



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie  
Département des sciences de la nature et de la vie

# MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie  
Filière : Sciences biologiques  
Spécialité : Microbiologie appliquée

Réf. : .....

---

Présenté et soutenu par :  
**FAGHI Athmane**

Le : mardi 28 juin 2022

## Thème

### Évaluation des paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux usées d'Oued Z'mour (ville de Biskra)

---

#### Jury :

Mme. NEFOUSSI Fatima	MAA	Université de Biskra	Président
M. GUEMMAZ Fateh	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
Mme. DENDOUGA Wassila	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2021-2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## **Remerciement :**

Tout d'abord, je remercie **ALLAH** tout-puissant, qui m'a donné la santé et le bien-être et m'a aidé dans mon parcours académique, et m'a donné le pouvoir de terminer ce travail.

J'adresse également mes remerciements à mes parents, qui m'ont aidé et soutenu depuis que j'ai pris conscience du monde, sachant qu'aucun mot ne peut leur rendre juste.

Je vous remercie beaucoup pour mon encadreur Monsieur **Guemmaz fateh** d'avoir accepté mon projet et pour ses précieux conseils et orientations, en plus de son suivi sincère à chaque étape de la réalisation de ce travail.

Mes remerciements s'adressent également aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce modeste travail tout en apportant leurs propres avis pour l'enrichir.

Je ne manque pas non plus à cette occasion mais d'exprimer mes sincères remerciements à tous les cadres et au personnel du Département des sciences de la nature et de la vie tout au long de l'année scolaire et leur dévouement dans l'accomplissement de leur noble mission.

Enfin je remercie toute personne ayant contribué, de près ou de loin, dans ce travail.

## **Dédicace :**

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents. Ma chère mère qui m'a soutenu toute ma vie, qui m'a poussé à terminer mes études, et qui m'a accompagné avec ses soins et sa gentillesse. Mes chers frères, mon soutien dans la vie, j'espère qu'ALLAH les protégera et les guidera dans leur vie.

A toute ma famille : oncles, tantes, cousins et cousines.

A mon amie Monsieur RHASKIL BAADACHE, qui m'a donné de précieux et sages conseils.

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Table des matières

Liste des abréviations.....(I).  
Liste des tableaux.....(II).  
Liste des figures.....(IV).  
Introduction.....(01).

Première partie : Partie Théorique

Chapitre 1 : caractérisation des eaux usées.

1.1 Introduction.....(01).  
1.2. Définition des eaux usées .....(03).  
1.3. Différents Type de pollution des eaux .....(04).  
    1.3.1. Pollution physique .....(04).  
    1.3.2. Pollution chimique.....(04).  
    1.3.3. La Pollution microbiologique .....(04).  
1.4. Les origines des eaux usées .....(05).  
    1.4.1. Les eaux usées domestiques .....(05).  
    1.4.2. Les eaux usées industriels .....(05).  
    1.4.3. Les eaux pluviales .....(06).  
    1.4.4. Les eaux agricoles .....(07).  
1.5. L'impact du rejet d'eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquat .....(07).  
1.6. Paramètres de la pollution des eaux usées .....(08).  
    1.6.1. Les paramètres physiques .....(09).  
        1.6.1.1. La température .....(09).  
        1.6.1.2. Les matières en suspension .....(09).  
    1.6.2. Les paramètres Organoleptiques .....(10).  
        1.6.2.1. La Turbidité .....(10).  
        1.6.2.2. L'Odeur .....(10).  
        1.6.2.3. La couleur .....(10).  
    1.6.3. Paramètres Chimiques .....(10).  
        1.6.3.1. Le potentiel d'Hydrogène (pH) .....(10).

1.6.3.2. La conductivité .....	(11).
1.6.3.3. L'Oxygène dissout (O <sub>2</sub> ) .....	(11).
1.6.3.4. La Demande Chimique en Oxygène (DCO) .....	(11).
1.6.3.5. La Demande Biologique en Oxygène (DBO).....	(11).
1.6.3.6. L'azote (N) .....	(12).
1.6.3.7. Les nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	(12).
1.6.3.8. Les nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	(12).
1.6.3.9. Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	(12).
1.6.3.10. Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) .....	(13).
1.6.3.11. Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ) .....	(13).
1.6.3.12. Les Métaux lourds .....	(13).
1.7. Les paramètres microbiologiques .....	(14).
1.7.1. Les inducteurs microbiologiques .....	(14).
1.7.2. Les critères des bactéries qui servent comme indicateurs sanitaires .....	(14).
1.7.3. Les <i>Coliformes</i> .....	(15).
1.7.4. Les <i>Coliformes fécaux</i> et <i>Escherichia coli</i> .....	(16).
1.7.5. Les <i>Streptocoques fécaux (Enterococcus)</i> .....	(16).
1.7.6. <i>Salmonella</i> .....	(16).
1.7.7. Les <i>Staphylocoques</i> .....	(17).
1.7.8. <i>Clostridium perfringens</i> .....	(17).
1.7.9. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	(17).
1.8. La grille générale la qualité de qualité d'eau .....	(18).
1.8.1. L'acidification.....	(18).
1.8.2. Grille de la température.....	(18).
1.8.3. La conductivité et la Turbidité .....	(19).
1.8.4. Grille des matières organiques et oxydables.....	(19).
1.8.5. Grille de la Matière en suspension (MES).....	(20).
1.8.6. Grille utilisé pour signaler les problèmes du phosphore.....	(20).
1.8.7. Grille utilisé pour signaler les problèmes d'azote.....	(20).
1.8.8. Grille de la qualité bactériologique.....	(21).

**Deuxième partie : Partie expérimentale**

**Chapitre 2 : Matériels et Méthodes.**

2.1. Introduction .....	(22).
-------------------------	-------

---

---

2.2. Présentation de la Wilaya de Biskra .....	(22).
2.2.1. Situation géographique .....	(22).
2.2.2. Relief .....	(23).
2.2.3. Étude climatique .....	(24).
2.2.3.1. La température .....	(24).
2.2.3.2. La précipitation .....	(25).
2.2.3.3. La vente .....	(25).
2.2.3.4. L'humidité .....	(26).
2.2.4. Classement du climat .....	(27).
2.2.4.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen .....	(27).
2.2.4.2. Coefficient pluviométrique d'Emberger .....	(28).
2.2.4.3. Indice d'aridité de Martonne .....	(30).
2.2.5. Étude démographique .....	(30).
2.2.6. Le système bâti .....	(31).
2.2.6.1. Quartiers construits avant la période coloniale .....	(32).
2.2.6.2. Quartiers construits pendant la période coloniale .....	(32).
2.2.6.3. L'expansion urbaine après l'indépendance .....	(32).
2.2.6.4. Les zones de servitude .....	(32).
2.2.6.5. Lieux de rejet des eaux usées .....	(33).
2.3. Site d'Oued Z'mour .....	(33).
2.4. Matériels et Méthodes .....	(34).
2.4.1. Eaux usées .....	(34).
2.4.2. La méthode d'échantillonnage .....	(34).
2.4.3. Le transport et conservation .....	(34).
2.5. Les analyses physicochimiques .....	(35).
2.5.1. Matériels .....	(35).
2.5.2. Méthode d'analyse physicochimique des eaux usées .....	(35).
2.6. Les analyses bactériologiques .....	(37).
2.6.1. Matériels .....	(37).
2.6.2. Méthode d'analyse bactériologique des eaux usées.....	(37).
 <b>Chapitre 3 : Résultats et discussion.</b>	
3.1. Résultats .....	(40).
3.2. Paramètres physicochimiques.....	(41).

3.2.1. pH.....	(41).
3.2.2. La Température.....	(42).
3.2.3. Conductivité.....	(42).
3.2.4. Turbidité .....	(43).
3.2.5. L'Oxygène dissous.....	(44).
3.2.6. Matière en suspension (MES).....	(44).
3.2.7. Demande biologique en oxygène DBO <sub>5</sub> .....	(45).
3.2.9. Demande chimique en oxygène (DCO).....	(45).
3.2.10. Orthophosphate (PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ).....	(46).
3.2.10. Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	(46).
3.2.11. Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	(47).
3.2.12. Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	(47).
3.3 Paramètres bactériologiques.....	(48).
3.3.1. <i>Les Coliformes fécaux</i> .....	(48).
3.3.2. <i>E. coli</i> .....	(49).
3.3.3. <i>Les Streptocoque fécaux</i> .....	(49).
3.3.4. <i>Clostridium sulfitoréducteur</i> .....	(50).
3.4. L'interprétation des résultats.....	(51).
Conclusion générale.....	(56).

**Références bibliographiques.**

**Annexes.**

**Résumé.**

## Liste des abréviations

**Ca<sup>2+</sup>**: Calcium.

**Cd**: Cadmium.

**Cl**: Chlore.

**Cr**: Chrome.

**Cu** : Cuivre.

**DBO**: Demande Biologique en Oxygène

**DBO<sub>5</sub>**: Demande Biologique en oxygène sur 5 jours.

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène

**Fe** : Fer.

**GES** : gaz à effet de serre.

**m**: Températures moyennes des minima du mois le plus froid.

**M** : Températures moyennes des maxima du mois le plus chaud.

**MES** : Les matières en suspension.

**Mg<sup>2+</sup>**: Magnésium.

**Mn** : Manganèse.

**MO**: Matières organique.

**N** : Azote.

**Na<sup>+</sup>**: Sodium.

**NFU** : Unité formazine de turbidité.

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**: Ammonium.

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : nitrites.

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**: nitrate.

**NPP** : Nombre le Plus Probable.

**NTK** : Azote Kjeldahl.

**NTU** : Unité néphilométrique de turbidité.

**O<sub>2</sub>** : Oxygène.

**OMS** : l'Organisation Mondiale de la Santé.

**P** : Précipitation.

**pH** : Potentiel d'Hydrogène.

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : Phosphate.

**Q<sub>2</sub>** : Coefficient pluviométrique d'Emberger.

**S\ C** : Simple concentration.

**SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>** : Sulfate.

**T** : Température en C°.

**Zn** : Zinc.

## Liste des Tableaux

<b>Tableau 1.1</b> : Les impacts négatifs des eaux usées .....	(07).
<b>Tableau 1.2</b> : Acidification (JORF, 2010).....	(18).
<b>Tableau 1.3</b> : Grille de La température (JORF, 2010).....	(18).
<b>Tableau 1.4</b> : Grille de la conductivité et la Turbidité (Enrochai, et <i>al</i> , 2012).....	(19).
<b>Tableau 1.5</b> : Grille d'oxygène dissous (A.N.R.H, 2009).....	(19).
<b>Tableau 1.6</b> : Grille de la qualité organique (A.N.R.H, 2009).....	(19).
<b>Tableau 1.7</b> : Grille de la Matière en suspension (MES) (JORF, 2010).....	(20).
<b>Tableau 1.8</b> : Grille utilisé pour signaler les problèmes du phosphore (A.N.R.H, 2009).....	(20).
<b>Tableau 1.9</b> : Grille utilisé pour signaler les problèmes d'azote (A.N.R.H, 2009).....	(20).
<b>Tableau 1.10</b> : Grille de la qualité bactériologique (Errochdi, et <i>al</i> , 2012).....	(20).
<b>Tableau 1.12</b> : Grille de la qualité bactériologique d' <i>E.Coli</i> (JORF, 2010).....	(20).
<b>Tableau 2.1</b> : Les différents types des analyses physicochimiques des eaux usées .....	(36).
<b>Tableau 2.2</b> : Les différents types des analyses bactériologiques des eaux usées.....	(38).
<b>Tableau 3.1</b> : Résultats des paramètres physicochimiques.....	(40).
<b>Tableau 3.2</b> : Résultats des paramètres bactériologiques.....	(41).

## Liste de Figures

<b>Figure 2.1:</b> La situation géographique de la Wilaya de Biskra.....	(22).
<b>Figure 2.2 :</b> Le nouveau découpage administratif de la Wilaya de Biskra.....	(22).
<b>Figure 2.3 :</b> Représentation graphique de la température à Biskra.....	(24).
<b>Figure 2.4 :</b> Représentation graphique de la précipitation.....	(25).
<b>Figure 2.5 :</b> Représentation graphique de la vitesse moyenne du vent.....	(26).
<b>Figure 2.6 :</b> Représentation graphique de l'humidité relative moyenne .....	(27).
<b>Figure 2.7 :</b> Diagramme Ombrothermique de Gaussen de Biskra.....	(28).
<b>Figure 2.8 :</b> La présentation graphique du coefficient pluviométrique d'Emberger.....	(29).
<b>Figure 2.8 :</b> L'histoire urbaine de la ville de Biskra ( <b>A</b> ), Plan de la ville de Biskra ( <b>B</b> ).....	(31).
<b>Figure 2.10 :</b> Site d'Oued Z'mour.....	(33).
<b>Figure 2.12 :</b> L'échantillonnage et la conservation des eaux usées.....	(35).
<b>Figure 3.1 :</b> Les valeurs de pH.....	(41).
<b>Figure 3.2 :</b> Les valeurs de Température .....	(42).
<b>Figure 3.3 :</b> Les valeurs de conductivité .....	(43).
<b>Figure 3.4 :</b> Les valeurs de Turbidité .....	(43).
<b>Figure 3.5 :</b> Les valeurs d'oxygène dissous.....	(44).
<b>Figure 3.6 :</b> Les valeurs de matières en suspension.....	(44).
<b>Figure 3.7 :</b> Les valeurs de DBO <sub>5</sub> .....	(45).
<b>Figure 3.8 :</b> Les valeurs de DCO.....	(45).
<b>Figure 3.9 :</b> Les valeurs de l'orthophosphate .....	(46).
<b>Figure 3.10 :</b> Les valeurs de Nitrite .....	(47).
<b>Figure 3.11 :</b> Les valeurs de Nitrate .....	(47).
<b>Figure 3.12 :</b> Les valeurs d'azote ammoniacal.....	(48).
<b>Figure 3.13 :</b> Les valeurs des <i>Coliformes fécaux</i> .....	(48).
<b>Figure 3.14 :</b> Les valeurs d' <i>E. Coli</i> .....	(49).
<b>Figure 3.15 :</b> Les valeurs des <i>Streptocoques fécaux</i> .....	(50).
<b>Figure 3.16 :</b> Les valeurs de <i>Clostridium sulfitoreducteur</i> .....	(50).

# **Introduction**

## **Générale**

### Introduction générale

L'eau constitue plus de 50 % de la plus part des organismes vivants et joue un rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes, c'est également une ressource naturelle impliquée dans la plupart des activités humaines (domestique, agriculture, industrie...etc.).

Ces activités humaines principalement liées à l'exploitation de l'eau entraînent sa pollution par des polluants physique, chimique et biologique, en rendant impropre à sa vocation initiale établit, c'est ce qu'on appelle des eaux usées, ces derniers ne peuvent être réutilisées qu'après avoir subi des traitements spécifiques.

Au niveau mondiale, environ 80 % des eaux usées industrielle et municipales sont déversées dans l'environnement sans aucun traitement préalable, ce qui a des effets néfaste sur la santé humaine et sur les écosystèmes (UNESCO, 2021).

En effet dans les pays en développement, 90 à 95 pour cent des eaux usées publique et 70 pour cent des déchets industriels sont déversées dans l'eau de surface sans traitement préalable (Steinfeld et *al*, 2009), avec des percussions direct sur la santé lie à la présence de pathogènes (parasites, bactéries et virus) (Boukhari, 2019), l'environnement et l'économie avec l'augmentation du fardeau financier sur les soins et la santé (UNESCO, 2021).

Ces statistiques augmentent dans les zones arides et semi arides, qui souffrent de la demande croissante des ressources en eau (eau de boisson, de baignade et d'agriculture...etc.), qui se traduira par une augmentation de volume des eaux usées régitées et leurs réutilisations sans traitement.

La wilaya de **Biskra** est une région aride, caractérisée par les faibles précipitations et la dépendance de ses habitants sur les ressource en eau conventionnelles tells que les barrages et les eaux souterraines pour couvrir les besoins en eau, Elle souffre également de faible infrastructure dans le domaine de la canalisation et de l'épuration des eaux usées, qui entrave leur recyclage et finissent dans les cours d'eau naturels tels que les oueds, dont les capacités auto-épuratrices naturelles sont limitées, en posant une véritable menace pour la santé publique, l'écosystème et les eaux souterraines.

L'objectif de ce travail consiste à suivre la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes de la région de Biskra (Oued El Z'mor) et connaitre les concentrations des paramètres caractérisant les eaux usées.

Ce travail est articulé en trois (03) chapitres :

- Le premier présente un aperçu bibliographique des caractéristiques des eaux usées et ses sources, en plus des paramètres de la pollution des eaux usées physicochimiques et bactériologiques,
- Le deuxième chapitre consacré aux travaux pratiques et comprend quant à lui une étude de la région de Biskra en termes de situation géographique, de climat et de détermination du lieux d'étude, ainsi que des matériels et méthodes d'analyse des paramètres physicochimiques et bactériologiques.
- Le troisième chapitre consacré à l'interprétation et la discussion des résultats.
- enfin une conclusion.

**Partie**  
**Bibliographique**

# **Chapitre 1**

## **Caractérisation des eaux usées**

**1. 1. Introduction :**

La pollution des eaux naturelle par la contamination aussi bien biologiques que chimiques est un problème mondial, il y a peu d'endroits peuplés qu'il se trouve dans les pays développés ou en développement qui ne souffrent pas d'une forme ou d'une autre de pollution de l'eau (Colin et Michael, 2016).

La pollution de l'eau est l'état de l'altération des caractéristiques physico-chimique et biologique de l'eau pouvant avoir des effets nocifs sur l'homme et le biote aquatique. L'ajout d'un excès de substances indésirables à l'eau qui la rendent nocive pour l'homme, les animaux et la vie aquatique ou entraînent des écarts significatifs par rapport aux activités normales de diverses communautés vivantes dans ou autour de l'eau (Charma, 2005).

