

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université MOULOUD MAMMARI de TIZI-OUZOU**  
**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**  
**Département des Sciences Agronomiques**



**Mémoire**  
**DE FIN DU CYCLE**  
**En vue de l'obtention du diplôme de Master**  
**En Sciences Agronomiques**  
**Spécialité**  
**Eau et Environnement**  
**Thème**

**Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes et traitées de la STEP Est de la ville Tizi-Ouzou**

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> : MOUAS NADJAT**

**M<sup>elle</sup> : MAZOUNI DYHIA**

**Soutenu publiquement devant le jury :**

<b>M<sup>r</sup> RAMDINI R.</b>	<b>MCB</b>	<b>UMMTO</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>me</sup> AMIRAT Y.</b>	<b>MAA</b>	<b>UMMTO</b>	<b>Promotrice</b>
<b>M<sup>me</sup> BELMIHOUB N.</b>	<b>Docteur</b>	<b>UMMTO</b>	<b>Co-Promotrice</b>
<b>M<sup>me</sup> AISSAOUI D.</b>	<b>Docteur</b>	<b>UMMTO</b>	<b>Examinatrice</b>

**Promotion : 2023/2024**

## Remerciements

*Nous souhaitons exprimer nos sincères reconnaissances envers toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce mémoire.*

*En premier lieu, nous tenons à exprimer nos gratitude envers nos encadreuses M<sup>me</sup> AMIRAT YASSINA et M<sup>elle</sup> BELMIHOUB NAÏMA pour leur soutien indéfectible, leurs conseils avisés et les encouragements tout au long de cette étude. La rigueur scientifique et leur disponibilité ont joué un rôle crucial dans la réalisation de ce travail.*

*Nous tenons également à exprimer nos gratitude envers monsieur le président M<sup>r</sup> RAMDINI R et l'examinatrice M<sup>me</sup> AISSAOUI D et aux professeurs du département de science agronomie de l'Université Mouloud Mammeri pour leur enseignement de haute qualité et leur soutien tout au long de mes années d'études.*

*Nous tenons également à exprimer nos gratitude envers l'entreprise de l'ONA pour n'avoir donné accès à leurs ressources et données indispensables pour préparer ce mémoire. Nous tenons à exprimer nos gratitude envers M<sup>me</sup> HALIL HASSINA et M<sup>me</sup> BOUBCHIR DIHIYA pour leur précieuse assistance et leur collaboration pendant la période de stage.*

*Finalement, nous tenons à exprimer nos gratitude envers nos famille et nos amis pour leur soutien inébranlable, leur patience et leur encouragement tout au long de cette expérience académique. Leur présence et leur affection ont apporté un réconfort considérable.*

## ***Dédicaces***

*A Ma Mère*

*A Mes Frère*

*A Mes Sœur*

*A tout ma famille*

*À tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à la réalisation de ce mémoire, je tiens à exprimer ma reconnaissance et ma gratitude.*

***NADJAT***

## ***Dédicaces***

*Je tiens à dédier ce travail à plusieurs personnes sans qui cette aventure académique n'aurait pas été possible.*

*À mes chers parents, pour leur amour infini, leur soutien inconditionnel et leurs sacrifices sans fin. Vous êtes ma lumière et ma force.*

*À mes amis fidèles, pour leurs encouragements, leurs rires partagés et leurs moments de complicité qui ont rendu ce chemin plus léger et plus joyeux.*

*À mes quatre frères, mes compagnons de vie, pour leur soutien constant et leurs conseils avisés. Ensemble, nous sommes une force inébranlable.*

*À tous ceux qui ont cru en moi, m'ont inspiré et m'ont poussé à donner le meilleur de moi-même, je vous dédie ce mémoire. Votre présence dans ma vie en fait un chapitre encore plus précieux.*

*Merci du fond du cœur.*

***Dyhia***

## Liste des abréviations

**MES** : Matière En Suspension

**NTU** : Unités Formant Colonies

**CF** : Coliformes Fécaux

**E** : Entérocoques

**S** : Streptococcus

**SF** : Staphylocoque Fécaux

**PLP** : Protéine de Liaison à la Pénicilline

**ASR** : Anaérobies Sulfito-Réducteurs

**S.a.** : *Staphylococcus aureus*

**MVS** : Matières Volatiles en Suspension

**MMS** : Matières Minérales en Suspension (MMS)

**CT** : Coliformes Thermo Tolérants

**ONA** : Office National de L'assainissement

**E.P.I.C** : Etablissement Public Industriel Et Commercial

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

## Liste des figures

Figure 1 : Coliformes totaux .....	11
Figure 2 : Coliformes fécaux.....	11
Figure 3 : Aspect en microscope optique des entérocoques x 1000.....	12
Figure 4 : Examen microscopique de Staphylococcus .....	13
Figure 5 : Image des salmonelles sous Microscope .....	14
Figure 6 : Représentation microscopique du vibriion cholérique .....	15
Figure 7 : Image de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou .....	18
Figure 8 : Dégrillage grossier .....	20
Figure 9 : Poste de relevage .....	20
Figure 10: Dégrillage fin .....	21
Figure 11 : Dessablage déshuilage .....	21
Figure 12 : Soufflants de by-pass .....	22
Figure 13: Bassin biologique.....	23
Figure 14 : l'eau clarifiée.....	23
Figure 15 : lits de séchage .....	24
Figure 16 : Appareil Multi 3620IDS .....	25
Figure 17 : Ramp de filtration .....	30
Figure 18 : Valeurs de pH dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.....	35
Figure 19 : Température de l'eau usée brute et traité de la STEP Est de Tizi-Ouzou. ....	36
Figure 20 : Concentration de la turbidité dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou. ....	37
Figure 21 : Concentration des MES dans l'eau usée brute et épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou. ....	38
Figure 22 : Concentration de la DBO <sub>5</sub> dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou. ....	39
Figure 23 : Concentration de la DCO dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou. ....	40
Figure 24 : Concentration des nitrates dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou. ....	41
Figure 25 : Concentration des nitrites dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou. ....	42

Figure 26 : Concentration de phosphore dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou. ....	43
Figure 27 : Dénombrement de la flore mésophile à 22 °C dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou. ....	44
Figure 28 : Dénombrement de la flore mésophile à 37 °C dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou. ....	45
Figure 29 : Dénombrement des coliformes totaux à 37 °C dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou. ....	46
Figure 30 : Dénombrement des coliformes fécaux à 44 °C dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou. ....	47
Figure 31 : Dénombrement des staphylocoque dans l'eau usée brute et épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.....	48
Figure 32 : Dénombrement des vibrion cholérique dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.....	49

## **Liste des tableaux**

Tableau 1 : Effet des virus des eaux usées .....	9
Tableau 2 : Bactéries pathogène responsables de maladies d'origine hydrique.....	16
Tableau 3: Différents ouvrages de traitement. ....	19
Tableau 4: Matériel Bactériologique.....	28

## **Liste des annexes**

Tableau 1 : Résultats de analyse physique de l'eau brute et épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Tableau 2 : Résultats des analyse chimique de l'eau brute et épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Tableau 3 : Résultats des analyse bactériologiques de l'eau brute et épurée ( Echantillon 1) de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Tableau 4 : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute et épurée ( Echantillon 2) de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Tableau 5 : Résultats bactériologique de l'eau brute et épurée ( Echantillon 3) de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

## **Table des matières**

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

**Introduction** ..... 1

### **Partie bibliographique : Généralité sur les eaux usées**

1	Définition des eaux usées .....	3
1.1	Origine des eaux usées.....	3
1.1.1	Eaux usées domestiques .....	3
1.1.2	Eaux usées industrielle .....	4
1.1.3	Eaux pluviales .....	4
1.1.4	Eaux agricoles .....	4
2	Caractéristique des eaux usées .....	5
2.1	Paramètres physico-chimiques des eaux usées.....	5
2.1.1	Potentiel d'hydrogène (pH).....	5
2.1.2	Conductivité électrique (CE).....	5
2.1.3	Température (T°).....	6
2.1.4	Matière en suspension (MES) .....	6
2.1.5	Oxygène dissous.....	6
2.1.6	Demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	6
2.1.7	Demande chimique en oxygène (DCO) .....	7
2.1.8	Turbidité.....	7
2.1.9	Métaux lourds.....	7
2.1.10	Les nutriments (l'azote, phosphore).....	8
2.1.10.1	Azote .....	8
2.1.10.2	Phosphore.....	8
2.2	Paramètres microbienne des eaux usées .....	8
2.2.1	Les Bactéries .....	8
2.2.2	Les Parasites .....	8
2.2.3	Les Virus .....	8
3	Indicateurs de contamination d'une eau usée.....	10

3.1	La Flore mésophile aérobie totale 22 °C à 37 °C .....	10
3.2	Les Coliformes totaux .....	10
3.3	Les Coliformes fécaux.....	11
3.4	Les Entérocoques.....	12
3.5	Les Clostridium sulfita – réducteurs .....	13
3.6	Les Staphylocoque à coagulase positive.....	13
3.7	Les Salmonelles .....	14
3.8	Les Vibron cholérique .....	14
4	Maladies à transmission hydrique .....	15

## **Partie expérimentale**

### **Chapitre I : Matériel et méthodes**

1	Objectif de l'étude .....	17
2	Echantillonnages .....	17
3	Cadre d'étude .....	18
3.1	Présentation de la zone d'étude .....	18
3.2	Description des ouvrages de la STEP .....	19
3.3	Fonctionnement de la STEP Est Tizi-Ouzou.....	19
3.3.1	Prétraitement .....	19
3.3.2	Traitement secondaire (biologique).....	22
3.3.3	Traitement des boues.....	23
4	Analyse des échantillons .....	24
4.1	Analyses physico-chimiques des eaux usées .....	25
4.2	Analyses bactériologiques des eaux usées.....	28
4.2.1	Méthode de filtration sur membrane .....	29
4.2.1.1	Dénombrement de la flore mésophile totale à 22 °C et à 37 °C .....	30
4.2.1.2	Isolement des coliformes par filtration sur membrane .....	31
4.2.1.3	Isolement des staphylocoques .....	32
4.2.1.4	Recherche des Salmonelles .....	33
4.2.1.5	Isolement du vibron cholérique .....	33

### **Chapitre II : Résultats et Discussions**

1	Résultats des analyses physico-chimiques .....	35
1.1	pH .....	35
1.2	Température.....	36

1.2	Turbidité .....	37
1.3	Matières en Suspension (MES) .....	38
1.4	Demande Biologique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	39
1.5	Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	40
1.6	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	41
1.7	Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	42
1.8	Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) .....	42
2	Analyse bactériologique .....	43
2.1	Flore mésophile à 22 °C .....	43
2.2	Flore mésophile à 37 °C .....	44
2.3	Coliformes à 37 °C .....	46
2.4	Coliformes à 44 °C .....	47
2.5	Staphylocoques .....	48
2.6	Salmonelle .....	48
2.7	Vibrion cholérique.....	49
	<b>Conclusion</b> .....	<b>50</b>

Référence bibliographiques

Annexe

Résumé

# *INTRODUCTION*

L'eau constitue la pierre angulaire des écosystèmes et des sociétés humaines (Gleick, 1993), c'est une ressource précieuse qui joue un rôle essentiel dans la survie et l'activité des organismes vivants, non seulement dans l'hydratation, mais aussi dans de nombreuses activités domestiques, industrielles et agricoles.

L'eau peut être contaminée de différentes sources, ce qui en fait un problème complexe et varié (Olivaux, 2007). Les principales sources de pollution sont les émissions industrielles, les déchets agricoles, les eaux usées domestiques, ainsi que les particules minérales et les micro-organismes (Olivaux, 2007).

Cependant, il n'est pas toujours possible d'utiliser l'eau usée pour des applications telles que l'irrigation ou d'autres usages critiques, en raison de la présence de différents éléments naturels ou artificiels qui peuvent altérer sa qualité (Tchobanoglous *et al.*, 2003). Ces altérations peuvent rendre l'eau dangereuse pour la santé humaine et nocive pour l'environnemental (Tchobanoglous *et al.*, 2003).

La complexité de ces sources de pollution impose une gestion rigoureuse des ressources en eau et une mise en place de mesures de traitement efficaces pour garantir la sécurité de l'eau destinée au recyclage, à l'irrigation et à d'autres usages non potable, tout en minimisant les impacts environnementaux (Henze *et al.*, 2008).

Le traitement des eaux usées est devenu une convention sociale et environnementale incontournable. Il est possible que les effluents non traités ou mal traités entraînent des dommages importants, tels que la contamination des sources d'eau potable, la détérioration des écosystèmes aquatiques et la représentation d'un risque important pour la santé publique (Dhaouadi, 2008 ; Metcalf et Eddy, 2014).

Les maladies hydriques, qui résultent de la consommation d'eau contaminée, illustrent bien les risques sanitaires associés à une gestion inefficace des eaux usées (Dhaouadi, 2008 ; Metcalf et Eddy, 2014). Par conséquent, l'amélioration des infrastructures de traitement des eaux usées est essentielle pour protéger la santé humaine et préserver l'intégrité des écosystèmes.

Des stations d'épuration ont été créées, elles jouent un rôle vital en traitant et en purifiant les eaux polluées pour réduire leurs conséquences néfastes sur les êtres humains et l'environnement (Henze *et al.*, 2008).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude qui a pour objectif d'examiner les propriétés physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées brutes et traitées de la station

d'épuration (STEP) Est de la ville de Tizi-Ouzou. La compréhension et la maîtrise de ces aspects est cruciale pour identifier les points faibles du système actuel et proposer des améliorations potentielles.

La première partie de cette étude est consacré à la présentation des diverses caractéristiques des eaux usées. Les caractéristiques physico-chimiques, telles que le pH, la turbidité, la demande biochimique en oxygène ( $DBO_5$ ), la demande chimique en oxygène (DCO), ainsi que la présence de métaux lourds et de composés organiques et inorganiques, sont examinées en détail. Ces paramètres jouent un rôle clé dans la détermination de la qualité de l'eau et de son aptitude à être traitée efficacement. Les caractéristiques bactériologiques, quant à elles, se concentrent sur la présence de micro-organismes pathogènes, tels que les coliformes fécaux et les streptocoques, qui représentent un risque significatif pour la santé humaine et les écosystèmes aquatiques.

La deuxième partie de cette étude est la présentation d'une analyse physico-chimique et bactériologique des eaux usées. La méthodologie employée pour prélever et analyser les échantillons d'eaux usées est décrite de manière détaillée, incluant les protocoles de prélèvement, les techniques d'analyse en laboratoire. Cette rigueur méthodologique est essentielle pour garantir la fiabilité des résultats obtenus et pour fournir une évaluation précise des performances de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou. Les résultats sont ensuite présentés et analysés, permettant d'identifier les points forts et les faiblesses du système de traitement en place.

*PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE*

*GENERALITES SUR LES EAUX USEES*

## 1 Définition des eaux usées

Les eaux usées sont toutes les eaux parvenant dans le réseau d'assainissement dont les propriétés naturelles sont transformées (Bliefert et Perraud, 2003). Elles correspondent aux eaux ayant été utilisées par les individus ou d'autres secteurs (industrie ou agriculture) (Chocat, 1997), elles résultent de la pollution tant physico-chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité, du fait des activités humaines (Richard, 1996). Elles sont généralement chargées en matières minérale ou organique sous forme dissoutes ou en suspension (Bouziani, 2000).

La plupart des eaux usées sont offensives, d'autre sont pathogènes, elles peuvent être l'origine de grave problèmes de santé publique (Becis et Belouidiane, 2005).

Elles sont identifiées selon leurs origines comme suit :

### 1.1 Origine des eaux usées

D'après Rodier. (2005), On peut donner la nomination d'eaux usées, les eaux d'origine urbaines constituées par des eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines ; toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Les eaux usées peuvent aussi contenir ceux d'origine industrielle et agricole.

L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparait comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des concentrations variables selon la saison, l'origine et le type de réseau. En plus des eaux de pluies, les eaux résiduaires urbaines sont principalement d'origine domestique mais peuvent contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle d'extrême diversité.

#### 1.1.1 Eaux usées domestiques

Les eaux domestiques sont issues de diverses utilisations de l'eau par l'homme au quotidien. La pollution biologique qui résulte de la présence de micro-organismes vivants ou de matières organiques biodégradables dans l'eau est principalement causée par ces activités industrielles et commerciales, qui rejettent des contaminants dans les cours d'eau. Les eaux usées sont généralement séparées en deux catégories les eaux ménagères et eaux sanitaires.

Les eaux ménagères, qui proviennent de la salle de bain et de la cuisine et contiennent généralement du détergent, de la graisse, des solvants, des débris biologiques, etc.

Les eaux sanitaires, qui sont riches en différents composés organiques azotés et en bactéries fécales. Selon Zhou *et al.* (2017), la pollution quotidienne d'un individu qui utilise de 150 à 200 litres d'eau est estimée à :

- 70 à 90 grammes de substances en suspension ;
- Entre 60 et 70 grammes d'éléments organiques ;
- Environ 15 à 17 grammes de substances azotés ;
- Quatre grammes de phosphate.
- de nombreux milliards de germes.

