

REPUBLIQUE ALGEROENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1**

**Faculté de Technologie**

**Département de Génie des Procédés**



**MEMOIRE**

En vue l'obtention du diplôme de

**MASTER EN GENIE DES PROCEDES**

Spécialité : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

Intitulé du mémoire :

**Etude rétrospective de l'efficacité du traitement des eaux usées  
de la station d'épuration Beni Mared Blida**

Présenté par :	Encadré par :
SILMI MEROUA	Pr. BADIS ABDELMALEK
ALLAOUI AMINA	Dte : BEAMIROUCHE OUISSAM

**Promotion 2023 - 2024**

## *Remerciements*

الحمد لله رب العالمين

Nous remercions d'abord **ALLAH** de nous avoir donné le courage et la force d'aboutir à la fin de notre modeste projet de fin d'études.

Nous adressons nos vifs remerciements à notre promoteur Pr. Badis Abdelmalek et notre Co promoteur Mlle Benamirouche Ouissem, de nous avoir encadré et pour l'aide, les conseils et leurs disponibilités durant toute la période de notre projet, ainsi que

Nos remerciements envers les membres de jury Mr. Chanane et Mme Benslama qui ont accepté d'évaluer ce présent travail.

Nous remercions tous les enseignants qui nous ont enseigné au long de toutes nos années d'études spécialement nos enseignants de la faculté de technologie et le département de génie des procédés ainsi que notre chef de département Mme chanof.

Nos sincères remerciements à tout le personnel de l'O.N.A en particulier Mr Chadoli et Mr Jamel.

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة جودة مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي بني مارد للأعوام المتعاقبة 2021 و2022 و2023 مقارنة بالعام الحالي 2024. ونقوم بتقييم نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للمقارنة، مع أخذ مع مراعاة معايير منظمة الصحة العالمية. بشكل عام، جميع التحليلات خلال هذه السنوات الأربع متوافقة مع المعايير. ومع ذلك، تظل المياه النقية غير كافية لإعادة الاستخدام، خاصة في ري الأراضي الزراعية إلى حد كبير، لذلك يجب توفير حل من حيث المعالجة الثلاثية.

الكلمات المفتاحية: STEP، دراسة مقارنة، التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية، دراسة استرجاعية واستباقية.

## Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier la qualité des eaux usées traitées de la station d'épuration de Beni Mared pour les années successives 2021, 2022 et 2023, comparée par rapport l'année en cours de 2024. Nous évaluons les résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques à titre comparatif en tenant compte des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé. Globalement, toutes les analyses de ces quatre années sont conformes aux normes. Néanmoins, l'eau épurée reste loin d'être adéquate pour une réutilisation, notamment, dans l'irrigation des terres agricoles dans une large mesure, il faut donc apporter une solution en matière de traitement tertiaire.

**Mots clés :** STEP, Etude comparative, Analyses physicochimiques et microbiologiques, étude rétrospective et prospective.

## Abstract

The objective of this work is to study the quality of treated wastewater from Beni Mared wastewater treatment plant for the successive years 2021, 2022 and 2023, compared with the current year of 2024. We evaluate the results about physicochemical and microbiological analyzes for comparison, taking into account the standards of the World Health Organization. Overall, all analyzes over these four years are compliant with standards. However, purified water remains far from being adequate for reuse, particularly in the irrigation of agricultural land to a large extent, so a solution must be provided in terms of tertiary treatment.

**Keywords:** STEP, Comparative study, Physicochemical and microbiological analyses, retrospective and prospective study.

# LISTE DES ABREVIATIONS

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

**CF** : Coliformes Fécaux

**CMB** : Concentration Minimale Bactéricide

**CMI** : Concentration Minimale Inhibitrice

**CT** : Coliformes Totaux

**D/C** : Double Concentration DBO5 : Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène

**EB** : Eau Brute

**EE** : Eau Epurée

**EH** : Equivalent Habitant GN

**NPP** : Nombre Plus Probable OD : Oxygène Dissous

**OMS** : Organisation Mondial de la Santé

**ONA** : Office Nationale d'Assainissement

**PH** : Potentiel d'hydrogène

**S/C** : Simple Concentration

**SF** : Streptocoques Fécaux

**SFB** : Bouillon Sélénite-Cysteine

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

**TFC** : Unité Formant Colonie

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

# TABLE DES MATIERES

Remerciement

Résumé

Introduction général.....1

## Chapitre 01 : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE4

1	Définition des eaux usées .....	3
1.1	Origine des eaux usées .....	4
1.1.1	Les eaux usées industrielles .....	4
1.1.2	Les eaux usées domestiques .....	4
1.1.3	Les eaux agricoles.....	5
1.1.4	Les eaux pluviales.....	5
1.2	Composition des eaux usées.....	5
1.2.1	Bactéries.....	6
1.2.2	Virus.....	6
1.2.3	Helminthes .....	6
1.2.4	Protozoaires.....	7
1.3	Caractéristiques des eaux usées .....	7
1.3.1	Les paramètres physiques chimique .....	7
1.3.2	Les paramètres microbiologique.....	9
1.4	Elimination des micro-organismes.....	10
1.4.1	Désinfection par chloration .....	10
1.4.2	Désinfection par ozonation.....	10
1.4.3	Désinfection par ultra-violet .....	11
1.4.4	Désinfection par Microfiltration .....	11
1.5	Choix de la méthode de désinfection .....	11
2	Description de la STEP de Beni Merad.....	12

2.1	Localisation.....	13
2.2	Etapas de traitement d'épuration .....	13
2.2.1	File de traitement des eaux.....	13
1.	Prétraitement .....	14
1.1	Dégrillage.....	14
1.2	Dessablage et déshuilage .....	14
2.	Le traitement primaire (décantation primaire) .....	15
3.	Traitement secondaire (biologique).....	16
3.1	Bassin d'aération .....	16
3.2	Clarificateur (décantation secondaire) .....	17
4.	Désinfection.....	18

#### Chapitre 02 : MATERIEL ET METHODES

2.	Modalités de prélèvement Méthodes analytiques .....	21
2.1	Méthode d'analyses physicochimique et microbiologique .....	21
2.1.1.	Paramètres physico chimiques.....	21
2.1.2.	Analyses Bactériologiques .....	23

#### Chapitre 03 : RESULTAT ET DISCUSSION46

3.1	Etude prospective des analyses physicochimiques au cours de l'année 2024 .....	27
3.1.1.	Discussion des résultats des analyses physicochimiques des prélèvements au cours de l'année 2024.....	27
3.1.2.	Discussion des résultats des analyses microbiologiques de l'année 2024 (mars – avril).....	30
3.2	Etude rétrospective des analyses de trois années 2021, 2022 et 2023 .....	31
3.2.1.	Paramètres physicochimiques : DCO, DBO et MES .....	31
3.2.1.1.	Pour le cas de l'année 2021 .....	31
3.2.1.2.	Pour le cas de l'année 2022 .....	32
3.2.1.3.	Pour le cas de l'année 2023 .....	33
3.2.2.	Conclusion comparative.....	34

**Conclusion Générale .....35**

**Référence**

**Annexes**

## Liste des figures

Figure 1. 1 Diagramme schématique d'une infrastructure de gestion d'eau usée.....	4
Figure 1. 2 Prétraitement (original 2024).....	16
Figure 1. 3 Décanteur primaire (Photo original 2024).....	17
Figure 1. 4 Bassin de désinfection de Step Beni Mared (original 2024).....	18
Figure 1. 5 Clarification de Step de Beni Mared (original 2024).....	19
Figure 1. 6 Bassin de désinfection de STEP Beni Merad (Photo original 2024) .....	20
Figure 3. 1 Graphique des variation DCO DBO5 MES des 2021.....	34
Figure 3. 2 Graphique des variation DCO DBO5 MES des 2022.....	35
Figure 3. 3 Graphique des variation DCO DBO5 MES des 2023.....	36

## Liste des tableaux

Tableau 3.1 : variation de température avant et après d'épuration .....	36
Tableau 3.2 : variation de pH avant et après d'épuration.....	36
Tableau 3.3 : variation de conductivité électrique avant et après d'épuration .....	37
Tableau 3.4 : variation de Mes Avant et après d'épuration .....	37
Tableau 3.5 : variation de DCO Avant et après d'épuration .....	38
Tableau 3.6 : variation de DBO5 Avant et après d'épuration .....	38
Tableau 3.7 : des microorganismes d'un eaux épurée .....	39

## INTRODUCTION GENERALE

Le rejet des eaux usées chargées en substances polluantes dans l'environnement, sans aucun traitement préalable, est un motif de préoccupation croissant compte tenu des effets indésirables qu'elles peuvent engendrer sur la santé humaine, la flore et la faune. Cependant, l'homme n'a jamais cessé de rechercher des moyens efficaces pour dépolluer ces multiples rejets [1].

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des rejets industriels et urbains. Le traitement des eaux usées est l'ensemble des procédés visant à dépolluer l'eau usée avant son retour dans le milieu naturel ou sa réutilisation. Les eaux usées sont les eaux qui à la fin de leur utilisation domestique, commerciale ou industrielle sont de nature à polluer les milieux dans lesquels elles seraient déversées. C'est pourquoi, dans un souci de protection des milieux récepteurs, des traitements sont réalisés sur ces effluents collectés par le réseau d'assainissement urbain. A cet effet, l'objectif des traitements est de réduire l'impact des eaux usées sur la santé publique contre les maladies à transmission hydrique et l'environnement [2].

Par ailleurs, les traitements peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration ou de manière individuelle, quel que soit le type de station d'épuration (boues activées ou lagunage), le principe est toujours simple. Les matières polluantes sont dégradées grâce à un phénomène biologique naturel par les microorganismes contenus initialement dans les eaux usées et maintenus en quantité suffisante dans les stations où ils transforment la pollution en boues que l'on sépare de l'eau par décantation [3].

Cette méthode n'est pas efficace pour l'élimination totale des microorganismes, il existe des moyens plus efficaces d'où la plupart des microorganismes pathogènes sont éliminés de l'eau lors de la première étape de purification de l'eau, cependant, la désinfection de l'eau est encore nécessaire afin d'empêcher que l'eau soit nocive pour notre santé en causant des maladies parfois très grave [4]. Les méthodes de désinfection de l'eau sont diverses. Celles-ci font appel soit à un processus physique (ultrafiltration, traitement UV), soit à un processus chimique mettant en œuvre une réaction d'oxydation, qui peut être obtenue par ozonation ou par chloration.