**1.2. Définition des eaux usées :**

Les eaux usées correspondent aux eaux ayant été utilisées par les individus ou d'autres secteurs (industrie ou agriculture), elles résultent de la pollution tant physico-chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité, du fait des activités humaines, elle sont également chargées en matières minérale ou organique sous forme dissoute ou en suspension ( Tfyche, 2014).

Les substances minérales ou biologiques, issues de l'activité humaine provoquant, sous une concentration anormale, une dégradation de la qualité de l'eau naturelle du milieu récepteur (Chika et Younsi, 2015).

Selon leurs origines, les eaux usées se caractérisent par une grande variabilité de débits, mais aussi la composition. Elles peuvent contenir en concentration variables :

- Des matières en suspension plus ou moins facilement décantables ou coagulables.
- Des matières colloïdales ou émulsionnées : argiles, microorganismes, macromolécules hydrophobes (organiques huiles, graisses, hydrocarbures...etc.).
- Des matières en solution de nature organique ou minérale, ou sous forme de gaz dissous.
- Des microorganismes végétaux (algues, plancton...etc.) ou animaux (protozoaires, bactéries...etc.) (Saib, 2015).

On distingue quatre grande catégories d'eaux : les eaux domestiques, les eaux industrielles, les eaux pluviales, les eaux agricole.

### 1.3. Différents Type de pollution des eaux :

#### 1.3.1. Pollution physique :

Elle résulte de différents éléments solides entrainés par les rejets domestiques et industriels, on distingue :

**a)- Pollution solide :** Elle provient des particules solides apportées par les eaux industrielles ainsi que les eaux de ruissellement et issue de décharges de déchets à ciel ouvert.

**b)- Pollution thermique :** causée généralement par les eaux des circuits de refroidissement des usines, en effet tout changement de température de l'eau a des conséquences significatives sur l'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et la survie des organismes vivants.

**c)- Pollution radioactive :** liée aux rejets des éléments radioactifs par les installations et le central nucléaire ainsi que les usines de traitement de déchets radioactifs (Benkaddour, 2018).

#### 1.3.2. Pollution chimique :

On peut distinguer :

**a) La pollution de l'eau par produits chimiques organiques :** est due à la présence de protéines, de graisses, de glucides, sous forme dissoutes ou en suspension. Ces produits chimiques organiques accèdent aux plans d'eau soit par les eaux usées, soit par les déchets industriels.

**b) La pollution de l'eau due aux produits chimiques inorganiques :** sont généralement présent dans les déchets industriels tels que les engrais, les pesticides, la production des alcalis, certains composés inorganiques toxiques importants sont le chlore, sulfures soluble et les sels de nombreux métaux (Cu, Ni, Hg, U, Zn...etc.) (Charma, 2005).

#### 1.3.3. La Pollution microbiologique :

La pollution microbiologique résulte de la présence dans l'eau de microorganisme qui sont véhiculés par l'eau et sont responsables de beaucoup de maladies hydriques, on peut distinguer les bactéries pathogènes (*Vibrionaceae*, *Enterobacteriaceae*...etc.) (Touati, 2021), de protozoaires pathogènes (*Giardia*, *Cryptosporidium*), de Virus et de vers parasites. Les sources importantes de pollution bactériologiques sont des eaux domestiques et les déchets industriels, et excréments solides du corps humain et les matières organiques décomposables

des eaux usées sont le meilleur milieu pour le développement des microbes pathogènes (Charma, 2005).

#### **1.4. Les origines des eaux usées :**

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

Les eaux usées domestiques se composent des eaux vannes des installations sanitaires (toilettes), des eaux ménagères d'évacuation des cuisines et salles de bains et buanderies (Tölgyssey, 1993).

Les eaux usées domestiques contiennent environ 99.9 % d'eau. La partie restante comprend des solides organiques et inorganiques, en suspension et dissous, ainsi que les micro-organismes comme le montre l'annexe (01). C'est à cause de ce 0.1% que la pollution de l'eau a lieu et que les eaux usées doivent être traitées (Marcos, 2007). Le rejet en eaux usées domestiques est fortement lié à l'approvisionnement et la consommation en l'eau potable de robinet, mais aussi l'eau est fournie par des puits et forages privés (Maatouk, 2014).

On peut anticiper les polluants que l'on retrouve dans les eaux usées domestiques en déterminant l'objectif d'utilisation quotidienne de l'eau :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes des substances alimentaire à base de matières organiques (glucides, lipides, protides).
- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents.
- Des eaux de salle de bains chargées en produits utilisé pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses, hydrocarbonées.
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (W.C) très chargées en matières organiques hydrocarbonées (Boufercha et Benmalek, 2017).

##### **1.4.2. Les eaux usées industriels :**

L'eau résiduaire industrielle désigne l'eau qui provient des activités industrielles. L'eau résiduaire industrielle est différente des eaux usées domestiques et ses caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elle peut également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures (Anonyme 01).

Le débit des eaux usées industrielles est en fonction de type et la taille de l'industrie, du procédé de fabrication, du niveau de recyclage, de l'existence du prétraitement (Marcos, 2007).

On peut distinguer :

- les eaux usées exceptionnellement nuisibles, qui doivent être préalablement traités.
- les eaux usées polluées principalement par des substances organiques facilement dégradables biologiquement.
- des substances inorganiques ou organiques résistantes à la décomposition biologique avec possibilité de traitement chimique.
- l'eau usées de la pollution inorganique dominant (les eaux de mine, eaux de charbon et de minerai ...etc.).
- la pollution organique dominante (eaux usées des industries agro-alimentaire).
- type combinés (eaux usées de la production de pâte bisulfite, résines thermique, raffineries d'huile minérales...etc.) (Tölgyssey, 1993).

En Algérie les valeurs limites des rejets industriels sont présentées dans annexe 02.

### **1.4.3. Les eaux pluviales :**

La plus part des sources de pollution liées aux eaux pluviales sont appelées des sources non ponctuelles, parce qu'elles proviennent d'un large zones plutôt que des points d'origine (Kenneth, 2003).

Les eaux de ruissellement contiennent généralement de nombreux polluants, selon les surfaces et les matériaux avec lesquels l'eau est entrée en contact :

- Ruissellement des routes, l'eau d'arrosage des voies publiques, des marchés et des cours contiennent souvent les huiles, essence, les fluides automobiles...etc. (Tebib, 2020).
- Ruissent des champs agricoles peut inclure des pesticides, des engrais, des déchets animaux.
- les sites industriels peuvent produire des eaux de ruissellement contenant des produits chimiques (Kenneth, 2003).

#### 1.4.4. Les eaux agricoles :

La pollution agricole est devenue une des principales sources de polluants, qui affectent la santé des cours d'eau et la santé humaines, due à la dégradation de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines. Elle s'intensifie depuis que les agriculteurs utilisent des engrais tels que les nitrates, provient principalement de la fertilisation organique réalisée à partir d'effluent d'élevage, des engrais minéraux et phosphates proviennent des effluents d'élevage ou des déjection animales (Adechina, 2016), des herbicides, des insecticides et d'autres produits phytosanitaires pour améliorer le rendement de leurs cultures, entraînant la migration de ces contaminants vers les sources des eaux potables (Gareau et *al.*, 1999).

#### 1.5. L'impact du rejet d'eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquat :

Le rejet des eaux usées non traitées ou partiellement traitées dans l'environnement entraîne la pollution des eaux de surface, du sol et des eaux souterraines. Une fois rejetées dans les plans d'eau, les eaux usées sont diluées et transportées en aval ou s'infiltrent dans les aquifères, donc la disponibilité des approvisionnements en eau douce (UNESCO, 2017).

Les conséquences du rejet des eaux usées non traité ou traitées de façon inadéquat peuvent être résumées dans le tableau suivant :

**Tableau 1.1** : exemples d'impacts négatifs des eaux usées non traité sur la santé humaines, l'environnement et les activités de production (UNESCO, 2017).

Domaines de répercussions	Exemples de répercussions
Santé	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation du fardeau des maladies en raison de la baisse de la qualité d'eau potable.</li> <li>- Augmentation du fardeau des maladies en raison de la baisse de la qualité d'eau de baignage.</li> <li>- Augmentation du fardeau des maladies en raison de l'insalubrité des aliments (contamination de poissons, des légumes et d'autres produits irrigués.</li> <li>- Augmentation du risque de maladies si on travaille ou on joue dans une</li> </ul>

	zone irriguée par des eaux usées.
<b>Environnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction de la biodiversité.</li> <li>- Dégradation des écosystèmes aquatiques (par exemple eutrophisation et la zones mortes).</li> <li>- Odeurs nauséabondes.</li> <li>- Augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES).</li> <li>- Hausse de la température des eaux.</li> <li>- Bioaccumulation de toxines.</li> </ul>
<b>Economie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baisse de la productivité industrielle.</li> <li>- Baisse de la productivité agricole.</li> <li>- Baisse de la valeur marchande des récoltes, si les eaux usées insalubres sont utilisées pour l'irrigation.</li> <li>- Diminution des prises de poissons et de crustacés, ou baisse de la valeur marchande du poisson et des mollusques et crustacés.</li> <li>- Augmentation du fardeau financier sur les soins et la santé.</li> <li>- Accroissement des entraves au commerce international (exportation).</li> <li>- Augmentation des coûts de traitement de l'eau (pour l'approvisionnement humain et d'autres usages).</li> <li>- Baisse des prix des propriétés situées à proximité des masses d'eau contaminées.</li> </ul>

### 1.6. Paramètres de la pollution des eaux usées :

Dans la conception, d'une station d'épuration, il n'y a normalement aucun intérêt à déterminer les différents composés des eaux usées. Cela est dû non seulement à la difficulté d'entreprendre les différents tests de laboratoire, mais aussi au fait que les résultats eux-

mêmes ne peuvent pas être utilisés comme éléments de conception et d'exploitation (Marcos, 2007).

A cet effet, il est souvent préférable d'utiliser des paramètres indirects qui représentent le caractère ou le potentiel de pollution des eaux usées en question. Ces paramètres définissent la qualité des eaux usées et peuvent être divisés en trois catégories :

- Les paramètres physiques.
- Les paramètres chimiques.
- Les paramètres biologiques (Marcos, 2007).

### **1.6.1. Les paramètres physiques :**

#### **1.6.1.1. La température :**

C'est un paramètre souvent négligé dans les collecteurs urbains, mais que devrait être plus souvent mesuré dans le cas de rejet industriel dans le réseau. Le fonctionnement de certains ouvrages d'épuration, notamment le dégraisseur est sensible à des températures trop élevées (Mark et Béchir, 2006).

La température affecte la solubilité des sels et des gaz dans l'eau, la dissolution de l'oxygène est fortement dépendante de la température, de plus celle-ci accélère les réactions biologiques entraînant une surconsommation de l'oxygène, les sels dissous en revanche affectent la conductivité (Rodier et *al*, 1996).

#### **1.6.1.2. Les matières en suspension :**

Les matières en suspension dans l'eau (MES) sont des particules solides très fines ont des dimensions supérieures à 10  $\mu\text{m}$ , généralement visibles à l'œil nu, déterminant la turbidité qui se classent en: matières décantables (supérieurs à 100  $\mu\text{m}$ ), qui se séparent naturellement, sans apport de réactif, quand l'eau est au repos, et matières colloïdales trop fines pour décanter, mais éliminables par coagulation (entre 1 et 10<sup>-2</sup> $\mu\text{m}$ ) (Savary, 2010) et constituent la limite entre la phase solide et la phase liquide (Hamadou, 2020).

## **1.6.2. Les paramètres Organoleptiques :**

### **1.6.2.1. La Turbidité :**

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement diffusées : argile, limons, grains de silt, matières organiques, organismes microscopiques, qui donne un aspect trouble d'eau. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura plus efficace (Rodier, 1996).

### **1.6.2.2. L'Odeur :**

L'odeur des eaux usées fraîches n'est pas trop intense. C'est n'est qu'après l'ex-épuiement de l'oxygène dissous (après plusieurs heures) lors de la réduction anaérobie commencent à avoir lieu, l'eau commence-t-elle à sentir intensément (Tölgyssey, 1993).

### **1.6.2.3. La couleur :**

La couleur de l'eau est due à la présence de matières organiques colorés (substances humiques), de métaux ou rejet industriels (industries et textiles...etc.).

Les métaux qui colorent l'eau sont notamment le fer (couleur rouge), qui provient soit de la composition naturelle d'eau, soit de la dissolution des tuyauteries métalliques des réseaux, et le manganèse (couleur noire), la coloration bleu apparaitre en présence de cuivre.

Mais la couleur de l'eau résulte essentiellement de particules colloïdales en suspension, peu ou pas décandables (Savary, 2010), concernant les eaux usées fraîches, la couleur est généralement grise, parfois même jaune ou brun. (Tölgyssey, 1993).

## **1.6.3. Paramètres Chimiques :**

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

Le pH correspond pour une solution diluée, à la concentration d'ions hydrogène  $H^+$ , il mesure l'acidité ou la basicité (alcalinité) d'une eau (Savary, 2010).

La mesure de pH est réalisée par des méthodes potentiométrique en mesurant la différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence (Rodier, 1996).

L'eau usée domestique généralement a un pH relativement neutre (Abouelouafa et *al.*, 2002) tandis que celle émise par le secteur industriel, sont acides ou basiques selon les produits chimiques utilisés (Kenneth, 2003).

#### **1.6.3.2. La conductivité :**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plus part des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargées électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la qualité de sels dissous dans l'eau (Anonyme 02). Elle est proportionnelle au degré de minéralisation (teneur globale en espèce minérales généralement ionisées) et varie en fonction de la température (Savary, 2010), ainsi il permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution (Rodier, 1996).

#### **1.6.3.3. L'Oxygène dissout (O<sub>2</sub>) :**

L'oxygène est relativement peu soluble dans l'eau, sa solubilité du diminue lorsque la température augmente, lorsque la teneur en sel augmente, et lorsque la pression atmosphérique diminue.

La teneur en oxygène est une indication importante pour la qualité de l'eau. Une bonne concentration d'oxygène est essentielle pour la vie des plantes et les animaux aquatiques (Kenneth, 2003).

La concentration en oxygène dissout est exprimée en (mg/l).

#### **1.6.3.4. La Demande Chimique en Oxygène (DCO) :**

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présente dans l'eau quel que soit leur origine organique ou minérale. La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation (Khamla, 2021).

#### **1.6.3.5. La Demande Biologique en Oxygène (DBO) :**

La DBO est la quantité d'oxygène en (mg/l) nécessaire à la dégradation des substances organiques biodégradables par les microorganismes non photosynthétiques. La mesure de DBO permet de déterminer l'état de pollution des eaux et réalisée dans des conditions bien

déterminées. L'échantillon est placé dans une bouteille, à l'abri de la lumière et incubé pendant 5 jours à 20 C° (DBO<sub>5</sub>). Après cette période, la différence de pression partielle de l'Oxygène est mesurée à l'aide de manomètre (Rodier, 2009).

#### **1.6.3.6. L'azote(N) :**

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés et de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total (Rodier, 2009).

#### **1.6.3.7. Les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) :**

Les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Ils sont abondamment répandus dans le sol, dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Solubles dans l'eau, ils se trouvent en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles.

Les effluents industriels, agricoles, urbains, les déjections humaines ou animales et les produits des activités humaines élèvent les teneurs en nitrates des eaux de surfaces et souterraines, leur transformation en nitrites représente un risque potentiel toxique, surtout chez les nouveau nées (Savary, 2015).

#### **1.6.3.8. Les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) :**

C'est le stade intermédiaire de l'oxydation de l'ammoniac sous l'action des microorganismes, pratiquement absent en eaux usées brutes (Marcos, 2007), donc une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (Savary, 2010). Suivant l'origine des eaux usées, la teneur en nitrites est assez variable (Rodier, 1996).

#### **1.6.3.9. Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) :**

Il est désigné sous le terme d'azote ammoniacale des formes ionisées (ion ammonium, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et non ionisées (gaz ammoniac, NH<sub>3</sub><sup>+</sup>), L'azote ammoniacale est souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organiques. Il constitue un des maillons du cycle de l'azote. L'ammoniac est un gaz soluble

dans l'eau, mais suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée (Savary, 2010).

#### **1.6.3.10. Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) :**

Les principales sources de phosphore rejetées dans les eaux sont : les engrais, de nombreux détergents et les produits de nettoyage (Patnaik, 2018).

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les orthophosphates et les polyphosphates (Rodier, 2009).

Les phosphates à des concentrations supérieures à 0.2 mg/l favorisent la prolifération des algues qui conduisent à l'eutrophisation des lacs, des cours d'eau, il en résulte une dégradation de la vie aquatique (Savary, 2010).

#### **1.6.3.11. Sulfate ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) :**

Les sulfates apparaissent dans les eaux naturelle liés aux cations majeurs : Calcium, Magnésium et Sodium, dont large domaine de concentration mais ne dépasse généralement pas le gramme par litre (Savary, 2010).

Les effluents industriels contiennent souvent de grandes quantités de  $\text{SO}_2$  due à l'oxydation de pyrite (espèce minérale composée de disulfure de fer  $\text{FeS}_2$ ). Ceux-ci peuvent, à leur tour, subir une oxydation et donner du  $\text{SO}_3$  qui se transforme en acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ce dernier est également utilisé en industrie (Anonyme 2).

#### **1.6.3.12. Les Métaux lourds :**

##### **a) Le Fer (Fe) :**

Le Fer est classé au quatrième rang des éléments de la croûte terrestre par l'ordre d'abondance. Dans les eaux bien aérées sa concentration est rarement important, en revanche, dans les eaux souterraines ou quand les conditions de solubilisations sont réunies. En effet, le Fer se trouve en solution dans les eaux privées d'oxygène à l'état colloïdale selon savary (2010), d'après Rodier (1996) cet état est plus ou moins combiné à la matière organique, sous forme de complexe organiques ou minéraux (l'état ferreux :  $\text{Fe}^{++}$  ou ferrique solubilisé :  $\text{Fe}^{+++}$ ), ou sous forme de particules en suspension (l'état ferrique :  $\text{Fe}^{+++}$ ).