### 1.1.2 Eaux usées industrielle

Les eaux usées industrielles proviennent généralement des usines, elles sont caractérisées par une grande diversité suivant l'utilisation de l'eau. Tous les produits ou sous-produit de l'activité humaine se trouvent concentrés dans l'eau. La composition des eaux usées industrielles varie selon la nature des rejets.

D'après Loumi et Yefsah. (2010), les eaux usées industrielles renferment les pollutions spécifiques suivantes :

- Matières radioactives (centres nucléaires ; traitement des déchets radioactifs...).
- Sels métalliques (traitement de surface ; métallurgie...).
- Matières organiques et graisses (industries agroalimentaires...).
- Acides ; bases ; produits chimiques divers (industries chimiques ; tanneries...).
- Eaux chaudes (circuit de refroidissement des centrales thermiques...).

### 1.1.3 Eaux pluviales

Lorsque le système de collecte des eaux usées est unitaire, les eaux pluviales et de ruissellement sont considérés lors du dimensionnement des stations d'épuration. Les eaux de pluie peuvent entraîner des polluants atmosphériques et contaminer les eaux superficielles et souterraines par infiltration et ruissellement. Les principaux polluants comprennent le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) les oxydes d'azote (NO et ses dérivés), ainsi que les poussières (Akpo, 2006).

### 1.1.4 Eaux agricoles

Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau. Selon Grosclaude (1999), les pollutions dues aux activités agricoles découlent principalement des fertilisants tel que les

engrais minéraux du commerce et les déjections animales produites ou non sur l'exploitation, des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides).

## 2 Caractéristique des eaux usées

Les eaux usées comprennent des substances organiques, des nutriments (azote, phosphore) et des micropolluants tels que les produits chimiques. Elles ont une teneur élevée en matières en suspension et un taux élevé de DBO<sub>5</sub> (énergie biologique requise en oxygène). Il est essentiel de traiter ces substances afin d'éviter la pollution des écosystèmes aquatiques (Mara et Horan, 2003).

### 2.1 Paramètres physico-chimiques des eaux usées

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées, telles que le pH, la conductivité et la quantité de matières en suspension, jouent un rôle essentiel dans la compréhension de leur composition et dans l'orientation des interventions de traitement. Elles permettent d'évaluer les niveaux de pollution et d'adapter les méthodes d'épuration (Henze *et al.*, 2008).

#### 2.1.1 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel hydrogène représente l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. Pour l'eau domestique ou urbaine il se situe généralement entre 6.8 à 7.8, au-delà, c'est l'indice d'une pollution industrielle. Il doit se trouver dans cette plage afin d'être considéré comme respectant les normes de qualité (Metahri, 2012). L'acidité, la neutralité et l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (noté H<sup>+</sup> pour simplifier).

#### 2.1.2 Conductivité électrique (CE)

Selon Rodier *et al* (2009), la conductivité électrique de l'eau ( $\gamma$ ) évalue la capacité de l'eau à transporter l'électricité, ce qui est contraire à la résistivité ( $\rho$ ). En la multipliant par un facteur empirique dépendant des sels dissous et de la température, on peut estimer la quantité totale de matières dissoutes. De Villers *et al.* (2005), soulignent que la concentration en sels dissous est essentielle pour les organismes aquatiques, qui sont sensibles aux fluctuations importantes, telles que celles provoquées par des déversements d'eaux usées.

### 2.1.3 Température (T°)

La température des eaux usées joue un rôle essentiel en affectant non seulement la rapidité des réactions biochimiques, mais également la solubilité des gaz et l'activité des microorganismes. En général, les systèmes de traitement traditionnels ont une température comprise entre 10 et 30 °C, avec une plage optimale de 20-25 °C pour optimiser l'efficacité des processus biologiques tels que la dégradation des matières organiques.

Les processus biologiques sont ralentis par une température trop basse, tandis qu'une température trop élevée peut provoquer la dénaturation des enzymes et la dissolution des microorganismes (Henze *et al.*, 2008 ; Von Sperling, 2007).

### 2.1.4 Matière en suspension (MES)

Les MES représentent tout élément en suspension dans l'eau, elles ne doivent pas être ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, dont la taille permet sa rétention sur un filtre de porosité donnée. Les MES sont liées à la turbidité de l'eau (mesure du trouble de l'eau) et marquent le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel (Bourrier *et al.*, 2010). Selon la littérature, 30% de MES sont organiques et 70% sont minérales. Ainsi, les matières volatiles en suspension (MVS) représentent la fraction organique de MES et sont obtenues par calcination de MES à 525 °C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105 °C et les MES à 525 °C donne la perte au feu et correspond à la teneur en MVS en (mg/l). Cependant, les matières minérales (MMS) représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire l'extrait sec constitué à la fois par MES et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc. (Vibouroux, 1981).

### 2.1.5 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 /l) (Rejeseck, 2002).

### 2.1.6 Demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

C'est la quantité d'oxygène que les bactéries utilisent pour décomposer partiellement ou totalement les substances organiques dans l'eau, en un temps donné, à l'aide de leur système enzymatique (Bliefert et Perraud, 2003), ou encore on peut dire que c'est la quantité d'oxygène en mg/l

consommée dans les conditions de l'essai de l'incubation à 20 °C et pendant 5 jours à l'obscurité pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présents dans l'eau usée (Tradat, 1992).

La réaction est résumée comme suite :

Substrat + micro-organismes + oxygène → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + énergie + biomasse (Metahri, 2012).

### 2.1.7 Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène représente la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables contenues dans l'eau. Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques mais également des sels minéraux oxydables (sulfures, chlorures. etc.) (Makhoukh *et al.*, 2011).

L'oxydation est effectuée par voie chimique sous l'action d'un oxydant puissant en milieu acide fort pendant deux heures. Les oxydants les plus couramment utilisés sont : le bicarbonate de potassium et le permanganate de potassium (Lounnas, 2009).

### 2.1.8 Turbidité

Une eau turbide est une eau d'une transparence réduite. Cette caractéristique vient de la teneur de l'eau en particules en suspension, associées au transport de l'eau. Au cours de ce parcours, l'eau séchage de quantités énormes de particules qui troublent l'eau. La turbidité des effluents résiduaux et des eaux polluées est en général très élevée (Rodier *et al.*, 2009).

- NTU < 5 => Eau claire.
- NTU < 30 => Eau légèrement trouble.
- NTU > 50 => Eau trouble.

### 2.1.9 Métaux lourds

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux (de l'ordre de quelques µg/l). Les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces. Leur origine est multiple : ils proviennent « des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels (Cauchi *et al.*, 1996). Les éléments cités

dans la littérature comme étant les plus dangereux sont le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni) (Vilagines, 2003).

### 2.1.10 Les nutriments (l'azote, phosphore)

#### 2.1.10.1 Azote

L'Azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène ( $O_2$ ) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous ( $NH_3$ ), en équilibre avec l'ion ammoniac ( $NH_4^+$ ) (Martin, 1979).

#### 2.1.10.2 Phosphore

Le phosphore est un composé chimique. La quantité de phosphore présente dans les effluents secondaires fluctue entre 6 et 15 mg/L. En règle générale, cette quantité est trop faible pour influencer le rendement (FAO, 2003). Cependant, en cas d'excès, il est principalement stocké dans le sol grâce à des réactions d'adsorption et de précipitation. Cette rétention est d'autant plus efficace que le sol renferme des oxydes de fer, d'aluminium ou de calcium en nombre élevé. En général, il n'y a pas de problèmes associés à une surabondance de phosphore (Asano, 1998).

## 2.2 Paramètres microbienne des eaux usées

### 2.2.1 Les Bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées. Les eaux usées urbaines contiennent environ  $10^6$  à  $10^7$  bactéries /100 ml dont la plupart sont Proteus et Entérobactéries,  $10^3$  à  $10^4$  streptocoques et  $10^2$  à  $10^3$  Clostridiums. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de  $10^4$  UFC/1ml. Parmi les plus détectées on trouve, les Salmonelles, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux (Belaid, 2010).

### 2.2.2 Les Parasites

Parmi les parasites pathogènes pour l'homme qui sont transmissibles par l'eau, les plus important, sont : les protozoaires et les helminthes (Moumouni-Djermakoye, 2005). C'est surtout le milieu physique (retenue d'eau, canal, etc.) et les caractéristiques physico-chimiques qui créent les conditions propices à la prolifération des vecteurs et hôtes intermédiaires des parasites.

### 2.2.3 Les Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires obligatoires qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. La concentration des virus dans les eaux usées urbaines varie de  $10^3$  à  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit

vrais emballément à une sous-estimation de leur nombre réel. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Parmi les virus entériques humains les plus nombreux il faut citer les entérovirus, les rota virus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A (tableau 1). Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries (Belaid, 2010). Aulicino *et al.* (1996), ont constaté que, au cours de processus de traitement des eaux usées, les virus sont plus difficiles à éliminer que les bactéries classiques couramment utilisées comme indicateurs de la qualité bactériologique des eaux. 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, Blanc et Nasser (1996), ont constaté que les virus sont plus persistants, à température ambiante, dans un sol irrigué par des eaux usées traitées que certains autres bactériophages.

**Tableau 1** : Effet des virus des eaux usées (Baumont *et al.*, 2009).

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Nombre pour Un litre d'eau usée	Voies de contamination Principale
Virus de l'Hépatite A	Hépatite A		Ingestion
Rota virus	Vomissement, diarrhée	400 à 85000	Ingestion
Poliovirus	Paralyse, méningite, fièvre	182 à 492000	Ingestion
Coxsackie A	Méningite, fièvre, Pharyngite, maladie respiratoire		Ingestion

### 3 Indicateurs de contamination d'une eau usée

L'objectif des analyses microbiologiques en laboratoire est de repérer et d'évaluer la présence des micro-organismes pathogènes dangereux à la santé humaine : eau potable, eaux de baignade, etc... Ces analyses sont basées sur l'identification dans les eaux de bactéries qui peuvent indiquer leur possible contamination fécale, telles que les *Escherichia coli*.

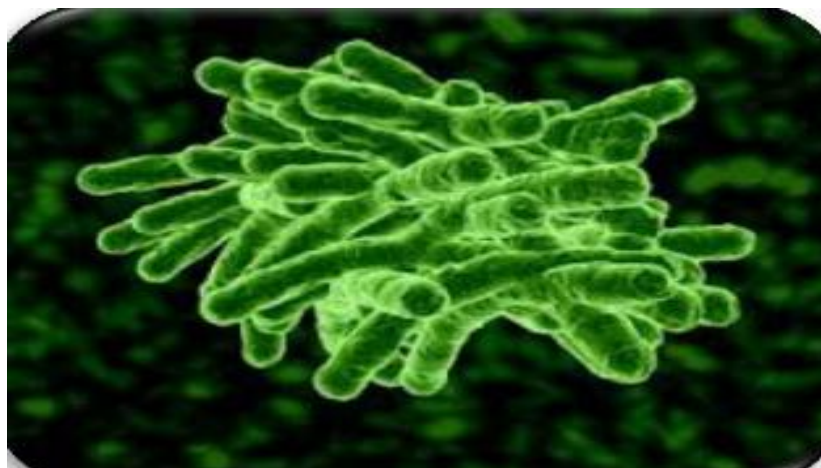
#### 3.1 La Flore mésophile aérobie totale 22 °C à 37 °C

Les germes aérobies mésophiles comprennent l'ensemble des bactéries, des levures et des moisissures que l'on rencontre dans l'environnement des denrées alimentaires. Ce sont des micro-organismes se développant sur des milieux ordinaires, en aérobiose à des températures optimales de croissance comprise entre +20 °C et +45 °C. Cette microflore peut comprendre des micro-organismes pathogènes pour l'Homme et l'animal, mais aussi des micro-organismes d'altération variés (Guiraud, 2003).

Le dénombrement de la flore aérobie totale reflète la qualité microbiologique générale d'un produit naturel et permet d'en suivre l'évolution. La présence de la flore mésophile aérobie totale est tolérable s'elle ne dépasse pas le seuil d'acceptabilité. Cependant selon Guiraud (2003), sa présence en nombre très élevé témoigne d'une contamination ou d'un accident de manipulation, ou d'une mauvaise manière de conservation (réfrigération).

#### 3.2 Les Coliformes totaux

Sous le terme « coliformes » se regroupe un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae*. Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets (fig.01), non sporogones, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C. Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia* (Debabza, 2005).



**Figure 1 :** Coliformes totaux (Snoussi, 2018).

### 3.3 Les Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux produisent de gaz à partir du lactose en 48 heures à 44,5°C. Ces micro-organismes appelés aussi coliformes d'origine fécales (Lebers *et al.*, 2002), caractérisés par une croissance rapide à 41 °C. Ils sont incapables de se multiplier à 4 °C (Dellarass, 2003).

*Escherichia coli* est l'espèce la plus spécifique de ces bactéries car en plus de ces caractéristiques, elle produit l'indole à partir de tryptophane (Bonnofoy *et al.*, 2002).



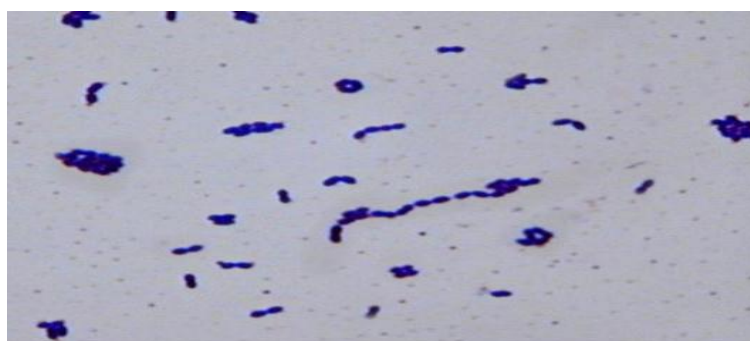
**Figure 2 :** Coliformes fécaux (Snoussi, 2018).

Les coliformes fécaux (CF), ou coliformes thermo tolérants, sont capable de fermenter le lactose à une température de 44-45 °C. Dans certains tests, l'activité de la B-D-galactosidase est utilisée pour détecter les CF (fig.02). Ils sont considérés comme plus appropriés comme indicateurs de

contamination fécale que les CT, ce groupe est majoritairement constitué d'*Escherichia coli* mais comprend aussi des klebsiella, des Enterobacter et des citrobacter (Bouchaala, 2016).

### 3.4 Les Entérocoques

Les Enterococcus (E) étaient classés dans le genre Streptococcus (S) (Aguilar-Galvez *et al.*, 2011). Ils sont des Grams positifs, commensaux du tube digestif (Bougattoucha et Boudelaa, 2010). Anciennement appelés streptocoques (Weisser et Widmer, 2012). Ces bactéries appartiennent à la famille de Streptococcaceae, au genre Streptococcus et au groupe sérologique D de Lance Field. Ils sont définis comme étant des Cocci sphériques légèrement ovales, Gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37 °C et ils possèdent le caractère homoférmementaire avec production de l'acide lactique sans gaz, Il y a 5 espèces reconnues parmi les SF : *S. bovis*, *S. equinus*, *S. avium*, *S. faecalis* et *S. faecium* (Hamdi et Ait Kaci Ismal, 2008). Ils sont considéré comme non-sporulant (Tremblay, 2012) et ils peuvent se développer en anaérobies facultatifs (Descamps, 2009).



**Figure 3 :** Aspect en microscope optique des entérocoques x 1000  
(Arhab et Chebli, 2020).

Les entérocoques (fig.03) se caractérisent par une résistance native aux céphalosporines médiée par une protéine de liaison à la pénicilline (PLP) (Stucki, 2014). Tous les entérocoques sont naturellement résistants à bas niveau aux aminoglycosides (Vincent, 2006). Lors d'infections sévères à entérocoques, les traitements usuels consistent en la combinaison d'ampicilline et d'aminoglycosides (gentamicine) qui sont connus pour avoir un effet synergique (Hebert, 2008).

### 3.5 Les *Clostridium sulfita* – réducteurs

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) sont des germes telluriques présents dans le milieu extérieur (sol, eau, air, etc. ...) capables d'y résister très longtemps sous forme de spores (Nathaoie, 2002). Ils sont présents également dans la flore intestinale de l'homme et des animaux. Ils se développent dans des conditions anaérobiose (absence d'oxygène), les spores de ces germes sont très résistantes à la chaleur (Figarella *et al.*, 2001).

A la différence des coliformes, ces spores survivent dans l'eau pendant longtemps, car elles sont plus résistantes à l'action des facteurs chimiques et physiques que les formes végétatives. Elles peuvent ainsi fournir des indications sur une pollution éloignée ou intermittente (ISO, 1986).