L'objectif de ce travail est d'étudier la qualité des eaux usées traitées de la station d'épuration de Beni Mared pour les années successives 2021, 2022 et 2023, comparée par rapport l'année en cours de 2024. Nous évaluons les résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques à titre comparatif en tenant compte des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Notre travail est organisé en deux grandes parties suivies par une conclusion générale :

La première partie nous avons parlé sur les caractéristiques générales des eaux usées et les procédés d'épuration dont nous avons également décrit les différents procédés de décontamination en termes d'épuration biologique.

Dans la deuxième partie nous avons concentré sur l'étude de l'efficacité de traitement de la STEP de Beni Merad durant quatre années successives en comparant toutes les analyses des paramètres physicochimiques et microbiologiques selon les normes recommandées pour une eau épurée.

Enfin, dans la conclusion générale, nous insistons sur la bonne qualité des eaux usées traitées et comment mettre en place d'un procédé de traitement tertiaire bien adéquat pour des fins de réutiliser cette eau dans le système d'irrigation des terres agricoles au moins sur une dimension régionale.

# **Chapitre 01 : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

## 1 Définition des eaux usées :

N'importe quelle eau dont la qualité a subi une influence anthropogène est une eau usée, du point de vue des sources de génération, l'eau usée peut être définie comme combinaison du liquide ou des matières transportées dans l'eau en provenance des habitations résidentielles, des institutions publiques, des établissements commerciaux et industriels, rejointe ou non par les eaux souterraines, les eaux de surface, et les précipitations. La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive des propriétés physicochimiques et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit [5].

La figure ci-dessous illustre l'acheminement des eaux usées de différentes sources vers la station d'épuration.

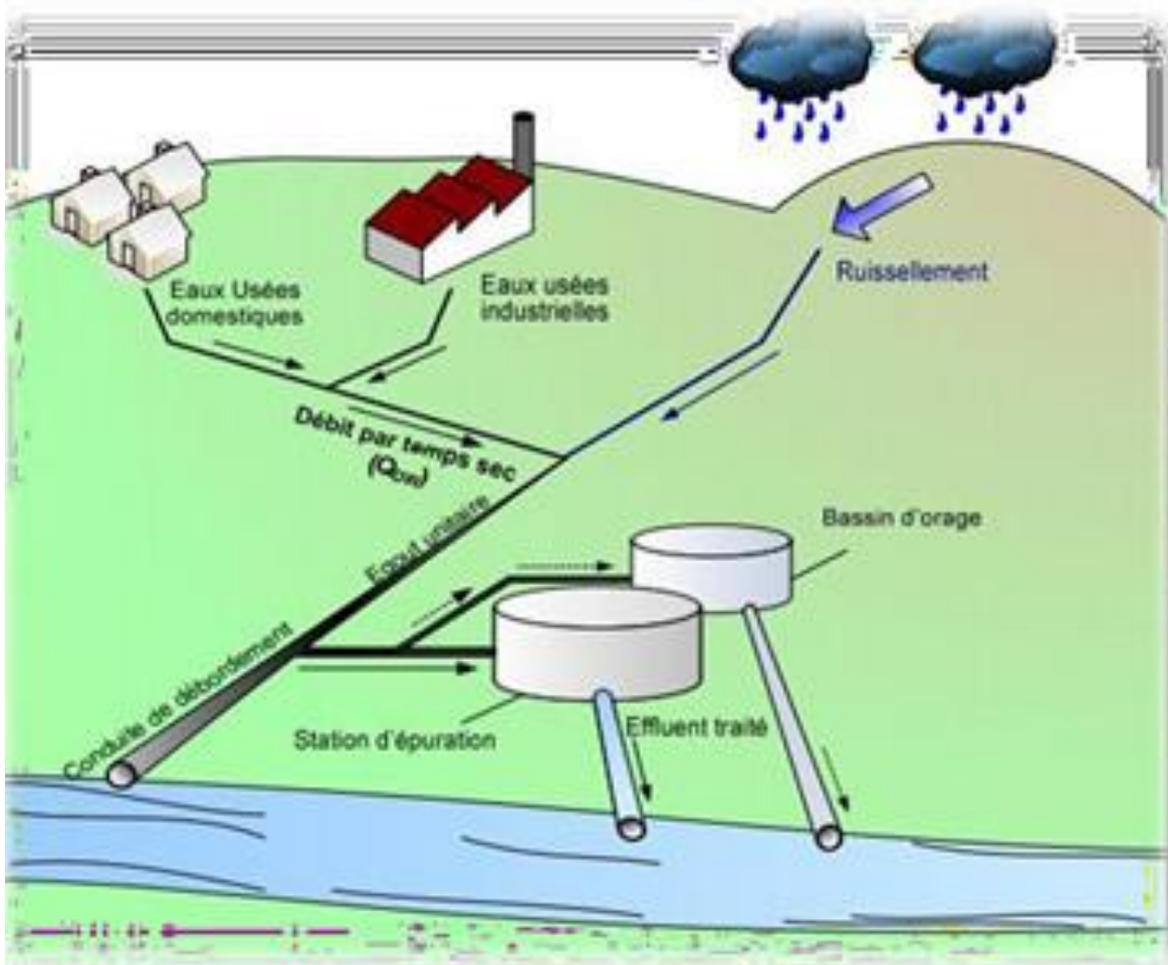


Figure 1.1 : Diagramme schématisé d'une infrastructure de gestion d'eau usée

## **1.1. Origine des eaux usées**

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées :

### **1.1.1. Les eaux usées industrielles :**

Ce sont les eaux usées intervenant ou non dans les procédés de fabrication, commerciales, d'exploitations minière, et des équipements ou des activités forestiers ; les eaux d'écoulement et de lixiviat des secteurs recevant des polluants liés au stockage industriel ou commercial, à la manipulation ou au traitement, et à toute autre eau usée non définies comme eau usée domestique [6]. Les eaux usées industrielles sont très différentes des eaux usées domestiques, et leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre.

Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épurations [7].

### **1.1.2. Les eaux usées domestiques :**

Ce sont les eaux usées provenant principalement des résidences, des bâtiments d'affaires, des établissements publics et assimilés ; les eaux usées sanitaires ; retrouvent dans les eaux d'égout, on distingue généralement deux types d'eaux usées domestiques qui arrivent toutes deux dans le réseau d'assainissement : Les eaux vannes qui correspondent aux eaux de toilettes ; Les eaux grises qui correspondent à tous les autres usages : lave-linge, lave-vaisselle, douche, bain, etc.

La composition des eaux usées domestiques dépend de trois facteurs :

1) La composition originelle de l'eau potable, qui elle – même dépend de la composition de l'eau utilisée pour produire l'eau potable, de la qualité du traitement de cette eau, des normes sanitaires du pays concerné de la nature des canalisations, etc.

2) Les diverses utilisations par les particuliers qui peuvent apporter un nombre quasi infini de polluants : tous les produits d'entretien, lessives, colle, etc.

3) Les utilisateurs eux – mêmes qui vont rejeter de la matière organique dans les égouts (urines et fèces) ; Elles peuvent également inclure des contributions industrielles quand des eaux usées domestiques et industrielles sont combinées dans un réseau d'égouts urbain unitaire [8].

### **1.1.3. Les eaux agricoles :**

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau [9].

### **1.1.4. Les eaux pluviales :**

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulés polluants atmosphériques, poussières, débris, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules, les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu.

## **1.2. Composition des eaux usées :**

La composition des eaux usées peut être extrêmement variable d'où la matière organique est le polluant majoritaire. Ils peuvent contenir : des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage des hydrocarbures (raffineries), des métaux (traitements de surface, métallurgie) des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries ) de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ; des matières radioactives (centrales nucléaires, mais aussi solvants, peintures, mercure de thermomètre et même des matières phosphorées et azotées ainsi que des éléments traces, des métaux lourds et des éléments toxiques.

Ces eaux polluées apportent également divers microorganismes excrétés avec les matières fécales et les microorganismes pathogènes. Ces microorganismes sont à la base de l'épuration biologique qui est le procédé le plus utilisé pour restaurer la qualité de l'eau en la débarrassant de ses principales impuretés qu'elles soient plus ou moins biodégradables et ne contiennent pas de produits toxiques qui font l'objet d'un traitement particulier (épuration physicochimique). Ces microorganismes peuvent être classés en quatre grands groupes : [10].

### **1.2.1. Bactéries :**

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées, d'où les eaux usées urbaines contiennent environ  $10^6$  à  $10^7$  UFC/100 mL dont la plupart sont de genre *Proteus* et des Entérobactéries,  $10^3$  à  $10^4$  UFC/100 Streptocoques et  $10^2$  à  $10^3$  UFC/100 *Clostridium*.

La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de  $10^4$  UFC / 1000 mL. Parmi les plus détectées les Salmonelles, responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux [11].

### **1.2.2. Virus :**

Les virus sont des parasites intracellulaires obligatoires qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel [12]. Parmi les virus entériques humains les plus importants nous avons les entérovirus, les rotavirus et les rétrovirus [13]. De plus, les auteurs ont détecté plusieurs virus dans les milieux récepteurs recevant des effluents traités tels que les rivières et les étangs. D'autre part, il a été constaté que les virus sont plus persistants à température ambiante, dans un sol irrigué par des eaux usées traitées que certains autres bactériophages.

### **1.2.3. Helminthes :**

Les helminthes sont fréquemment rencontrés dans les eaux usées urbaines. Le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et  $10^3$  œufs/1000 mL, parmi ces œufs on trouve notamment les *Ascaris* et les *tœnias*. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs [14].

Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires. En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permettent leur reproduction, ce qui constitue leur risque potentiel. L'analyse des risques sanitaires liés aux agents pathogènes susceptibles d'être transportés par les eaux usées est le fondement des recommandations proposées par l'OMS [14].

#### **1.2.4. Protozoaires :**

Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance (kystes) qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires. Ces parasites sont très persistants, ainsi, selon les conditions du milieu ces organismes peuvent survivre plusieurs semaines voire même plusieurs années. Plusieurs protozoaires pathogènes ont été identifiés dans les eaux usées parmi les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum*. En revanche 10 à 30 kystes, est une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires [15].

Les normes de rejet des eaux usées fixent des indicateurs de qualité physicochimiques et biologiques. Ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg/L, est quantifié et apprécié par une série d'analyses. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modifications que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels récepteurs. Pour les eaux usées domestiques industrielles et les effluents naturels on peut retenir les analyses suivantes :

#### **1.3.1. Les paramètres physiques chimique :**

##### **La température :**

La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz (entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique) [16]. La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique) [17]. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur de 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 °C ? l'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau augmente. La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduaires chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3 °C s'avèrent souvent néfastes [18].

##### **Le potentiel d'Hydrogène (pH) :**

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau, c'est – à – dire, de la concentration en ions d'hydrogène (H). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 qui correspond à une solution neutre à 25 °C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés, il joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien, où la nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9.