**b) Le Cuivre (Cu):**

Le Cuivre est un oligo-élément indispensable aux activités de nombreuses enzymes. L'existence du cuivre avec des concentrations élevées dans un environnement inhibent la croissance et la prolifération des bactéries (Saib, 2015).

**c) Le Zinc (Zn) :**

Le Zinc est un métal couramment répandu sur le globe (0.04g/kg de terre), se rencontre notamment à l'état naturel au niveau des gisements de plomb, en plus il est nécessaire au métabolisme humain comme oligo-élément. Dans l'eau de boisson ne présente d'effets toxiques pour l'homme, la manifestation d'intoxication aiguë se traduit entre autre par des troubles digestifs. Des accidents rénaux aigus ont été attribués au chlorure de zinc (Savary, 2010).

**1.7. Les paramètres microbiologiques :****1.7.1. Les inducteurs microbiologiques :**

Le concept d'indicateur microbiologique dépend du fait que certaines bactéries non pathogènes sont présentes dans les matières fécales de tous les animaux à sang chaud. Les bactéries peuvent souvent être isolées et quantifiées par des méthodes biologiques simples et plus faciles que les microbes pathogènes. La détection de ces bactéries dans l'eau peut signifier qu'une contamination fécale s'est produite et suggère que les agents pathogènes entériques peuvent également être présents (Pepper *et al.*, 2015).

**1.7.2. Les critères des bactéries qui servent comme indicateurs sanitaires :**

En 1962, l'organisation mondiale de la santé énumère les propriétés suivantes des bactéries indicatrices :

- Présents en permanence dans le tube digestif humain afin de permettre la détection de la contamination fécale.
- Le nombre de bactéries indicatrices doit être élevé.
- Parmi eux, il ne devrait pas y avoir de bactéries sporulées car cela permet de détecter la pollution de l'eau par des matières fécales fraîches.
- Leur identification doit être possible avec des méthodes facilement disponibles.
- Leur durée de vie dans le milieu extérieur doit être supérieure à celle des bactéries pathogènes.

- Ils devraient être capables de se reproduire dans un environnement aquatique dans des conditions naturelles (Horan et Mara, 2003).

La qualité sanitaire de l'eau peut être vérifiée en utilisant la microflore saprophyte qui occupe le gros intestin humain. Les inducteurs suivants de contamination de l'eau ont été adoptés :

-Les Coliformes.

-Les Coliformes fécaux.

-Les Streptocoques fécaux.

-Les bacilles de genre *Clostridium*, bactéries sulfato-réducteur.

**Et dans certains cas :**

- *Salmonella*.

-*Staphylococcie*, coagulase positive.

-*Pseudomonas aeruginosa*. (Kolwzan et al., 2006).

### 1.7.3. Les Coliformes :

Selon OMS le groupe (**coliforme**) comprend tous les bacilles en forme de bâtonnet, aérobies et anaérobies facultatif, gram négatif (-), non sporogènes et provoquant en moins de 48 heures, à 35C°- 37C°, la fermentation de lactose avec la production d'acide et de gaz (Drapeau et Jankovic, 1977).

Les bactéries du groupe *Coli* sont constituées majoritairement de souches d'*Escherichia coli*, ainsi que du genre : *Enterobacter*, *Citrobacteret Klebsiella*.

Leur résistance aux agents antiseptiques, notamment au chlore et à ses dérivés est voisine de la résistance des bactéries pathogènes vis-à-vis desquelles ce type de traitement est instauré, ils constituent donc des indicateurs d'efficacité de traitement. Le dénombrement des coliformes totaux est un examen capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement désinfectant, et d'intérêt plus nuance pour détecter une contamination d'origine fécale (Boucenina, 2013).

L'absence de ces organismes dans 100 ml d'eau potable, assure la prévention des épidémies de maladies bactériennes d'origine hydriques (Pepper et *al.*, 2015).

#### **1.7.4. Les Coliformes fécaux et *Escherichia coli* :**

Ces organismes sont thermo-tolérants qui comprennent les genres *Escherichia coli*, *Klebsiella*, se différencient en laboratoire par leur capacité à fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à 44.5 C° en 24 heures. Ce test indique des coliformes fécaux, il ne fait pas la distinction entre la contamination humaine et animal (Pepper et *al.*, 2015). Ces indicateurs sont aujourd'hui qualifiés en routine pour évaluer l'impact des rejets urbains sur la microbiologie des eaux de surface (Lucas et *al.*, 2012).

#### **1.7.5. Les Streptocoques fécaux (*Enterococcus*) :**

Les streptocoques fécaux sont des bactéries à Gram négatif, sphériques formant des chainettes, non sporulées, se cultivant en anaérobiose à 37 C° pendant 48 heures et à pH 9,6 (Khamis, 2015). Elles comprennent les micro-organismes des genres *Enterococcus* et *Streptococcus*, qui appartiennent au groupe sérologique de Lancefield D (Kowlzan et *al.*, 2006). Dans un milieu aquatique les streptocoques fécaux se caractérisent par une période de survie et de résistance à la plupart des produits désinfectants que les coliformes Fécales.

La détection des streptocoques fécaux dans un test échantillon, dépassant de manière significative les bactéries du groupe *Coli*, peut suggérer une contamination de l'eau avec des matières fécales animales ou des eaux usées provenant d'élevages des animaux (Kowlzan et *al.*, 2006).

#### **1.7.6. *Salmonella***

Les salmonelles en tant que groupe, appartiennent à la famille entérobactéries. Elles sont des Bacilles à Gram négatif, facultativement anaérobies, non sporulées, catalase positive, oxydase négatif et fermenter le glucose et le mannitol pour produire de l'acide ou de l'acide et de gaz. En moyenne, ils mesurent 2 à 5 µm de long et 0.8 à 1.5 µm de large, la motilité aidée par les flagelles péri triches, est un critère fondamentale d'identification (Percival, et *al.*, 2004). Dans le genre de *Salmonella* se trouvent des fièvres typhoïdes et paratyphoïdes, ainsi qu'un grand nombre de stéréotypes responsables d'infection intestinal moins sévères (Hart et Shears, 1997).

### 1.7.7. *Les Staphylocoques* :

Les staphylocoques sont des bactéries à Gram positif, aérobies ou anaérobies facultatives, catalase positif, sporulé, groupés généralement en amasse, ferment le sucre et produit de l'acide lactique (Guiraud, 1998). Elle est principalement utilisée pour évaluer la qualité sanitaire des piscines. Les eaux recyclées sont la cause d'infection des voies respiratoires, de la peau et des yeux, pour cette raison l'analyse microbiologique basée sur l'indication standard des coliformes est insuffisante. Il est recommandé que *Staphymococcus aureus* sont utilisées comme indicateurs supplémentaires de la qualité sanitaire des eaux recyclées, car sa présence est associée à l'activité humaine dans ces eaux (Kowlzan et *al.*, 2006).

### 1.7.8. *Clostridium perfringens* :

Parmi les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique d'une eau, les *Clostridium* sulfito-réducteurs en considérant comme des témoins de pollution fécale (Rodier, 1996).

*Clostridium perfringens* est une bactérie saprophyte du sol et des eaux, commensale de l'homme et des animaux (peau), Gram positif, anaérobie, sulfito-réducteur, forme ronde, isolé ou en chaînette, généralement mobile, capable de sporulé, (Guiraud, 1998). Les spores sont très résistant à la chaleur (75 C° pendant 15 minutes), persister pendant de longue périodes dans l'environnement et sont très résistants aux désinfectants, les spores sont des indicateurs de pollution passée (Pepper et *al.*, 2015).

### 1.7.9. *Pseudomonas aeruginosa*:

Actuellement, la détection de la bactérie *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau potable, courante d'eau, les piscines et les eaux de surface est recommandée en plus de ce qui précède élément d'analyse sanitaire.

Ce sont des bâtonnets à Gram négatif qui ne produisent pas de spores. Leur trait caractéristique est la capacité à produire un pigment bleu-vert (la pyocyanine), ainsi qu'un pigment fluorescent (fluorescéine) (Kowlzan et *al.*, 2006).

### 1.8. La grille générale la qualité de qualité d'eau :

La grille générale de la qualité des eaux de surface fixe classes de qualité (4 en Algérie et 5 pour l'Union Européenne), chaque classe est illustrée par une couleur (bleu, vert foncé, vert clair, jaune, orange et rouge). Elle permet de fournir une appréciation globale et rapide sur la qualité des eaux.

Elle est divisée en classes selon le degré de faible pollution mesuré jusqu'à un degré de pollution très élevé qui nécessite un traitement particulier de l'eau. Elles sont précisées dans la réglementation relative à l'environnement et des ressources en eau (A.N.R.H, 2009).

#### 1.8.1. L'acidification :

La répartition des valeurs de pH sont présentés dans le tableau 1.2, (d'après L'arrêté du 25 janvier 2010, France).

**Tableau 1.2 :** Acidification (JORF, 2010).

Paramètres	Limites des classes d'état				
	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mouvais
<b>Acidification</b>					
pH minimum	6.5	6	5.5	4.5	-
pH maximum	8.2	9	9.5	10	-

#### 1.8.2. Grille de la température :

La répartition des valeurs de Température (C°) sont présentées dans le tableau 1.3 :

**Tableau 1.3 :** Grille de La température (JORF, 2010).

Paramètres	Limites des classes d'état				
	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mouvais
<b>Température</b>					
Eaux Salmonicoles (C°)	20	21.5	25	28	-
Eaux cyprinicoles (C°)	24	25.5	27	28	-

**1.8.3. La conductivité et la Turbidité :**

La répartition des valeurs de conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et la turbidité (NTU) sont présentées dans le tableau 1.4 :

**Tableau 1.4 :** Grille de la conductivité et la Turbidité (Enrochai, et *al*, 2012).

Paramètres	Limites des classes d'état				
	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mouvais
Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) à 20 C°	100-750	750-1300	1300-2700	2700-3000	3000-7000
Turbidité (NTU)	< 15	15-35	35-70	70-100	> 100

\* 1 NTU = 1 FNU (Formazin Nephelometric Unit).

**1.8.4. Grille des matières organiques et oxydables :**

La répartition des valeurs d'oxygène dissous (mg/l) sont présentées dans le tableau 1.5 :

**Tableau 1.5 :** Grille d'oxygène dissous (A.N.R.H, 2009).

Paramètres	Limites des classes d'état				
	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mouvais
O <sub>2</sub> dissous (mg/l)	8	6	4	3	-

La répartition des valeurs DBO<sub>5</sub> et DCO (mg/l) sont présentées dans le tableau 1.6 :

**Tableau 1.6 :** Grille de la qualité organique (A.N.R.H, 2009).

Paramètres	Limites des classes d'état			
	Situation normale	Pollution modéré	Pollution notable	Pollution importante
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	< 5	5-10	10-15	>15
DCO (mg/l)	< 20	20-40	40-50	> 50

### 1.8.5. Matière en suspension (MES) :

La répartition des valeurs de matière en suspension (MES) (mg/l) est présentée dans le tableau 1.7 :

**Tableau 1.7 :** Grille de la Matière en suspension (MES) (JORF, 2010).

Paramètres	Limites des classes d'état				
	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mouvais
MES (mg/l)	5	25	38	50	-

### 1.8.6. Grille utilisé pour signaler les problèmes du phosphore :

La répartition des valeurs d'Orthophosphate (mg/l) sont présentées dans le tableau 1.8 :

**Tableau 1.8 :** Grille utilisé pour signaler les problèmes du phosphore (A.N.R.H, 2009).

Paramètres	Limites des classes d'état			
	Situation normale	Pollution modérée	Pollution notable	Pollution importante
PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	≤ 0.01	0.01-0.1	0.1-3	> 3

### 1.8.7. Grille utilisé pour signaler les problèmes d'azote :

La répartition des teneurs en Azote (mg/l) sont présentées dans le tableau 1.9 :

**Tableau 1.9 :** Grille utilisé pour signaler les problèmes d'azote (A.N.R.H, 2009).

Paramètres	Limites des classes d'état			
	Situation normale	Pollution modérée	Pollution notable	Pollution importante
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	≤ 0.01	0.01-0.1	0.1-3	> 3
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	≤ 0.01	0.01-0.1	0.1-3	> 3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	≤ 10	10-20	20-40	> 40

**1.8.8. Grille de la qualité bactériologique :**

La répartition des valeurs des bactéries d'origine fécale sont présentée dans le tableau 1.10 et tableau 1.11 :

**Tableau 1.10 :** Grille de la qualité bactériologique (Errochdi, et al, 2012).

Paramètres	Limites des classes d'état				
	excellent	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
<b>Charge bactérienne</b>					
<i>Coliformes fécaux</i> en 100 ml	≤ 20	20-2000	2000-20.000	20.000-50.000	-
<i>Coliformes totaux</i> en 100 ml	≤ 50	50-5000	50-50.000	> 50.000	-
<i>Streptocoques fécaux</i> 100 ml	≤ 20	20-1000	1000-10.000	> 10.000	-

**Tableau 1.11 :** Grille de la qualité bactériologique d'*E. Coli* (JORF, 2010).

Paramètres	Limites des classes d'état
<i>E. coli</i>	< 250 UFC/100 ml seuils de qualité de l'eau usée traité pour l'irrigation et des eaux de pignade

➤ Les valeurs indiquées dans les tableaux mentionnées ci-dessus, sont utilisées comme références de base, pour évaluer les taux des polluants enregistrées dans les eaux usées, ainsi que pour donner un 'évaluation globale (en terme de qualité) des eaux usées en question.

# **Partie Expérimentale**

# **Chapitre 2:**

# **Matériels et Méthodes**

## 2.1. Introduction :

Dans ce chapitre, on définit la zone d'étude, qui comprend la localisation géographique et les paramètres climatiques, avec une évaluation des eaux usées à Oued Z'mour, après avoir expliqué la méthode et la technique de prélèvement d'échantillons, et le dosage des indicateurs de pollutions de nature physico-chimiques et bactériologique.

## 2.2. Présentation de la Wilaya de Biskra

### 2.2.1. Situation géographique :

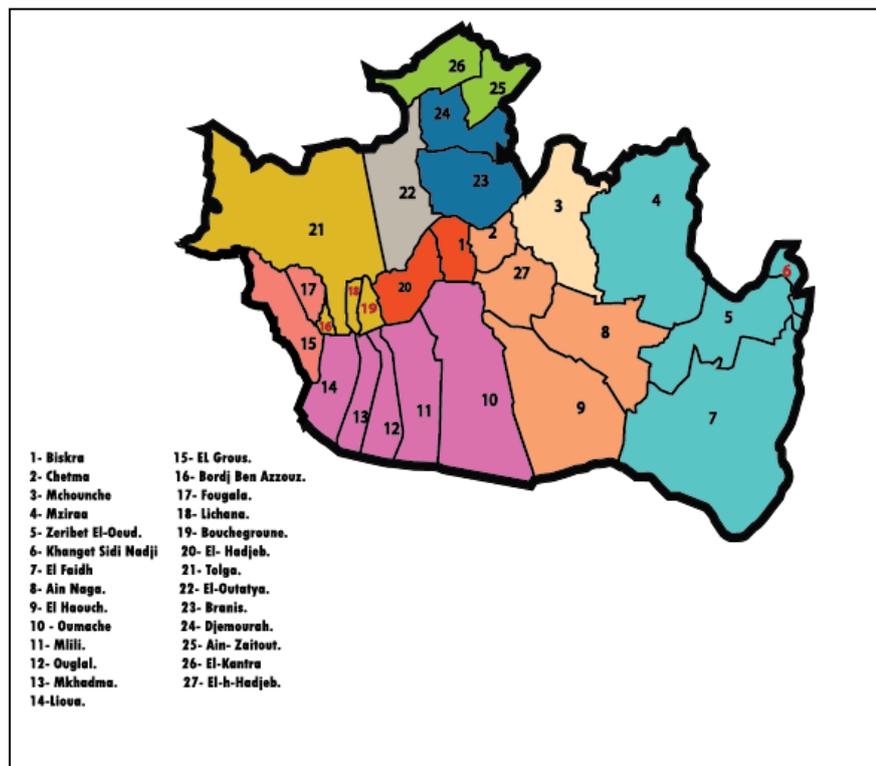
La région de Biskra est située au Sud-est algérien. Elle s'étend sur une surface de 10.246 km<sup>2</sup> (après du découpage administratif de la Wilaya de Ouled-Djellal en 2021 (A.N.A.T, 2021) et (Figure 2.1, Figure 2.2), dont la ville de Biskra se trouve à une altitude moyenne de 87 m, latitudes 34°Nord et sa longitude est environ 5° Est (Anonyme 03).

D'après A.N.A.T (2021), elle comprend 10 Dairas et 27 communes, ses limites territoriales se résument comme le suit :

- Au Nord : La Wilaya de Batna.
- Au Nord-Ouest : La Wilaya de M'sila.
- Au Nord Est : La Wilaya de Khanchela.
- Au Sud : La Wilaya d' El-M'ghair et La Wilaya d'El-Oeud.
- Au Sud-Ouest : La wilaya d'Ouled Djallal.



**Figure 2.1** : La situation géographique de la Wilaya de Biskra (Farhi, 2001).



**Figure2.2 :** Le nouveau découpage administratif de la Wilaya de Biskra (A.N.A.T, 2013),  
(modifier).

### 2.2.2. Relief :

La région de Biskra est une zone de transition du point de vue morphologique et bioclimatique. Le nord de cette région est caractérisé par un relief assez élevé et accidenté, alors que, le sud est dominé par des plateaux et des plaines, D'une façon générale, ce relief peut être répartie en 4 grandes zones selon A.NA.T (2021):

- Zone montagneuse : situé au nord (El kantra, Djamoura, M'chounche) et dont le point culminant apparait dans le Djebel Takyiout (1942m).
- Zone des plateaux : situé à l'ouest et s'étend du nord au sud et englobe des partie de daïras de Tolga.
- Zones des plaines : s'étend sur l'axe Eloutaya - Sidi okba - Zeribet El Oeud et Doucen.
- Zones de dépression : situé dans la partie sud-est de la région de Biskra (Chatt - Melghigh).

