❖ Anonyme 2022 : Source STEP Ben Mered

https://cqa2006-2009.skyrock.mobi/photo.html?id_article=2373495919

❖ Anonyme 2023 : Source STEP Ben Mered

<https://experteau.com/services/analyse-bacteriologique.php>

Annexes

Annexe I

1. Matériel biologique :

- Eau épurée
- Eau brute

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.
- 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 lactosé au bromocrésol pourpre (BCPL, milieu simple et double concentration)

- Peptone
- Extrait de viande
- Lactose
- Pourpre de bromocrésol
- Bacto agar difco
- Eau distillée

PH final = $6,9 \pm 0,2$

Bouillon de Schubert en g/l d'eau distillée

- Tryptophane
- Acide glutamique
- Sulfate de magnésium
- Citrate de sodium
- Sulfate d'ammonium
- Chlorure de sodium
- Peptone
- Mannitol
- Phosphate disodique
- Phosphate monopotassique

- Eau distillée

PH final = $7,4 \pm 0,2$

Milieu ROTHE (milieu simple concentration et double concentration) en g/l

- Hydrolysate tryptique de caséine
- Peptone bactériologique
- Glucose
- Chlorure de sodium
- Phosphate dipotassique
- Phosphate monopotassique
- Azide de sodium

PH final = $6,8 \pm 0,2$

Milieu Litsky (EVA BROTH) en g/l d'eau distillée

- Peptone
- Glucose
- Chlorure de sodium
- Phosphate dipotassique
- Phosphate monopotassique
- Azohydrate de sodium
- Ethyl violet
- Eau distillée

PH final = $6,8 \pm 0,2$

Bouillon au sélénite de sodium cystéine SFB

- Lactose
- Tryptophane
- Phosphate disodique
- Sélénite de sodium
- L-Cystine
- Eau distillée

pH= 7,2 ± 0,2

Gélose Heckoten

- Peptone
- Extrait de viande
- Lactose
- Saccharose
- Salicine
- Citrate de fer III et d'ammonium
- Sels biliaires
- Fuchsine acide
- Bleu de bromothymol
- Agar

pH = 7,6 ± 0,2

Gélose Viande Foie (VF)

- Base viande foie
- GlucoseAgar
- Eau distillée

pH= 7,6

Annexes

Annexe II

Tableau 10 : 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 11 : Résultats d'analyses physico-chimiques durant les trois mois (mars/ Avril et mai).

Date de prélèvement	3.03.2025		18.03.2025		8.04.2025		22.04.2025		05.05.2025		12.05.2025	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
T°C	12.5	19.4	19.2	18.6	19.1	20.8	22.6	21.5	22.1	22.2	21.5	21.4
PH	7.06	7.01	6.68	7.12	8.14	7.91	7.4	7.44	7.48	7.62	7.53	7.48
Conductivité électrique (µS/cm)	1468	1228	1403	1120	1213	214	1666	1149	1282	1299	1512	1012
Oxygène dissous mg/l	0.94	4.59	0.88	3.51	0.86	4.06	0.48	5.66	0.21	6.06	0.45	5.52
MES (mg/l)	456	12	1212	28	936	36	428	26	484	16	67.8	14
DBO5 (mgo2/l)	481	19	320	20	652	22	473	18	521	20	191	14
DCO (mgo2/l)	1341	105	892	120	1972	100	1105	84.6	1134	93.5	1661	75.8

Annexes

Tableau 12 : Rendement épuratoire des principaux paramètres physico-chimiques.

/	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO (mg/l)
EB	3583,8	8105	2638
EE	132	578,9	113
Rendement %	96,31%	92,85%	95,71%

Tableau 13 : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).