### **La Conductivité :**

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup>.

### **Les matières en suspension (MES) :**

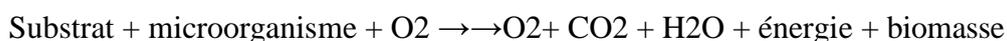
Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques ou minérales, non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel.

### **L'Oxygène dissous :**

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O<sub>2</sub> /L.

### **La demande biologique en oxygène (DBO) :**

La DBO, comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20 °C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour la mesurer on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO<sub>5</sub>, elle se résume par la réaction chimique suivante :



### **La demande chimique en oxygène (DCO) :**

La DCO est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150 °C, elle est exprimée en mg/L. La valeur du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine.

Généralement la valeur de la DCO est :

- DCO = 1.5 à 2 fois DBO5 ; DCO = 1 à 10 fois DBO5 ; DCO > 2.5 fois DBO, pour les eaux usées urbaines ; Pour tout l'ensemble des eaux résiduaires ; Pour les eaux usées industrielles.
- La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la DBO, et la DCO est donnée par l'équation suivante : **MO = (2 DBO + DCO) / 3.**

### **1.3.2. Les paramètres microbiologiques**

#### **Les coliformes fécaux :**

Ce sont des bactéries des intestins des animaux à sang chaud ; ces bactéries sont utilisées comme indicateurs de contamination fécale d'une eau, elles indiquent la présence ou l'absence de microorganismes pathogènes d'origine fécale, les coliformes ne sont généralement pas pathogènes eux-mêmes.

#### **Les Coliformes Thermotolérantes :**

Il s'agit des coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais à 44 °C, elles remplacent dans la majorité des cas l'appellation (coliformes fécaux) on cite là l'exemple de *E. coli* qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, fermentent le lactose ou le mannitol avec production d'acide et de gaz. Elle ne peut pas en général se reproduire dans les milieux aquatiques, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente.

#### **Streptocoques fécaux (37 °C) :**

Il s'agit de Coccis à Gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chaînettes plus ou moins longues, non sporulées Aéroanaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogènes.

#### **Salmonelles :**

Les salmonelles appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae, ce sont des bacilles à Gram négative non sporulés, généralement mobiles par des flagelles, ces germes sont des parasites intestinaux de l'homme et des animaux et sont éliminés dans les matières fécales. La présence de ces germes dans les eaux usées est liée à l'existence dans les populations riveraines d'individus infectés des malades et porteur apparemment sains.

### **Vibrions Cholériques :**

Appartiennent à la famille des Vibrionaceae, bactéries à Gram négatif aéroanaérobie facultatives, de forme incurvé ou droit, mobiles par ciliature polaire, non sporulés, dégradent les glucides par voie fermentaire, catalase positive, indole positive.

## **1.4 Elimination des microorganismes**

### **1.4.1 Désinfection par chloration :**

La chloration est une technologie qui existe depuis des siècles et qui est largement utilisée pour désinfecter l'eau afin de la rendre potable. Elle consiste à introduire dans l'eau des agents oxydants chlorés comme le chlore gazeux, l'hypochlorite de sodium (eau de Javel) ou le dioxyde de chlore pour détruire les microorganismes. Cependant, aux doses habituelles de 5 mg/L, ce procédé reste inefficace contre les kystes amibiens et les œufs de certains parasites.

En termes de sécurité, la manipulation de chlore, notamment sous sa forme gazeuse, nécessite des mesures de protection importantes pour les travailleurs des usines de traitement et présente un risque pour la sécurité publique lors du transport. Enfin, au niveau environnemental, la désinfection des eaux usées au chlore peut avoir un impact important sur la vie aquatique en raison de la toxicité et de la réactivité aiguës et chroniques du chlore.

### **1.4.2 Désinfection par ozonation :**

L'ozone est un oxydant, comme le chlore, l'efficacité et la rapidité d'action de ce gaz en solution sur les bactéries et les virus, couplées à la faible production de sous-produits indésirables, lui confèrent une place très importante parmi les oxydants utilisés en désinfection. De plus, l'utilisation de l'ozone est plus sûre que la chloration et ne nécessite pas le transport de produits chimiques, puisque ce gaz est généré sur place à partir de dioxygène exposé à une décharge électrique,

L'ozonation des eaux usées est principalement économique, car elle implique des coûts d'investissement et d'exploitation plus élevés.

### **1.4.3 Désinfection par ultra-violet :**

Le processus de désinfection des eaux usées par rayonnement ultraviolet est un processus physique qui consiste essentiellement à faire passer l'eau à travers un canal ouvert équipé de lampes UV. Les principaux avantages de cette technologie sont l'absence de formation de produits secondaires

indésirables, ainsi que la simplicité et la sécurité de fonctionnement par rapport aux méthodes chimiques conventionnelles. De plus, il semble à une efficacité supérieure à la chloration et à la décoloration pour inactiver les virus. Cependant, l'efficacité de cette technologie diminue à mesure que la concentration de matières en suspension augmente. Sur le plan économique, les coûts sont similaires, car les systèmes de chloration et de décoloration n'ont pas d'impact significatif sur l'environnement car ils ne nécessitent pas l'ajout de produits chimiques et ne forment pas de sous-produits.

#### **1.4.4 Désinfection par microfiltration :**

Pour réaliser le processus de séparation des bactéries de l'eau, notamment lors du traitement des eaux usées ou autres eaux, nous effectuons une microfiltration, où nous utilisons des membranes dont la taille des pores se situe entre 0,1 et 0,22 micromètres. Les membranes de microfiltration éliminent toutes les bactéries. Ils retiennent aussi indirectement une partie de la contamination virale. Bien qu'ils soient en moyenne plus petits que les pores, les virus peuvent toujours être arrêtés par la membrane, en se liant aux biofilms bactériens qui les recouvrent.

#### **1.5. Choix de la méthode de désinfection :**

Le choix de type de désinfection est tenu compte de plusieurs critères :

##### **Grandeur de l'installation :**

Pour de petites installations, l'investissement nécessaire pour la chloration ou l'ozonisation rend ces méthodes peu rentables, de plus, pour des petites installations de préférence la stérilisation U.V, qui est simple à mettre en œuvre et économique. La microfiltration est économique pour les très petits débits. Ils conviennent pour un usage irrégulier.

La microfiltration peut être combinée à la stérilisation U.V.

##### **Microorganismes à éliminer :**

L'ozone est un oxydant puissant qui possède la plus large gamme d'application. Il possède une forte activité virulicide. De plus, il est aussi efficace contre les protozoaires, contrairement aux composés chlorés. Les U.V sont très efficaces mais certaines algues et moisissures nécessitent des doses d'exposition très importantes. La microfiltration est inefficace contre les virus, car leur taille est plus petite que les pores du filtre.

### Caractéristiques de l'eau en sortie :

La microfiltration et la stérilisation U.V n'ajoute aucun élément extérieur à l'eau. Dans le cas des U.V, les produits issus de la lyse des bactéries changent légèrement la composition de l'eau. L'ozone ajouté à l'eau change temporairement ses caractéristiques mais il se décompose peu à peu en oxygène moléculaire. Le chlore laisse des dérivés dans l'eau, dont certains présentent une toxicité que fon connaît encore mal.

Le tableau 1.1. résume les informations des paragraphes précédents.

**Tableau1.1 :** Comparaison entre déférentes méthodes de désinfection de l'eau.

Critères	Ozone	Chlore	U. V	Microfiltration
Grandeur de l'installation	Grande	Grande	Petite- grande	Très petite
Entretien	Faible	Faible	Moyen	Important
Utilisation	Complexe	Complexe	Simple	Simple
Rémanence	Moyenne	Forte	Faible	Moyen
Goût/odeur	Nul	Caractéristique	Nul	Nul
Efficacité germicide	Très bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Inefficace contre	Aucun	Virus protozoaires	Les algues moisissures	Virus

## 2. Description de la STEP de Beni Merad

### 2.1. Localisation :

La station de Beni Merad est située à l'Est de la route nationale N °1 à proximité d'Oued Merad, environ 05 km au nord de Blida à environ 40 km au sud- ouest d'Alger et à environ 30 km au nord – est de Médéa. Elle était fonctionnelle en 1984 puis s'est arrêté en 1989, alors qu'en 2014, le ministre des ressources en eau a validé le projet de la réhabilitation, extension et exploitation de la STEP. Le 02 janvier 2021, l'exploitation a débuté pour une capacité de 383000 équivalent habitant soit 3310 m<sup>3</sup>/h au temps sec et 4800 m<sup>3</sup>/h au temps de pluie.

La station fonctionne par le procédé de culture libre (boue activée) comme procédé d'épuration, pour traiter les eaux usées urbaines du grand Blida.

La STEP est alimentée par cinq postes de refoulement (PR) :

- 1- PR 18 avec un débit de pointe de 6200 m<sup>3</sup> / j ;
- 2- PR 22 avec un débit de pointe de 1000 m<sup>3</sup> / j ;
- 3- PR 22 BIS dont les eaux usées rejoignent le PR 22 ;
- 4- PR Central dont les eaux usées rejoignent le PR 18 ;
- 5- PR Bouarfa dont les eaux usées rejoignent le PR Central.

Elle traite les eaux issues de grand Blida : -Commune de Beni Merad ; Commune de Blida ; Commune

d'Ouled Yaich et Commune de Bouarfa.

## **2.2. Etapes de traitement d'épuration :**

### **2.2.1. File de traitement des eaux :**

L'épuration des eaux usées dans la STEP de la ville de Beni Merad consiste à un prétraitement (dégrillage, dessablage et déshuilage), un traitement primaire par décantation, des traitements biologiques secondaires par boues activées et clarification et un traitement tertiaire par chloration.

#### **2.2.1. Prétraitement :**

Les dispositifs de prétraitement sont présents dans toutes les stations d'épuration, quels que soient les procédés mis en œuvre en aval, généralement, les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers pour éviter le colmatage des modules par les matières solides volumineuses et des matières en suspension (MES). Dans le prétraitement de la STEP de Beni Merad, les effluents passent par deux opérations :

**Dégrillage :** La première phase du prétraitement consiste à un dégrillage fin des effluents de les débarrasser des matières grossières, un ensemble de 4 dégrilleurs fins automatiques entre fer 10 mm dont un dégrilleur secours au cas d'une panne. Les déchets extraits sont recueillis dans une vis convoyeuse puis dans une vis compacteuse à déchets. La vitesse d'approche dans le canal du dégrilleur est de l'ordre de 0,51 m / s.