### 2.2.3. Etude climatique :

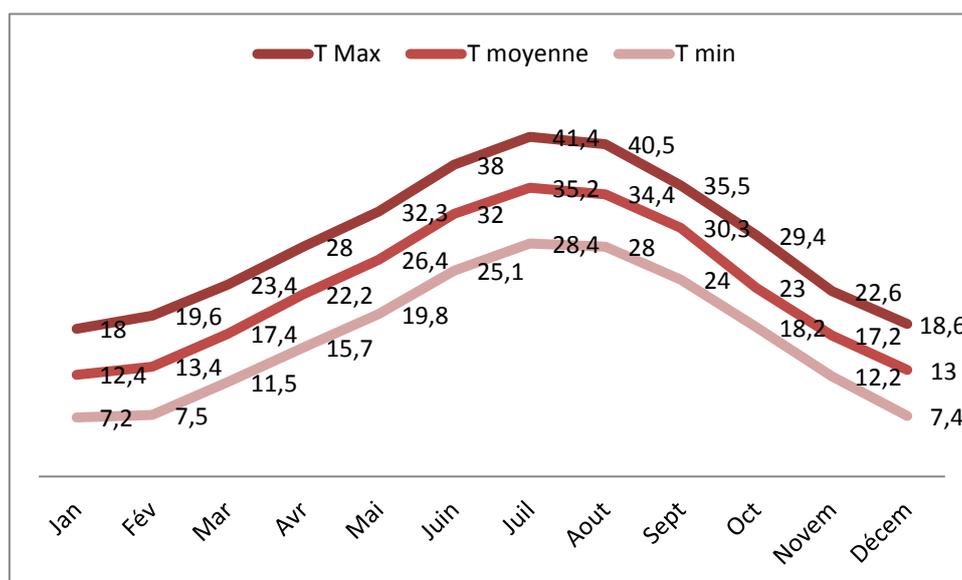
Le climat correspond aux conditions météorologique moyennes (température, précipitation, ensoleillement, humidité de l'air, vitesse des ventes, ...etc.) qui règnent sur une région donnée durant une longue période (Anonyme 04).

#### 2.2.3.1. La température :

C'est le paramètre le plus crucial qui conditionne toutes les activités physiologiques et les réactions chimiques, la température de l'air dépend du rayonnement solaire, de la pression de l'atmosphère et sa composition en gaz. Les variations de la température de l'air sont fortement tamponnées par l'humidité atmosphérique et c'est en zone aride que les plus fortes amplitudes thermiques journalières sont observées (Rouabhi, 2021).

Biskra est l'une des régions les plus chaudes d'Algérie, La saison très chaude dure 3 mois, du juin au début septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 35.3 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Biskra est juillet, avec une température moyenne maximale de 41.4 °C et minimale de 28.4 °C (Figure 2.3).

La saison fraîche est de novembre au début de mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 21 °C. Le mois le plus froid de l'année à Biskra est janvier, avec une température moyenne minimale de 7.2 °C et maximale de 18 °C.

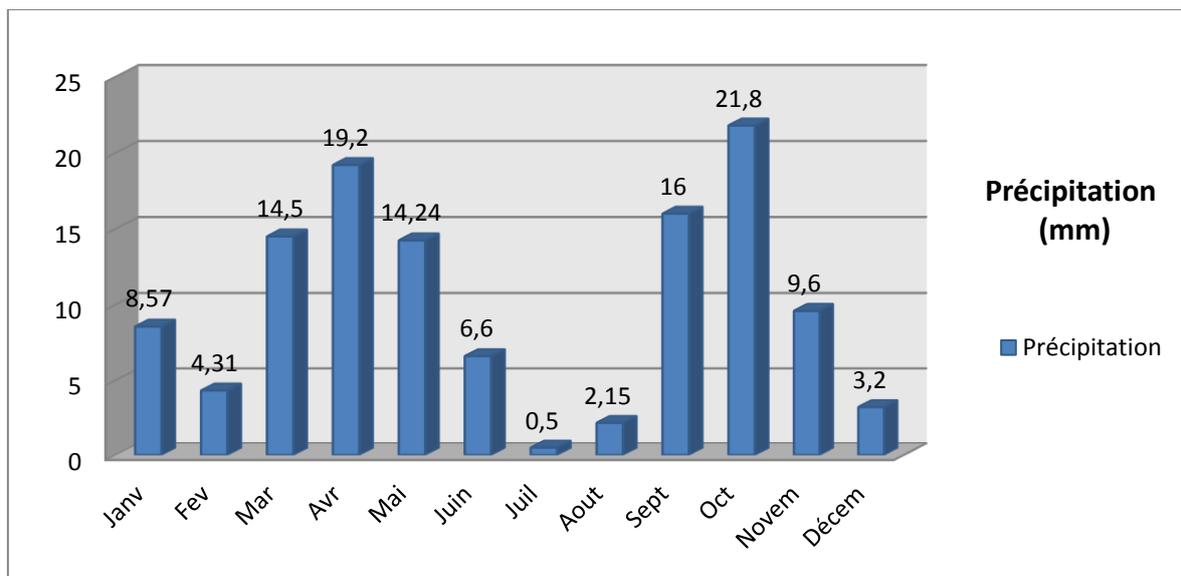


**Figure 2.3 :** Représentation graphique de la température à Biskra (C°) (2010-2021).

### 2.2.3.2. La précipitation :

Les précipitations regroupent formes sous lesquelles l'eau ou liquide contenue dans l'atmosphère se dépose à la surface du globe. Lorsque la température baisse l'humidité augmente, le phénomène de condensation de l'air saturé en gouttelettes d'eau se produit, ces gouttelettes entrent en collision les unes avec les autres pour former des gouttes d'eau assez grosses pour tomber vers le sol (pluie), ou peuvent se transformer en nuage et grêlons, selon les diamètres des gouttelettes formées et les conditions climatiques (Rouabhi, 2021).

Dans la région de Biskra : les valeurs moyennes annuelles sont faibles, la période pluvieuse de l'année commence à partir de fin d'août et se poursuit jusqu'en juin, Là où le taux de précipitation moyenne le plus élevé a été enregistré au mois d'octobre (21.8 mm). Le taux de précipitation moyenne commence à diminuer, avec l'avènement de la saison sèche au mois de juin, Le mois le moins pluvieux à Biskra est juillet, avec une chute de pluie moyenne de 0.5 millimètres (Figure 2.4).

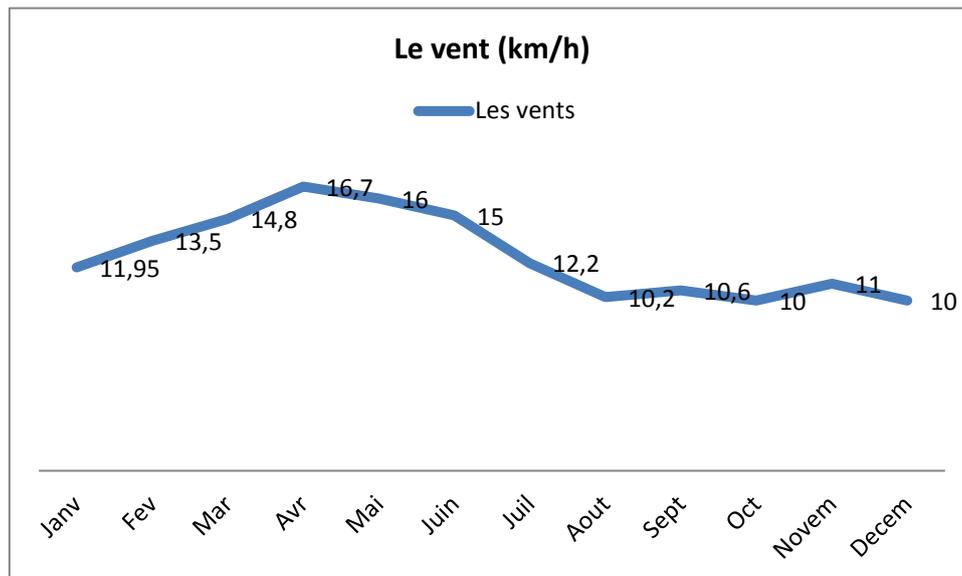


**Figure 2.4 :** Représentation graphique de la précipitation en (mm) moyenne mensuelle de Biskra (2010-2021).

### 2.2.3.3. La vente :

La présence dans l'atmosphère de masse d'air de pressions différentes engendre des déplacements d'air, les vents. En s'écoulant des zones à haute pression vers les zones de basse pression (Stéphane et al., 2001).

La région de Biskra est généralement calme par rapport au mouvement des vents, où comprend une période d'environ 8 mois, du mois de juin au mois de février de chaque année, cette période est également caractérisée par des vents froids et secs venant du nord et l'est. La période qui connaît des vents forts est confinée entre le mois de février et fin mai, cette période est également caractérisée par des vents venant du versant sud qui sont chauds et connus sous le nom de sirocco (Figure 2.5).



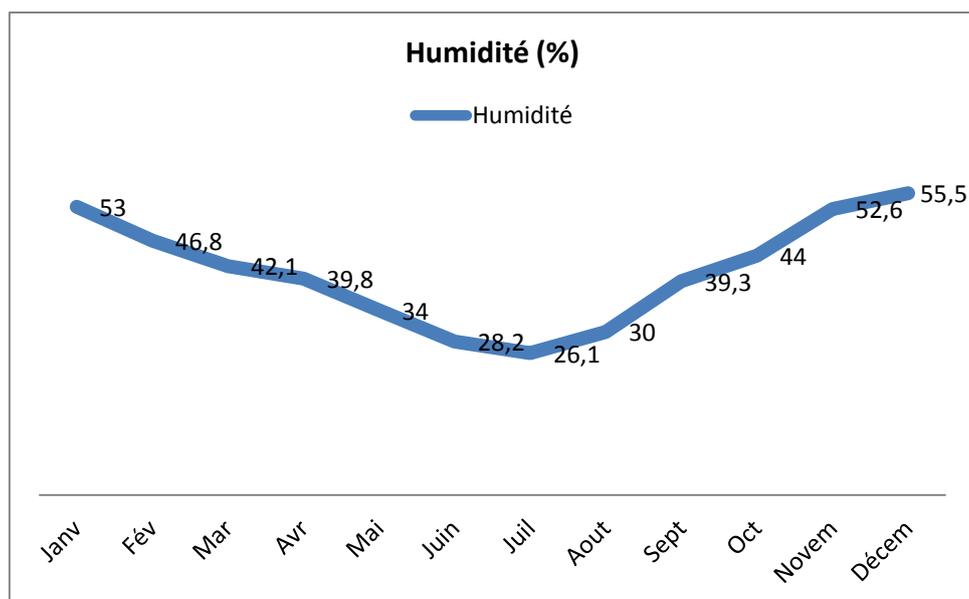
**Figure 2.5** : Représentation graphique de la vitesse moyenne du vent à Biskra (km/h), (2010-2021).

#### 2.2.3.4. L'humidité :

C'est le vapeur de l'eau contentent dans l'atmosphère, sa quantité varie grandement tout auteur de la planète, mais elle n'est jamais nulle, même dans les déserts les plus secs.

➤ L'humidité relative exprime le rapport entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans la masse d'air et celle qui serait nécessaire pour la saturer (Stéphane et *al.*, 2001).

L'humidité relative est faible, et ne dépasse pas les valeurs moyennes (52% - 55.5%) entre mois de novembre et janvier. Elle diminue progressivement pour atteindre une valeur minimale en mois juillet (26.1 %) (Figure 2.6).



**Figure2.6 :** Représentation graphique de l'humidité relative moyenne (%) à Biskra entre la période (2010-2021).

## 2.2.4. Classement du climat :

### 2.2.4.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen :

Outil graphique qui consiste à confronter deux paramètres majeurs du climat, la température et la précipitation.

Les diagrammes sont constitués en portant en abscisses les mois, et en ordonnées à la fois les températures moyennes mensuelles (C°) et les précipitations mensuelles (mm). L'échelle adoptée pour les pluies est double de celle adoptée pour les températures, dans les unités choisies. Un mois est réputé «sec» si les précipitations (P) sont inférieures à 2 fois la température moyenne (T), ( $P < 2T$ ), «humide» dans le cas contraire (Frontier et *al.*, 2008).

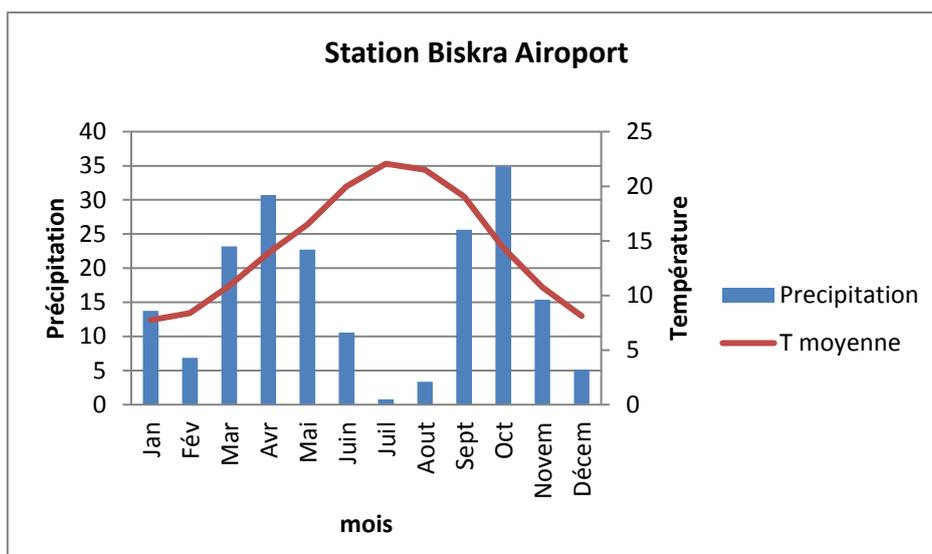


Figure 2.7 : Diagramme Ombrothermique de Gausson de Biskra (2010-2021).

➤ Selon le diagramme ombrothermique (Figure 2.7), la saison sèche commence à partir d'un mois juin et comprend les mois de juillet et aout.

**2.2.4.2. Coefficient pluviométrique d'Emberger:**

Cette méthode, permet la classification de la région en fonction de son étage bioclimatique. Elle donne un aperçu exact sur le climat de la région ciblée. Elle était élaboré par d 'Emberger. On porte en abscisse la moyenne des minima du mois le plus froid et en ordonnées le quotient pluviométrique ( $Q_2$ ) d 'Emberger (Saib, 2015).

$$Q_2 = \frac{2000.P}{M^2 - m^2} =$$

Avec :

$Q_2$  : coefficient pluviométrique d'Emberger.

$P$  : Précipitation moyennes annuelles en (mm).

$M$  : Températures moyennes des maxima du mois le plus chaud.

$m$  : Températures moyennes des minima du mois le plus froid.

Le climat méditerranéen peut être divisé en trois faciès selon la valeur de  $m$  :

Faciès froid :  $m < -1$ .

Faciès moyen :  $-1 < m < 2$ .

Faciès chaud :  $m > 2$  (Haddad, 2011).

Et cinq formes selon la valeur de  $Q_2$ , pour le faciès moyen, la valeur prise par  $Q_2$  varie de :

$Q_2 < 12$  ➡ Saharien ou désertique.

$12 < Q_2 < 30$  ➡ Aride.

$30 < Q_2 < 60$  ➡ Semi aride.

$60 < Q_2 < 100$  ➡ Sub-humide.

$Q_2 > 100$  ➡ Humide. (Rouabhi, 2021).

Par application numérique :

P: 120.68 mm.

M:  $41.4\text{ C}^\circ = 314.4\text{ Kel}$ .

m:  $7.2\text{ C}^\circ = 280.2\text{ Kel}$ .

$Q_2 = 11.86$ .

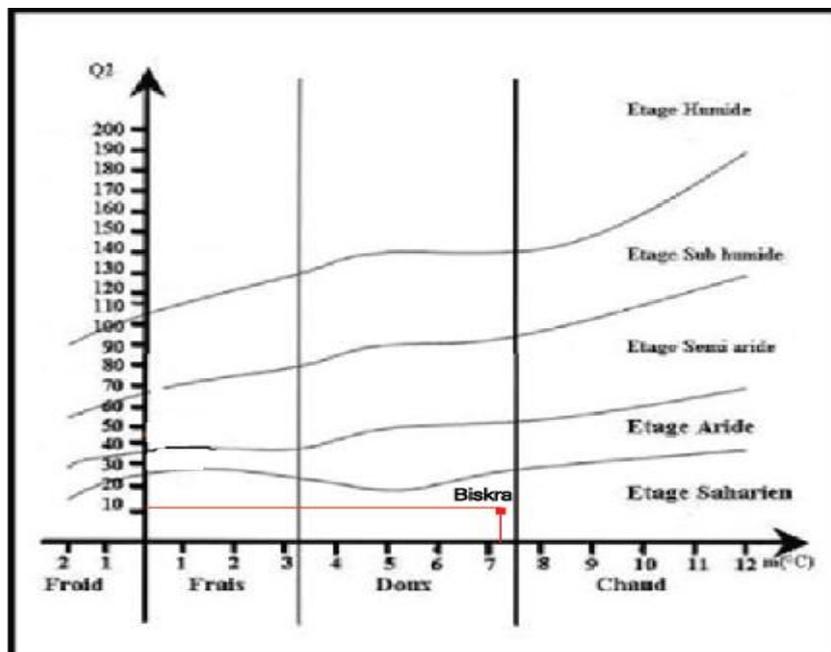


Figure 2.8 : La présentation graphique du coefficient pluviométrique d'Emberger.

En associant la valeur de  $Q_2 = 11.86$  au niveau de la climagramme d'Emberger (Figure 2.8), on peut déduire que la zone de Biskra se situe dans l'étage Saharien à Faciès chaud.

### 2.2.4.3. Indice d'aridité de Martonne :

Cet indice permet de caractériser la pouvoir évaporant de l'air à partir de la température, l'évaporation étant considérée comme une fonction linéaire de la température. Il a ajouté 10 aux moyennes thermométriques pour éviter les valeurs négatives de l'indice (Rouabhi, 2021).

$$I = \frac{P}{10+T}$$

T : La température moyenne annuelle en C°.