Paramètres	Normes	Unités
T ⁰	30	C ⁰
Ph	6,9-8,5	/
MES	35	mg/l
DBO ₅	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
Mercure 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

[illegible]

Tableau 15 : Normes microbiologiques de rejet des eaux épurées (OMS 2006)

Micro-organismes	Concentration (en nombre par litre)
Bacteries :	
• Coliformes totaux	$10^3 - 10^7$
• E.coli	$10 - 10^6$
• Enterocoques	$10 - 10^5$
• Salmonelles	0-10
• Vibrion cholériques	0-10

Annexe III

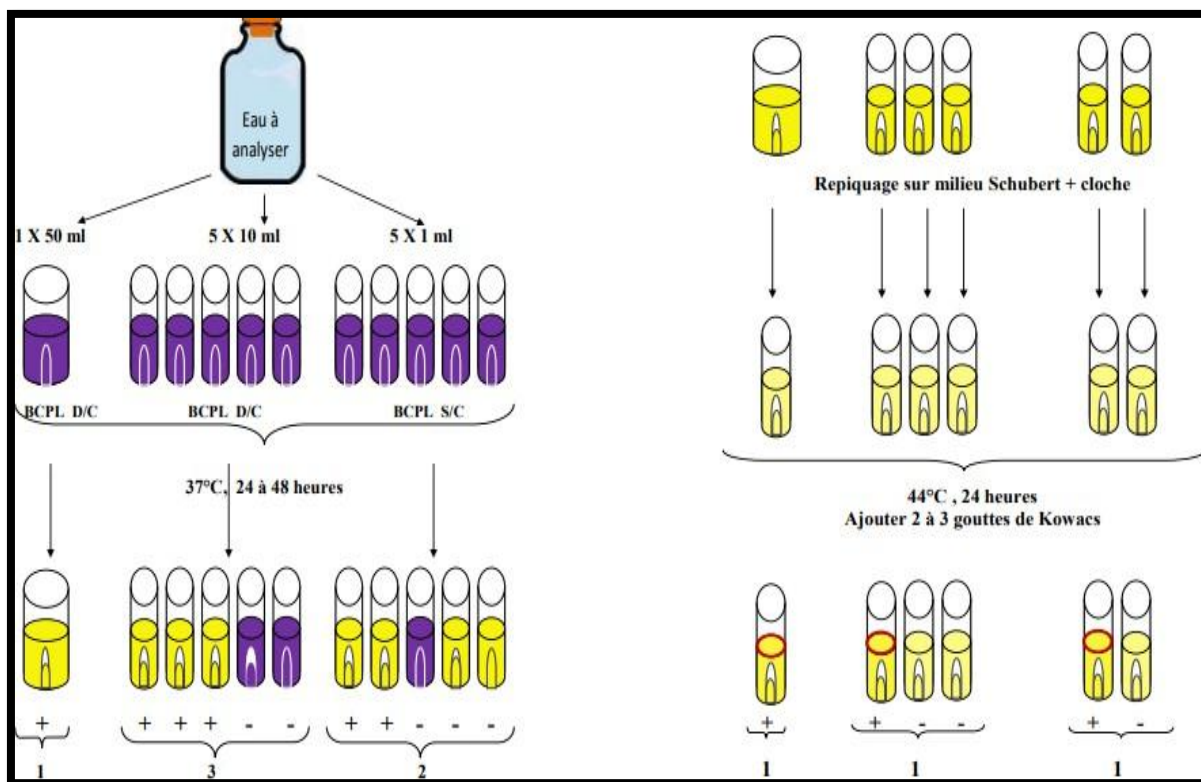


Figure 30 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux en milieu *liquide* (test de présomption)