### 3.6 Les *Staphylocoque* à coagulase positive

La découverte du *Staphylococcus aureus* (S.A) remonte à 1880 (fig.04). Les *Staphylococcus* sont des bactéries à Gram positif, qui se regroupent en amas semblables à des grappes de raisin. Ils sont immobiles, non sporulés, avec une catalase positive et une oxydase négative (Bougattoucha et Boudelaa, 2010). Les bactéries présentent une forme sphérique avec un diamètre d'environ 1  $\mu\text{m}$  (Plata *et al.*, 2009).

Les *Staphylocoques* sont libres et sont à la base d'une catalase qui les distingue des *Streptocoques*. Ils produisent des spores et généralement dépourvus de capsules. Le pouvoir pathogène des *Staphylocoques* à coagulase positif, tels que *S. aureus*, est élevé en raison de la présence de l'enzyme staphylocoagulase (Chechomkammogne, 2010).



**Figure 4 :** Examen microscopique de *Staphylococcus aureus* à un grossissement x10000 (Selaimia et Boukerche, 2023).

Le *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) est un germe ou une bactérie courante qui peut se développer dans le nez, la peau ou l'intestin (Bendimerad, 2010). Il colonise la peau et les surfaces muqueuses de l'homme ainsi que de diverses espèces animales (Wertheim, 2005). Les facteurs de surface de *S. aureus* sont nombreux et favorisent la colonisation de l'hôte (Veh, 2014). Selon Jaulhac, les pénicillines M et toutes les  $\beta$ -lactamines ne sont pas résistantes à (*S.a.*) Souvent, la résistance est liée à d'autres résistances telles que les aminosides, les fluoroquinolones et la pénicillinase.

### 3.7 Les Salmonelles

Les Entérobactéries sont des bacilles mobiles à gram<sup>+</sup> qui sont largement répandues à travers le monde (fig.05). Malgré leur virulence et leur pouvoir pathogène variés, ils sont généralement considérés comme pathogènes.



**Figure 5 :** Image des salmonelles sous Microscope à un Grossissement x1000 (Arhab et Chebli, 2020).

Les maladies graves peuvent être causées par la salmonelle. Étant donné que l'eau est considérée comme un vecteur d'infection, il est nécessaire de vérifier l'eau pour détecter la présence de salmonella lorsqu'il y a un risque d'infection (Arhab et Chebli, 2020).

### 3.8 Les Vibriion cholérique

Le Vibriion cholera est une protéobactérie de la famille des Gamma à Gram négatif, dotée d'un flagelle polaire (fig.06), pouvant être anaérobie et non sporulant. Elle habite à la fois dans des milieux aquatiques marins et les milieux d'eau douce et d'eau saumâtre, ce qui en fait une bactérie essentiellement aquatique. En tant que cellules libres présentes dans l'environnement, *Vibrio cholera*

peut également coloniser les êtres vivants de manière commensale telle que le mollusque marin, ou pathogène telle que l'intestin grêle de l'Homme (Colwell, 1996).

L'agent responsable du choléra est *Vibrio cholera*, une maladie exclusivement masculine dont les symptômes sont de graves diarrhées aqueuses qui entraînent des déshydratations et des pertes en électrolytes, pouvant entraîner la mort du patient. Depuis 1817, les civilisations ont été touchées par 7 pandémies de choléra qui ont causé des dommages considérables et ont joué un rôle crucial dans l'histoire de l'humanité (Lutz *et al.*, 2013).



**Figure 6 :** Représentation microscopique du vibrion cholérique (Sandrine, 2013).

#### 4 Maladies à transmission hydrique

Les eaux douces sont capables de véhiculer des agents pathogènes et des parasites stricts de l'homme et des animaux. Ils peuvent être introduits occasionnellement dans l'eau et parfois disséminés loin par l'eau. Dans le nouvel environnement les bactéries d'origine intestinale humaine (entérobactéries) persistent très longtemps, mais elles ne se développent pas dans l'eau.

L'eau peut véhiculer des toxines comme la toxine botulinique de type D lorsqu'elle est contaminée par un cadavre. L'eau joue un rôle d'appel éco-biologique pour certains vecteurs et oriente indirectement l'épidémiologie de la rage des arboviroses et de toutes les maladies à transmission vectorielle. L'eau peut véhiculer également des toxines comme la toxine botulinique de type D lorsqu'elle est contaminée par un cadavre.

Certaines bactéries contaminent et vivent à l'état naturel dans l'eau. Elles s'y multiplient et y demeurent très longtemps surtout lorsqu'elles sont sporulées (Nathalie, 2002).

**Tableau 2 :** Bactéries pathogène responsables de maladies d'origine hydrique (Boucenina, 2017).

Bactéries	Pathologies
Salmonella	Fièvre typhoïde et diarrhée.
Shigella	Diarrhée.
Campylobacter	Diarrhée (cause première des intoxications alimentaires).
Yersinia enterocolitica	Diarrhée.
Escherichia coli O157 :H7 et certaines autres souches	Diarrhée risque de complication (urémie hémolytique) chez les enfants en bas âge.
Legionellapneumophila	Pneumonie et autres infections respiratoire.

Les maladies à transmission hydrique sont le plus souvent transmises par voie féco-orale et la contamination de l'homme se réalise alors soit par consommation d'aliments contaminés par l'eau, soit lors d'un bain ou d'un contact avec des eaux à usage récréatif (tab.02). Ces maladies sont généralement liées à la présence de bactéries strictement pathogènes ou opportunistes. Des protozoaires, des parasites et des virus sont également impliqués. Il faut signaler aussi que des intoxications peuvent être liées à la présence d'algues eucaryotes ou de cyanobactéries (Debabza, 2005).

Les maladies d'origine hydrique englobent le choléra, la typhoïde, le shigella, la polio, la méningite et l'hépatite A et B. Les êtres humains et les animaux peuvent être les hôtes des bactéries, des virus et des protozoaires qui causent ces maladies (Boucenina, 2017). Des millions de gens n'ont guère accès, pour leur hygiène personnelle, à une évacuation contrôlée des eaux usées ou à une eau salubre, On estime que 3 milliards d'êtres humains, par exemple, n'ont pas de sanitaire. Plus de 1,2 milliard de personnes courent des risques parce qu'ils n'ont pas accès à de l'eau salubre (Boucenina, 2017).

***PARTIE***

***EXPERIMENTALE***

*CHAPITRE I :*

*MATERIEL ET METHODES*

## 1 Objectif de l'étude

La présente étude vise à explorer deux aspects essentiels de la gestion des eaux usées de la station d'épuration (STEP) Est de la ville de Tizi Ouzou.

Durant le mois de mars nous avons effectué les analyses physique chimique , et durant la période du 5 mai au 2 juin nous avons effectué les analyses bactériologique . Nous avons procédé à l'analyse de divers paramètres essentiels tels que la température, le pH, la turbidité, la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) et la concentration de nutriments comme les nitrates, les nitrites, les phosphates et les MES. Ces analyses permettront d'évaluer l'efficacité du traitement ainsi que la qualité de l'eau traitée.

Par la suite, nous avons effectué des analyses bactériologiques des eaux usées, durant une période de quatre semaines au laboratoire de traitement des eaux de l'université UMMTO. Nous avons essayé de détecter et d'identifier différents microorganismes, tels que les coliformes totaux et fécaux, qui sont des repères de la contamination fécale. D'autres analyses ont été réalisés afin de repérer des pathogènes spécifiques comme *E. coli* et *Salmonella*. Il sera également inclus dans l'analyse une évaluation de la flore microbienne générale qui se trouve dans les eaux usées.

Les résultats obtenus, vont nous permettre d'approfondir notre compréhension des dangers sanitaires liés aux eaux usées et d'améliorer les stratégies de traitement et de gestion des ressources en eau.

## 2 Echantillonnages

Les échantillons ont été prélevés à l'entrée et à la sortie de la station. Les prélèvements de l'eau brute sont habituellement réalisés au point d'entrée de la station d'épuration, où l'eau n'a pas encore été traitée. Les échantillons sont prélevés pour les eaux traitées à la sortie du système de traitement, une fois que l'eau a été soumise à tous les processus de purification. Pour éviter toute contamination, il est essentiel de mettre les échantillons dans des récipients stériles et de les maintenir à des températures adéquates jusqu'à leur analyse, afin de préserver les propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau.

D'après l'ISO NF T 90-420 de février 1987, il est nécessaire de transporter les échantillons dans une glacière à une température de 4 °C afin de préserver les caractéristiques

initiales de l'eau pour éviter la prolifération des microorganismes et les réactions biochimiques.

### 3 Cadre d'étude

#### 3.1 Présentation de la zone d'étude

La station d'épuration Est de Tizi-Ouzou se trouve sur la rive de l'Oued Sébaou, à 200 mètres en amont du pont de bougie sur le chemin de wilaya N°24 qui relie Tizi-Ouzou à Bejaia.

La STEP couvre une superficie de 35 591 m<sup>2</sup>, dont 14 714 m<sup>2</sup> résidentiels. La conception de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou remonte au début des années 90 et a été mise en service en août 2001, puis transférée à l'ONA en juillet 2003. L'ONA, s'est engagée dans une approche de gestion de l'environnement en respectant la norme ISO 14001 version 2004, et a obtenu sa première certification en 2007. Cette distinction demeure la première à l'échelle nationale et africaine dans le domaine de la gestion et de l'exploitation des systèmes d'assainissement (Belmihoub et Bouderbala, 2017).



**Figure 7** : Image de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou ( ONA, 2024).

Tizi-Ouzou est une ville du nord centre du pays, située à 120 km à l'Est d'Alger et à 30 km des côtes méditerranéennes. La population de cette wilaya dépasse 100 000 habitants. La mise en œuvre du système de gestion environnementale concerne le système d'assainissement Est du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou, qui couvre un réseau unitaire linéaire de 7 km, avec un taux de raccordement de 97%. La station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville de Tizi-Ouzou est raccordée au réseau d'assainissement par gravité. L'établissement classé de la

station d'épuration Est de Tizi-Ouzou, d'une capacité de 120 000 habitants, a été conçu pour purifier les eaux usées urbaines et préserver le milieu récepteur, à savoir l'Oued Sebaou.

### 3.2 Description des ouvrages de la STEP

La station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou est composée de plusieurs ouvrages illustrés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 3:** Différents ouvrages de traitement.

Types de traitement	Ouvrage	Nombre
Prétraitement	Dégrilleur grossier	1
	Dégrilleur fin	1
	Dessableur-Déshuileur	2
Traitement secondaire	Bassin d'aération	2
Clarification	Décanteur racleur	2
Stabilisation	Bassin de stabilisation	2
Déshydratation	Lits de séchage	20

### 3.3 Fonctionnement de la STEP Est Tizi-Ouzou

Diverses méthodes peuvent être utilisées pour traiter les eaux usées des agglomérations, en utilisant des phénomènes physiques, chimiques et biologiques. Les degrés d'épuration et les coûts varient en fonction du niveau de qualité requis par le milieu récepteur.

Les eaux usées provenant du côté Est de la ville Tizi-Ouzou sont traitées par la STEP Est, qui utilise une méthode d'épuration à boue activée et à moyenne charge.

#### 3.3.1 Prétraitement

L'importance de cette étape réside dans la préservation des conduites contre le bouchage et l'élimination de toutes les substances qui pourraient compromettre la qualité du traitement ou la durabilité des ouvrages. Le prétraitement se fait en deux étapes :

##### A) Dégrillage

###### A.1 Dégrillage grossier

L'eau dans le bassin de relevage passe dans une grille à grosses mailles (plus au moins espacées (50 à 80mm), pour retenir les déchets les plus volumineux et flottantes.



**Figure 8 :** Dégrillage grossier (Mouas et Mazouni, 2024).

### **A.2 Poste de relevage**

Cette STEP est équipée d'un poste de relevage composé de quatre (04) pompes immergées de 750m<sup>3</sup>/j avec un mode de fonctionnement alternatif. Cette étape consiste à prélever de l'eau brute pour effectuer une série d'analyses (Ph, T°C, turbidité et MES...) afin de détecter la pollution qui parvient à la station.



**Figure 9 :** Poste de relevage (Mouas et Mazouni, 2024).

### **A.3 Dégrillage fin**

L'eau passée par le dégrilleur grossier est directement remontée par les pompes pour passer par un dégrilleur fin qui comporte une grille automatique.



**Figure 10 :** Dégrillage fin (Mouas et Mazouni, 2024).

### **B) Dessablage déshuilage**

L'effluent est aéré lors de son entrée dans les bassins de déshuilage-dessablage, ce qui permet la flottation des graisses qui remontent en surface en compagnie de bulles d'air. Les graisses ainsi séparées sont balayées et dirigées vers un couloir spécifique, où elles sont conservées avant d'être remises à NAFTAL pour un traitement ultérieur. De leur côté, les particules de sable tombent par gravité au fond des bassins et sont récupérées à l'aide d'une vis sans fin. Les sables sont transportés par cette vis vers une benne spécialement conçue, où ils seront réutilisés localement où dirigés vers la zone de stockage des boues.



**Figure 11 :** Dessablage déshuilage (Mouas et Mazouni, 2024).

### C) Soufflante de by-pass

C'est une vanne de sécurité qui sert à by passer l'effluent de la station lors d'une arrivée d'eau usée (ex : eaux de pluie) très chargée (en métaux lourds) celle-ci sera directement redirigée vers l'oued sebaou.



**Figure 12** : Soufflants de by-pass (Mouas et Mazouni, 2024).

### 3.3.2 Traitement secondaire (biologique)

Le traitement secondaire de la STEP Est de Tizi-Ouzou est effectué en utilisant une méthode à boue activée afin d'épurer l'eau usée biodégradable avant de la renvoyer dans le milieu récepteur en réduisant sa teneur en polluants.

#### A) Aération

La station dispose de deux lignes, comprenant deux grands bassins biologiques aérés et alimentés en eau à épurer alimentés par des cultures bactériennes libres développées à l'intérieur. Le mélange des floccs bactériens avec l'eau usée est homogène grâce au brassage, ce qui permet d'éviter leur accumulation. L'objectif de l'aération est de dissoudre l'oxygène dans la liqueur mixte pour satisfaire les besoins des microorganismes.



**Figure 13 :** Bassin biologique (Mouas et Mazouni, 2024).

### **B) Bassin de clarification**

Une fois le traitement biologique effectué, l'eau renferme toujours des particules suspendues. Il est possible d'éliminer ces particules dans un bassin de clarification où l'eau est laissée à l'écart, ce qui permet aux particules de se retirer au fond. Ensuite, on dirige l'eau clarifiée en surface vers la prochaine étape.



**Figure 14 :** l'eau clarifiée ( Mouas et Mazouni, 2024).

### **3.3.3 Traitement des boues**

Il s'agit de concentrer la matière organique en passant par le filtre des boues liquides afin d'obtenir des boues solides pratiques à transporter et conservation. Trois catégories de traitement organisé sont identifiées :

**A) Stabilisation (aérobie)**

Elle permet de réduire la capacité des boues à fermenter et l'activité bactérienne dans le bassin de stabilisation. Les boues stables en stress alimentaire seront détruites par elles-mêmes.

**B) L'épaississement**

Des pompes transportent les boues vers l'épaississeur pendant une période de 24 à 48 heures. L'objectif de cette étape est de retirer le plus d'eau possible, diminuer le volume des boues brutes et accroître la concentration en matières sèches.

**C) Lits de séchages**

En fine couche, les boues sont étendues dans le lit de séchage pour permettre l'évaporation de l'eau. Cela réduit la teneur en eau des boues, ce qui les rend plus stables et plus faciles à manipuler. Ce séchage peut être effectué de façon naturelle, à l'aide de l'énergie solaire, ou à l'aide de moyens mécaniques comme des convoyeurs ou des râtaux.

Les boues peuvent être utilisées comme engrais, incinérées ou transportées vers un site d'élimination approprié une fois qu'elles ont été suffisamment séchées. La création du lit de séchage est donc essentielle pour gérer les déchets solides issus du traitement des eaux usées.



**Figure 15** : lits de séchage (Mouas et Mazouni, 2024).

**4 Analyse des échantillons**

Des flacons préalablement stérilisés ont été utilisés pour prélevé un volume spécifique de l'eau usée traitée et brute, en profondeur du l'eau et en contre-courant, durant la periode du 5 mai 2024 au 2 juin 2024, à raison d'un prélèvement par semaine. Les quatre prélèvements ont

été réalisé dans des conditions rigoureusement surveillées afin d'assurer la cohérence des résultats.

#### 4.1 Analyses physico-chimiques

##### A) Détermination de la température

La détermination de la température est faite au laboratoire à l'aide d'un appareil Multi paramètre 3620IDS, on lit directement la température exprimée en degré Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

##### B) Détermination du pH

Pour la mesure du pH nous avons passé par trois étapes a savoir :

- Etalonnage de l'appareil (Multi 3620IDS) ;
- Introduire un volume de l'échantillon d'eau à analyser dans un bécher ;
- La lecture est faite après stabilisation de la valeur affichée du pH.