P : La pluviosité totale sur l'année en mm.

➤ Selon l'indice de Martonne, on peut classer le climat à :

Aridité absolue :  $I < 5\%$ .

Aride : I de 5 à 10.

Semi- aride : de 10 à 20.

Semi-humide : de 20 à 30.

Humide : de 30 à 40.

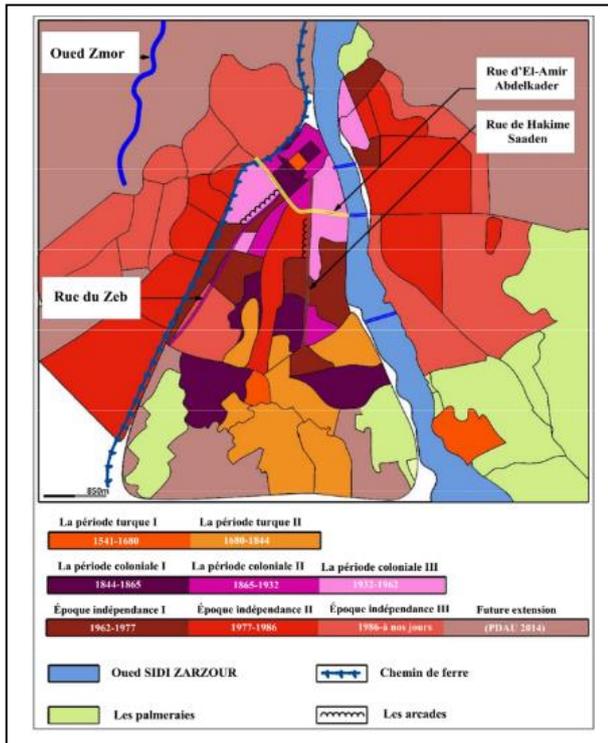
Très humide :  $> 40$  (Rouabhi, 2021).

Pour notre région d'étude,  $p = 120.68$  mm,  $T = 23.1$  C°, par application numérique on obtient :  $I = 3.64$ , donc la région de Biskra est très sec.

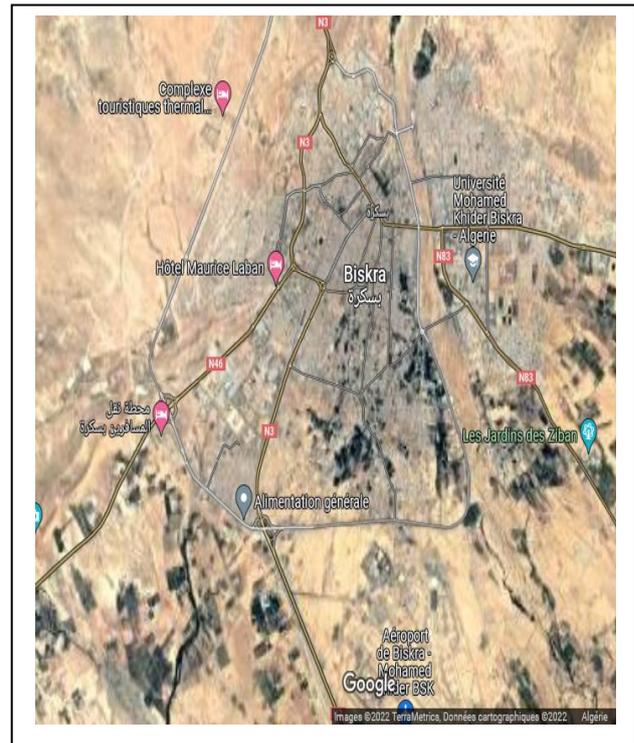
### 2.2.5. Etude démographique :

Estimation de la population jusqu'à 31/12/2015 :

- La population totale de la ville de Biskra atteint 244.773 habitants, avec un taux de croissance démographique de 2.3 %.
- La densité populaire est de 34 h/km<sup>2</sup>.
- Le taux de composante masculine est de 124834 habitants, représentant 51% de la population, tandis que le taux de la composante féminine est de 119,939 habitants, ce qui représente 49 % de la population totale de la ville (A.N.A.T, 2021).



(A)



(B)

**Figure 2.9 :** L'histoire urbaine de la ville de Biskra (A) (Bouzaher, 2018), Plan de la ville de Biskra (B) (Google Maps, 2022).

### 2.2.6. Le système bâti :

Le système bâti regroupe l'ensemble des masses construites la forme urbaine, quel que soit leur fonction (habitation, équipement), ou leur dimension, la bâti construit la forme urbaine (Nadjia, 2014).

Le style urbain de la ville de Biskra se caractérise par la différence et le contraste, en résultant du mélange de nombreuses époques historiques entre elles : avant, pendant le colonialisme, et après l'indépendance, en plus des politiques liées au développement de la centre urbain.

Cela s'est accompagné d'un changement de l'architecture du bâtiment et des matériaux utilisés et sa construction, car c'est l'unité de base du tissu urbain, et en plus grande échelle, des processus de planification urbaine et d'un changement dans les concepts du centre urbain comme espace de vie commun, tels que la répartition des services publics, les espaces publique, les administrations, les lisiers, les réseaux routiers ...etc. :

### 2.2.6.1. Quartiers construits avant la période coloniale :

De style traditionnel, constituent le noyau de base de la ville et comprennent les quartiers de : Bab EL-Darb, Al-Fath, Geuddacha, Medjnich, Lemside, Sidi-Barkat, Ras Al-Maa sa superficie était estimée à 161.01 hectares en 1844 (Bsharah, 2020) et (Figure 2.9).

### 2.2.6.2. Quartiers construits pendant la période coloniale :

Construits au nord de la ville par le colonisateur sur le style européen comme le quartier La Gare (Figure 2.9), et les quartiers désordonnés, qui ont été construits entre la vieille ville et les quartiers nord et sont représentés dans le quartier Star El Melouk, Elboukhari, Sa superficie est estimée à 272.18 hectares (Bsharah, 2020).

### 2.2.6.3. L'expansion urbaine après l'indépendance :

Après 1976 l'exploitation de l'espace urbain est soumise à planification, tandis que la ville de Biskra a été élevée au siège de Wilaya, où les changements suivants peuvent être observés :

- **zone d'habitat urbaine nouvelle** : Deux (02) zones d'habitat urbaine nouvelle «Z.H.U.N", l'une à l'ouest d'une capacité de 8500 logements, l'autre à l'est d'une capacité de 11000 logements (Anonyme 05).
- **le lotissement** : Ces agglomérations apparaissent toujours comme des réseaux urbains caractérisés par des rues-coupés, formant des îlots divisés en lots ou parcelles généralement rectangulaires (Anonyme 05), on peut estimer Hai El-Moudjahiddine, Hai Saada, Chitma.
- On peut également noter que les type de construction informelle de qualité architecturale très médiocre sont répandus pour inclure les zones suivantes : Sidi Ghazel, El-Hawza, El-Alia nord, Hay Lamsalah (Bsharah, 2020).

### 2.2.6.4. Les zones de servitude :on distingue les zones suivants ;

**a)-La zone industrielle** : implanté sur superficie de 183 hectares, elle se situé au Sud-ouest de la ville.

**b)-La zone de parcs** : Recouvrant une superficie de 115 hectares à l'Est de la ville, mais elle été annulé et remplacer par un pôle universitaires.

**c)- La zone d'équipement** : Située au Sud de la ville, entravant l'extension de la ville vers le Sud.

**d)- La zone militaire :** Située au Sud de la ville, occupe une grande superficie, entravant l'extension de la ville vers le Sud (Bouzahzah, 2015) et (Figure 2.9).

#### 2.2.6.5. Lieux de rejet des eaux usées :

En raison de l'absence d'une station d'épuration au niveau de la ville de Biskra, les eaux usées sont rejetées au niveau des Oueds Réparties dans la zone, in peut distinguer :

- 2 émissaires, de la partie centrale de la ville les drainant vers les Oueds Biskr après de l'aéroport.
- 1 émissaire, de la zone Ouest (à partie de Hammam Salhin) et de la zone industrielle vers l'Oued Z'mour.
- 1 émissaire, de la zone Est vers l'Oued El Maleh (A.NA.T, 2003).

#### 2.3. Site d'Oued Z'mour:

Situé à l'ouest de la ville de Biskra, il traverse les montagnes d'El-Corab à un endroit appelé Foum Maouia, il est alimenté le long se don cours par les oueds de Hammam, Hassi Mabrouk, El Teraet Leham. Il est caractérisé par des conduits de décharge d'un diamètre de 1.5 m d'une pente de 1.5%. Il collecte les eaux usées du secteur ouest de la ville de Biskra (Figure 2.10), qui comprend la zone industrielle, le centre de formation, et la cité de 726 logements (Khamla, 2021). Il se caractériser par un diamètre  $\emptyset$  de 1500 mm et une pente de  $I= 1.5\%$  (Benamour, 2015).



**Figure 2.10 :** Site d'Oued Z'mour (originale).

## **2.4. Matériels et Méthodes :**

### **2.4.1 .Eaux usées :**

Les eaux usées incluses dans l'étude provenaient de l'Oued Z'mour, qui est le dernier lieu de collecte des eaux usées pour la région Ouest de la ville de Biskra.

Les échantillons ont été collectés au premier semestre de l'année 2016 (Janvier, Février, Mars, Avril, Mai, Juin).

### **2.4.2 .La méthode d'échantillonnage :**

Des flacons en verre à 500 ml sont utilisés, bouché et assuré la protection contre la contamination, il ne doit pas contenir des substances antibactériennes pour les bactéries présentes dans l'échantillon ou tout produit chimique pouvant affecter les éléments chimiques d'origine de l'eau usée, sous l'influence d'interaction chimique entre eux.

Avant l'usage le flacon doit être soigneusement lavé, car il ne doit rester aucune trace d'éventuel détergent ou antiseptique, il est ensuite séché, bouché et muni d'une étiquette avec des données incluant la date, l'heure, le lieu et le numéro de l'échantillon (Rodier, 1996).

### **2.4.3. Le transport et conservation :**

La teneur initiale en éléments chimiques et en germes des eaux risque de subir une modification dans le flacon, après le prélèvement, c'est pour cela que toute l'analyse doit être effectuée le plus rapidement possible.

Si la température est supérieure à 10 C°, le prélèvement doit être transporté dans un glacier, dont la température est environ 4 C° (Figure 2.11).

Après avoir prélevé la prise d'essai, l'échantillon restant doit être stocké à une température de 4 C° (Rodier, 1996).



**Figure 2.11 :** L'échantillonnage et la conservation des eaux usées.

## 2.5. Les analyses physicochimiques :

### 2.5.1. Matériels :

- Tubes d'essais
- Pipette jaugée.
- Flacons
- Erlenmeyer.
- Becher.
- Plaque chauffante.
- Agitateur magnétique

### 2.5.2. Méthode d'analyse physicochimique des eaux usées :

Les composées des eaux usées sont très nombreuses et variées. Pour déterminer le degré de pollution, il faut appeler les paramètres globaux de pollution applicables sur tous les types d'eau (Benameur, 2015).

La qualité d'eau usée collecté d'Oued Z'mour a été évaluée selon les indicateurs dans le tableau 2.1:

**Tableau 2.1** : Les différents types des analyses physicochimiques des eaux usées.

<b>Paramètre</b>	<b>Méthode</b>	<b>Référence</b>
<b>pH</b>	pH mètre de type Benchtop HANNA, HI 221.	Norme NFT 90-017
<b>Température</b>	Electrode V10	CONSORT 535
<b>Conductivité</b>	Conductimètre	Franck R., 2002
<b>Turbidité</b>	Spectrophotomètre $\lambda = 450$ nm	ISO 7027/1994 NA 746
<b>Oxygène dissous O<sub>2</sub></b>	Electrochimique	Normes EN 25814 et ISO 5814
<b>DCO</b>	Oxydation par excès de KMNO <sub>4</sub> en milieu sulfurique à ébullition	ISO 6060/1984
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Méthode pour les échantillons non dilués	Norme NF EN 1988-2
<b>Azote ammoniacal</b>	Spectrométrie manuelle $\lambda = 425$ nm	ISO 7150/1984
<b>Nitrite NO<sub>3</sub></b>	Spectrométrie d'absorption moléculaire au $\lambda = 640$ nm	ISO 6777/1984
<b>Nitrate</b>	Spectrométrie au $\lambda = 420$ nm	ISO 7890/1986
<b>Ortho Phosphate</b>	Spectrométrie au $\lambda = 430$ nm	ISO 6378/1983

**2.6. Les analyses bactériologiques :**

Les analyses bactériologiques sont basés sur l'identification des bactéries indicatrices de pollution, qui sont:

- Les coliformes fécaux (*Escherichia coli*).
- Les streptocoques fécaux.
- Les bacilles de genre *Clostridium*, bactéries sulfite-réductrices.

**2.6.1. Matériels :**

- Tubes d'essai.
- Portoirs pour les tubes d'essai.
- Pipettes graduées.
- Pipettes pasteur.
- Plaquons stérile pour échantillons.
- Boites de pétri stérile.
- Bec bunsen.
- Anse de platine.
- Bain marie.

**2.6.2. Méthode d'analyse bactériologique des eaux usées :**

Le dénombrement des bactéries présentes dans l'eau est effectué par la méthode générale de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP), qui est estimation statistique du nombre de microorganisme supposé distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire (Rodier, 2009).

Cette méthode consiste à inoculer, à l'aide de délutions décimale appropriés de l'échantillon à analyser, une série de tubes de contenant le milieu nutritif pour la détection de la flore totale, après incubation à 37 C° pendant 24 heures, les tubes turbides sont considérés comme positifs. La contamination fécale a été évaluée en comptant les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux (Khamla, 2021).

Le tableau 2.2 présente les types de bactéries les plus importants autour desquels s'articule l'analyse bactériologique et les types des milieux de culture présomptif et confirmatif utilisés:

**Tableau 2.2 :** Les différents types des analyses bactériologiques des eaux usées.

Paramètre analytique	Description de la méthode	Références
<p><i>Coliforme fécaux</i></p> <p><i>E. coli</i></p>	<p><b>Milieu présomptif :</b></p> <p>Double Bouillons lactosé au pourpre de Bromocrésol avec la cloche de Durham.</p> <p>Incubation à 37 C°, pendant 24 H.</p> <p><b>Milieu confirmatif :</b></p> <p>Test MacKenzie, eau peptonée exempt d'indole, incubation à 44 C°, pendant 24 H.</p> <p>Le milieu d'eau peptonée où l'addition de 1 ml de la réactif de Kovacs.</p>	<p><b>Rodier, 1996.</b></p>
<p><i>Streptocoque fécaux</i></p>	<p><b>Milieu présomptif :</b></p> <p>Milieu de Roth normal (S\ C), incubation à 37 C°, pendant 24 H.</p> <p><b>Milieu confirmatif :</b></p> <p>Quelques gouttes de pipette pasteur de milieu présomptif dans des tubes du milieu de Litsky à l'éthyle violet et azide de sodium.</p> <p>Incubation à 37 C°, pendant 24-48 H.</p>	<p><b>Rodier, 1996.</b></p>

<i>Clostridium sulfito- réducteur</i>	Milieu viande de foie et additifs minéraux (Sulfate de Sodium citrate et de fer ammoniacal (III)).	<b>Rodier, 1996.</b>
---	--	----------------------

# **Chapitre 3 :**

## **Résultats et Discussion**

### 3.1. Résultats :

Ce chapitre est consacré à l'étude et l'interprétation des résultats des analyses physicochimiques et bactériologiques des échantillons d'eaux usées brutes de la zone d'Oued Z'mour. Les résultats sont classés dans le tableau 3.1 et le tableau 3.2 :

**Tableau 3.1** : Résultats des paramètres physicochimiques des eaux usées d'Oued Z'mour

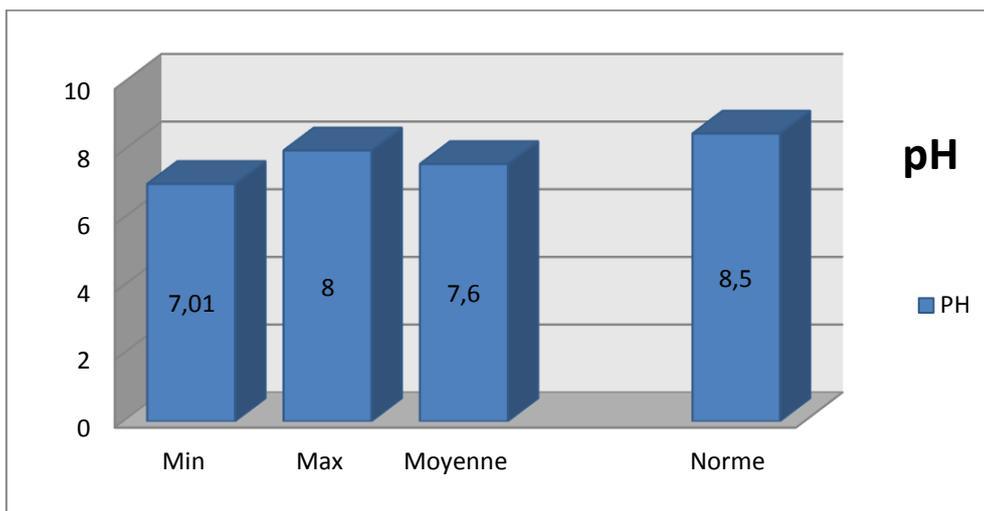
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	juin	Moyenne
pH	7.5	7.01	7.8	7.6	8	7.9	<b>7.6</b>
Température (C°)	12.5	17.5	16.5	19	23	25	<b>18.9</b>
Conductivité μS/cm	2800	2600	4200	2500	1300	7200	<b>3433</b>
Turbidité NTU	160	128	99	80	87	150	<b>117.3</b>
Orthophosphate (mg/l)	3	1.7	6.8	9.2	20	25	<b>10.95</b>
Oxygène dissous (mg/l)	2.5	1.85	3	3.4	3.5	5.3	<b>3.25</b>
MES (mg/l)	0.42	0.6	1.6	1.7	2	2.5	<b>1.5</b>
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	58	60	86	140	150	245	<b>123.1</b>
DCO (mg/l)	75	85	100	150	170	260	<b>140</b>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0.95	1.95	2	2.8	3.6	3.8	<b>2.51</b>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	5	4	6	10	12	14	<b>8.5</b>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	13	15	18	17	18	20	<b>16.83</b>