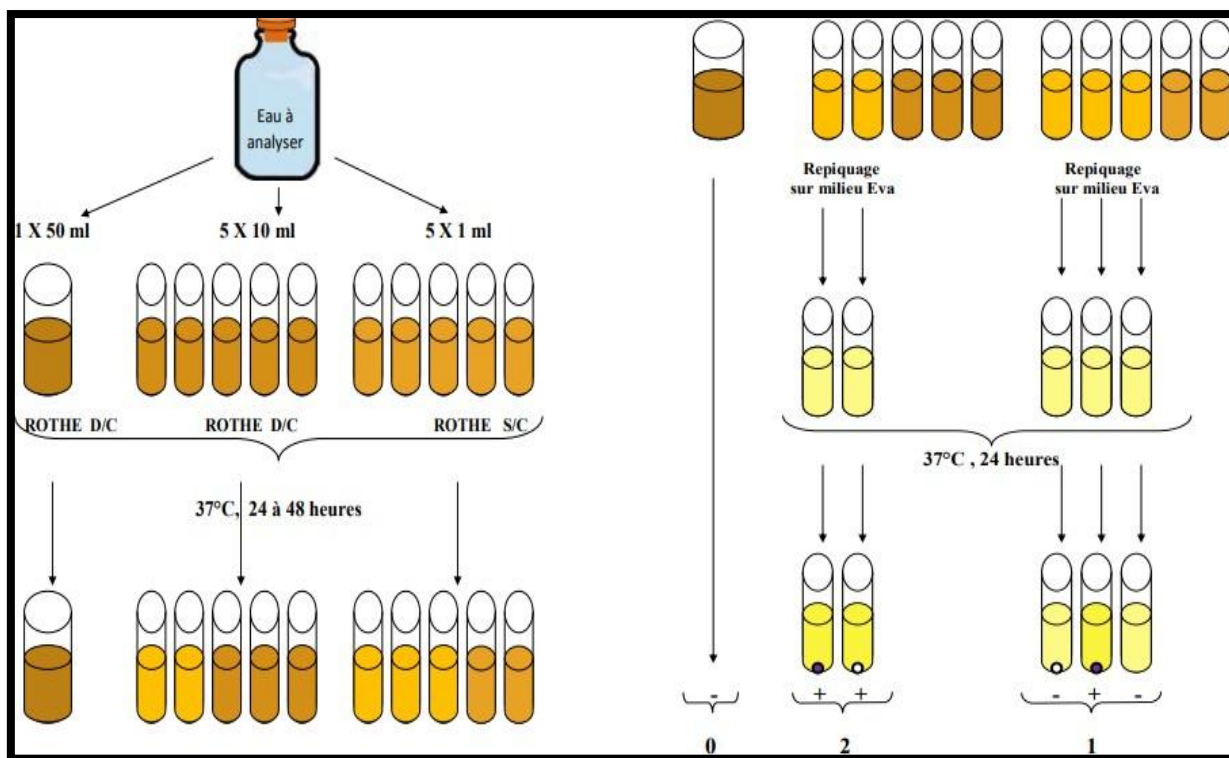


Figure 31 : Recherche et dénombrement des *Streptocoques fécaux* (test de confirmation)