##### C) Détermination de Conductivité électrique (CE)

Pour déterminer la conductivité électrique nous avons procédé comme suit :

- Etalonnage de l'appareil (Multi 3620IDS) ;
- -Introduire un volume de l'échantillon d'eau à analyser (eau brute et eau épurée) dans bécher;
- Les résultats sont exprimés en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



**Figure 16 :** Appareil Multi 3620IDS (Mouas et Mazouni, 2024).

**D) Détermination de l'oxygène dissous**

Pour l'oxygène dissous on a passé par plusieurs étapes :

- Rincer l'électrode avec l'eau distillée ;
- Prendre un bécher et verser l'échantillon ;
- Attendre 10 minutes pour l'équilibrage de l'appareil Entrer l'électrode dans l'échantillon et lire le résultat sur l'afficheur de l'oxymètre.

**E) Détermination de la turbidité Etalonnage de l'appareil (Turbidimètre).**

Afin de mesuré la turbidité nous avons introduit un volume de l'échantillon d'eau à analyser dans un tube et nous avons noté les résultats exprimés en NTU (Nephelométric Tirbidity Unit).

**F) Détermination de matière en suspension (MES)**

Pour la détermination de MES ses étapes ont été suivi :

- Peser le Poids de filtre en vide.
- Ajoute 100 ml d'eau analyses.
- Récupérer l'échantillon dans l'étuve à 105 °C pendant 2 heures.
- Mettre le Poids de filtres dans le dessiccateur pendant 30 min pour refroidissement.
- Peser l'échantillon.

La Formule pour le calcul des MES :

$$\text{MES} = (\text{P2} - \text{P1}) \times 1000 / \text{V} = (\text{mg/L})$$

Avec :

P1 : Poids de filtre initial (vide).

P2 : Poids de filtre après séchage.

V : volume d'échantillons.

**G) Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

Pour déterminer la DBO<sub>5</sub> nous avons fais recour aux matériels et réactifs ci-dessous :

- Flacons d'échantillons bruns en verre de 500 ml de capacité.
- Barreau magnétique d'agitation.
- Réservoir de soude en caoutchouc.
- Plaque d'agitation.

- Entonnoir.
- DBO-mètre : OxiTop IS6.
- Armoire thermo statée à 20 °C.
- Inhibiteur de nitrification (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>O) à 5 g/l.
- pastille de soude.

### **G.1 Mode opératoire**

La méthode Respirométrique moyennant un appareil illustré sue a été choisi et nous avons suivi les étapes ci-après :

- Homogénéiser l'échantillon dans un homogénéiser deux minutes.
- Mettre le volume de l'échantillon choisi dans la fiole à trop plein correspondant.
- Ajoute des gouttes de l'inhibiteur de nitrate selon la gamme choisie.
- Mettre le barreau aimanté à l'intérieur de nitrification selon la gamme choisie.
- Mettre 2 pastilles de soude (Na OH) à l'intérieur de réservoir de soude et placer à l'orifice de bouteille d'échantillon.
- viser hermétiquement la tête de mesure sur la bouteille d'échantillon.
- appuyé simultanément sur la touche S et M de la tête de mesure jusqu'à ce que l'affichage indique « 00 ».
- placer la préparation à l'intérieur de l'étuve thermostats à 20 °C et à l'obscurité sur la plaque d'agitation.
- consulter l'affichage après chaque 24 h en appuyant sur la touche S.
- Après le cinquième jour lire le résultat sur la tête de mesure. Multiplier par le coefficient de Diffusion. Le résultat correspond à la consommation d'oxygène en mg/L.

### **H) Détermination de la demande chimique en oxygène DCO**

Pour déterminer la DBO<sub>5</sub> nous avons fais recour aux matériels et réactifs ci-dessous :

- Réacteur (minéralisateur) à 150 °C.
- Méthode de semi-micro de le DCO HACH.
  - Tube DCO0-1500 mg/l pour les fortes concentrations.
- sulfate d'argent.
- Dichromate de potassium.
- Sulfate de mercure.
- Acide sulfurique pur.

### H.1 Mode opératoire

La micro méthode a été utilisée, elle repose sur la méthode colorimétrique suivant ces étapes :

- Homogénéiser l'eau à analyser en agitant pendant deux minutes.
- Allumer le réacteur à DCO et préchauffer à 150 °C.
- Retirer le bouchon d'un tube. Prélever 2 ml d'eau à analyser et les introduire dans le tube contenant les réactifs. Fermer hermétiquement le bouchon du tube.
- En tenant le tube par le bouchon au-dessus d'un évier.
- Le retourner fois pour mélanger le contenu.
- Placer le tube dans le réacteur.
- Préparer un blanc en remplaçant l'échantillon par de l'eau dés ionisée.
- Chauffer les tubes pendant 2 heures. Eteindre le réacteur.
- Attendre environ 30 min le refroidissement des tubes à 120 °C ou au-dessous.
- Retourner chaque tube plusieurs fois pendant qu'il est encore chaud. Placer les tubes sur portoir. Attendre que les tubes soient refroidis.
- L'analyse se fait ensuite en mettant le tube refroidi dans le photomètre et la valeur de la DCO est directement affichée en mettant sur le programme de la DCO.

### 4.2 Analyses bactériologiques des eaux usées

Le matériel et les milieux de cultures utilisées dans cette analyse sont regroupés dans le tableau ci-après :

**Tableau 4:** Matériel Bactériologique.

Matériel utilisée	Milieux de culture
<ul style="list-style-type: none"> <li>- pipette pasteur.</li> <li>-boîtes de pétri.</li> <li>- rampe de filtration.</li> <li>-filtres de 45µm.</li> <li>-bec Bunsen.</li> <li>-l'eau distillée.</li> <li>- pince stérile.</li> <li>-bain-marie.</li> <li>-four pasteur.</li> <li>-tube d'essai.</li> <li>-Etuve 22 °C, 37 °C, 44 °C.</li> <li>-Flacon stérile.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Gélose fondue PCA ou TGEA.</li> <li>-Gélose TTC ou chromAgar.</li> <li>-Plaqué de gélose Chapman.</li> <li>-Milieu hekton.</li> <li>-Gélose GNAB.</li> </ul>

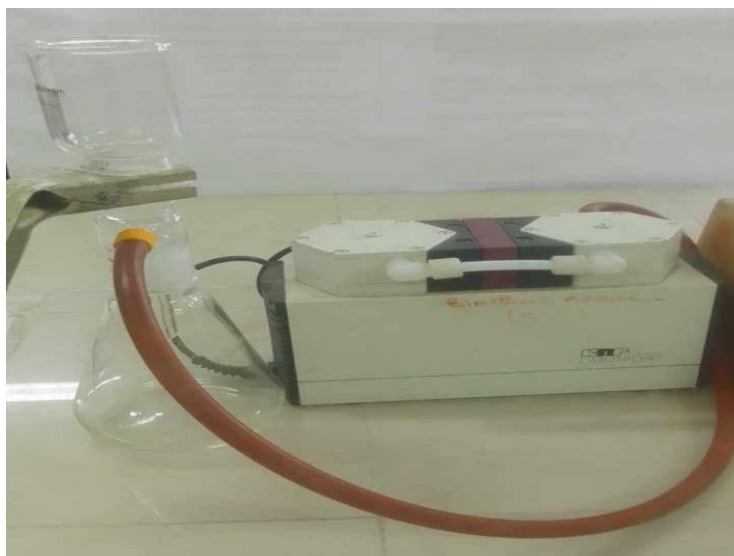
#### 4.2.1 Méthode de filtration sur membrane

La filtration sur membrane est une méthode de numération appropriée pour identifier les bactéries qui se trouvent à des concentrations très basses dans l'eau. Afin de recenser ces bactéries, il est donc indispensable d'examiner des quantités d'eau considérables (Martin, 2023).

##### A) Principe

La filtration sur membrane implique de collecter, détecter et évaluer les bactéries fécales présentes dans un échantillon d'eau à la surface d'une membrane filtrante stérile. Cette méthode est décrite par le centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (2014). Il s'agit de filtrer à travers une membrane de porosité de 0,45  $\mu\text{m}$  un volume déterminé de l'échantillon, puis déposer cette membrane sur un milieu de culture sélectif. Selon Baker (2012), les structures des unités de filtration et leurs fonctionnement se résumé comme suit :

- Il est composé d'un récipient supérieur et d'un récipient récepteur en polysulfone qui peuvent être autoclavés et réutilisés.
- La membrane (filtre en acétate de cellulose de 45  $\mu\text{m}$  de diamètre) est fixée sur une plaque-support amovible entre les récipients.
- Les deux joints toriques rouges garantissent l'étanchéité : Un joint dans la cavité inférieure du récipient supérieur un deuxième joint situé sous la plaque de support.
- Le verrou est serré à la main afin de comprimer les joints.
- On ajoute de l'eau à analyser (50 à 250 ml) dans le récipient supérieur.
- Une pompe à vide manuelle est connectée au récipient récepteur et assure l'aspiration et la filtration.
- Le filtrat est récupéré dans le récipient récepteur.



**Figure 17 :** Ramp de filtration ( Mouas et Mazouni, 2024).

### **B) Préparation de l'eau physiologie stérile :**

Selon Rodier *et al.*(2009), la préparation de l'eau physiologie stérile est comme suivant :

- Pesez 9 mg de chlorure de sodium (Na Cl) dans une balance de précision.
- Versez 9 mg de (Na Cl) dans une fiole de jager de 1000 ml avec un peu de l'eau distillée.
- Homogénéiser la préparation jusqu'à ce qu'elle dissolve le (Na Cl).
- Continue à remplir la fiole de jager jusqu'à au trait et on le ferme avec un bouchon.
- Avec une pipette on prélève 9 ml de solution et on le met dans des tubes d'essai.
- Stériliser les tubes dans un four de pasteur à 105 °C pendant 1 heure.
- Stériliser les ampoules à 105 °C pendant 20 min.

#### **4.2.1.1 Dénombrement de la flore mésophile totale à 22 °C et à 37 °C (la norme NF EN ISO 6622 juillet 1999)**

##### **A) Principe de la technique**

C'est une méthode non spécifique pour numériser un plus grand nombre de microorganismes en ajoutant un volume d'échantillon ou dilutions dans un milieu gélosé.

##### **B) Préparation de l'échantillon**

-Agiter attentivement et de manière prolongée le flacon d'échantillon afin de garantir une suspension homogène des microorganismes.

-Ensuite, prélever 1 ml de l'échantillon de manière stérile et passer à l'étape d'ensemencement.

### C) Ensemencement

-Ajouter un volume d'essai de 1 ml de ses dilutions de manière stérile au fond d'une boîte de pétri.

- Vous pouvez utiliser une pipette stérile de 1 ml, en commençant par diluer la plus forte et en passant par la plus faible.

Ajouter 15 à 20 ml de gélose fondue de PCA ou TGEA (sous surfusion à 45 °C) et mélanger avec précaution en tournant la boîte de pétri, sans créer de bulles ni mouiller les bords extérieurs, afin de répartir les bactéries de manière homogène sur la surface de la boîte. Il est important que le temps entre l'ajout de la prise d'essai (ou dilution) et l'ajout du milieu fondu ne dépasse pas 15 minutes.

- Attendez que Le milieu se solidifie sur une surface plane, horizontale et fraîche.

- Le retour des boîtes et l'incubation d'une série à 37 °C pendant 24 heures, tandis que l'autre série est incubée à 22 °C pendant 24 heures

- Inventaire des colonies.

- Selon la formule suivante, il est possible de calculer le nombre d'unités formant colonies (UFC) par millilitre d'échantillon en se basant sur le nombre de colonies qui ont émergé sur le milieu de culture.

$$N = \frac{\sum \text{somme des colonies}}{v_{\text{ml}} \times (n_1 + 0,1n_2) d_1}$$

- N : Nombre d'UFC par ml de produit initial ;
- $\sum$  des colonies : Sommes des colonies des boites interprétables ;
- $V_{\text{ml}}$  : Volume d'inoculum déposé par boîte (1ml) ;
- $n_1$  : Nombre de boites considéré à la première dilution retenue ;
- $n_2$  R : Nombre de boites considéré à la seconde dilution retenue ;
- $d_1$  R : Facteur de la première dilution retenue.

#### 4.2.1.2 Isolement des coliformes par filtration sur membrane (la norme ISO9308-1)

Cette approche implique la recherche et le recensement d'*Escherichia coli* et de coliformes présents dans tous les types d'eau, en utilisant une rampe de filtration et des filtres de 45µm.

**A) Mode opératoire**

- L'entonnoir gradué en verre et le filtre poreux doivent être stérilisés en passant à travers la flamme du bec Bunsen.
- Réfrigérer en utilisant de l'eau à analyser ou de l'eau distillée.
- Enflammer la pince et transférer la membrane poreuse de 45µm dans des conditions d'asepsie, puis la placer entre l'entonnoir et le filtre poreux.
- Installez ce dispositif en utilisant la pince appropriée.
- Par la suite, les échantillons à analyser doivent être versés aseptiquement entre deux becs bunsens.
- Mettre en marche la pompe à vide afin d'absorber l'eau à travers la membrane.
- Une fois que l'eau (100 ml) a été filtrée, arrêtez la pompe et retirez l'entonnoir en verre.
- Utilisez une pince stérile pour retirer la membrane et la déposer immédiatement sur la surface d'une plaque de gélose TTC ou ChromAgar préalablement préparée.
- Incuber les boîtes de pétries couvercle en bas à une température de 37 °C pendant 24 heures (jusqu'à 48 heures) pour les coliformes totaux, puis incuber à une température de 44 °C pendant 24 heures pour obtenir les coliformes fécaux.
- Après avoir incubé, prendre en compte les colonies. Si le milieu est jaune sous la membrane, on peut considérer les colonies lactose positif comme une caractéristique des coliformes, peu importe leur taille.

**4.2.1.3 Isolement des staphylocoques (Norme NFISO 7218)**

La méthode utilisée comme référence implique la recherche et le comptage de Staphylocoque dans des eaux, en utilisant une technique de filtration sur membrane.

**A) Mode opératoire**

Ces germes sont recherchés par une filtration telle qu'elle a été décrite précédemment, en transférant la membrane aseptiquement, à l'aide d'une pince stérile, sur la surface d'une plaque de gélose Chapman au mannitol préalablement préparée.

Elle est placée sous un couvercle en bas à une température de 37 °C pendant 48 heures.

**B) Lecture**

Après incubation, les colonies spécifiques de staphylocoques sont représentées sous forme de Petites colonies lisse légèrement bombé à contours réguliers, pigmentées soit en blanc.

### **C) Test de catalase**

En exposant la colonie à de l'eau oxygénée, si elle est équipée de cette enzyme, des bulles seront formées.

#### **4.2.1.4 Recherche des Salmonelles (la Norme ISO 6340)**

Cette approche implique la recherche et l'identification des Salmonelles dans l'eau, en utilisant une technique de filtration sur membrane.

##### **A) Mode opératoire**

- filtrer 250 ml d'eau à l'aide d'une membrane de 0,45µm.
- Insérer le filtre dans 50 ml d'eau peptonée tamponnée pour effectuer le pré-enrichissement et laisser incuber à une température de 37 °C pendant 24 heures.

Après avoir incubé, ajoutez 1 ml du bouillon d'enrichissement à 10 ml du milieu Rappaport Vassiliadis préalablement chauffé à une température de 42°C, puis incubez à une température de 37 °C pendant 18 à 24 heures.

- Utilisez une anse pour répéter le milieu Hektoen pour réaliser un isolement et incuber à une température de 37 °C pendant 24 heures.

##### **B) Lecteur**

- Colonies ayant un contour régulier.
- Colonies ayant la couleur rouge.

#### **4.2.1.5 Isolement du vibrion cholérique (Norme ISO / TS 21872-1)**

On utilise cette méthode pour identifier des vibrions cholériques dans des eaux usées épurées et brute, en utilisant une filtration sur membrane.

##### **A) Mode opératoire**

- Effectuer un pré-enrichissement en versant 450 ml d'eau peptonée alcaline dans un flacon, puis incuber pendant 24 heures à une température de 37 °C.
- Après avoir incubé, ajoutez 1 ml du bouillon d'enrichissement à 10 ml d'eau peptonée alcaline (pour enrichir).
- Ensuite, une plaque de gélose GNAB estensemencée à partir du bouillon d'enrichissement, puis incubée à une température de 37 °C pendant 24 heures.

##### **B) Lecteur**

- Apparition de colonies plates et transparente.