**Dessablage et déshuilage** : Le dessablage vise à éliminer les sables alors que le déshuilage élimine les huiles et les graisses. Souvent ces opérations sont combinées dans un même ouvrage où la réduction de vitesse dépose les sables et laisse flotter les graisses par différence de densité, comme à la station d'épuration de Beni Merad, les effluents transitant du dégrilleur vers les ouvrages de dessablage déshuilage passent par une décantation des résidus les plus denses (sables) et la flottation des déchets plus légers (graisses) au niveau de cet ouvrage. Cette opération est équipée de trois lignes de dessableurs - déshuileurs permettant de recevoir un débit total de 4800 m<sup>3</sup> / h.

Cette unité est un ouvrage rectangulaire à flux longitudinal lent, actuellement, deux lignes sont exploitées avec un débit de pointe unitaire de 1600 m<sup>3</sup> / h.

L'élimination de sable évite l'abrasion des équipements, et le dépôt ultérieur de ces particules qui pourrait provoquer des bouchages de canalisations et l'ensablement des ouvrages.

L'élimination des graisses favorise le transfert d'oxygène dans les bassins d'aération. La flottation des graisses est assurée par l'utilisation d'air sur pressé pour créer un bullage dans le dessableur-déshuileur. Les graisses qui flottent en surface sont évacuées par un racleur solidaire du pont. Le sable accumulé au fond dessableur-déshuileur est évacué par un système d'air lift intégré au pont. Des pompes à vide permettent d'aspirer le sable et de le transférer vers le canal de collecte le long du dessableur-déshuileur.



**Figure 1.2. Prétraitement (Photo original 2024)**

### 2.2.1.2 Le traitement primaire (décantation primaire) :

Après les prétraitements, il reste dans l'eau une charge polluante dissoute et des matières en suspension. Les traitements primaires ne portent que sur les matières décantables (décantation primaire). Dans ce cas, la séparation qui s'effectue par gravité ne concerne que les particules de diamètre supérieur à 100 micromètres, celle de diamètre inférieur à 100 micromètres ne décantent pas, mais seront entraînées vers les unités ultérieures de traitement.

Les bassins de décantation sont des bassins à ciel ouvert, cylindriques, l'effluent brut arrive par un point central, les matières décantables en suspension dans l'eau vont se séparer de l'effluent et se déposer au fond du bassin ou elles seront raclées par un pont racleur tournant et les eaux de surface seront déversées. Les matières décantables ainsi obtenues par séparation de l'effluent appelées les boues primaires, seront récupérées et orientées vers le traitement des boues.

Le décanteur primaire a pour but d'effectuer un premier abattement sur les paramètres MES (55%), DCO (30%) et DBO (30%). Cela se traduit par l'accumulation de boues en fond de décanteur.



**Figure 1.3 : Décanteur primaire (Photo original 2024)**

Ces boues sont raclées vers un puits central, puis elles sont alors extraites vers la file de traitement des boues *via* la bêche de mélange des boues mixtes (secondaires en excès et primaires). Les eaux en surface passent à travers une lame déversant crénelée en périphérie du bassin.

### 2.2.1.3 Traitement secondaire (biologique) :

#### **Bassin d'aération :**

En aval des décanteurs primaires, les effluents sont dirigés vers le traitement biologique. Le bassin biologique se considère autant que le cœur de la STEP dont l'épuration des eaux usées s'effectue grâce à une population spécifique de microorganismes. Cette population biologique appelée biomasse ou une boue activée dégrade et assimile la pollution. Ce mécanisme génère une croissance bactérienne qui permet un renouvellement et un développement continu des bactéries.

Le bassin biologique présente trois objectifs : Oxydation des produits carbonés ; Oxydation et réduction des produits azotés ; Oxydation et réduction du phosphore. Et pour atteindre ces trois objectifs, trois actions sont nécessaires : Aération de bassin ; Recirculation des boues et extraction des boues en excès.

La station d'épuration de Beni Merad est constituée de trois ouvrages de bassin d'aération, un pour chaque file de traitement.

L'oxygénation de chaque bassin est assurée par quatre aérateurs de surface d'une puissance nominale unitaire de 55 kW. La valeur d'apport spécifique brute en oxygène maximale est de 1.6 kg d'O<sub>2</sub> / kWh.

Le traitement de cette pollution se fait par les bactéries présentes dans le bassin biologique et nécessite l'apport d'oxygène par les aérateurs, son mode de fonctionnement dépend de la quantité de boue dans le bassin et de la charge polluante entrante. La biomasse peut contenir plusieurs microorganismes épuratoires comme : Bactérie (*Psudomonas*, *Aeromanas*, *Flavobacter*, *Alcaligenes*). Protozoaires (*Zooflagellés*, *Vorticelles*, *Sarcodines*, *Amibes*). Métazoaires (*Rotifères*, *Nématodes*, *Ciliés*, *Tardigrades*).



**Figure 1.4 : Bassin d'aération de la STEP de Beni Merad (Photo original 2024).**

### **Clarificateur (décantation secondaire) :**

Cette étape de traitement est primordiale pour garantir une qualité de rejet conforme aux normes réglementaires algériennes, elle assure la séparation entre les boues et l'eau traitée dont elle dépend de la décantabilité des boues (liée à la nature des effluents) et de la capacité de l'ouvrage à atténuer de fortes variations de charges hydrauliques.

Le dimensionnement d'un clarificateur est basé sur une vitesse ascensionnelle qui doit être inférieure à la vitesse de décantation des boues. Il est aussi nécessaire de prévoir une hauteur droite d'eau en périphérie des ouvrages suffisante afin de favoriser le tassement du voile de boues (théorie de Kynch).

Le clarificateur de chaque fil est alimenté gravitairement, ceci se fait par le puits central de l'ouvrage par l'intermédiaire d'une canalisation passant sous radier. Les boues décantent au fond d'ouvrage. Elles sont aspirées par la suite grâce à un ensemble de tubes verticaux (tube de succion) qui balayent toute la surface de l'ouvrage à chaque rotation.

Un pont racleur conventionnel conduirait à un temps de séjour plus important car les boues décantant en périphérie qui devraient alors être ramenées en partie centrale de l'ouvrage avant extraction, alors que les épurées sont récupérées par surverse et dirigées vers le poste de désinfection et le comptage de sortie.



**Figure 1. 5 : Clarification de STEP de Beni Merad (Photo original 2024).**

#### **2.2.1.4 Désinfection :**

La présence de germes de contamination fécale (comme les coliformes fécaux et streptocoques) sont symptomatiques d'une présence de germes pathogènes (protozoaires, bactéries, virus) qu'il faut éliminer pour éviter toute contamination, donc l'objectif de cette opération est d'inactiver les organismes pathogènes, virus et parasites contenus dans l'eau traitée. Il s'agit ici d'une désinfection à l'eau de javel hypochlorite de sodium (produit commercial classique) avec une densité de 1.22 kg/L avec concentration en chlore de 13% dont il est stocké dans deux cuves verticales de volume unitaire de 20 m<sup>3</sup>.



**Figure 1. 6 Bassin de désinfection de STEP Beni Merad (Photo original 2024).**

### **2.3. Files de traitement des boues**

Le traitement des boues de la station de Beni Merad passe par plusieurs étapes :

Extraction des boues en excès primaires et secondaires depuis les puits à boues des décanteurs et clarificateurs :

1. Mélange des boues primaires et des boues secondaires en excès dans une bache de mélange ;
2. Épaississement statique des boues mixtes dans l'épaississeur hurs existant ;
3. Stabilisation aérobie des boues sur deux ouvrages identiques, permettant la réduction de la part organique totale, et l'évacuation des gaz toxiques ;
4. Déshydratation mécanique des boues réalisées sur quatre unités de filtre à bande presseuses aire de poste des bennes d'évacuation des boues.
5. Aire de stockage bétonnée permettant la mise en dépôt de 05 jours de production de boue déshydratées

## **Chapitre 02 : MATERIEL ET METHODES**

## **2.1. Méthode d'analyses physicochimiques, analyses des tests spécifiques et microbiologiques**

### **2.1.1. Paramètres physicochimiques**

#### **Mesure température :**

La température de l'eau joue un rôle majeur sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques et la solubilité des gaz dans l'eau, elle est exprimée en °C. La mesure de la température a été effectuée par l'utilisation d'une sonde thermométrique Pocket pro (Hach) qui est trempée soigneusement dans la prise d'essai. La lecture est faite après stabilisation du thermomètre. L'appareil donne la valeur de température.

#### **Mesure du potentiel d'hydrogène (pH) NF T 90-008 : Principe:**

Il consiste à mesurer la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution. Le pH – mètre SENS ION (Hach) est doté d'une électrode en platine.

Laisser stabiliser un moment, puis noter la valeur finale du pH.

-Expression des résultats : L'appareil donne la valeur du pH correspondant.

#### **Mesure de l'oxygène dissous :**

L'oxygène dissous est une des caractéristiques importantes de l'eau, qui a une relation contraire avec la pollution des eaux. Il est mesuré en mg O<sub>2</sub>/L grâce à une oxymétrie.

#### **Mesure de la conductivité électrique :**

La conductivité électrique est une mesure de courant conduit par les ions présents dans l'eau. La détermination se fait directement à l'aide d'un conductimètre HACH HQ430d.

Expression des résultats : La conductivité électrique est exprimée en micro siemens.

#### **Détermination des matières en suspension (méthode par filtration) : Principe:**

La détermination de MES s'effectue par filtration, le principe de double pesée un volume d'échantillon est filtré sur un filtre de fibre en verre (préalablement pesé à vide) et les résidus sur cette dernière, le rapport de la différence de masse sur le volume d'eau filtré donne la concentration de MES en mg/L.

Rincer les filtres soigneusement avec l'eau distillée, puis les sécher à l'étuve et les stocker dans le dessiccateur ; Peser les filtres à vide et enregistrer la valeur en tant que Mo ; Placer le filtre avec le coté plissé au – dessus dans l'appareil de filtration ; Faire passer le volume d'échantillon jusqu'à l'élimination de toute les traces d'eau ; Eteindre la pompe à vide et enlever le filtre à l'aide d'une pince et le transférer sur une coupelle de pesé en aluminium ; Sécher dans un four à 105 °C pendant minimum 8h puis les laisser dés 'humidifier dans le dessiccateur ; Peser les filtres et enregistrer la valeur en tant que Mi ; Calculer les MES avec la formule suivante :

Avec :  $MES (mg /L) = (M1 - Mo) \times 1000 / \text{volume de l'échantillon (mL)}$

Mo : Masse initiale du filtre (mg) ;

Mi : masse de filtre + résidu sec (mg) ;

### **Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) :**

La mesure de la DCO est réalisée par analyse spectrophotométrique qui consiste à utiliser un spectrophotomètre marque et un kit de test spécifique LCK 514. Pour mesurer, nous utilisons les étapes suivantes :

- 1) Agiter le contenu de kit pour avoir une solution homogène ;
- 2) Pipeter soigneusement 2 mL d'échantillon (eaux brutes ou bien eaux épurées selon l'analyse) ;
- 3) Fermer la cuve bien nettoyer l'extérieur de la cuve ;
- 4) Mélanger le contenu de kit encore une fois ;
- 5) Chauffer dans le thermostat pendant 2h à 148 ° c
- 6) Faire sortir la cuve chaude et la mélanger 2 à 3 fois ;
- 7) Laisser la cuve refroidir à température ambiante ;
- 8) Bien nettoyer l'extérieur de la cuve ;
- 9) -Insérer la cuve dans le compartiment pour cuves de spectrophotomètre et mesurer la concentration.