**Tableau 3.2** : Résultats des paramètres bactériologiques des eaux usées d'Oued Z'mour

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	juin	Moyenne
<i>Coliforme fécaux</i> (UFC 100 ml)	680.10 <sup>3</sup>	62.10 <sup>3</sup>	70.10 <sup>3</sup>	72.10 <sup>3</sup>	78.10 <sup>3</sup>	94.10 <sup>3</sup>	<b>176.10<sup>3</sup></b>
<i>E. coli</i> (UFC 100 ml)	225	360	360	400	580	740	<b>444</b>
<i>Streptocoques fécaux</i> (UFC/ 100 ml)	1.1 x 10 <sup>3</sup>	1.25 x 10 <sup>3</sup>	1.32 x 10 <sup>3</sup>	1.5 x 10 <sup>3</sup>	1.6 x 10 <sup>3</sup>	1.7 x 10 <sup>3</sup>	<b>1.41</b> <b>x</b> <b>10<sup>3</sup></b>
<i>Clostridium sulfitoréducteur</i> (UFC/100 ml)	150	400	530	600	700	770	<b>525</b>

**3.2. Paramètres physicochimiques :**

**3.2.1. pH :**

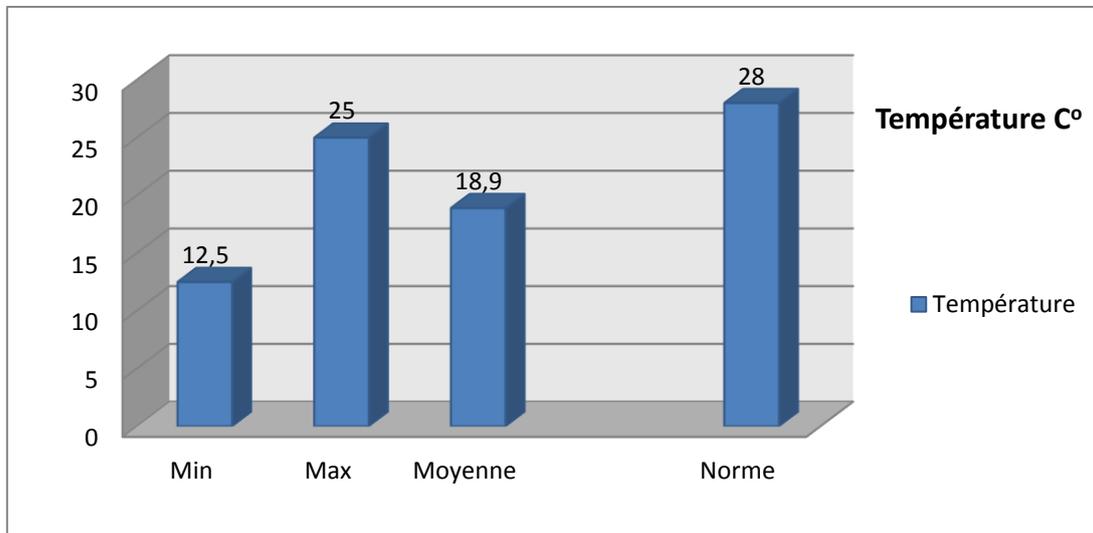


**Figure 3.1** : Les valeurs de pH dans l'eau usée d'Oued Z'mour.

D'après le tableau 3.1 et figure 3.1, Les valeurs de pH enregistrés d'Oued Z'mour sont comprises entre 7.01 et 8, la valeur moyenne est 7.6, ce qui est proche de neutralité mais avec

une tendance vers l'alcalinité. Le pH moyen enregistré est inférieur à 8.5, considéré comme valeur limites de rejet direct dans le milieu récepteur selon JORF (2010).

### 3.2.2 La Température :



**Figure 3.2 :** Les valeurs de Température au niveau de l'Oued Z'mour.

Les résultats de La température indiqués dans le tableau 3.1 et figure 3.2 mesurés pendant la période de janvier à juin, montrent une augmentation constante de température, ils varient entre 12.5 C° et 25 C° avec une moyenne de 18.9 C°, ce qui inférieure à la valeur maximale admissible de 28 C° pour le rejet de l'eau dans le milieu récepteur selon JORF (2010), bien que les valeurs de la température de l'eau varient en fonction du changement saisonnier.

### 3.2.3. Conductivité :

Comme l'illustre le tableau 3.1 et figure 3.3, La conductivité mesurée pendant le premier semestre (de janvier à juin) au niveau d'Oued Z'mour est située entre 1300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 7200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une moyenne de 3433  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ce qui supérieur à la valeur maximale limite de 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  des rejets selon JORF (2010).

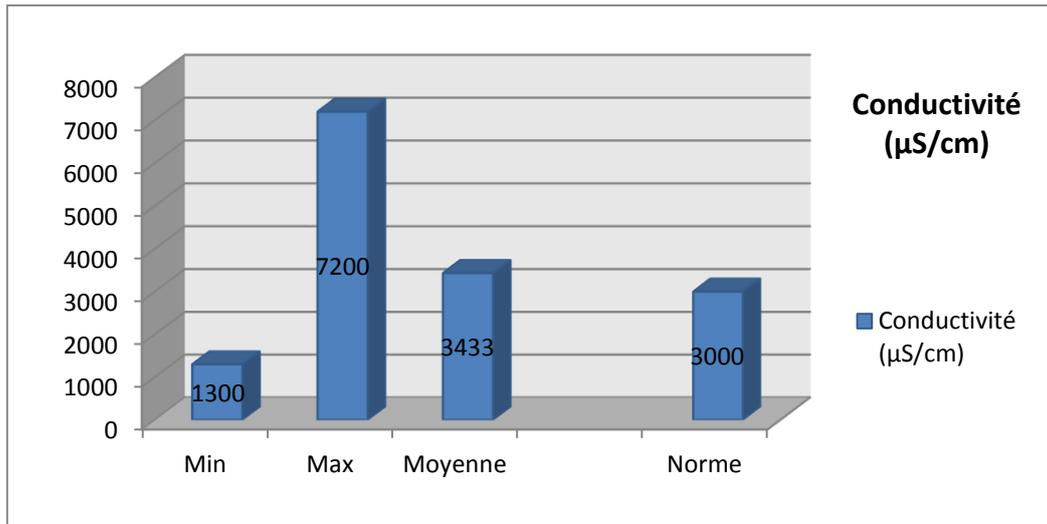


Figure 3.3 : Les valeurs de conductivité au niveau de l'Oued Z'mour.

3.2.4. Turbidité :

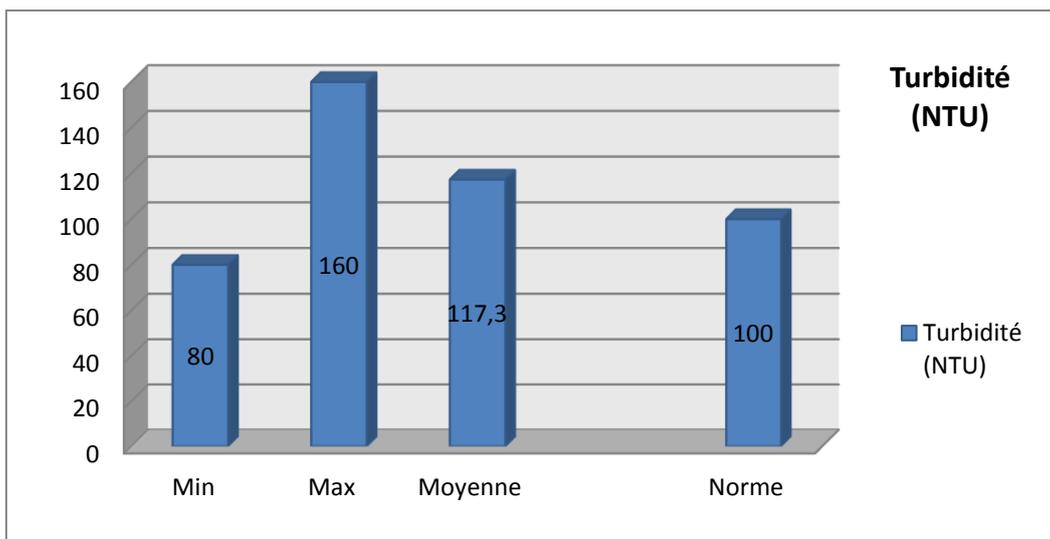


Figure 3.4 : Les valeurs de Turbidité au niveau de l'Oued Z'mour.

D'après le tableau 3.1 et la figure 3.4, les valeurs de turbidité de l'eau usée brute d'Oued Z'mour sont très élevées avec des variations saisonniers notables, la valeur minimale enregistré est de 80 NTU en avril, tandis que la valeur maximale est de 160 NTU en janvier avec une valeur moyenne de 117.3 NTU supérieur à la valeur de 100 NTU considéré un seuil décrit l'état de l'eau très polluée selon JORF (2010).

3.2.5. L'Oxygène dissous :

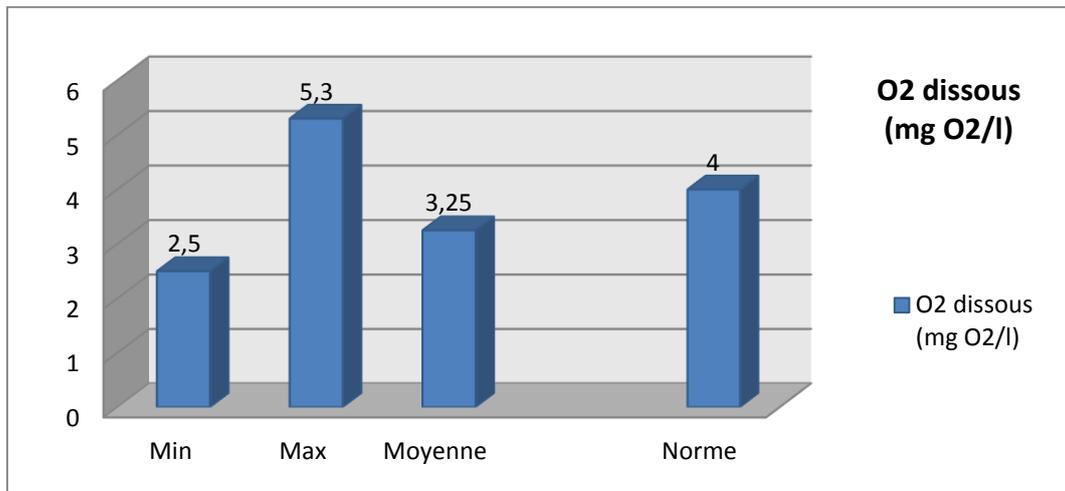


Figure 3.5 : Les valeurs d'oxygène dissous au niveau de l'Oued Z'mour.

D'après les résultats obtenus dans le tableau 3.1 et figure 3.5, le taux d'Oxygène dissous dans les échantillons des eaux usées au niveau d'Oued Z'mour est situé entre 2.5 mg/l et 5.3 mg/l et une moyenne de 3.25 mg/l qui est légèrement inférieure à la valeur de 4 mg/l mentionnée par JORF (2010) qui décrit l'état de forte diminution du taux d'oxygène dissous dans l'eau.

3.2.6. Matière en suspension (MES) :

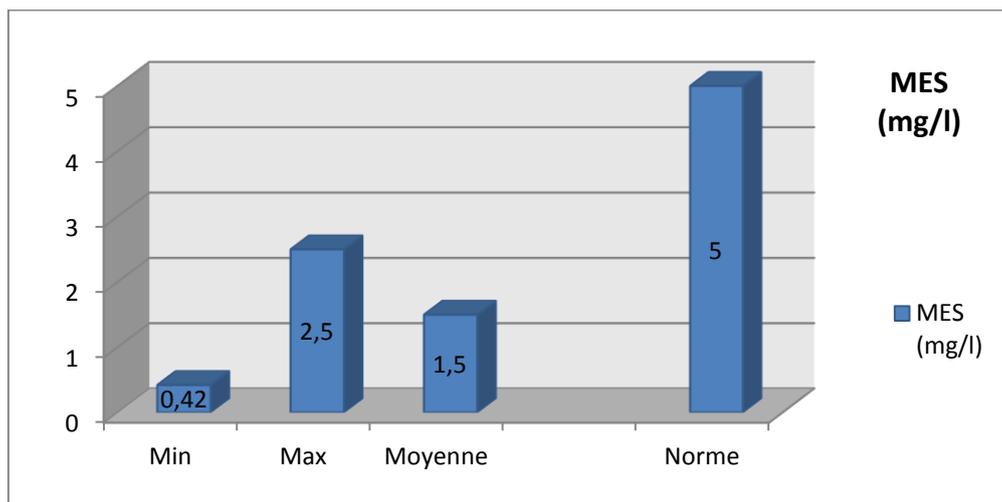
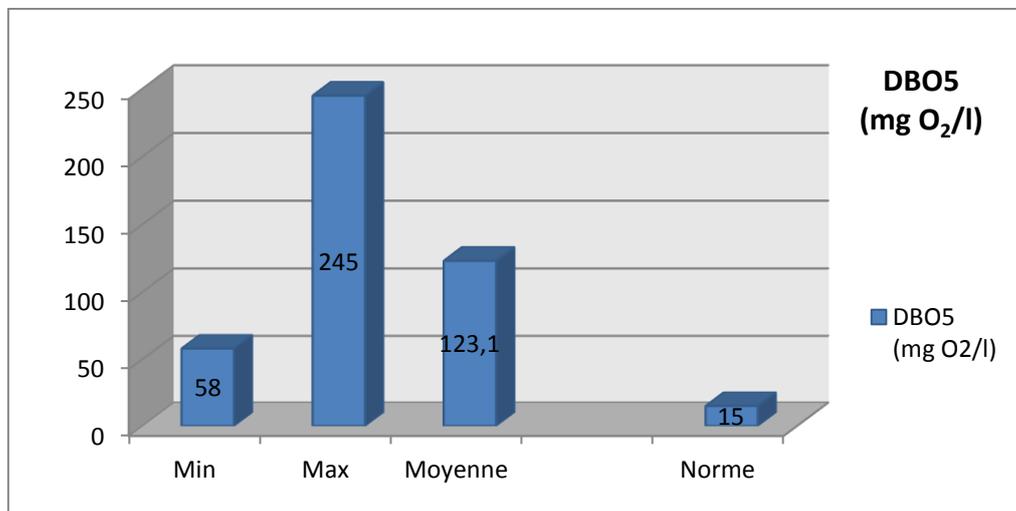


Figure 3.6 : Les valeurs de matières en suspension au niveau de l'Oued Z'mour.

Le taux des matières en suspension montrées dans le tableau 3.1 et la figure 3.6, varie de 0.42 mg/l à 2.5 mg/l, avec une quantité moyenne de 1.5 mg/l, inférieure à la valeur

minimale de 5 mg/l fixé par JORF (2010) et la norme maximale recommandée par OMS (30 mg/l) selon Touati et *al*, (2018).

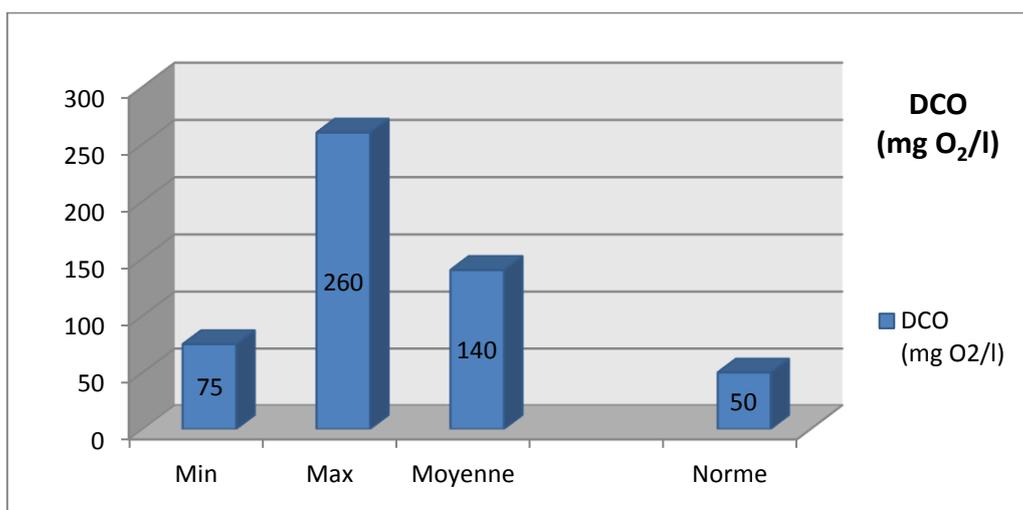
### 3.2.7. Demande biologique en oxygène DBO<sub>5</sub>:



**Figure 3.7:** Les valeurs de DBO<sub>5</sub> au niveau de l'Oued Z'mour.

D'après les résultats obtenus dans le tableau 3.1 et la figure 3.7, les valeurs de la DBO<sub>5</sub> sont très élevées, passant de 58 mg O<sub>2</sub>/l en janvier à 245 mg O<sub>2</sub>/l en juin, avec une quantité moyenne de 123.1 mg O<sub>2</sub>/l, ces teneurs sont largement supérieures aux valeurs maximales 15 mg/l spécifiés par A.N.R.H (2009).