## ***CHAPITRE II :***

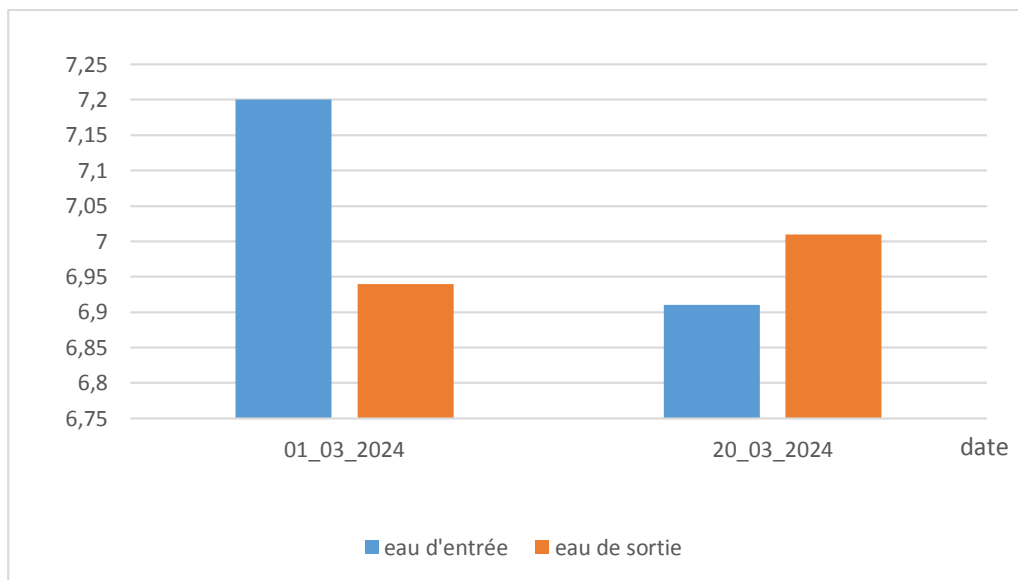
### ***RESULTATS ET DISCUSSIONS***

## 1 Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses de la qualité de l'eau aux dates du 01 mars à 20 mars 2024 montrent des variations importantes entre les différents paramètres mesurés à l'entrée et à la sortie du système de traitement.

### 1.1 pH

Le graphique 18 montre les valeurs de pH dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.



**Figure 18 :** Valeurs de pH dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Le pH de l'eau brute est légèrement plus élevé que 7,2 le 1er mars 2024, ce qui suggère une eau proche de la neutralité avec une légère tendance basique. D'un autre côté, le pH de l'eau de sortie de cette journée est inférieur à 7, ce qui indique que l'eau est devenue légèrement acide suite au traitement.

Le pH de l'échantillon du 20 mars est présente une neutralité dans l'eau d'entrée et de sortie.

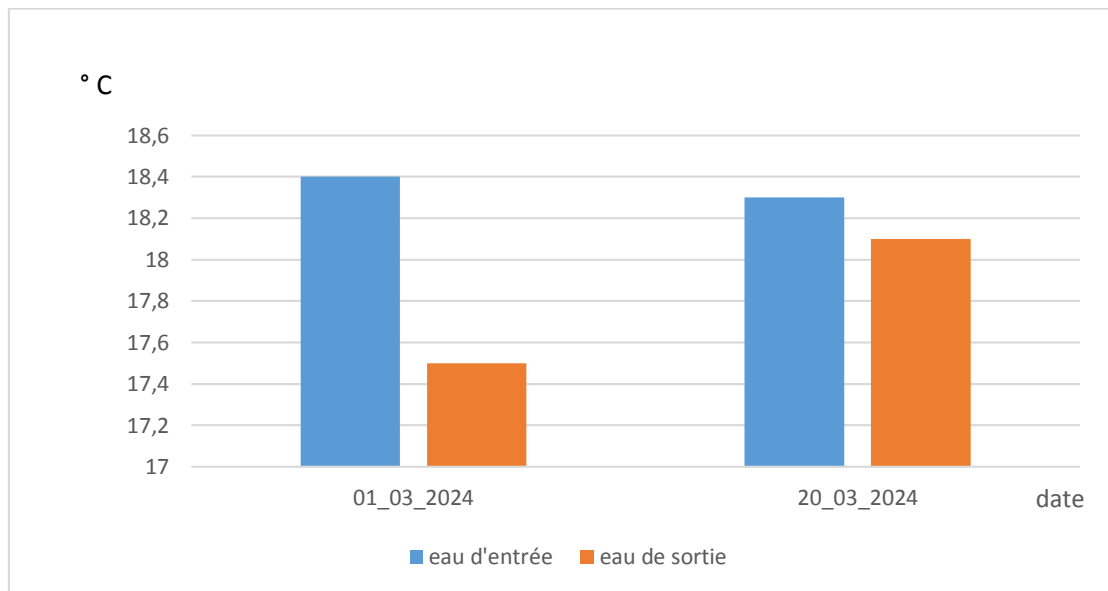
La différence de pH entre l'eau d'entrée et l'eau de sortie pourrait suggérer que le traitement à la STEP entraîne une modification de l'acidité ou de la basicité de l'eau, probablement en fonction des caractéristiques de l'eau brute à ces dates précises. D'après l'OMS, le pH des eaux usées traitées doit être compris entre 6,5 et 8,5 pour assurer la compatibilité avec les écosystèmes récepteurs et prévenir la corrosion des infrastructures. Selon le graphique, le pH de l'eau d'entrée est d'environ 7,2, tandis que celui de l'eau de sortie est de

6,9. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de rejet (2006), car elles se situent dans la fourchette réglementaire.

Les résultats de pH enregistrés dans notre travail avoisinent les valeurs de pH rapportés par Ben Ahmed et Chara (2022).

## 1.2 Température

La figure ci-dessous représente la température de l'eau usée brute et traité de la STEP Est de Tizi-Ouzou.



**Figure 19 :** Température de l'eau usée brute et traité de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Pour l'analyse du 1er mars 2024, l'eau d'entrée à une température d'environ 18,4°C, tandis que celle de sortie est autour de 17,4°C. On peut expliquer cette diminution de température par le processus de traitement qui, en fonction des méthodes utilisées, peut entraîner un refroidissement de l'eau, comme par exemple un processus d'aération ou de stockage.

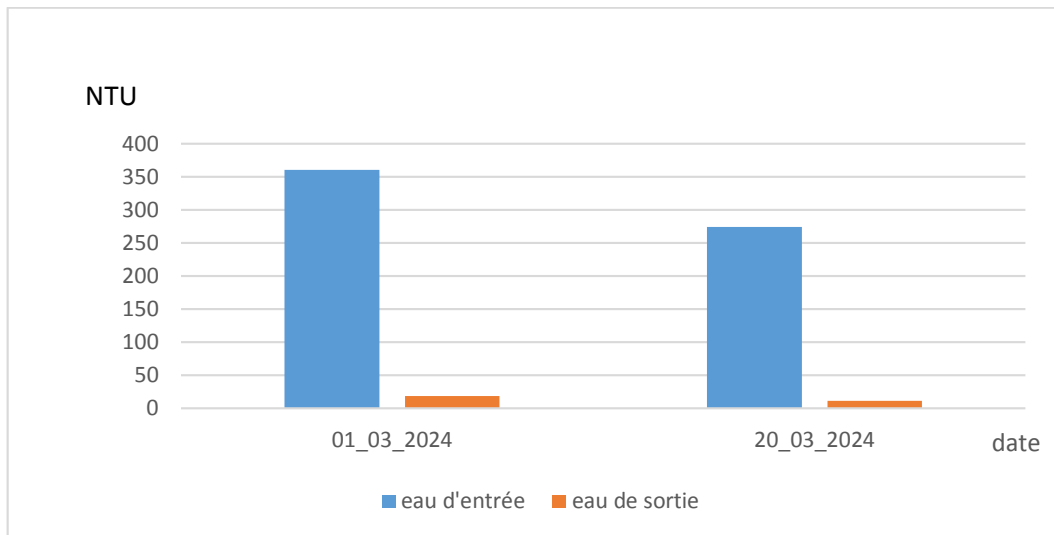
Pour celle du 20 mars 2024, on observe l'eau d'entrée est à l'environ de 18,2°C, et l'eau de sortie est en auteur de 17,8°C. Malgré une diminution de température moins marquée que celle observée le 1er mars, elle confirme que le traitement a un effet cumulatif sur la température de l'eau.

La figure 19 montre une légère différence de température entre l'eau d'entrée et l'eau de sortie en mars, et ces valeurs restent nettement inférieures à la limite autorisée par les normes algériennes pour les rejets d'eaux usées traitées (JORAD, 2006).

Les températures enregistrées pour l'eau usée brute dans notre travail sont plus élevées que celles rapportées dans l'étude de Ben Ahmed et Chara (2022), ce qui est due probablement aux variations climatiques entre l'année 2022 et 2024.

## 1.2 Turbidité

La figure 20 représente la concentration de la turbidité dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.



**Figure 20** : Concentration de la turbidité dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Les résultats de la turbidité, qui évalue la transparence de l'eau en fonction de la quantité de particules en suspension, ont révélé une diminution notable de 86 unités entre les deux dates. Cela témoigne d'une amélioration de la qualité de l'eau en ce qui concerne les sédiments et les matières en suspension.

La turbidité entre l'eau d'entrée et l'eau de sortie est considérablement réduite à chaque date. Cela démontre l'efficacité de la méthode de traitement de l'eau utilisée dans la station d'épuration, qui réussit à réduire les substances en suspension qui causent la turbidité.

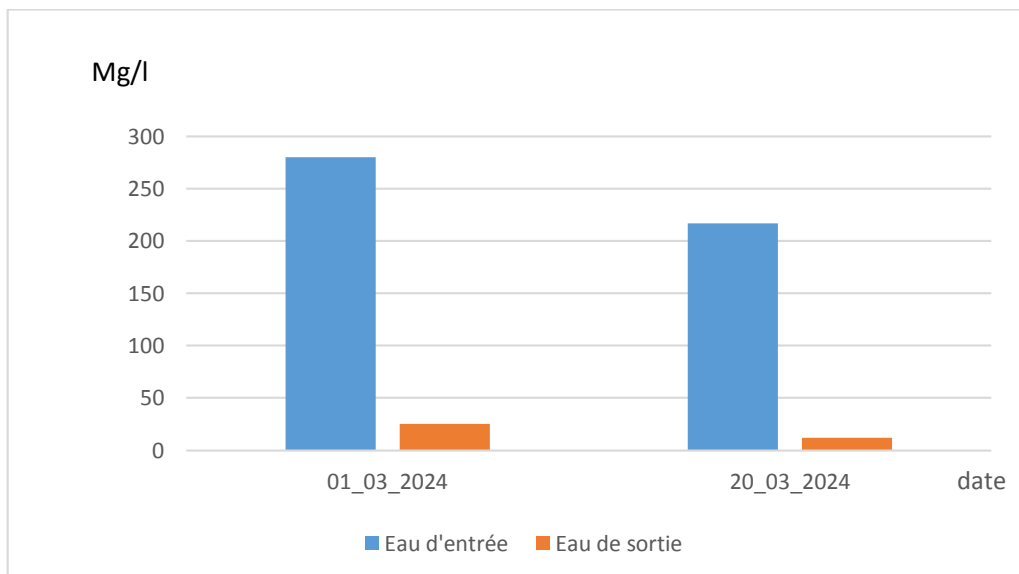
D'après le règlement exécutif algérienne du 19 avril 2006 concernant les eaux usées, la concentration maximale de turbidité autorisée pour les eaux rejetées de surface est de 5 NTU. La turbidité de l'eau de sortie dépasse cette limite, avec des valeurs allant de 25 à 30 NTU,

comme le montre le graphique. Cela implique que l'eau rejetée ne respecte pas les normes de turbidité en Algérie.

Les valeurs de la turbidité des eaux usées sont plus élevées dans notre étude par rapport aux valeurs de la turbidité qui sont mesurés par Ben Ahmed et Chara en 2022. La différence des résultats implique que l'efficacité de traitement n'est pas fixe et change au fils des années.

### 1.3 Matières en Suspension (MES)

La concentration des MES dans l'eau usée brute et épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou nous renseigne sur l'efficacité de l'élimination de la matières solide (figure 21).



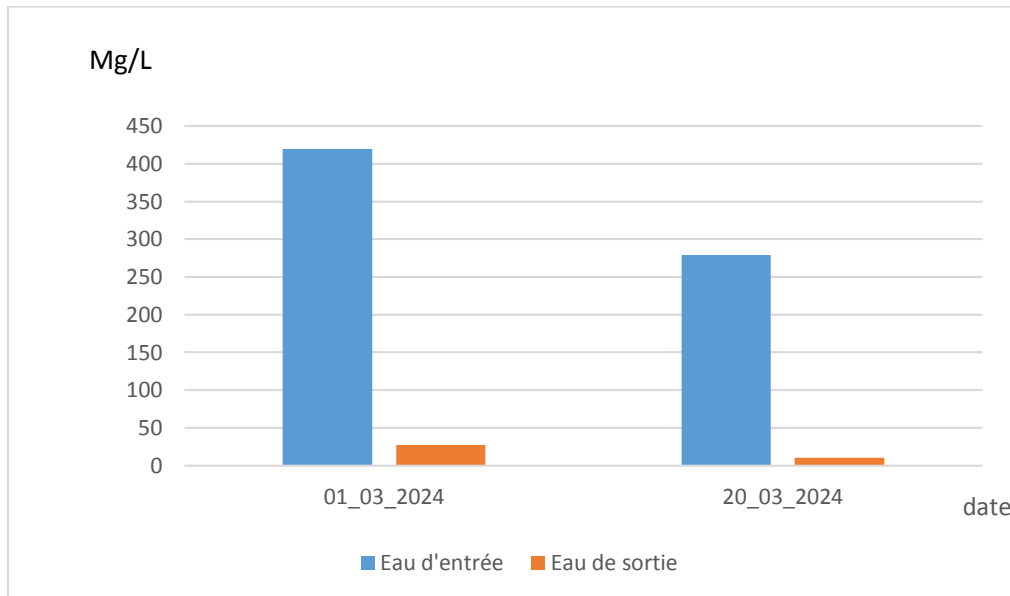
**Figure 21** : Concentration des MES dans l'eau usée brute et épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La diminution des MES est remarquable pour les deux dates, une moyenne en MES qui est de 280 mg/l pour l'eau brute, qui diminue jusqu'à 25 mg/l pour l'eau traitée. Cette baisse est causée par le processus de décantation que l'eau usée subit. Étant donné que la limite des MES pour le rejet dans le milieu récepteur est de 35 mg/l (JORAD, 2006).

Selon Chachuat (1998), la baisse de la concentration en MES à la sortie de la STEP peut être attribuée à la filtration physique, qui vise à retenir les matières grossières en surface et les plus fines, que ce soit par blocage entre les pores, par interception et fixation sur les grains ou par interactions chimiques de type Van Der Waals.

#### 1.4 Demande Biologique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La figure 22 montre la concentration de la DBO<sub>5</sub> dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.



**Figure 22 :** Concentration de la DBO<sub>5</sub> dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

On observe une augmentation significative de la DBO<sub>5</sub> dans le deuxième analyse, ce qui témoigne d'une dégradation efficace de la matière organique biodégradable. La différence entre la DBO<sub>5</sub> à l'entrée pendant la journée du premier mars et celle du vingt mars pourrait témoigner d'une fluctuation des charges organiques.

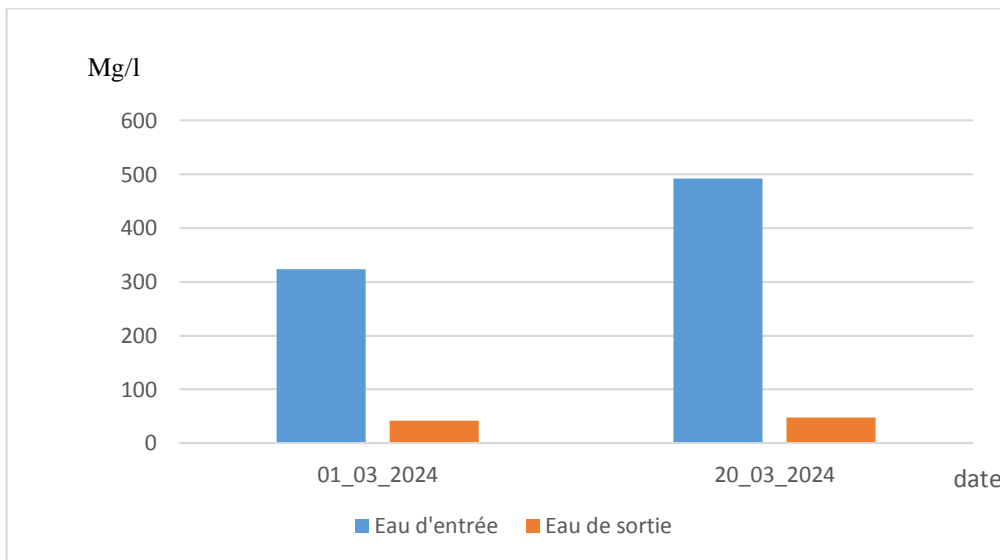
Le graphique montre que le traitement biologique réduit considérablement la DBO<sub>5</sub>, tout en tenant compte de l'impact potentiel de la température et des variations dans la qualité des effluents à traiter.

Selon les normes algériennes de 2006, la concentration maximale de DBO<sub>5</sub> pour un rejet dans le milieu naturel est de 35 mg/L. Les valeurs présentés dans ce graphique semblent s'approcher de cette norme pour l'eau de sortie, mais pourrait encore nécessiter une optimisation pour répondre aux critères stricts dans certaines situations.