Expression des résulte :

La valeur de la concentration de DCO s'affichera directement sur l'écran du spectrophotomètre en mg/L (la concentration en masse d'oxygène consommé par la matière organique présente dans l'échantillon).

### **Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO5) :**

La DBO5 est mesurée au bout de cinq jours à 20 °C (température favorable à l'activité des microorganismes consommateurs d'oxygène) et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite).

Le volume de l'échantillon dépend de la valeur de la DCO d'après la formule suivante :

$DBO5 = \frac{1}{2} DCO$ . Il en résulte une plage de mesure de DBO allant de 0 à 4000 mg/L. Pour mesurer, nous utilisons le protocole ci-dessous :

- Bien mélanger l'échantillon d'eaux usées ;
- Mesure avec précisément la quantité d'échantillon requise à l'aide d'une fiole jaugée adaptée et un entonnoir verser dans le flacon d'échantillonnage ;
- Ajouter l'inhibiteur de nitrification dans le flacon d'échantillonnage ;
- Mettre un baromètre magnétique dans le flacon d'échantillonnage ;
- Fermer le flacon à l'aide d'un bouchon en silicone ;
- Ajouter le réacteur KOH dans le bouchon en silicone ;
- Fermer le flacon et placer le dans l'appareil de mesure de DBO5 dans une armoire thermostatique (oxyton) ou DBO mètre.

Expression des résultats : La lecture est effectuée après 5 jours d'incubation à 20 °C.

### **2.1.2. Analyses bactériologiques**

Dans le cadre de notre étude, l'énumération bactérienne a été réalisée au niveau du laboratoire d'hygiène de BLIDA selon les techniques décrites par RODIER et al. [19].

Préparation des dilutions :

Les dilutions sont réalisées en vue de réduire le nombre de microorganismes par unité de volume pour permettre après incubation d'observer leurs développements (cas des tubes). La dilution sera donc plus faible pour l'eau épurée  $10^{-1}$  que pour celle d'une eau usée brute  $10^{-5}$ .

### **Recherche et dénombrement des Coliformes totaux :**

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes fécaux est réalisée selon la méthode liquide par la technique du Nombre le Plus Probable (NPP). Vior (Annexes 1)

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

- ✓ Test de présomption réservé à la recherche et le dénombrement des coliformes totaux.
- ✓ Test de confirmation encore appelé test de Mac Kenzie réservé à la recherche et le dénombrement des coliformes fécaux (thermotolérantes) à partir des tubes positifs du test de présomption.

**Le test de présomption** : à partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

50mL dans un flacon contenant 50 mL de milieu BCPL D/C muni d'une cloche.

5 fois 10 mL dans 5 tubes contenant 10mL de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.

5 fois 1mL dans 5 tubes contenant 10mL de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.

**Incubation** : L'incubation fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

**Lecture** : Sont considérés comme positifs présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune. Ces deux caractères étant témoin de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites Voir (Annexes 3). La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table NPP.

**Le test de confirmation ou test de Mac-Kenzie** :

Le test de confirmation ou test de Mac – Kenzie est basé sur la recherche de coliformes thermotolérantes parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli* est un coliforme thermotolérant qui entre autres :

- Produit de l'indole à partir du tryptophane à 44 °C.
- Donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl. Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement de coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

**Incubation** : L'incubation se fait cette fois ci dans l'étuve à 44 °C pendant 24 heures

**Lecture** :

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois : Un dégagement gazeux.

- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli*

■ après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs . La lecture finale s’effectue également selon les prescriptions de la table NPP en tenant compte du fait qu’Escherichia coli est à la fois productrice de gaz et d’indole à 44 ° C .

### **Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :**

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

#### **Le test de présomption :**

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

- 50 ml dans un flacon contenant 50 mL de milieu ROTHE D/C.
- 5 fois 10 mL dans 5 tubes contenant 10 mL de milieu ROTHE D/C.
- 5 fois 1 mL dans 5 tubes contenant 10 mL de milieu ROTHE S/C.

Bien mélanger le milieu et l’inoculum.

#### **Incubation :**

L’incubation se fait à 37 ° C pendant 24 à 48 heures.

#### **Lecture :**

Seront considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien. (Figure) Seulement ces derniers ne doivent en aucun cas faire l’objet de dénombrement, mais doivent par contre, absolument faire l’objet d’un repiquage sur milieu EVA – LITSKY dans le but d’être confirmés.

**Le test de confirmation :** est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l’objet d’un repiquage dans des tubes contenant le milieu EVA – LITSKY. Bien mélanger le milieu et l’inoculum.

**Incubation :** L’incubation se fait cette fois – ci à 37 ° C pendant 24 heures.

**Lecture:** Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (Blanchâtre) au fond des tubes (figure) .

La lecture finale s’effectue également selon les prescriptions de la table NPP qui figure en Annexe.

## **Recherche des Salmonelles :**

La recherche des Salmonelles se fait en 4 étapes (figure)

### **1<sup>ère</sup> étape : Enrichissement primaire :**

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

### **2<sup>ème</sup> étape : Enrichissement secondaire et isolement :**

▶ La solution SFBI incubée la veille fera l'objet d'un deuxième enrichissement sur bouillon sélénite – cystéine en tube ( SFBI ) à raison de 1 ml par tubes et un isolement sur gélose Hecktoen | L'incubation :est réalisée à 37 ° C pendant 18 à 24 heures .

### **3<sup>ème</sup> étape : Isolement**

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

### **4<sup>ème</sup> étape : Lecture et identification**

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

## **Recherche de *Pseudomonas aeruginosa* :**

Agiter soigneusement l'eau à analyser puis étaler 0,5 ml d'eau à la surface de la gélose au cétrimide. Incubation L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 heures

### **▶ Lecture :**

Les colonies de *Pseudomonas aeruginosa* ont un diamètre de 1,5 à 2 mm , un contour circulaire , une surface lisse et brillante , une couleur blanc crème , un aspect muqueux et sont parfois déjà accompagnées d'une production de pigment bleu – vert ( pyocyanine ) qui commence à diffuser avec émission de fluorescence sous U.V.

## **Chapitre 03 : RESULTATS ET DISCUSSIONS**

### 3.1. Etude prospective des analyses physicochimiques au cours de l'année 2024:

#### 3.1.1. Discussion des résultats des analyses physicochimiques des prélèvements au cours de l'année 2024 :

Les résultats des analyses physicochimiques obtenus pour trois prélèvements de l'année 2024 (mars – avril) sont présentés dans les tableaux 3.1 – 3.6.

**Tableau 3.1 : Variation de la température avant et après d'épuration de l'année 2024 (mars – avril)**

Date	Eaux brute	Eaux épurée	Norme OMS	Norme JORA
11/03/2024	17.5	17.2	30	30
21/03/2024	22.5	22.8	30	30
07/04/2024	20	20.3	30	30

La température des eaux usées traitées à la STEP de Beni Merad durant ce travail. A l'entrée, la température des eaux brutes est comprise entre 17.5 et 22.5 °C. Tandis qu'à la sortie les valeurs des températures des eaux traitées sont comprises entre 17.2 et 22.8 °C.

Les eaux brutes et les eaux traitées sont influencées par la période d'analyse (du mois de Mars au mois d'avril) puisque le traitement des eaux se fait à l'air ambiant. Ces mesures correspondent aux normes de l'OMS [20].

**Tableau 3.2 : Variation de pH Avant et après d'épuration de l'année 2024 (mars – avril)**

Date	Eaux brute	Eaux épurée	Norme OMS	Norme JORA
11/03/2024	7.5	7.12	6.5<PH<8.5	6.5<PH<8.5
21/03/2024	7.38	7.05	6.5<PH<8.5	6.5<PH<8.5
07/04/2024	7.22	7.05	6.5<PH<8.5	6.5<PH<8.5
09/04/2024	7.02	7.04	6.5<pH<8.5	6.5<PH<8.5

Les résultats du pH de l'eau brute obtenus à l'entrée sont compris entre 7,02 et 7,5. Les valeurs enregistrées à la sortie de la station sont comprises entre 7,02 et 7,12. Ces valeurs sont conformes aux normes des rejets algériennes [21], donc ils ne représentent aucun danger pour la faune et la flore.

**Tableau 3.3 : Variation de conductivité électrique de l'année 2024 (mars – avril)**

Date	Eaux brute	Eaux épurée	Norme OMS	Norme Jora
11/03/2024	1000	890	<3000	<3000
21/03/2024	1340	1016	<3000	<3000
07/04/2024	1350	1080	<3000	<3000
09/04 /2024	1150	1023	<3000	<3000

La conductivité électrique traduit le degré de minéralisation globale. Elle nous renseigne sur le taux de salinité. Pour les eaux brutes, tous les autres échantillons présentent des valeurs de conductivité variant entre 1000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et 1350  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Ceci pourrait être expliqué par la minéralisation élevée de l'eau usée domestiques traitées au niveau de Beni Merad.

Ceci est en accord avec les travaux Samake [22]. Samak prouve qu'il y a une minéralisation élevée si la conductivité des eaux dépasse 1000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Ceci est probablement dû à un apport massif des détergents utilisés. Donc selon Samake, tous les autres échantillons nécessitent un traitement. Par contre, selon la norme OMS toutes les eaux qui présentent une conductivité inférieure à 3000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  sont conformes aux normes des rejets et les normes des eaux destinées à l'irrigation qui est de 3000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  [22]. Ces valeurs ne dépassent pas les normes des rejets d'où la nécessité de les traiter.

Pour les valeurs des eaux épurées la conductivité varie entre 890  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et 1080  $\mu\text{s}/\text{cm}$  tous les autres échantillons des eaux traitées aussi présentent une minéralisation élevée selon OMS [23]. Par contre les valeurs de tous les échantillons sont conformes aux normes des eaux destinées à l'irrigation de JORA qui (<3000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) et selon la norme OMS.