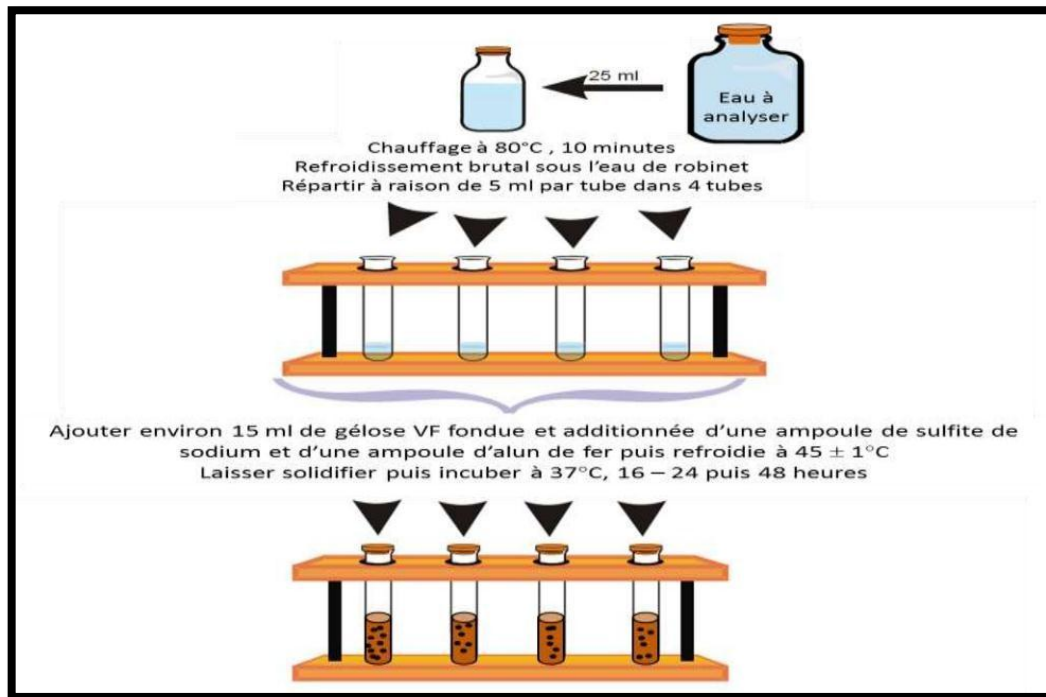


Figure 32 : Recherche et dénombrement des Spores d'anaérobies sulfito-réducteurs

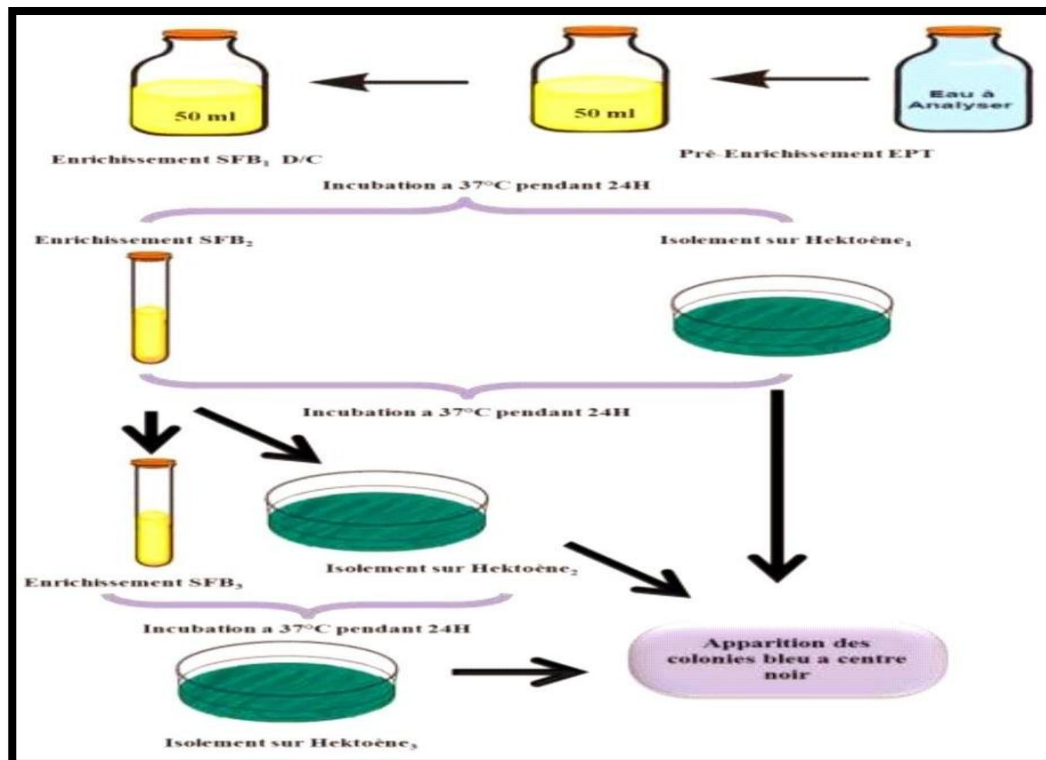


Figure 33: Recherche des Salmonelles

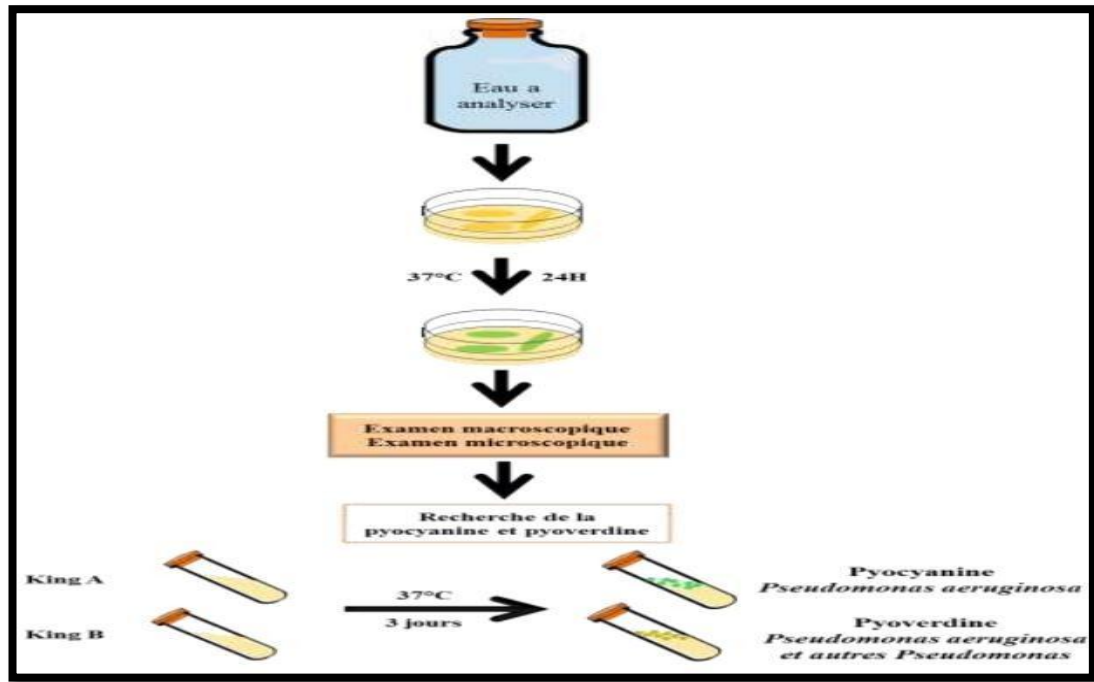


Figure 34 : Recherche de *Pseudomonas aeruginosa*