La DBO<sub>5</sub> dans notre étude est moins élevée que celle de l'étude de Ben Ahmed et Chara (2022), ce qui informe sur le taux d'oxydation de la matière organique qui est plus poussé dans notre étude.

### 1.5 Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La concentration de la DCO dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou est représentée dans la figure ci-dessous.



**Figure 23 :** Concentration de la DCO dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

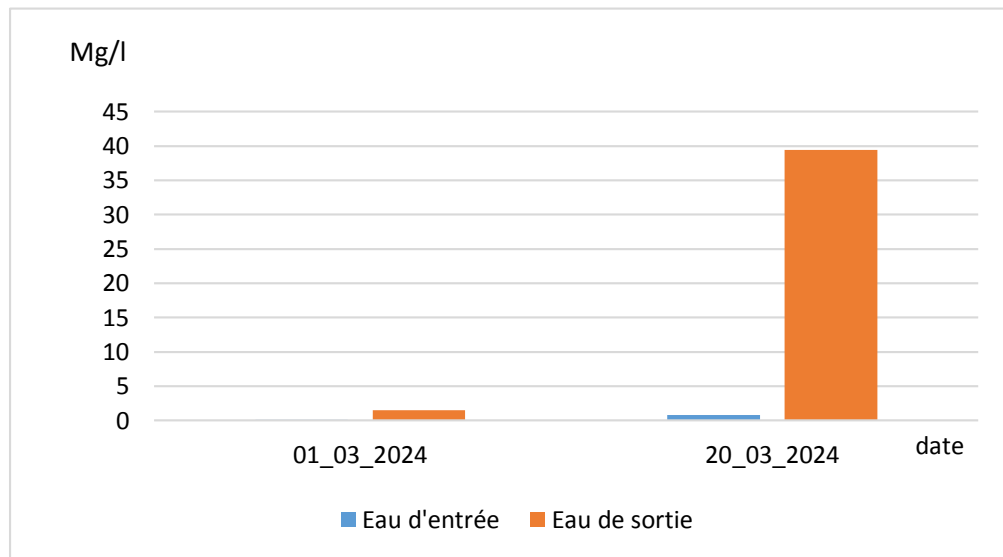
Les valeurs de la DCO sont plus élevées à l'entrée, tandis qu'elles diminuent à la sortie, enregistrant des valeurs proches entre les deux dates. Les fortes concentrations de DCO dans l'eau d'entrée sont respectivement 324 mg/L et 492 mg/L, ce qui est due probablement à une concentration élevée de matières organiques provenant des effluents urbaines.

A la fin du traitement, nous avons observé une diminution significative de la DCO de l'eau de sortie 42 mg/L et 48 mg/L, ce qui prouve l'efficacité du traitement. Les différences dans les valeurs de la DCO peuvent s'expliquer par la variabilité des sources d'effluents. Les résultats de la DCO pour l'eau de sortie sont conformes aux normes algérienne de 2006 avec des valeurs bien inférieure aux limite fixée à 120 mg /l.

Les valeurs à l'entrée de DCO montrent une variation par rapport aux résultats de celle rapporté par Ben Ahmed et Chara (2022). Notre valeur minimale 324 mg/l est inférieure à leur valeurs minimale 380 mg/l, tandis que la valeur maximale 492 mg/l est supérieure à celle de Ben Ahmed et Chara (2022) qui est de 468 mg/l.

## 1.6 Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates proviennent de la réaction de nitrification de l'azote ammoniacal par les bactéries autotrophes nitrifiantes en présence d'oxygène dissous (Duronzier et al, 2001). Le graphe 24 montre la concentration des nitrates dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.



**Figure 24 :** Concentration des nitrates dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

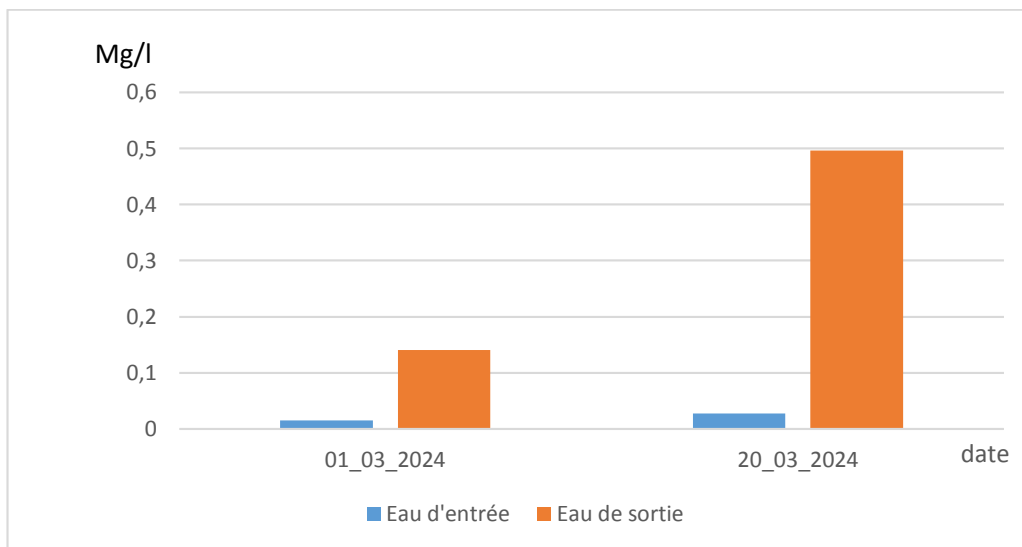
Les nitrates qui augmentent à la sortie témoignent d'un processus de nitrification actif qui convertit l'ammonium en nitrate. Toutefois, la forte augmentation, en particulier le 20 mars, pourrait présenter des dangers pour la santé humaine comme la contamination de l'eau souterraine et favoriser l'eutrophisation. Il est essentiel d'installer un processus de dénitrification afin de diminuer les niveaux de nitrate.

Les résultats des analyses montrent que les concentrations de nitrates respectent les normes algériennes de rejet (JORAD, 2006) qui est de 30 mg/L, bien que la valeur du 20 mars 2024 (45 mg/L) est proche de la limite fixée.

### 1.7 Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Le graphe 25 indique la concentration des nitrites dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Comme les nitrates, les nitrites sont également en hausse à la sortie de la STEP, cette augmentation simultanée peut être due à divers facteurs liés aux conditions opérationnelles de la station d'épuration (une nitrification incomplète et une dénitrification inefficace).



**Figure 25 :** Concentration des nitrites dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

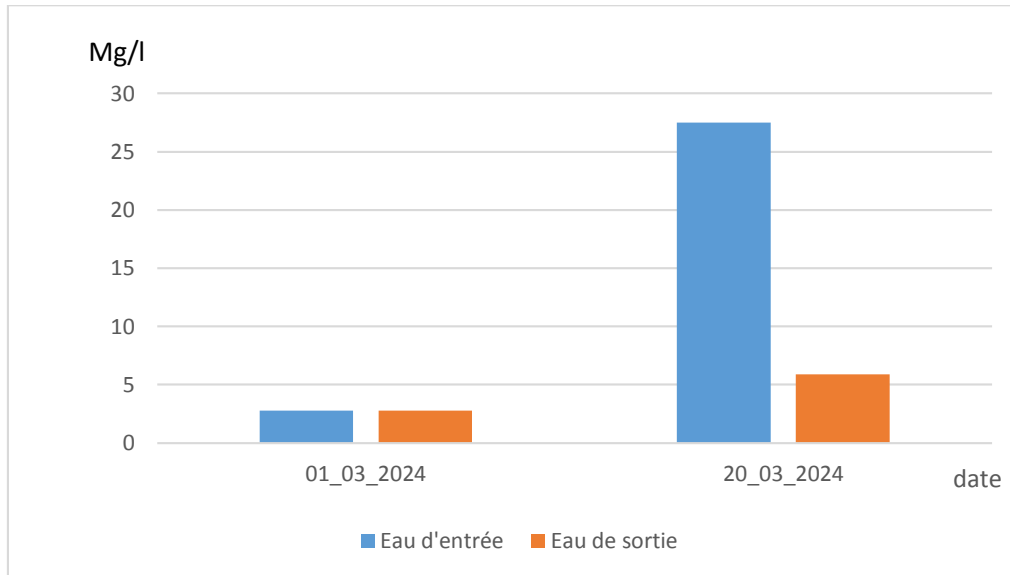
Selon une étude de Smith *et al.* (2019) il est essentiel d'améliorer le processus de nitrification et dénitrification. Une surveillance régulièrement des concentrations des nitrites s'impose afin d'éviter les conséquences néfastes sur la santé humaine et les écosystèmes aquatiques.

Les résultats des nitrites pour l'eau brute sont significativement plus élevés que ceux rapporté par Ben Ahmed et Chara (2022) pour la même période et la même station.

### 1.8 Orth phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

La figure 26, montre la concentration de orth phosphore dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi- Ouzou.

Durant la première analyse les valeurs de l'ortho phosphates à l'entrée et à la sortie de la station sont faibles et proche. Toutefois, nous avons enregistré une hausse importante de la concentration de l'ortho phosphate pour la deuxième analyse de l'eau usée brute par rapport aux valeurs de l'eau traitée. Les orth phosphates jouent un rôle dans l'eutrophisation (Smith *et al.*, 1998), et il est crucial de les réduire afin de préserver les écosystèmes aquatiques.



**Figure 26 :** Concentration de phosphore dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi- Ouzou.

Les niveaux de phosphore dans l'eau de sortie sont fixée à 2 mg/l (JORAD, 2006).

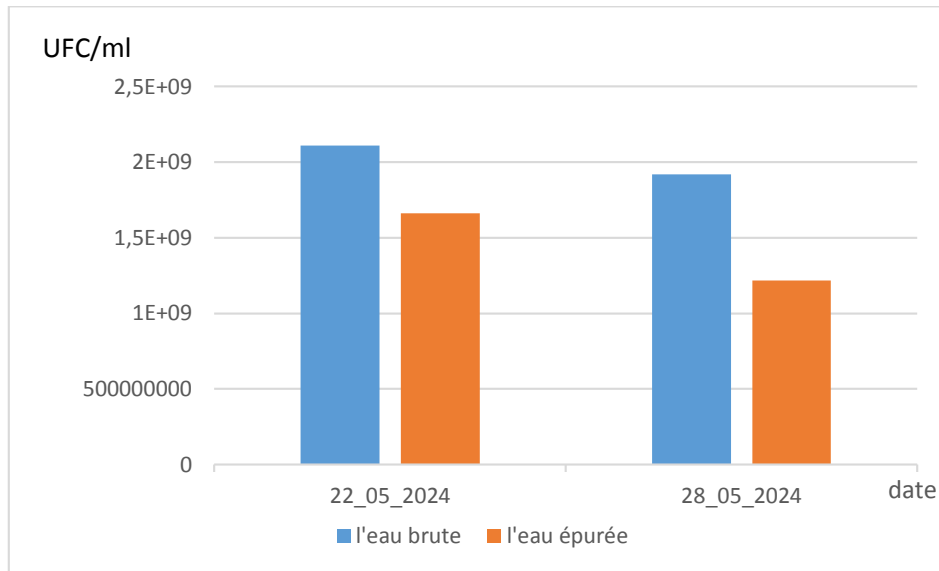
## 2 Analyse bactériologique

### 2.1 Flore mésophile à 22 °C

Le nombre de colonies de flore mésophile à 22 °C (en UFC/ml) à deux analyses sont différentes pour l'eau brute et l'eau épurée et ils sont exposés dans la figure ci-dessous.

D'après les résultats, on remarque que le nombre de la flore mésophile sont légèrement plus élevés dans l'eau brute avec des valeurs moyenne à l'entrée de l'ordre de  $2,1 \cdot 10^9$  UFC/ml qui atteint une valeur moyenne de  $1,45 \cdot 10^9$  UFC/ml à la sortie de la station.

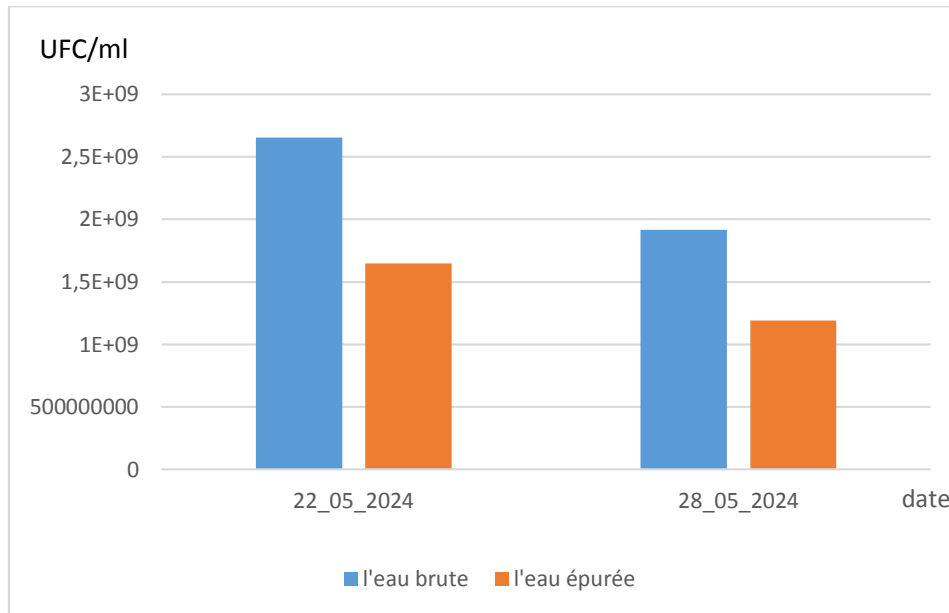
Ces valeurs nous renseignent sur la charge bactérienne de l'affluent qui est en égalité avec la charge bactérienne de l'effluent témoignant la non disponibilité de système de désinfection.



**Figure 27 :** Dénombrement de la flore mésophile à 22 °C dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

## 2.2 Flore mésophile à 37 °C

La figure 28 indique le nombre de colonies de flore mésophile à 37 °C (en UFC/ml) à deux analyses différentes pour l'eau brute et l'eau épurée.



**Figure 28 :** Dénombrement de la flore mésophile à 37 °C dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

A la lumière de ces résultats, il ressort que les résultats obtenus dans l'eau brute pour les deux analyses de la flore mésophile très élevés et de l'ordre de  $2,6 \cdot 10^9$  UFC/ml et  $1,9 \cdot 10^9$  UFC/ml. Pour les effluents traités le nombre de la flore mésophile est de l'ordre de  $1,6 \cdot 10^9$  UFC/ml et  $1,3 \cdot 10^9$  UFC/ml, ce qui signifie qu'il y a une légère réduction dans le nombre de ces germes.

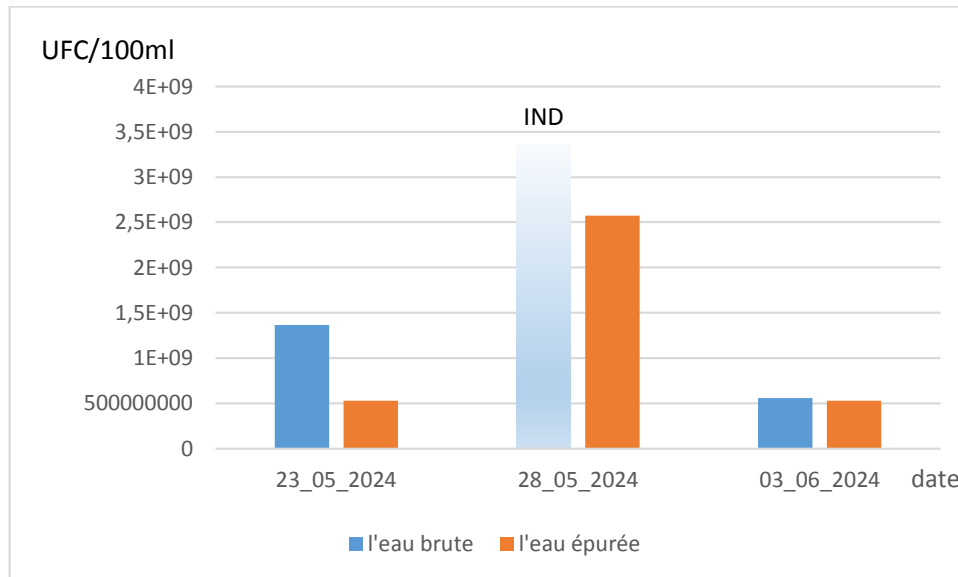
Le nombre de flore mésophile à 22 °C dans l'effluent traitée est en égalité à celle de la flore mésophile à 37 °C.

Ces résultats sont en contradiction avec ceux trouvés par Babou et M'zyene (2017), les résultats enregistrés dans leurs analyses concernant les germes totaux qui sont plus élevés dans les eaux traitées que dans les eaux brutes de la STEP respectivement de  $3,93 \cdot 10^7$  UFC/ml et  $4,51 \cdot 10^7$  UFC/ml, pour les germes pathogènes à 22°C et  $2,16 \cdot 10^8$  UFC/ml et  $4,65 \cdot 10^7$  UFC/ml pour les germes pathogène à 37°C. Cet exemple met en évidence clairement un diagnostic de foisonnement dans le réacteur biologique.