**Tableau 3.4 : Variation de MES avant et après d'épuration de l'année 2024 (mars – avril)**

Date	Eaux brute mg/l	Eaux épurée mg/l	Norme OMS	Norme JORA
11/03/2024	340	7	30	30
21/03/2024	840	8	30	30
07/04/2024	313	12	30	30
09/04/2024	175	12	30	30

L'analyse montre que la concentration en MES est très élevée dans les eaux brutes (175 et 840 mg/L). Ceci est due à la charge importante en matière organique et minérale engendrée par la population. La teneur des matières en suspension enregistrées à la sortie est très faible par rapport à l'entrée (de 7 mg/L à 30 mg/L). Les taux d'élimination de MES de tous les prélèvements sont entre 93% et 99%. Donc cette diminution est très significative s'explique par le fait qu'un bon traitement a été effectué. Les valeurs de MES à la sortie de la STEP sont conformes à la norme de rejets selon l'OMS et à la norme d'irrigation selon JORA (<30 mg/L).

**Tableau 3.5 : Variation de DCO Avant et après d'épuration de l'année 2024 (mars – avril)**

Date	Eaux brute	Eaux épurée	Norme OMS	Norme
11/03 /2024	664 .64	16.08	90	90
21/03/2024	1000	35	90	90
07/04/2024	956	52	90	90
09/04/2024	945	51	90	90

A l'entrée de STEP les valeurs de DCO enregistrées dans cette étude varient de 664.64 à 1000 mg d'Os/L (nettement supérieur aux normes JORA et OMS ( $\leq 90$  mg d'O<sub>2</sub>/l)). Par contre les valeurs de DCO, pour les eaux épurées, sont largement inférieures aux normes (de 18 et 90 mg. D'Os/L). Les taux d'abattement des DCO oscillent entre 94%et 97%.

On peut dire qu'une grande concentration a été éliminée par ce procédé donc le traitement biologique est efficace.

**Tableau 3.6 : Variation de DBO5 Avant et après d'épuration de l'année 2024 (mars – avril)**

Date	Eaux brute	Eaux épurée	Norme OMS	Norme Jora
11/03/2024	136.73	15.93	30	30
21/03/2024	360	15	30	30
07/04/2024	254	26.15	30	30
09/04/2024	324	19	30	30
/05/2024			30	30

A l'entrer de STEP les valeurs de DBO, enregistrées dans cette étude varient de 136.73 à 360 mg d'O<sub>2</sub>/l (nettement supérieur aux normes JORA et OMS ( $\leq 30$  mg d'O<sub>2</sub>/l)). Par contre les valeurs de DBO5, pour les eaux épurées, sont largement inférieures aux normes (de 7 et 30 mg 33 d'O<sub>2</sub>/l). Les taux d'abattement des DBO oscille entre 88% à 95%. Le traitement biologique est efficace.

### 3.1.2. Discussion des résultats des analyses microbiologiques de l'année 2024 (mars – avril)

Tous les résultats sont donnés dans le Tableau 3.7.

Bactéries	Nombre UCF /100mL	Normes eaux usées épurées (OMS ; 2006)
Coliformes totaux	<b>2400</b>	<1000
Coliformes fécaux	30	<100
Streptocoques fécaux	<b>240</b>	<100
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0
<i>Salmonelles</i>	0	0

**Tableau 3.7 : Résultats des analyses microorganismes d'un eaux épurée de l'année2024(mars-avril)**

Selo les resulta du Tableau 3.7, nous pouvons dire que les pourcentages de coliformes totaux et les Streptocoques fécaux dépassent les normes, ceci indique que l'eau qui sort de la station Beni Merad. est classé dans la catégorie 3 remarque (Annexe 4)qui est adéquate pour être utilisé dans l'irrigation des plantes ornementales et de jardin, ces eaux épurées sortant de la STEP sont récupérées par l'entreprise HADAIK de Blida.

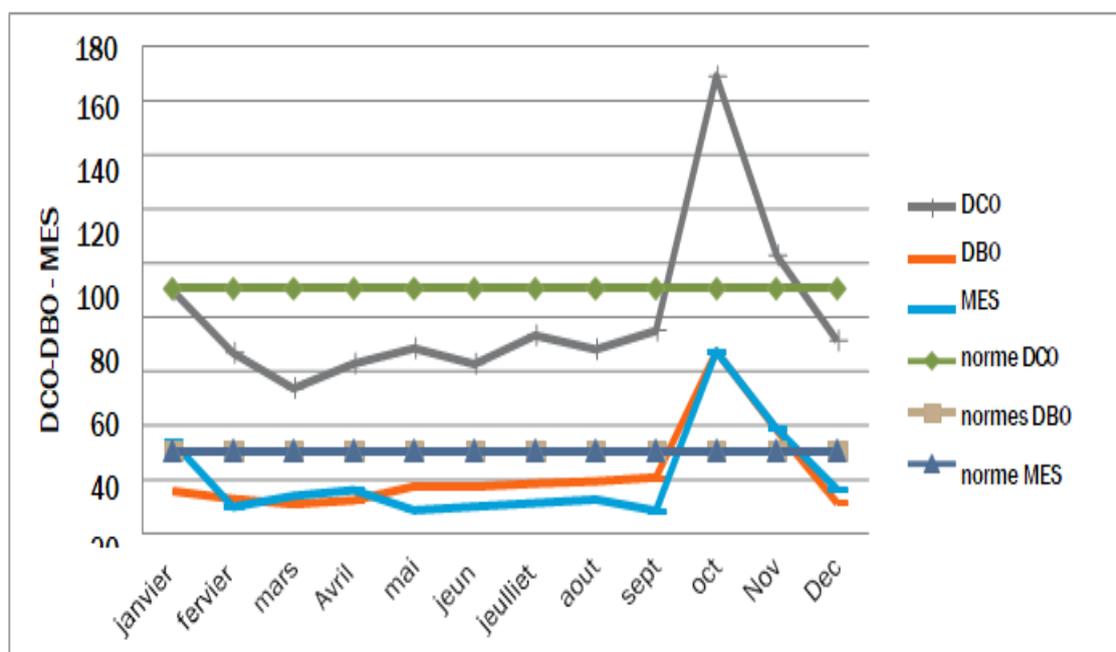
A noter qu'il est préférable d'ajouter une deuxième étape de filtration à l'eau suivie d'une étape de désinfection stricte telle que l'ozonation, l'ultraviolet, la microfiltration et la coloration. Mais la méthode idéale est l'ultraviolet car c'est la moins coûteuse et elle n'a pas besoin d'un grand espace pour la placer.

### **3.2. Etude rétrospective des analyses de trois années 2021, 2022 et 2023**

#### **3.2.1. Paramètres physicochimiques : DCO, DBO et MES**

Nous nous sommes intéressés à discuter les paramètres clés de la pollution, à savoir, ceux liés à la dégradation de la matière organique et la turbidité.

##### **3.2.1.1 Pour le cas de l'année 2021 :**

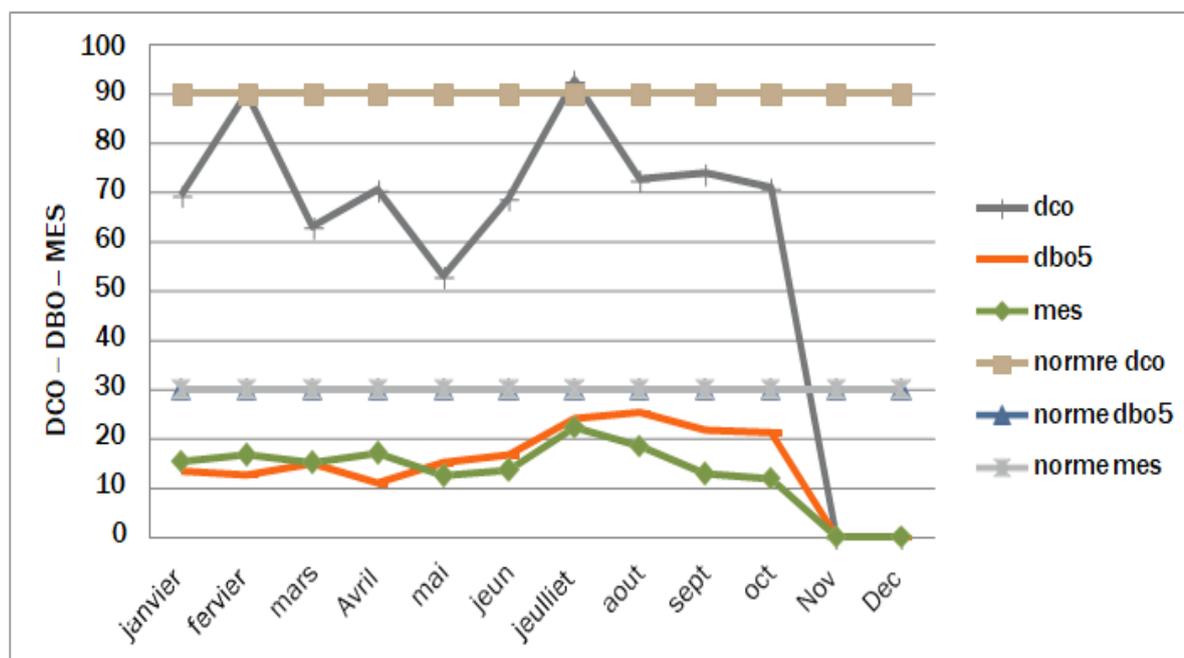


**Figure 3.1 : Variation des DBO5, DCO, et MES dans les eaux épurées de l'année.**

Pour l'année 2021, nous remarquons que les valeurs de la DCO et DBO5 et MES ont dépassé les normes réglementaires pendant le mois d'Octobre et Novembre, cela pourra être dû au rejets non conformes à l'entrée de la station. Ces rejets non conformes sont généralement d'origine industriels et pendant cette période en particulier la station reçoit des eaux des huileries d'olives de façon répétitive importantes, des huiles grasses de margine et fragments d'olive car ces déchets chargent l'eau par les MES et transportent les phénols qui représentent un risque majeur pour les microorganismes épuratoires, les phénols peuvent causer l'inhibition de ces derniers.

La toxicité des phénols peut provoquer une inhibition des processus de dégradation, une diminution de la décantation. Les phénols sont hautement toxiques et ne sont pas facilement dégradés biologiquement à des concentrations supérieures à 200 mg/L [24]. Les fortes concentrations des phénols dans l'effluent conduisent rapidement à l'absence de croissance des microorganismes [25]. Aussi pendant cette période le climat était pluvieux et donc la station a reçu des eaux très chargés en sable et gravier transportés par lessivage de pluie par conséquent la concentration en MES ont dépassé les normes réglementaires.