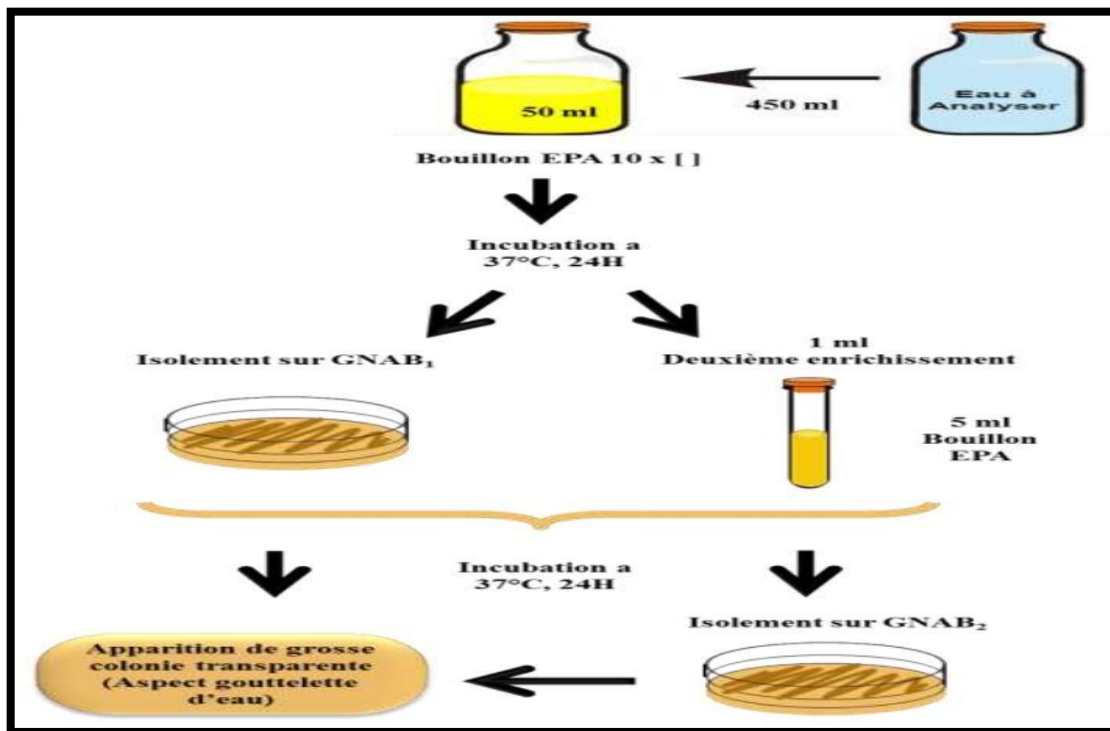


Figure 35: Recherche de *Vibrio cholérique*

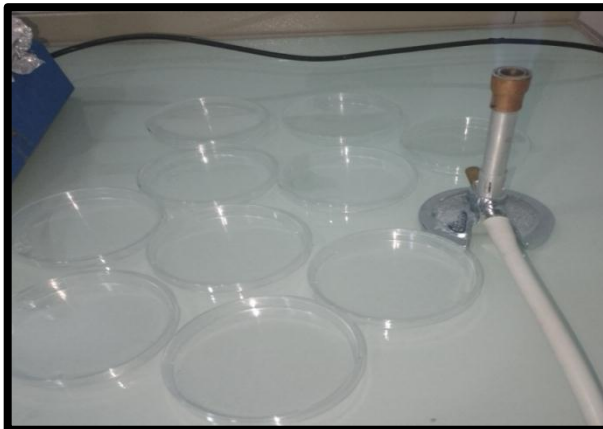
Annexe IV



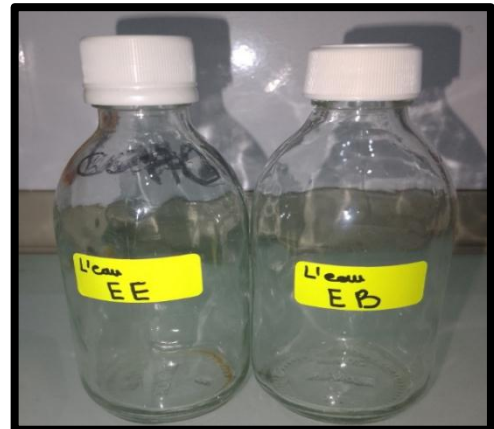
Bain marie memmert



Etuve



Boîtes pétries et Bec bunsen



Les Echantillons à analyses



Appareil de filtration