La charge importante des germes totaux peut s'expliquer par plusieurs aspects ; la nature de l'effluent et la charge en matière organique qui peut être un support au développement bactérien, aussi l'efficacité de traitement appliqué qui en relation avec l'âge des boues, le climat de la période d'analyse en particulier la température.

### 2.3 Coliformes à 37 °C

La figure 29 expose le nombre de coliformes totaux à 37 °C en UFC/100 ml à trois analyses différentes (23 mai 2024, 28 mai 2024, et 3 juin 2024).



**Figure 29** : Dénombrement des coliformes totaux à 37 °C dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

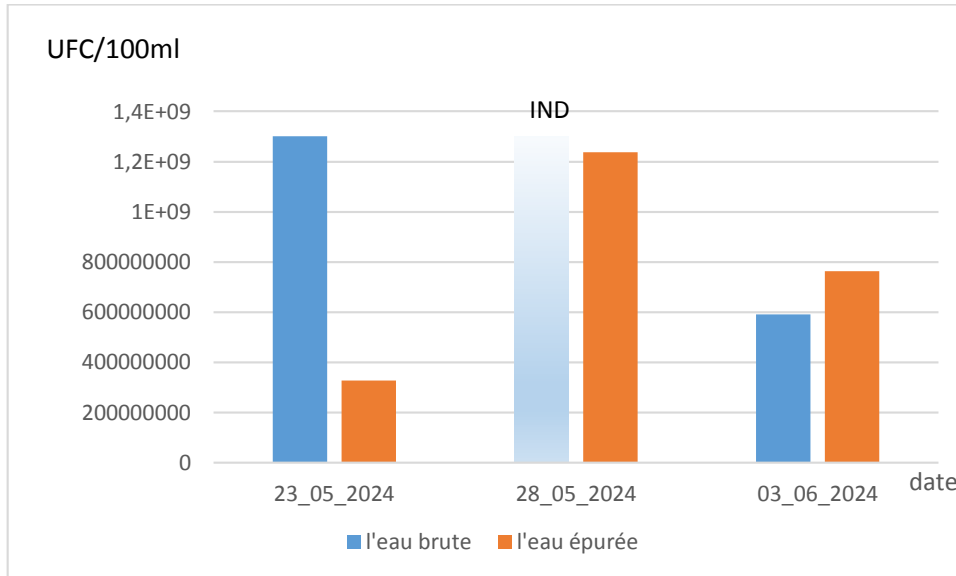
Le nombre des coliformes totaux dans l'eau brute est très élevé qui dépasse les  $10^9$  UFC/100 ml, pour tous les échantillons à l'exception de la troisième analyse, selon Rodier *et al.*, (2009) la charge en coliformes des eaux usées domestique ne dépasse les valeurs trouvés dans notre travail, ce témoigne une forte contamination. Pour les effluents traités le nombre moyen de germes est de l'ordre de  $1,16 \cdot 10^9$  UFC/100ml qui signifie une réduction forte par rapport aux valeurs de l'eau brute.

L'analyse du 28 mai montre que le nombre des coliformes totaux est très élevé et sont indénombrable (IND) ce qui signifie que l'échantillon est vraiment chargé en coliformes. Pour l'eau traitée on a observé une réduction dans le nombre des germes est à l'ordre de  $2,6 \cdot 10^9$  UFC/100ml.

Nos résultats sont très élevés à ceux trouvés par Ben Ahmed et Chara (2022) qui ne dépasse pas  $10^5$  UFC /100ml, nos valeurs sont en accord avec les nombres élevés de flore mésophile.

## 2.4 Coliformes à 44 °C

Le graphe ci-dessous révèle le nombre de coliformes fécaux à 44 °C en UFC/100 ml dans l'eau brute et l'eau épurée à trois analyses différentes (23 mai 2024, 28 mai 2024, et 3 juin 2024).



**Figure 30 :** Dénombrement des coliformes fécaux à 44 °C dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

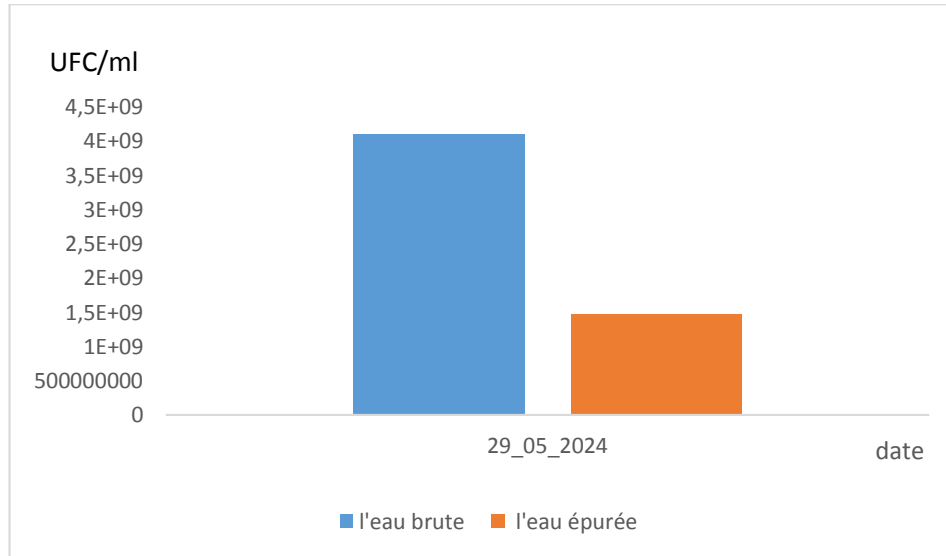
L'analyse du 28 mai montre que le nombre des coliformes fécaux dans l'eau brute est très élevé (indénombrable à la dilution de  $10^{-9}$ ) ce qui affirme qu'une surcharge par rapport à l'autre analyse. L'eau épurée présente une concentration basse, autour de  $1,2 \cdot 10^9$  UFC/100 ml ce qui témoigne d'une purification efficace.

L'analyse de 3 juin 2024 montre que le nombre de coliformes fécaux dans l'eau brute est inférieur à celui de l'eau épurée. Ce phénomène peut être attribué à la prolifération bactérienne déjà existante dans le réacteur biologique pour l'oxydation de la matière organique.

Le nombre moyen de coliformes totaux  $1,16 \cdot 10^9$  UFC/100ml est inférieur à la moyenne des coliformes fécaux  $2,7 \cdot 10^9$  UFC/100 ml ce qui est attendu puisque les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux.

## 2.5 Staphylocoques

Le graphe ci-dessous montre le nombre des staphylocoques en UFC/100 ml dans l'eau brute et l'eau épurée.



**Figure 31** : Dénombrement des staphylocoque dans l'eau usée brute et épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Les résultats montrent que le nombre des staphylocoques dans l'eau brute est de l'ordre de  $4 \cdot 10^9$  UFC/100 ml. Pour les effluents traitée le nombre des staphylocoques est égal à  $1,5 \cdot 10^9$  UFC/100 ml qui témoigne une légère réduction de la concentration.

D'après l'étude menée par Bitton (2005), les staphylocoques sont intégrés à la flore microbienne des eaux usées brutes en raison de leur présence dans les rejets humains. Leur survie dans ces environnements repose sur les nutriments et la matière organique disponibles, ce qui explique leur présence fréquente dans les eaux usées avant traitement.

Nos résultats sont supérieurs à ceux trouvé par Ben Ahmed et Chara (2022) qui est à  $184 \cdot 10^4$  UFC/100ml et 7 UFC/ 100ml.

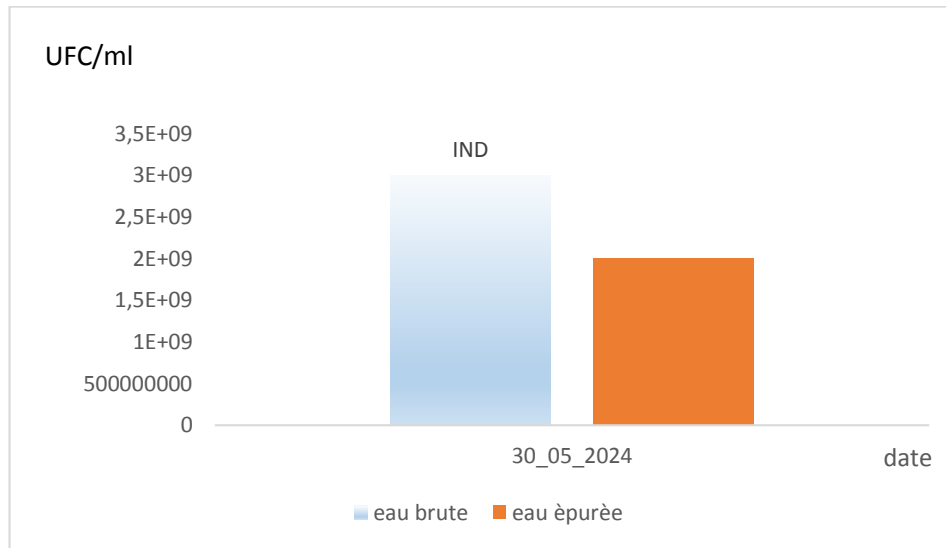
La forte concentration des germes indicateurs de contamination fécale met en évidence l'inefficacité du traitement appliqué dans la station vis-à-vis les bactéries, impliquant la mise d'un système de désinfection pour la protection des milieux récepteurs.

## 2.6 Salmonelle

D'après les résultats obtenus, on trouve que le nombre des salmonelles est toujours indénombrable dans l'eau brute et l'eau épurée malgré plusieurs dilutions et échantillons différents.

## 2.7 Vibriion cholérique

Ce graphique montre le nombre de vibrions cholériques en UFC/ml dans l'eau brute et l'eau épurée à la date du 30 mai 2024.



**Figure 32 :** Dénombrement des vibrion cholérique dans l'eau usée brute et traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

L'eau brute présente une concentration très élevée de vibrions cholériques. L'eau épurée montre une concentration significativement inférieure  $1,7 \cdot 10^9$  UFC/ml ce qui équivaut à une réduction significative dans le nombre de vibrions cholériques.

Les exigences pour une eau traitée de manière sécuritaire ne requièrent que le Vibriion cholérique soit absent ou non détectable. La présence d'une telle concentration témoigne d'une contamination sérieuse, ce qui rend l'eau dangereuse et démontre que le traitement n'a pas réussi à éliminer les agents pathogènes clés.

# *CONCLUSION*

## Conclusion

---

L'analyse physico-chimique et bactériologique des eaux usées de la station d'épuration (STEP) de Tizi Ouzou vise à évaluer l'efficacité du traitement mis en place dans cette station. Cela englobe l'étude des éléments essentiels tels que les matières en suspension (MES), la demande d'oxygène biologique (DBO), la demande d'oxygène chimique (DCO), les niveaux de nutriments tels que les nitrates, les nitrites et le phosphore, ainsi que la présence de bactéries qui peuvent indiquer une contamination. Grâce à ces analyses, il est possible de vérifier si les eaux usées traitées respectent les normes en vigueur, assurant ainsi un impact minimal sur l'environnement et la santé dans la population.

Selon l'analyse effectuée, les valeurs moyennes pour les paramètres physico-chimiques mesurés à l'entrée et à la sortie sont : les MES de 280 mg/L et 25 mg/L, la DBO<sub>5</sub> de 27 mg/L et 10 mg/L, et la DCO de 42 mg/L et 48 mg/L. Ces résultats sont satisfaisants et respectent les normes nationales (JORAD, 2006). Toutefois, certaines concentrations, telles que les nitrites avec une valeur maximale de 39,4 mg/L qui est supérieure aux limites acceptables, ce qui laisse entendre qu'il y a une efficacité variable du traitement pour ces éléments spécifiques.

Pour l'analyse bactériologique des eaux usées traitées la flore mésophile 22 °C à une réduction moyenne de l'ordre de  $1,45 \cdot 10^9$  UFC/ml et une réduction de  $1,4 \cdot 10^9$  UFC/ml en flore mésophile à 37°C. Les coliformes montrent une réduction moyenne de  $1,16 \cdot 10^9$  UFC/100ml (coliformes totaux) et une réduction de  $2,7 \cdot 10^9$  UFC/100ml (coliformes fécaux) et on a marqué une légère réduction de  $1,5 \cdot 10^9$  UFC/100 des staphylocoques et une réduction significative de  $1,7 \cdot 10^9$  UFC/ml des Vibrios cholériques.

### **Pour conclure nous recommandons :**

- Doté la station par un système de nitrification et dénitrification.
- D'effectuer des analyses au niveau de réseaux d'assainissement afin de repérer les sources potentielles de ces contaminants et d'évaluer des technologies de traitement alternatives ou additionnelles.
- De surveiller régulièrement les paramètres physico-chimiques et bactériologiques pour garantir une conformité constante aux normes et de prévenir les risques environnementaux.

***REFERENCE***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

- 1 **Aguilar-Galvez A et Dubois-Dauphin R et al, 2011.** Les entérocoques : avantages.
- 2 **Akpo Y, 2006.** Evaluation de la pollution des eaux usées domestiques collectées et traitées à la station d'épuration de Camberene (Dakar). Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales.Faculté des sciences et techniques : Université Cheikh Anta Diop (Dakar, Senegal), 44 p.
- 3 **Arhab T et Chebli T, 2020.** Évaluation de l'efficacité des grains de *Moringa oleifera* dans la décontamination de l'effluent secondaire liquide de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou.
- 4 **Asano T, 1998.** Irrigation with reclaimed municipal wastewater: California experiences. In Reuse of low-quality water for irrigation in Mediterranean countries (Vol. 10, Options Méditerranéennes. Série A. Séminaire Méditerranéen 1). United States of America. 1475p.
- 5 **Aulicino E. A, Mastrantonio A, Orsini E, Bellucci C, Muscillo M. and Larosa G., 1996.** Enteric viruses in a wastewater treatment plant in Rome. *Water, Air, and Soil Pollution*, 91 : 327-334.
- 6 **Babou L, et M'zyene N, 2018.** Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux brutes et traitées de la STEP Est de Tizi-Ouzou.
- 7 **Baker R. W, 2012.** Membrane technology and applications. John Wiley & Sons.
- 8 **Baumont S, Camard J. P, et Lefranc A, 2009.** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France (Rapport, École nationale supérieure agronomique de Toulouse). ENSAT.
- 9 **Becis M, et Belouidiane A, 2005.** Impact des eaux usées sur la santé publique et l'environnement. *Revue des Sciences de l'Eau*, 18(4), 567-580.
- 10 **Belaid N, 2010.** Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques (Thèse de doctorat, Université de Limoges).
- 11 **Belmihoub N, et Bouderbala O, 2017.** Cinétique des nutriments à l'amont et à l'aval de la station d'épuration est de la ville de tizi-ouzou.
- 12 **Ben Ahmed K et Chara I, 2022.** Décontamination de l'affluent d'eau usée par un cogulant biologique (*Moringa Oleifera*).
- 13 **Bendimerad A, 2010.** Effet de la supplémentation en sélénium sur la réponse immune au cours de l'infection à SARM (Mémoire de master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen).

- 14 **Blanc R, et Nasser A, 1996.** Effect of effluent quality and temperature on the persistence of viruses in soil. *Water Science and Technology*, 33(10-11), 237-242.
- 15 **Bliefert C, et Perraud R, 2003.** Chimie de l'environnement (1re éd., 2e tirage). 289 p.
- 16 **Bonnefoy C, Guillet F, Leyral G, et Verne-Bourdais, 2002.** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Paris : Collection Biosciences et techniques, Série Science des aliments.
- 17 **Boucenina H, 2017.** Analyse bactériologique des eaux de certains écoles à la wilaya de Mila.
- 18 **Bouchaala L, 2016.** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau des écosystèmes aquatiques de Guerbes Sanhadja (Skikda) et utilisation de l'espace par le canard siffleur *Anas penelope* (Thèse de doctorat, Université de Skikda).
- 19 **Bougattoucha W et Boudelaa Y, 2010.** L'examen cyto bactériologique des urines. École de formation paramédicale de Skikda, Algérie.
- 20 **Bourrier M, Dupont L, et Martin J, 2010.** Caractérisation des matières en suspension (MES) dans les eaux usées : Impacts et méthodes de traitement. *Revue des Sciences de l'Eau*, 115-130.
- 21 **Bouziani A, 2000.** Caractérisation physico-chimique des eaux usées. *Revue des Sciences de l'Eau*, 123-135.
- 22 **-Cauchi, Hyvrard, Nakache, Schwartzbrod, Zagury, Baron, Carre, Courtois, Denis, Dernas, Larbaigt, Derangere, Martigne, Et Seguret, 1996.** Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration. *Techniques, Sciences et Méthodes* 2 pp 81-118.
- 23 **Chechomkammogne C. C, 2010.** Profil bactériologique des infections en stomatologie et chirurgie maxillo-faciale (Mémoire, UFR de sciences médicales, Abidjan-Côte d'Ivoire).
- 24 **Chocat B, 1997.** Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Lavoisier. Paris, France. 1124 p.
- 25 **Colwell R. R, Brayton P, Herrington D, Tall B, Huq A et Levine M. M, 1996.** Viable but non-culturable *Vibrio cholerae* O1 revert to a cultivable state in the human intestine. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 12(1), 28-31.
- 26 **De Villers J, Squilbin M, et Yourassowsky C, 2005.** Qualité physico-chimique et chimique des eaux VILAGINES Roland. (2003)-Eau environnement et santé publique – introduction à l'hydraulique. 2ème édition. Edition Tec et Doc, Paris.