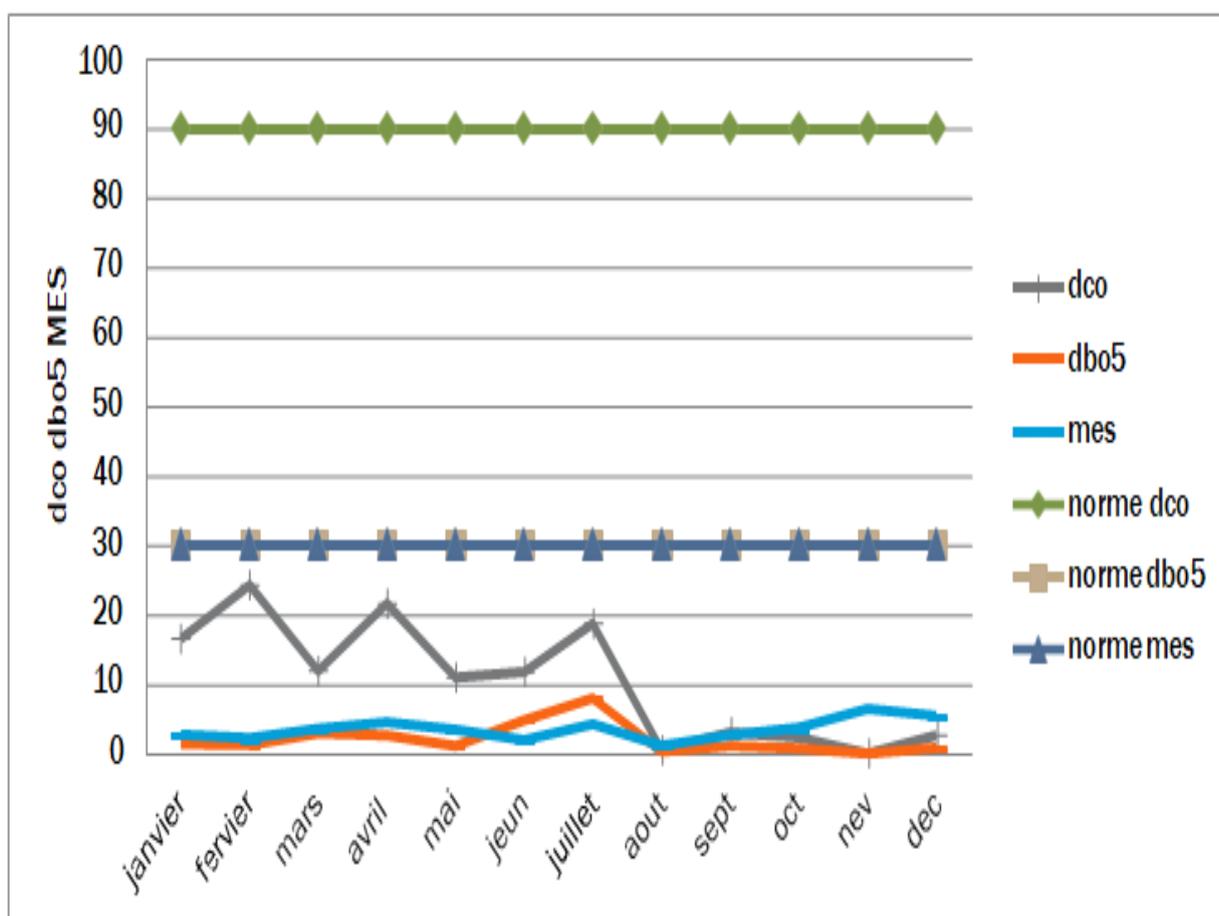
### 3.2.1.2 Pour le cas de l'année 2022 :



**Figure 3.2 :** Variation des DBO5, DCO, et MES dans les eaux épurées de l'année 2022 par rapport aux normes réglementaires.

Pour le graphique du 2022 on remarque que la valeur de DBO5 et MES n'ont pas dépassé les normes réglementaires pendant tous les mois de l'année alors que la DCO en mois de juillet a marqué une valeur supérieure à la norme, cela est peut être due au rejets industriels non conformes qui ne passent par aucun traitement industriel avant d'être rejeter dans le réseau d'assainissement, de plus pendant cette saison les eaux usée ne se dilue pas vue la rareté de pluie et donc la station reçoit des eaux chargées que parfois leurs traitement devient difficile.

### 3.2.1.3 Pour le cas de l'année 2023 :



**Figure 3.3 :** Variation des DBO5, DCO, et MES dans les eaux épurées de l'année 2023 par rapport aux normes réglementaires.

Selon les résultats dans la figure 3.3, on remarque que les paramètres DBO5, DCO et MES n'ont pas dépassé la valeur limite de la norme réglementaire ce qui signifie que cette eau a subi un traitement efficace et que le processus de traitement est bien exploité.

### **3.2.2 Conclusion comparative :**

En conclusion générale pour les années 2021, 2022 et 2023, nous pouvons observer les tendances suivantes concernant la qualité des eaux usées traitées par la station :

**\*\*2021 :\*\***

Les valeurs de la DCO, DBO5 et MES ont dépassé les normes réglementaires pendant les mois d'octobre et novembre. Cela s'explique principalement par des rejets non conformes à l'entrée de la station, souvent d'origine industrielle, notamment des eaux des huileries d'olives. Ces eaux, chargées en huiles, graisses de margine et fragments d'olive, augmentent les concentrations en MES et introduisent des phénols, toxiques pour les microorganismes épuratoires. Les phénols, à des concentrations supérieures à 200 mg/L, peuvent inhiber les processus de dégradation biologique, réduisant ainsi l'efficacité de la décantation. De plus, la pluviométrie de cette période a contribué à l'augmentation des MES, en apportant du sable et du gravier.

**\*\*2022 :\*\***

Les valeurs de la DBO5 et MES sont restées conformes aux normes réglementaires tout au long de l'année. Cependant, en juillet, la DCO a dépassé les normes, probablement en raison de rejets industriels non traités. En cette saison sèche, l'absence de dilution par les eaux pluviales a rendu le traitement des eaux usées plus difficile.

**\*\*2023 :\*\***

Les résultats montrent que les paramètres DBO5, DCO et MES n'ont pas dépassé les valeurs limites réglementaires, ce qui indique que le processus de traitement a été bien maîtrisé tout au long de l'année. Cela démontre une amélioration continue dans la gestion des rejets industriels et des processus de traitement des eaux usées.

En résumé, bien que 2021 ait été marquée par des dépassements des normes réglementaires dus à des rejets industriels et des conditions météorologiques défavorables, les années suivantes montrent une amélioration significative de la qualité des eaux traitées, grâce à une meilleure gestion des sources de pollution et une maîtrise accrue des processus de traitement.

## CONCLUSION GENERALE

Face à la surexploitation et la pénurie des ressources en eau, plusieurs solutions sont envisagées afin de les préserver, à savoir, la valorisation des eaux usées en irrigation des cultures et des espaces verts. Il est reconnu et accepté que l'irrigation des plantes par les eaux usées donne des résultats mieux que ceux obtenus par une irrigation par les eaux de la nappe, et ne nécessite pas l'ajout d'engrais, vu que ces eaux contiennent des éléments fertilisants. Avant toute consommation d'eau, il est indispensable de procéder au contrôle de sa qualité aussi bien physicochimique que microbiologique.

Cette étude a permis une évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées épurées de la STEP de Beni Merad. Les résultats des analyses physicochimiques pour trois ans successifs 2021, 2022 et 2023 quant à DCO, DBO et MES, le taux de réduction en termes de traitement était bon en trois ans, comme en 2021, le DCO était de l'ordre (86%-94%), en 2022 (90% - 96%) et en 2023 (79% - 99%) tandis que la DBO5 en 2021 était entre (87% - 96%), 2022 (93% - 96%) et 2023 (85% - 97%) alors que les MES ont marqué en 2021 un rendement entre (87% - 98%), en 2022 (96% - 98%) et en 2023 (89% - 99%). A la base de ces de ces résultats nous pouvons dire que les propriétés de traitement de l'eau de la station sont généralement bonnes, grâce aux procédés d'épuration et les techniques d'exploitation et le système efficace de fonctionnement.

A titre comparatif et complémentaire, les analyses microbiologiques ont révélé pour l'année 2024 pour l'eau épurée en sortie de station quant aux bactéries, leurs valeurs tendent vers zéro. Mais d'autres valeurs ont été mises en avant révéler une présence des germes pathogènes et des germes de contamination fécale. Le danger de la pollution bactériologique pourrait être un danger réel. Sur ce plan, le traitement n'a donc pas été efficace, et il est probable que le défaut réside dans le traitement tertiaire qui n'est pas fonctionnel par la station, car c'est le traitement tertiaire qui détruit notamment les microorganismes.

la conclusion finale de notre étude et afin de réutiliser les eaux traitées dans l'irrigation, la station doit procéder au traitement tertiaire par ultraviolet comme technique de désinfection efficace au lieu de l'hypochlorite de sodium, car c'est le meilleur choix parmi les suggestions de notre mémoire afin de protéger la santé publique contre les maladies à transmission hydrique, protéger l'écosystème et la vie aquatiques des milieux récepteurs contre toute menace, ainsi qu'irriguer tous les types d'agriculture dans le but de minimiser la consommation des eaux potables dans ce

secteur.

La négligence de ce contrôle provoquerait l'apparition de maladies à transmission hydrique chez la population en cas de consommation d'eau polluée. Pour limiter, des dépenses faramineuses en matière de santé lors d'apparition des maladies survenues suite à la consommation des eaux polluées, il est nécessaire de le faire.

Certes, la coopération entre les spécialistes et les techniciens du traitement de l'eau peut contribuer à trouver des solutions efficaces et innovantes aux problèmes de traitement de l'eau et à promouvoir l'innovation et le développement dans ce domaine.

A la lumière de cette rétrospective et prospective de l'efficacité de l'épuration de la STEP Ben Merad de la wilaya de Blida nous pouvons recommander les points suivants :

1. Renforcer le système des désinfections chlore, ozone et ultraviolet.
2. Le contrôle de l'application de loi de protection de l'environnement.
3. Exigence de système de désinfection pour les utilisateurs de l'eau épurée dans les irrigations publiques.
4. Surveiller certaines utilisations clandestines de ces eaux épurées dans l'agriculture.