### 3.2.8. Demande chimique en oxygène (DCO):

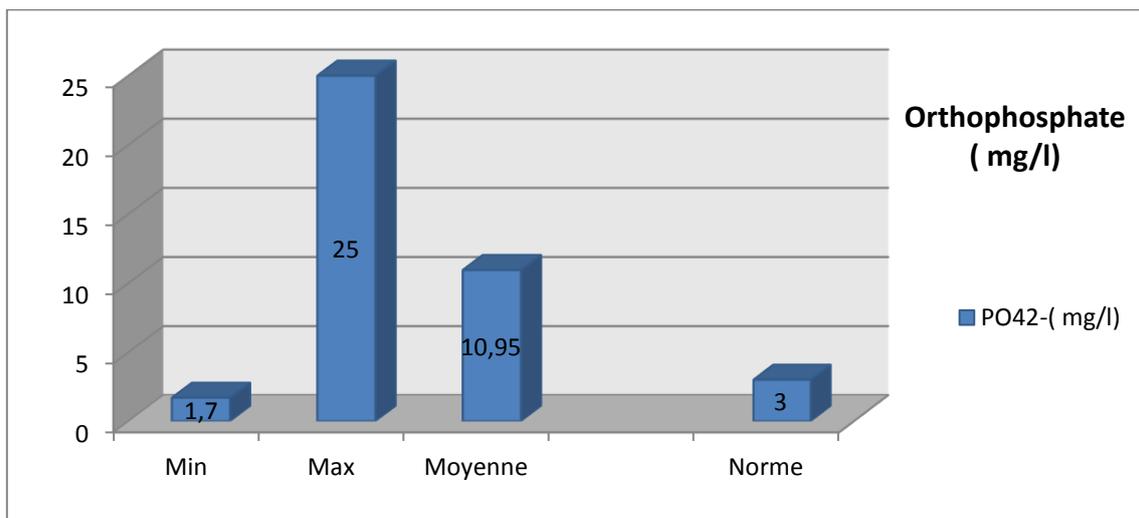


**Figure 3.8:** Les valeurs de DCO au niveau de l'Oued Z'mour.

A travers les résultats obtenus dans le tableau 3.1 et figure 3.8, la teneur en DCO est dans un état d'augmentation, elle passe de 75 mg O<sub>2</sub>/l à 260 mg O<sub>2</sub>/l avec une teneur moyenne de 140 mg O<sub>2</sub>/l. Les résultats sont supérieurs à la valeur maximale de 50 mg O<sub>2</sub>/l pour les rejets dans le milieu récepteur selon A.N.R.H (2009).

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> = 1.13 indique que les effluents sont d'origine domestique et facilement biodégradables (annexe 01).

### 3.2.9. Orthophosphate (PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>):



**Figure 3.9 :** Les valeurs de l'orthophosphate au niveau de l'Oued Z'mour.

D'après les résultats obtenus dans le tableau 3.1 et figure 3.9, la quantité d'orthophosphate varie entre 1.7 mg/l et 25 mg/l et une moyenne de 10.95 mg/l. Il est clair que le taux d'orthophosphate est nettement supérieur à la valeur maximale 3mg /l de JORF (2010) qui décrit l'état d'une eau fortement contaminée en matières phosphatée

### 3.2.10. Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>):

Le suivi de la variation des nitrites dans les eaux usées au niveau d'Oued Z'mour présentées dans tableau 3.1 et Figure 3.1, montre que la quantité de nitrite a enregistré comme valeur minimale de 0.95 mg/l, ainsi qu'une valeur maximale de 3.8 mg/l et de valeur moyenne de 2.51 mg/l très élevé et considérablement proche à la valeur limite de 3 mg/l selon A.N.R.H (2009).

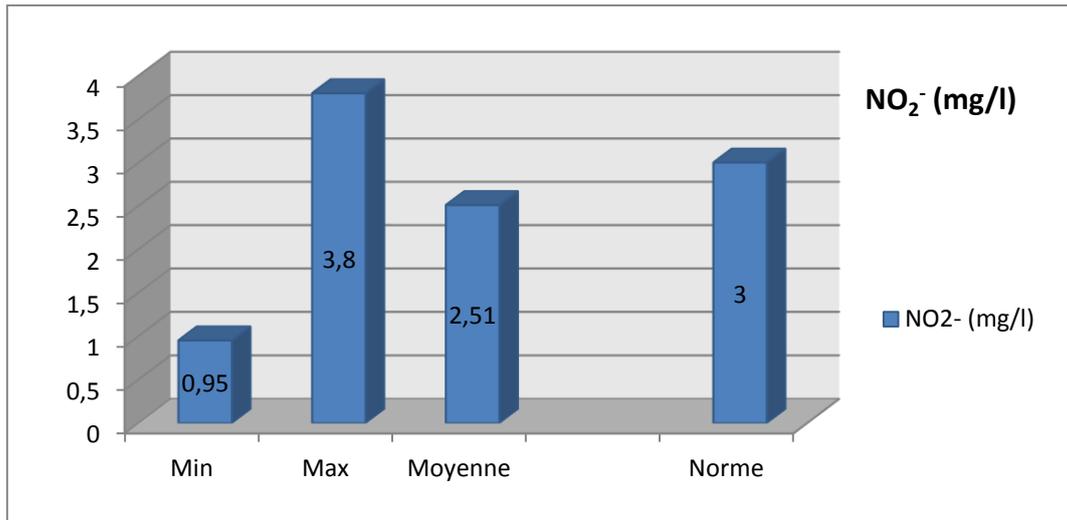


Figure 3.10: Les valeurs de nitrite au niveau de l'Oued Z'mour.

3.2.11. Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):

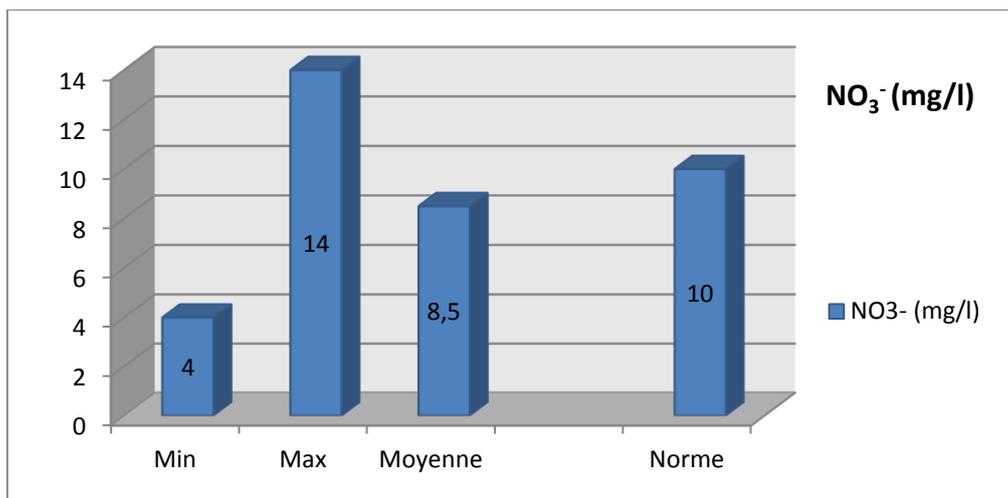


Figure 3.11: Les valeurs de nitrate au niveau de l'Oued Z'mour.

À travers les résultats obtenus dans le tableau 3.1 et la figure 3.1 de la teneur en nitrates dans les eaux usées d'Oued Z'mour, montre que la valeur minimale de 4 mg/l, tandis que la valeur maximale de 14 mg/l, avec une moyenne de 8.5 mg/l inférieur à 10 mg/l et considéré comme une teneur acceptable d'après A.N.R.H.

3.2.12. Azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) :

Les résultats enregistrés dans le tableau 3.1 et la figure 3.12, montre que la teneur en azote ammoniacale dans les eaux usées d'Oued Z'mour varie entre 13 mg/l et 20 mg/l avec une valeur moyenne de 16.83 mg/l, les valeurs sont nettement supérieures à la valeur

maximale de 3 mg/l d'azote ammoniacale notées par A.N.R.H (2009), qui décrit l'état où les eaux usées sont fortement chargées d'Azote ammoniacale.

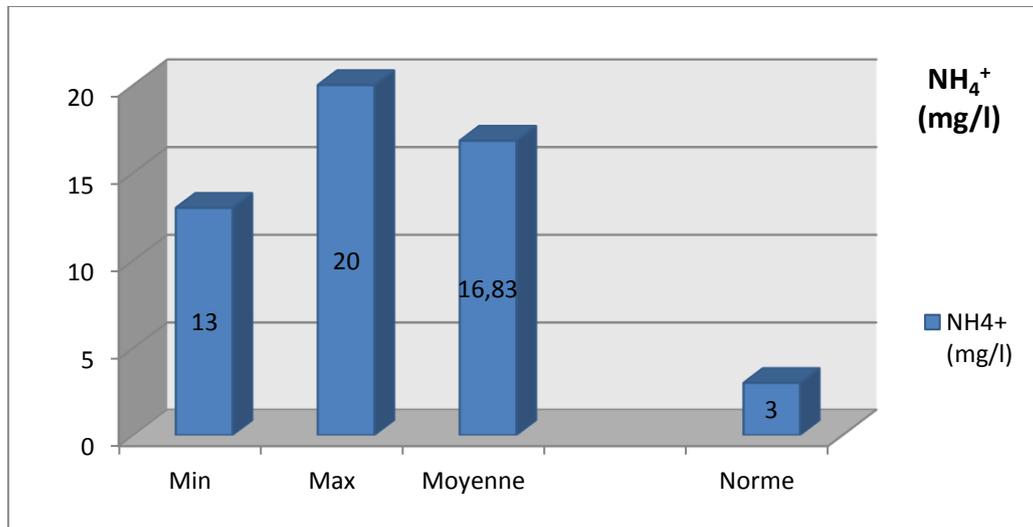


Figure 3.12: Les valeurs d'azote ammoniacal au niveau de l'Oued Z'mour.

### 3.3. Paramètres bactériologiques :

#### 3.3.1. Les Coliformes fécaux :

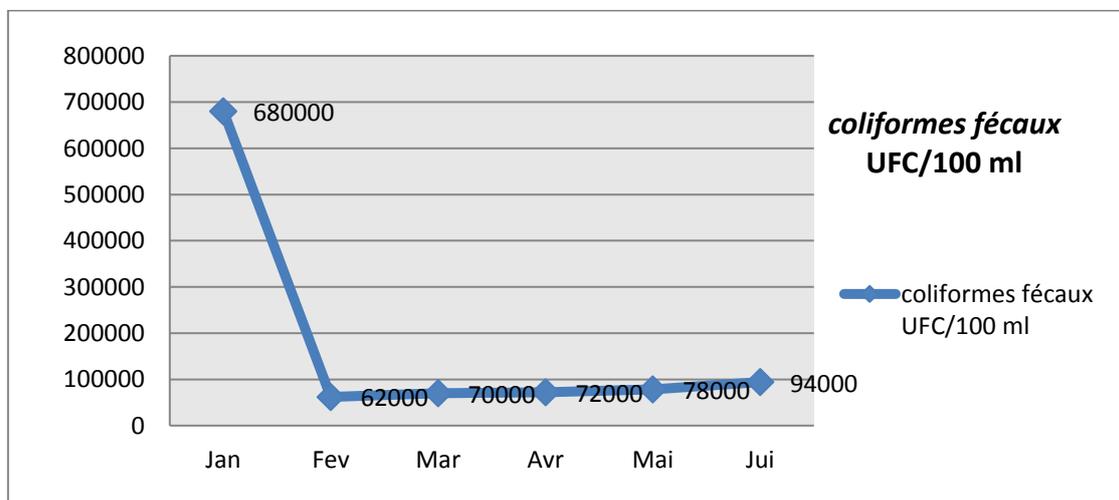
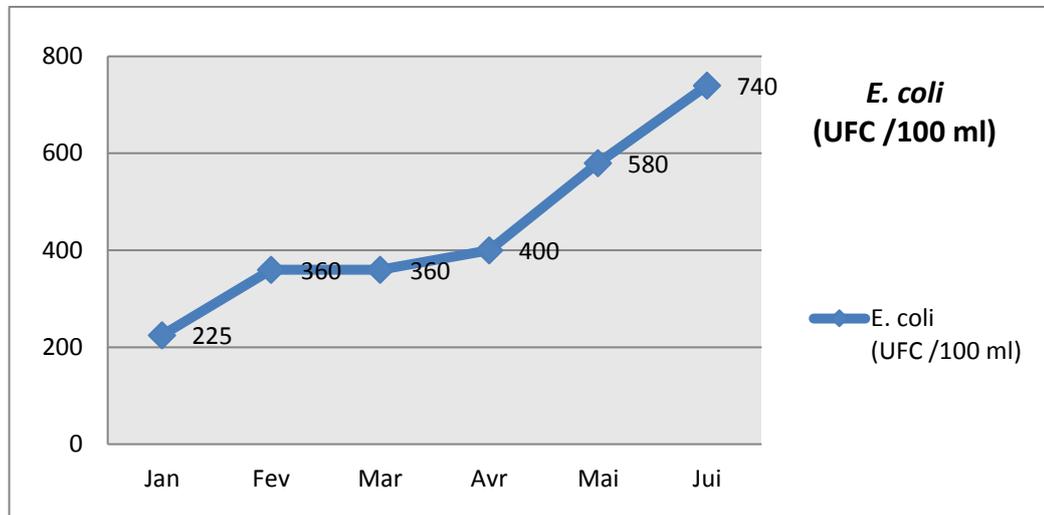


Figure 3.13: Les valeurs des coliformes fécaux au niveau de l'Oued Z'mour.

La courbe graphique ( figure 3.13) de l'évolution de la teneur en bactéries en fonction du temps, révéle des changements saisonniers, la valeur plus élevée a été enregistré en janvier de 680x10<sup>3</sup>UFC/100 ml, mais elle est diminué fortement en février où la valeur la plus basse a été enregistré de 62x10<sup>3</sup>UFC/100 ml, ensuite les valeurs commencent à augmenter lentement

dans le reste des mois avec une moyenne de  $176.10^3$ UFC/ 100 ml , ces valeurs sont supérieurs à la valeur limite de  $20 \times 10^3$  Errochdi ( 2012 ) pour les eaux très polluées .

### 3.3.2. *E. coli* :

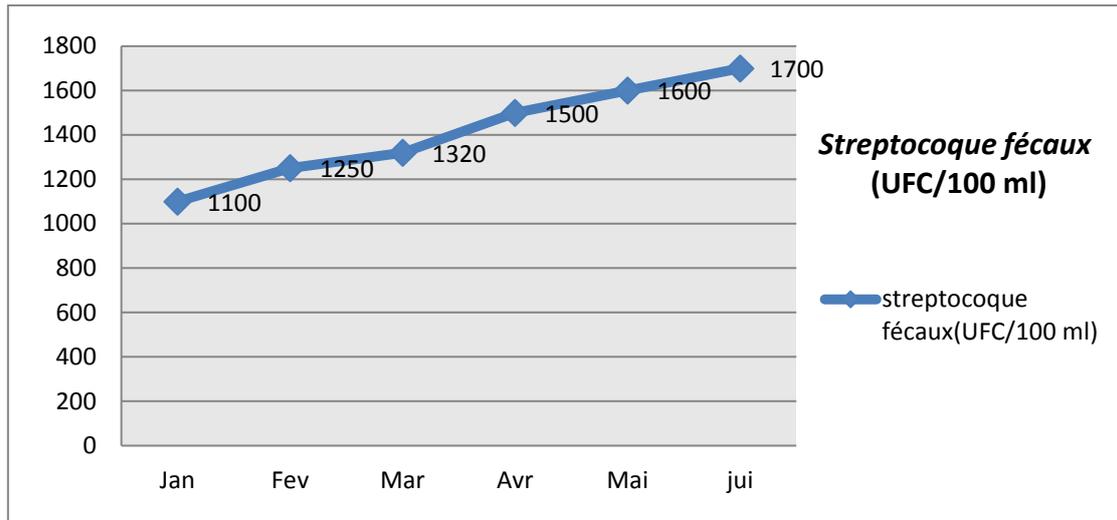


**Figure 3.14:** Les valeurs d'*E. Coli* au niveau d'Oued Z'mour.

D'après le tableau 3.2 et la figure 3.14, La teneur en *E. coli* dans les eaux usées brutes variés entre 250 UFC/100 ml et 740 UFC/100 ml, avec une moyenne de 444 UFC/100 ml, le nombre des bactéries dans les échantillons augmente rapidement et passe par une période de ralentissement entre février et avril, les valeurs obtenus sont supérieurs à la norme 250 UFC/ 100 ml de JORF (2010) consacré à l'utilisation de l'eau en agriculture.

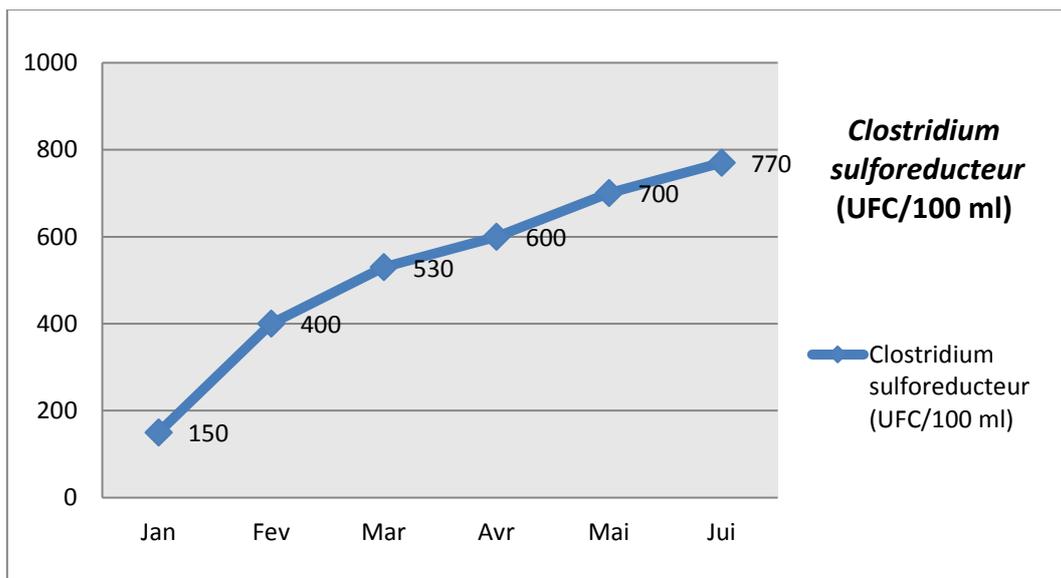
### 3.3.3. Les *Streptocoque fécaux* :

Les valeurs dans le tableau 3.2 et la figure 3.15 liées à la détermination et dénombrement les streptocoques fécaux révélées une constante augmentation, elles ont enregistré comme une teneur minimale de  $1.1 \times 10^3$ UFC/100 ml en janvier et une teneur maximale de  $1.7 \times 10^3$ UFC/100 ml en juin, avec une moyenne de  $1.41 \times 10^3$ UFC/100 ml, les résultats obtenus sont supérieurs au seuil ( $10^3$  UFC/ 100 ml) acceptable pour l'eau d'irrigation selon Errochdi (2012).