- 27 **Debabza M, 2005.** Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba (Thèse de Magister, Université Badji-Mokhtar-Annaba).
- 28 **Dellarass C, 2003.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Lavoisier.
- 29 **Descamps, 2009.** Entérocoques résistants aux glycopeptides (ERG) (Mémoire d'ingénieur, UMMTO).
- 30 **Dhaouadi H, 2008 ; Metcalf et Eddy, 2014.** Traitement des eaux usées urbaines : Les procédés biologiques d'épuration. Université Virtuelle de Tunis. 34 p.
- 31 **Duronzier G, Schétrite S, Racault Y, Canler J. P, Liénard A, Héduit A, Duchéne P, 2001.** Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologiques des petites collectivités; CEMAGREF, Antony, 79p.
- 32 **FAO, 2003.** L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper, 65p.
- 33 **Figarella J, Leyral G et Tarret M, 2001.** Microbiologie appliqué (Tom 2). Edition :Laureus. P 285.
- 34 **Gleick P. H, 1993.** L'eau en crise : Guide des ressources mondiales en eau douce .Oxford university press.
- 35 **Grosclaude J, 1999.** Gestion des eaux agricoles et impacts environnementaux. Éditions Techniques Agricoles, 245 pages.
- 36 **Guiraud J, 2003.** Microbiologie Alimentaire. Edition DUNOD. Paris. Pp : 136-139. H.
- 37 **Hamdi M. S, et Ait Kaci Ismal M, 2008.** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued Béni-Messous (Mémoire de DEUA, Sciences de la mer).
- 38 **Hebert L, 2008.** Etude de la résistance au lysozyme chez *Enterococcus faecalis*. Université de caen. P :16 – 20.
- 39 **Henze et al, 2008 ; Von Sperling, 2007.** Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal.
- 40 **Henze M, van Loosdrecht M. C. M, Ekama G. A, et Brdjanovic D, 2008.** Biological Wastewater Treatment : Principles, Modelling and Design.
- 41 **ISO, 1986.** Recherche et dénombrement des spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs (clostridia)-partie 1 : méthode par enrichissement dans un milieu liquide.
- 42 **Jaulhac B, (n.d.).** Laboratoire de bactériologie Staphylocoques.
- 43 **Lebres E, Azizi D, Hamza A, Taleb F et Taouchicht B, 2002.** Manuel des travaux pratiques. Institut Pasteur d'Algérie.20p.

- 44 Loumi et Yefsah, 2010.** Valorisation des eaux usées traitées en irrigation : cas de la station.
- 45 Lounnas A, (2009.** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station.
- 46 Lutz C, Erken M, Noorian P, Sun S et McDougald D, 2013.** Environmental reservoirs and mechanisms of persistence of *Vibrio cholerae*. *Frontiers in Microbiology*.
- 47 Makhoukh M, Sbaa M, Berrahou A et Van Clooster M, 2011.** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental). *Larhyss Journal*, 9, 65-83.
- 48 Mara D. D, et Horan N. J, 2003.** *Handbook of Water and Wastewater Microbiology*.
- 49 Martin G, 1979.** Le problème de l'azote dans les eaux, 279 pp, edited by L.T.e. Documentation, Paris.
- 50 Mohammed Saïd M, 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 (Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou).
- 51 Moumouni-Djermakoye H, 2005.** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux souterraines et les eaux de surfaces (Thèse de doctorat, Université de Bamako, Niger).
- 52 Nataolie A, juin 2022.** Etude des bactéries *Clostridium Sulfito* –réducteur et leur rôle dans la microbiologie clinique .Communication présentée au Congrès international de microbiologie ,Paris ,France.
- 53 Olivaux Y, 2007.** La nature de l'eau. Ed. Marco Pietteur. France. 563p.
- 54 Plata K, Rosato A, E, et Węgrzyn G, 2009.** *Staphylococcus aureus* as an infectious agent: Overview of biochemistry and molecular genetics of its pathogenicity. *Acta Biochimica Polonica*, 56(4), 597.
- 55 Rejeseck, 2002.** « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.
- 56 Richard C, 1996.** Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux, Ed. Scientifiques et Médicales, Elsevier, Paris, 115 p.
- 57 Rodier J ; Legube B ; Merlet N, 2009 :** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers ; 9<sup>ème</sup> édition. Edition Dunod. Paris.
- 58 Rodier J, 2005.** l'Analyse de l'eau 8<sup>ème</sup> édition, Dunod.
- 59 Sandrine Borgeaud, Melanie Blokesch, 2013.** Overexpression of the tcp Gene Cluster Using the T7 RNA Polymerase/Promoter System and Natural Transformation-Mediated Genetic Engineering of *Vibrio cholera*. Article in PLoS ONE.

- 60 Selaimia N et Boukerche M, 2023.** Évaluation de la qualité microbiologique de l'eau potable (eau de robinet) et l'eau de quatre sources naturelles dans la région de Guelma.
- 61 Smith J, Brown A et Johnson M, 2019.** Amélioration des processus de nitrification et de dénitrification dans la station d'épuration des eaux. *Journal de la gestion environnementale*, 234, 123-130.
- 62 Snoussi I, 2018.** Qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de puits en milieu rural (El Menzel).
- 63 Stucki K, 2014.** Infections à entérocoques : du plus simple au plus complexe. *Revue Médicale Suisse*, 10, 1918-1923.
- 64 Tchobanoglous G, Burton F. L et Stensel H. D, 2003.** Ingénieur des eaux usées: traitement et réutilisation (4e 2d.) McGraw-Hill.
- 65 Tradat M. H, 1992.** Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile, zinc, Canada. 537p.
- 66 Tremblay C-L, 2012.** Étude de la résistance aux antibiotiques des entérocoques d'origine animale du Québec (Thèse de doctorat, Université de Montréal).
- 67 Veh K. A, 2014.** Validation de marqueurs de virulence de *Staphylococcus aureus* comme outils de pronostic de persistance intra mammaire (Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke).
- 68 Vibouroux J, 1981.** Étude des matières minérales et organiques dans les eaux : Évaporation et résidus. Presses Universitaires de France, 312 pages.
- 69 Vilagines R, 2003.** Eau, environnement et santé publique, Introduction à l'hydrologie, 2<sup>e</sup> édition, Editions Tec&Doc, PP : 195-198.
- 70 Vincent Gendrin, 2006.** Efficacité d'une décolonisation digestive par streptomycine per os chez les patients porteurs d'entérocoques résistants à la vancomycine au niveau digestif. Université henripoincarenancy 1.P : 4-7.
- 71 Weisser M et Widmer A. F, 2012.** Entérocoques multi résistants. *Revue Médicale Suisse*, 12(42), 805.
- 72 Wertheim H. F. L, 2005.** *Staphylococcus aureus* infections: Lead by the nose (Thèse de doctorat, Erasmus University Rotterdam). Den Haag.
- 73 Zhou X, Chen Q, Ni J, He S, Zhong J et Zheng X, 2017.** Estimation de la charge polluante quotidienne due à la consommation d'eau domestique : une étude de cas en chine. *Journal de la gestion de l'environnement*, 204, 79-85.

# *ANNEXES*

**Annexe 01 : Les analyse physico-chimique de l'eau usées**

**Tableau 1:** Résultats de analyse physique de l'eau brute et épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

<b>Date</b>	<b>Paramètres</b>	<b>Eau d'entrée</b>	<b>Eau de sortie</b>
<b>01/03/2024</b>	pH	7,2	6,94
	Température (°C)	18,4	17,5
	Turbidité (NTU)	360	18
<b>20/03/2024</b>	pH	6,91	7,01
	Température ( °C)	18,3	18,1
	Turbidité (NTU)	274	11

**Tableau 2 :** Résultats des analyse chimique de l'eau brute et épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

<b>Date</b>	<b>Paramètre</b>	<b>Eau d'entrée</b>	<b>Eau de sortie</b>
<b>01/03/2024</b>	MES (mg/l)	280	25
	DBO (mg/l)	420	27
	DCO (mg/l)	324	42
	Nitrate (mg/l)	0,03	1,5
	Nitrite (mg/l)	0,015	0,141
	Phosphore (mg/l)	2,75	2,75
<b>20/03/2024</b>	MES (mg/l)	217	12
	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	279	10
	DCO (mg/l)	492	48
	Nitrate (mg/l)	0,825	39,4
	Nitrite (mg/l)	0,028	0,496
	phosphore(mg/l)	27,49	5,89

**Annexe 02 : Les analyses bactériologiques des eaux usées**

**Tableau 1 : Résultats des analyse bactériologiques de l'eau brute et épurée ( Echantillon 1) de la STEP Est de Tizi-Ouzou.**

<b>Echantillon 1</b>					
<b>date</b>	<b>la bactérie</b>	<b>dilution</b>	<b>l'eau brute</b>	<b>dilution</b>	<b>l'eau épurée</b>
<b>22/05/2024</b>	<b>la flore mésophile à 22 °C</b>	10 <sup>-7</sup>	140	10 <sup>-1</sup>	112
		10 <sup>-8</sup>	92	10 <sup>-2</sup>	71
		10 <sup>-9</sup>	31	10 <sup>-3</sup>	30
		10 <sup>-10</sup>	12	10 <sup>-4</sup>	5
		10 <sup>-11</sup>	3	10 <sup>-5</sup>	2
		10 <sup>-12</sup>	0	10 <sup>-6</sup>	1
<b>22/05/2024</b>	<b>la flore mésophile à 37 °C</b>	10 <sup>-7</sup>	220	10 <sup>-1</sup>	159
		10 <sup>-8</sup>	169	10 <sup>-2</sup>	101
		10 <sup>-9</sup>	123	10 <sup>-3</sup>	80
		10 <sup>-10</sup>	96	10 <sup>-4</sup>	36
		10 <sup>-11</sup>	76	10 <sup>-5</sup>	11
		10 <sup>-12</sup>	29	10 <sup>-6</sup>	8
<b>23/05/2024</b>	<b>les coliformes 44 °C</b>	10 <sup>-9</sup>	74	10 <sup>-3</sup>	36
		10 <sup>-10</sup>	69	10 <sup>-4</sup>	13
		10 <sup>-11</sup>	28	10 <sup>-5</sup>	4
<b>23/05/2024</b>	<b>les coliformes à 37 °C</b>	10 <sup>-9</sup>	218	10 <sup>-3</sup>	32
		10 <sup>-10</sup>	98	10 <sup>-4</sup>	26
		10 <sup>-11</sup>	52	10 <sup>-5</sup>	1

## Annexes

**Tableau 2** : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute et épurée ( Echantillon 2) de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

<b>Echantillon 2</b>					
<b>date</b>	<b>les bactérie</b>	<b>dilution</b>	<b>l'eau brute</b>	<b>dilution</b>	<b>l'eau épurée</b>
<b>28/05/2024</b>	<b>la flore mésophile à 22 °C</b>	10 <sup>-6</sup>	286	10 <sup>-1</sup>	98
		10 <sup>-7</sup>	148	10 <sup>-2</sup>	36
		10 <sup>-8</sup>	63	10 <sup>-3</sup>	17
		10 <sup>-9</sup>	24	10 <sup>-4</sup>	9
		10 <sup>-10</sup>	9	10 <sup>-5</sup>	6
<b>28/05/2024</b>	<b>la flore mésophile à 37 °C</b>	10 <sup>-6</sup>	294	10 <sup>-1</sup>	176
		10 <sup>-7</sup>	124	10 <sup>-2</sup>	89
		10 <sup>-8</sup>	87	10 <sup>-3</sup>	42
		10 <sup>-9</sup>	63	10 <sup>-4</sup>	20
		10 <sup>-10</sup>	7	10 <sup>-5</sup>	9
<b>28/05/2024</b>	<b>les coliformes 44 °C</b>	10 <sup>-8</sup>	–	10 <sup>-3</sup>	212
		10 <sup>-9</sup>	–	10 <sup>-4</sup>	99
		10 <sup>-10</sup>	–	10 <sup>-5</sup>	37
<b>28/05/2024</b>	<b>les coliformes à 37 °C</b>	10 <sup>-8</sup>	–	10 <sup>-3</sup>	283
		10 <sup>-9</sup>	–	10 <sup>-4</sup>	18
		10 <sup>-10</sup>	–	10 <sup>-5</sup>	7
<b>29/05/2024</b>	<b>staphylocoque</b>	10 <sup>-8</sup>	289	10 <sup>-3</sup>	119
		10 <sup>-9</sup>	162	10 <sup>-4</sup>	43
<b>29/05/2024</b>	<b>salmonelle</b>	10 <sup>-6</sup>	IND	10 <sup>-1</sup>	IND
		10 <sup>-7</sup>	IND	10 <sup>-2</sup>	IND
<b>30/05/2024</b>	<b>vibron cholérique</b>		IND		220

*Annexes*

**Tableau 3** : Résultats bactériologique de l'eau brute et épurée ( Echantillon 3) de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

<b>Echantillon 3</b>						
<b>Date</b>	<b>Bactérie</b>	<b>dilution</b>	<b>couleur</b>	<b>l'eau brute</b>	<b>l'eau épurée</b>	
<b>03/06/2024</b>	<b>coliformes à 37 °C</b>	E.M		IND	IND	
		10 <sup>-3</sup>		IND	IND	
		10 <sup>-4</sup>	Rose			84
			Bleu			206
			Vert	IND		89
		10 <sup>-5</sup>	Rose		65	16
			Bleu		61	58
			Vert	IND		237
		10 <sup>-6</sup>	Rose		12	2
			Bleu		29	2
			Vert		19	IND

## **Résumé**

Les eaux usées de la ville de Tizi-Ouzou proviennent principalement des activités urbaines. Elles sont traitées par la STEP Est. Notre travail vise à analyser les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des effluents bruts et traités afin de repérer les éventuels problèmes de la STEP. Les résultats physico-chimiques obtenus révèlent une réduction remarquable des paramètres de pollution organique (DCO, DBO<sub>5</sub>) et chimique (phosphore) des effluents traités de la STEP Est, qui restent toujours en accord avec les normes. Toutefois, l'étude des caractéristiques bactériologiques mettent une réduction moyenne de  $1,45 \cdot 10^9$  UFC/ml en flore mésophile à 22 °C et une légère réduction en flore mésophile à 37°C de  $1,4 \cdot 10^9$  UFC/ml, les coliformes totaux à une réduction de  $1,16 \cdot 10^9$  UFC/100ml et une réduction moyenne de  $2,7 \cdot 10^9$  UFC/100ml des coliformes fécaux, une légère réduction de  $1,5 \cdot 10^9$  UFC/100 des staphylocoques et une réduction significative de  $1,7 \cdot 10^9$  UFC/ml de Vibrien cholérique. La qualité des rejets de la STEP Est de Tizi- Ouzou peut constituer un danger pour l'environnement et la santé humaine et animale.

**Mots clé :** eaux usées, caractéristique physico-chimique, caractéristique bactériologique.

## **Abstract**

The wastewater of the city of Tizi-Ouzou comes mainly from domestic activities. They are treated by the East STEP. Our work aims to analyze the physicochemical and bacteriological characteristics of the raw and treated effluents in order to identify potential problems of the STEP. The physicochemical results obtained reveal a remarkable reduction in the organic (COD, BOD<sub>5</sub>) and chemical (phosphorus) pollution parameters of the treated effluents of the East STEP, which always remain in accordance with the standards recommended by the WHO. However, the study of bacteriological characteristics put an average reduction of  $1.45 \cdot 10^9$  CFU/ml in mesophilic flora at 22 °C and a slight reduction in mesophilic flora at 37 °C of  $1.4 \cdot 10^9$  CFU/ml, total coliforms of  $1.16 \cdot 10^9$  CFU/100ml and an average reduction of  $2.7 \cdot 10^9$  CFU/100ml of fecal coliforms, a slight reduction of  $1.5 \cdot 10^9$  CFU/100 of staphylococci and a significant reduction of  $1.7 \cdot 10^9$  CFU/ml of Vibrio cholerae. The quality of discharges from the

## *Résumé*

---

Tizi-Ouzou East WWTP may constitute a danger to the environment and human and animal health.

**Key words:** wastewater, physicochemical characteristic, bacteriological characteristic.