## Références

- [1] Dufour, 2019 : Dufour, F. Opportunités et obstacles pour la viabilité environnementale : une analyse socioéconomique et politique. Fritz Dufour
- [2] Atteia, A. Chimie et pollutions des eaux souterraines, édition Tec et Doc (2005), 400 p.
- [3] Sigg, L, Behra, P et Werner S. Chimie des milieux aquatiques- Chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement, édition Dunod (2006).
- [4] Degremont Mémento Technique de l'eau 2<sup>ème</sup> édition tome 1 édition Lavoisier, Paris, France, (2005). Valiron, F. Gestion des eaux d'alimentation en eau et assainissement, Ed. Presses Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, (1990), 350p.
- [5] UNEP, 1998. Appropriât Technologie for Sewage, Pollution Control in the Wider Caribbean Region. CEP Technical Report No. 40.
- [6] METCALF and EDDY., 2003. Wastewater Engineering-Treatment and Reuse 4th edition. New York : McGraw-Hill, 1819 p. (Metcalf et remous 2003)
- [7] Crites, R., and TCHOBANOGLIOUS, G., 1998. Small and Decentralized Wastewater Management Systems, 4th edition.. McGraw-Hill, New York, N.Y. 1064 p
- [8] Baumont S., Camard J.P., Lefranc, A. et Franconi A. (2004). Réutilisation des eaux usées épurées risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire Régional de Santé d'Île-de-France, 176 p
- [9] Mohammed Saïd M. (2012) Elimination 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. Thèse de doctorat, Université mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 172p.
- [10]
- [11] Belaid N. (2010). Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat, Université de Limoges, 236p.
- [12] Campos C. (2008). New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse.

Desalination, 218, 34-42.

[13] Blanc R. and Nasser A. (1996). Effect of effluent quality and temperature on the persistence of viruses in soil. Water Science and Technology, Volume 33, Issues 10-11. 237- 242. Blumenthal...

[14] OMS (1989). L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquaculture : recommandation a visées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève.

[15] Gennaccaro A.L., McLaughlin M.R., Quintero-Betancourt W., Huffman D.E. and Rose J.B. (2003). Infectious *Cryptosporidium parvum* oocysts in final reclaimed effluent. Application. Environment. Microbiology. 69, 4983-4984.

[16] BELGIORNO V., LUIGI R., DESPO FATTA CLAUDIO D. R., GIUSY L., ANASTASIA N., VINCENZO N. AND SUREYYA M. 2007. Review on endocrine disrupting emerging compounds in urban wastewater : occurrence and removal by photocatalysis and ultrasonic irradiation for wastewater reuse. Desalination, 215.pp :166-176.

[17] Rodier, J., Bazin, O., Broutin, J. P., Chambon, P., Champsaur, H., & Rodi, L. (2005). L'analyse de l'eau. ux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Dunod, 8<sup>ème</sup> éd, Paris, France, 1383 p.

[18] De Villers, J., Squilbin, M., & Yourassowsky, C. (2005). Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Fiche. 2, pp. 158-162. Ducelement interne de l'ONA. 2011)

[19] OMS WHO guidelines for the safe use of waste water // excreta and grey water. : wastewater use in agriculture, 2006.....

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

[21] OMS WHO guidelines for the safe use of waste water // excreta and grey water. : wastewater

use in agriculture, 2006.

[22] Samak.H. Analyse physico-chimiques et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000-2001 [En ligne] // mémoire de thèse de la faculté de médecine de pharmacie et d'odonto-stomatologie – Université de Bamako, 2002.-22 AOÛT 2020.

[23] INRS, (2004). Le traitement des eaux usées. Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Point des connaissances ED 5026, Paris, France, 4 p.

[24] Zidane F., Cheggari K., Blais J. F., Khilil N., Drogui P. and Bensaid J. (2012). Effect of chlorination on trihalomethanes formation in feed water of Casablanca in Morocco. *Journal of Materials and Environmental Science*, 3, 99-108.

[25] Luo et al., (2009). Luo L. Z., Werner K. M., Gollin S. M. and Saunders W. S. (2004). Cigarette smoke induces anaphase bridges and genomic imbalances in normal cells. *Mutation Research*, 554, 375-385.

# *Annexes*

## Annexe 1 :

**Table NPP (Nombre Plus Probable)**

1 X 50 ml	5 X 10 ml	5 X 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	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		

Tableau XV. Nombre le plus probable et intervalle de confiance dans le cas du système d'ensemencement (NPP)

## Annexe 2

### Tableaux des prélèvements de eaux épurée et eaux usées de rétrospective et prospective 2021. 2022 2023 de STEP Beni Merad

Les paramètres physiques chimique des Step Beni Merad 2021 : DCO DBO5 MES :

Paramètre s	Moyen ne	(Dco)	Moy	(DBO5)	Moy	(MES)	Nrm	Normes	Normes
							DCO	(DBO5) mg	(MES)
							Mgd'	d' O2/l	mg/l
							O2/l	Jora[]	Jora []
							Jora		
Eaux	Eaux	Eaux	Eaux	Eaux	Eaux	Eaux			
	brute	épurée	brute	épurée	brute	épurée			
Janvier	664	89.65	284.19	15.29	266.41	33.62	90	30	30
Février	854	66.5	288.55	12.4	407.17	9.5	90	30	30
Mars	701	53.4	309.29	10.48	247.16	13.57	90	30	30
Avril	985	62.49	325.95	11.9	283.91	15.76	90	30	30
Mai	939	68.17	380.95	17.1	390.64	8.34	90	30	30
Jeun	1227.2	62.37	444.24	16.86	442.74	9.57	90	30	30
	9								
Juillet	875.12	72.98	407.82	18.12	425.8	10.93	90	30	30
Aout	994.29	67.78	379.38	18.86	390.71	12.27	90	30	30
Sept	1047.1	74.72	441.36	20.41	423.58	8.15	90	30	30
	8								
Oct	1648.5	168.93	598.73	66.73	636.01	66.8	90	30	30
	3								
Nov	938.38	102.63	293.76	37.71	311.4	38.39	90	30	30
Dec	779.68	71	237.68	10.87	309.14	15.92	90	30	30

Les paramètres physiques chimique des Step Beni Merad 2022 : DCO DBO5 Mes :

Paramètres	Moy	(DCO)	Moy	(DBO5)	Moy	(MES)	Nr	Nrm	Normes
							m	DBO5	MES
							DC	mg d'	mg /l
							O	O2/l	Jora []
							Mg d'		
							O2/l		
<b>Eaux</b>									
	brute	epurée	brute	epurée	Brute	epurée			
Janvier	944.14	69.2	314.71	13.43	553.26	15.36	90	30	30
Fervier	1813.13	89.9	344	12.67	1084.65	16.775	90	30	30
Mars	1874.13	62.9	416.25	15	676.75	15.13	90	30	30
Avril	1750.21	70.41	374.19	11	642.58	17.018	90	30	30
Mai	1333.22	52.89	410.56	15.22	942.17	12.49	90	30	30
Jeun	1180.15	68.50	389.23	16.73	625.00	13.61	90	30	30
Jeulliet	1346.32	92.59	575.16	24.16	842.26	22.32	90	30	30
Aout	836.64	72.5	389.45	25.45	433.78	18.52	90	30	30
Sept	970.75	73.8	379.06	21.81	439.07	12.83	90	30	30
Oct	729.64	70.85	314.45	21.32	306.78	11.82	90	30	30
Nov	-					-	90	30	30
Dec	-					-	90	30	30

Les paramètres physiques chimique des Step Beni Merad 2023 : DCO DBO5 MES :

Paramètres	Moy	(DCO)	Moy	(DBO5)	Moy	(MES)	Normes	Normes	Nrmes
							(DCO)	DBO5	(MES)
							mgd'	mg d'	mg / l
							O2/l	O2/l	
	Eaux	Eaux	Eaux	Eaux	Eaux	Eaux			
	brute	epurée	brute	epurée	brute	epurée			
Janvier	253.38	16.56	19.67	1.36	74.46	2.52	90	30	30
Fevrier	395.07	24.32	88.5	1.26	160.4	2.01	90	30	30
					6				
Mars	59.56	11.92	22.77	2.93	39.39	3.40	90	30	30
Avril	311.83	21.67	80.66	2.66	96.66	4.34	90	30	30
Mai	178.53	11	35.38	1.1	95.53	3.31	90	30	30
Jeun	126.7	11.78	62.7	4.8	179.66	1.75	90	30	30
Jeulliet	196.58	18.77	106.64	7.96	83.06	4.10	90	30	30
Aout	25.66	0.47	11.5	0.33	68	0.93	90	30	30
Sept	15.73	3.04	7.63	1.10	40.6	2.5	90	30	30
Oct	25.16	2.35	14.1	0.76	113.33	3.56	90	30	30
Nov	72.96	0	0	0	63.33	6.33	90	30	30
Dec	30	2.66	15.6	0.83	51.53	5.3	90	30	30

### Annexe 3 :

#### Test présomption coliformes fécaux :

	Falcon D/C	BCPL D/C	BCPL S/C	Nbr de coliformes F
Modèle réaliste	1/1 	5/5 	5/5 	>240

#### Test confirmation coliformes totaux :

	Falcon D/c	BCPL D/C	BCPL S/C	Nbr de coliformes T
Modèle réaliste	0/1 	1/5 	2/5 	3

#### Test présomption streptocoques fécaux :

	Falcon	Rothe D/C	Rothe S/C	Nbr de streptocoques fécaux
Modèle réaliste	1/1 	5/5 	4/5 	43

## Test confirmation streptocoques fecaux :

	Falcon	Rothe D/C	Rothe S/C	Nbr de streptocoques
Model realiste	1/1	5/5	0/5	24
				

## Annexe 4 :

Tableau : spécification microbiologiques des eaux usées épurées destinées à l'Irrigation agricole :

Groupes de cultures à irriguer avec les eaux usées épurées	Culture à irriguer	Groupe exposé	Paramètres microbiologiques		Traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique exigée
			Coliformes fécaux <sup>a</sup> (CFU/100ml)	Nématodes intestinaux <sup>b</sup> (œufs/l)	
A	Irrigation non restrictive Culture de produits pouvant être consommés crus	Population alentour Ouvriers agricoles Consommateurs	< 100	Absence	Catégorie III
B	Légumes qui ne sont consommés que cuits Légumes destinés à la conserve ou à la transformation non alimentaire	Population alentour Ouvriers agricoles	< 250	< 0,1	Catégorie III
C	Arbres fruitiers <sup>c</sup> Cultures et arbustes fourragers <sup>d</sup> Cultures céréalières Cultures industrielles Arbres forestiers Plantes florales et ornementales	Population alentour Ouvriers agricoles	Seuil recom mandé <1000	<1	Catégorie II
D	Les cultures du groupe C utilisant l'irrigation localisée <sup>e</sup>	Aucun	Pas de norme recom mandée	Pas de norme recom mandée	Catégorie I

<sup>a</sup> La valeur limite pour les coliformes fécaux représente une moyenne géométrique.  
<sup>b</sup> La valeur limite pour les œufs de nématodes représente une moyenne arithmétique.  
<sup>c</sup> L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est interdite.  
<sup>d</sup> Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.  
<sup>e</sup> à condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrise la gestion de l'irrigation localisée et respecte les règles d'hygiène.