Autoclave

Annexes

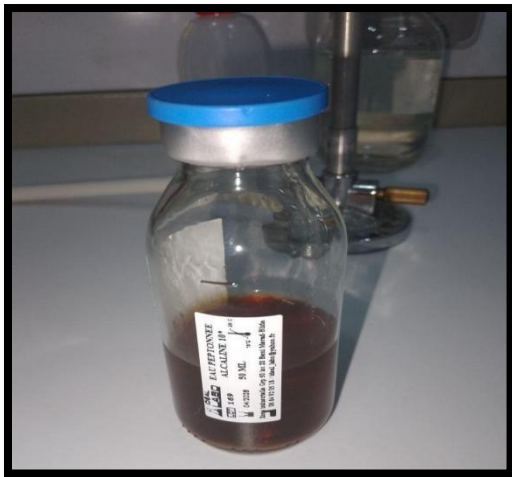
--	--



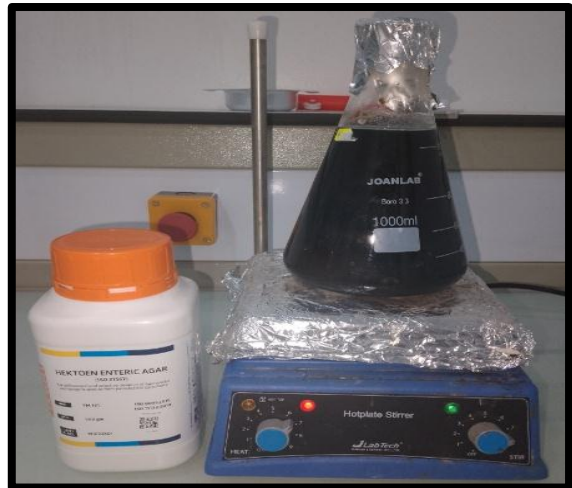
Microscope photonique



Les filtre à analyses



Milieu Eau Peptonée Alcaline



Préparation de Hektoén (Gélose)

Figure 36 : Matériel des analyses bactériologiques. (Originale, 2025).

Annexe V



Figure 37 : Lecture des résultats des coliformes totaux et fécaux d'eau brute (Originale, 2025).

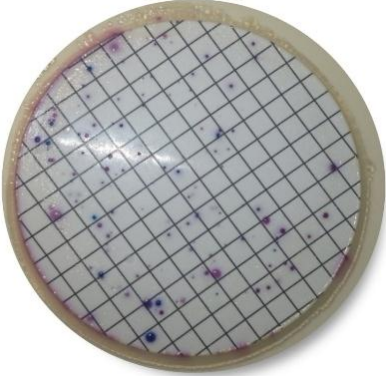
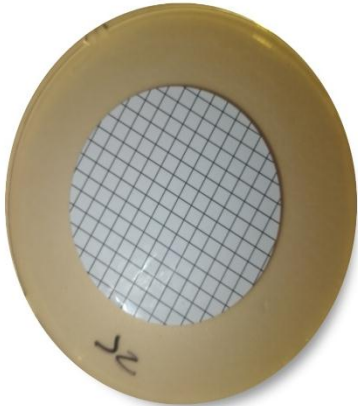
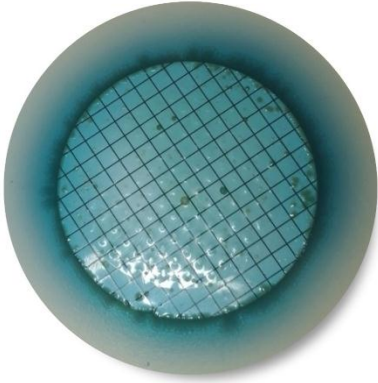


Figure 38 : Lecture des résultats des Streptocoques fécaux d'eau brute (Originale, 2025).

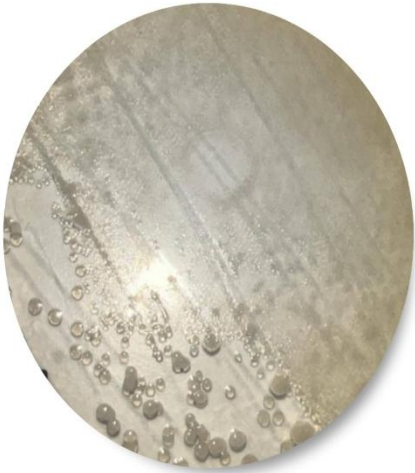
Annexe VI

Tableau 16 : Résultats de l'eau traitées

Aspect macroscopique et microscopique des colonies bactériennes.

Milieu de culture	Observation macroscopique	Observation microscopique Coliformes totaux et fécaux
CCA 	- coliforme fécaux, colonies avec un reflet métallique Vert - coliforme totaux, colonies rouge â rose	 Bacilles à Gram (-)
SL 	/	/
Cétrimide 	- couche lisse et de couleur verte	<i>Pseudomonas auruginosa</i>  Bâtonnets court à Gram (-)

Annexes

Viond de foie (VF) 	/	/
Hektoén 	/	/
GNABI 	/	/

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة البليدة (1)

Université Blida (1)



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

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 bactériologique des eaux usées brutes et
traitées à l'ONA de Beni Mered (Blida)**

Soutenu le : 07 / 07 / 2025

Présentées par : CHANANE Sabrina et SLIMI Imene

Devant le jury :

Promoteur : Dr. HACHOUR Kamal MCB/USDB1

Président de jury : Dr. GUEDIOURA A. MCA /USDB1

Examinatrice : Dr. BENAOUME N. MCB/USDB1

Année universitaire : 2025 /2026

Vue : 23-07-2025
cmj

Annexes