**Figure 3.15:** Les valeurs des Streptocoques fécaux au niveau de l'Oued Z'mour.

**3.3.4. Clostridium sulforeducteur :**



**Figure 3.16:** Les valeurs de *Clostridium sulforeducteur* au niveau de l'Oued Z'mour.

Les résultats obtenus dans la figure 3.16 pour le dénombrement des bactéries appartiennent au genre *Clostridium sulforeducteur*, montrent que le nombre de bactéries est en constante augmentation, il est enregistré une valeur minimale de 150 UFC/100 ml et qu'il a augmenté jusqu' à atteindre une valeur maximale de 770 UFC/100 ml avec une valeur moyenne de 525 UFC/ 100 ml.

### 3.4. Discussion résultats :

Les plans d'eau naturels ont un pH compris entre 6 et 8.5, la plupart des organismes aquatique ne peuvent pas survivre si le pH de l'eau dépasse largement cette plage naturelle. Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif (corrosion) ou incrustant de l'eau selon Rodier (2009). D'après Rassam et *al*, (2012). Les valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8.5 affectent la croissance et la survie des plantes et des animaux aquatiques.

Le pH au niveau d'Oued Z'mour compris entre 7.01 et 8, la valeur moyenne enregistrée est inférieur à 8.5, considéré comme valeur limites de rejet direct dans le milieu récepteur selon JORF (2010), il est proche de neutralité mais avec une tendance vers l'alcalinité, le type et la quantité des minéraux dissous ( $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{Mg}_2^+$ ,  $\text{Na}^+$  ...etc), les gaz et les organismes aquatiques dans l'eau déterminent le pH de l'eau selon Kenneth (2010).

Les valeurs extrêmes de La température comprise entre 12.5 C° et 25 C° avec une moyenne de 18.9 C°, ce qui inférieur à la valeur maximale admissible 28 C° pour le rejet de l'eau dans le milieu récepteur selon JORF (2010), bien que les valeurs de la température de l'eau varient en fonction du changement saisonnier. D'après savary (2010) La diminution de la température de l'eau peut gêner le processus de traitement s'il est appliqué, en causant l'augmentation de la viscosité de l'eau et la diminution de la vitesse de sédimentation, entrave également la filtration et la désinfection.

La conductivité permet de déterminer la présence des minéraux, mais aussi de tous les autres ions plus ou moins néfastes dans l'eau selon Charma (2005). Au niveau d'Oeud Z'mour la conductivité est située entre 1300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 7200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une moyenne de 3433 $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ce qui supérieur à la valeur maximale limite 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  des rejets selon JORF (2010). Ces eaux ne peuvent être considérées comme des eaux destinées à l'irrigation que pour les rejets directs des eaux usées brutes dans le milieu récepteur Selon Rassam et *al*, (2012), la comparaison des valeurs en conductivité dans les eaux usées analysées avec la grille de la qualité des eaux de surface (Tableau 1.4), permet de déduire que ces eaux usées sont des qualités très mauvaises. La forte teneur de conductivité de l'eau est dû à l'augmentation de la minéralisation dans l'eau usée brute (surtout les ions :  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{Mg}_2^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), la température élevé accélère les réactions chimiques et la minéralisation bactériologiques aboutissant à la dégradation ultime des substances organiques en sels minéraux qui augmentent la conductivité selon Rodier (2009).

L'eau usée brute d'Oued Z'mour est fortement troublée, la valeur minimale est enregistré à 80 NTU, tandis que la valeur maximale est de 160 NTU et une valeur moyenne de 117.3 NTU. Le résultat obtenu est supérieur à la valeur de 100 NTU considéré une limite supérieure de l'eau très polluée selon JORF(2010). La comparaison des valeurs en turbidité dans les eaux usées analysées avec la grille de qualité des eaux de surface (Tableau 1.4) permet de déduire que ces eaux usées sont des qualités très mauvaises, et cela principalement dû aux particules en suspension dans l'eau et la prolifération des algues (phénomène d'eutrophisation).

La teneur en oxygène dissous est un indicateur important pour la qualité de l'eau, une concentration élevée en oxygène est essentielle pour la vie des plantes et les animaux aquatique selon Kenneth (2003). Les concentrations en Oxygène dissous dans les eaux usées d'Oued Z'mour sont situées entre 2.5 mg/l et 5.3 mg/l avec moyenne de 3.25 mg/l, légèrement inférieur à la valeur de 4 mg/l mentionnée par JORF (2010) qui décrit la forte diminution du taux d'oxygène dissous dans l'eau. La faible quantité d'oxygène dissous peut être attribuée à l'activité oxydative des microorganismes, notamment par les bactéries et la charge élevée en matières organiques présentant dans l'eau usée brute favorise le métabolisme bactérien. La quantité d'oxygène dissous dans l'eau usée brute augmente, surtout au mois de juin, et cela peut être attribué à la consommation de grandes quantités d'eau au début de l'été, avec le rejet de grandes quantités d'eaux usées dans le ruisseau de l'Oued. D'après Touati et *al*, (2018). La concentration élevée en oxygène dissous favorise le développement des microorganismes aérobies qui dégradent la matière organique, à l'inverse sa faible concentration favorise le développement des microorganismes pathogènes en particulier les bactéries anaérobies.

Le taux des matières en suspension varie entre 0.42 mg/l et 2.5 mg/l avec moyenne de 1.5 mg/l, inférieur à la valeur minimale de 5 mg/l fixé par JORF (2010) et la norme recommandé par OMS (30 mg/l) selon Touati et *al*, (2018). L'étude d'Abouelouafa et *al*, (2002), montre que ces faibles valeurs peuvent être expliquées par le fait que les matières en suspension sédimentent rapidement à l'amont des points de rejets provoquant ainsi une diminution de leur teneur dans l'effluent.

La DBO<sub>5</sub> est la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation des substances organiques biodégradables en cinq jours par les microorganismes non photosynthétiques, elle permet d'évaluer la fraction biodégradable de la charge polluante carbonée des eaux usée selon Rodier (2009).

Les valeurs extrêmes de  $DBO_5$  de 58 mg  $O_2/l$  et 245 mg  $O_2/l$ , avec une moyenne de 123.1 mg  $O_2/l$ , ces teneurs sont largement supérieures aux valeurs maximales spécifiées par A.N.R.H (2009). Les résultats montrent que l'eau usée est fortement contaminé par les matières organiques qui ne constituent pas un obstacle à la réutilisation de ces eaux, bien au contraire, il contribue à la fertilité des sols selon Rassam (2012) et sont cohérents avec les valeurs mentionnées dans l'étude réalisée par Abouelouafa et *al*, (2001) sur la caractérisation physicochimique des eaux usées brutes déversées dans les cours naturels de l'eau (Les Oueds) (la valeur moyenne de  $DBO_5$  est de 181 mg/l), ainsi l'étude réalisée par Joel et *al*, (2009) sur la de détermination des caractéristiques physicochimiques des eaux usées domestiques (valeur maximale de 240 mg/l).

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies (Rodier, 2009). L'analyse des eaux usées d'Oued Z'mour a révélé l'augmentation constante de la teneur en DCO de 75 mg  $O_2/l$  à 260 mg  $O_2/l$  avec une moyenne de 140 mg  $O_2/l$ . Les résultats sont supérieurs à la valeur maximale de 50 mg  $O_2/l$  pour les rejets dans le milieu récepteur selon A.N.R.H (2009). La comparaison des valeurs de DCO des eaux usées analysées avec la grille de qualité des eaux de surface (Tableau 1.7) permet de déduire que ces eaux usées sont des qualités très mauvaises. Les teneurs élevés en DCO sont attribuée à l'augmentation des matières organiques oxydables et de la température élevée qui facilite les réactions chimiques d'oxydation, le rapport ( $DCO/DBO_5 = 1.13$ ) indique que les effluents sont d'origine domestique et facilement biodégradables (annexe 01).

L'orthophosphate est un élément nutritif, sa concentration dans les eaux usées d'Oued Z'mour varie de 1.7 mg/l à 25 mg/l et une moyenne de 10.95 mg/l. Il est clair que le taux d'orthophosphate est nettement supérieur à la valeur maximale de JORF (2010) qui décrit l'état d'une eau fortement contaminée en matières phosphatée, ce qui peut être expliquée par le lessivage et les rejets urbains des agglomérations voisins et la libération de phosphore piégé en grande quantité dans les sédiments selon Guemmaz et *al*,(2019). Ces résultats sont similaires à ceux montrés dans l'étude réalisée par Touati et *al*, (2018) (valeurs extrêmes de 7.9 mg/l et 19.3 mg/l) consternant l'impact de l'activité humaine (agricole) sur la qualité de l'eau, révélant une condition de pollution importante par l'orthophosphate avec le problème de l'eutrophisation.

Le suivi de la variation des nitrites dans les eaux usées au niveau d'Oued Z'mour, montre que la quantité de nitrite a été enregistré comme valeur minimale de 0.95 mg/l, ainsi qu'une valeur maximale de 3.8 mg/l avec moyenne de 2.51 mg/l. Le résultat montre un taux en nitrite très élevé et considérablement proche à la valeur limite de 3 mg/l selon A.N.R.H (2009). Dans l'eau usée les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'action des bactéries dénitrifiant, donc la détection des nitrites en valeurs hors la norme est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique de l'eau selon Savary (2010).

Le nitrate est une source nutritive importante d'azote pour les organismes autotrophes tels que les plantes aquatiques, après réduction en azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), les nitrates peuvent être transformés en acide aminé et en bases azotés pour former des protéines et acide nucléiques. Les valeurs de nitrates dans les eaux usées d'Oued Z'mour situés entre 4 mg/l et 14 mg/l avec moyenne de 8.5 mg/l. Le résultat est considéré comme une teneur acceptable selon A.N.R.H (2009), bien que les eaux de surface non polluées renferment des concentrations négligeables en nitrates et ne dépassent pas 1 mg/l selon Rodier (2009), cette observation peut être expliquée par l'effet que les microorganismes oxydent l'azote organique excrété en quantité importante dans l'effluent domestique non traité et les décharges de l'activité agricole dans la région.

L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) est souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organiques. Les résultats enregistrés au niveau d'Oued Z'mour varient entre 13 mg/l et 20 mg/l avec une valeur moyenne de 16.83 mg/l, Elles sont nettement supérieures à la valeur maximale de 3 mg/l d'azote ammoniacale selon A.N.R.H (2009) qui décrit l'état où les eaux usées riche en matières organiques en décomposition, signe évident de pollution.

Ces résultats sont proches de ceux évoqués par Abouelouafa et *al*, (2002) sur la caractérisation des eaux usées brute (valeur moyenne de 11.76 mg/l avec les valeurs extrêmes de 7.67 et 35.93 mg/l) et Maamar et *al*, (2016) lors de la mesure des valeurs d'azote ammoniacale de l'eau usée brute entrée le STEP ( les valeurs extrêmes de 20 mg/l et 34.7 mg/l). D'après Errochdi et *al*, (2012) Les éléments nutritifs en termes d'ammonium et de nitrites entraînent une eutrophisation importante se manifestant par un développement excessif des algues en conduisant aussi à une augmentation de la turbidité des eaux et une diminution du taux d'oxygène dissous.

D'un point de vue bactériologique, La détection des bactéries indicatrices de pollution dans l'eau peut signifier qu'une contamination fécale s'est produite et suggère que les agents pathogènes entériques peuvent également être présents (pollution récente) selon Pepper (2015), c'est le cas : des *Coliformes fécaux* où les valeurs extrêmes enregistrées sont  $62 \times 10^3$  UFC/100 ml et  $680 \times 10^3$  UFC/100 avec une moyenne de  $175 \times 10^3$  UFC/100 ml, ce qui supérieur à la valeur standard maximal fixée à  $50 \times 10^3$  UFC/100 ml selon JORF (2010) et supérieur à la valeur de 2.2 NPP pour l'eau d'irrigation cité par Pepper (2005), L'*E. Coli* enregistré des valeurs extrêmes de 250 UFC/100 ml et 740 UFC/100 ml avec moyenne de 444 UFC/100 ml, supérieur à la norme de 250 UFC /100 ml de JORF (2010) pour l'utilisation d'eau en agriculture, les *Streptocoques fécaux* ont enregistré des valeurs extrêmes de  $1.1 \times 10^3$  UFC/100 ml et  $1.7 \times 10^3$  UFC/100 ml, alors que la valeur moyenne est de  $1.41 \times 10^3$  UFC/100 ml supérieur à la norme  $10^3$  UFC/ 100 ml pour les eaux d'irrigation selon Errochdi et al, (2012).

L'analyse bactériologique de l'eau usée d'Oued Z'mour montre que le nombre de bactéries *Clostridium sulfitoreducteurs* est en constante augmentation, elles sont enregistrée des valeurs extrêmes de 150 UFC/100 et 770 UFC/100 ml avec une moyenne de 525 UFC/ 100 ml, mais inférieur aux valeurs ( $7,4 \cdot 10^2$  -  $9 \cdot 10^2$  UFC/100 ml) citées dans l'étude de Koffi-Nevry et al, (2012) pour l'eau d'irrigation.

La présence de ces bactéries dans les échantillons en valeurs largement supérieurs aux normes indique une forte pollution par les matières fécales et leur prolifération dans le milieu s'intensifié avec la disponibilité des nutriments. Le développement de bactéries thermo-tolérantes comme *E. coli* est favorisé par l'augmentation de la température (facteurs extrinsèque) (Rodier, 2009), tandis que les streptocoques fécaux peut suggérer une contamination de l'eau avec des matières fécales animales ou des eaux usées provenant d'élevages des animaux (Kowlzan et al., 2006), la teneur élevée en *Clostridium sulfitoreducteurs* dans l'eau usée indique d'un manque d'oxygène dissous dû à des facteurs naturels tels que l'augmentation de la température qui diminué sa solubilité, et sa consommation par les microorganismes aérobies et les matières oxydants.

# **Conclusion Générale**

### **Conclusion générale :**

A travers ce travail, les paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux usées brutes d'Oued Z'mour dans la ville de Biskra sont évalués, dont le but de déterminer leur qualité, le degré de pollution et éventuellement des méthodes d'intervention pour réduire les taux de pollution et s'il existe un moyen de les réexploiter ces eaux pour réduire le gaspillage général de l'eau.

Les analyses physicochimiques et bactériologiques des eaux usées d'Oued Z'mour montrent que les indicateurs de pollution dépassent les valeurs de référence adoptées dans ce travail (JORF, ANRH), il est clair que les eaux usées sont prédominant domestique et fortement polluées par les matières fécales riches en nutriment nécessaire à la croissance et la reproduction des microorganismes notamment les bactéries et les algues, d'une manière irréversible et pose des problèmes écologiques, telles que la dégradation des écosystèmes aquatiques, la réduction de la biodiversité, et colmatage des sols, ainsi que des problèmes sanitaires comme les maladies hydriques véhiculé par les eaux usées brutes et l'augmentation du fardeau des maladies en raison de l'insalubrité des aliments .

Par conséquent, les eaux usées d'Oued Z'mour à Biskra ne doivent pas être déversées dans le milieu récepteur ou être réutilisées à l'état brut sans traitement adéquat. Une station d'épuration des eaux usées est suggère pour assurer que les concentrations des polluants sont réduits aux valeurs autorisées par les autorités.

# **Références Bibliographiques**

Références bibliographiques

**A.N.A.T. 2021.** Agence nationale d'aménagement de territoire.

**A.N.A.T. 2003.** Agence nationale d'aménagement de territoire.

**A.N.R.H.2012.** Agence nationale des ressources hydrique. Département d'informatique.

**Abouelouafa, M., El Halouani, H., Kharboua, M., &Berrichi, A. (2002).** Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda : canal principal et Oued Bounaïm. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 22(3), 143-15, 145.

**Adechina, A. C. 2016.** Analyse temporelle des indicateurs de la pollution de Rhone, Rapport fin de formation, Université Lumière Lyon 2.France, p 11.

**Benamour, N. 2015.** Analyse des indicateurs de pollution biologique, dans les rejets, des eaux usées civiles de la ville de Biskra, Thèse de doctorat d'état, Université de Biskra, Algérie. p 39.

**Benkaddour B. 2018.** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie), Thèse de doctorat d'état, université de Mostaganem, Algérie. (p 14).

**Boucenina, H. 2018.** Analyse bactériologique des eaux de certaines écoles à la Wilaya de Mila, Thèse de master, Université des frères Mentouri Constantine, Algérie. p 12.

**Boufercha, O., Benmalek, S. 2017.** Evaluation des paramètres physico-chimiques, bactériologiques des eaux usées de la station d'épuration d'Ibn Ziad et recherche de *Vibrio Cholerae*, Thèse de master, université Frères Mentouri Constantine, Algérie. p. 02.

**Boukhari, H. 2019.** Étude physico-chimique des eaux usées traitées de STEP de Draa El Mizan pour des fins de valorisation agricole, Thèse de master, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie. p. 01.

**Boumedienne, M., Hamza, C. S., Ramdani, C. 2016.** Efficacité de traitement d'azote dans une station d'épuration a boues actives, Cas la STEP de Tlemcen, Département d'hydraulique, Université de Tlemcen, Algérie, p 02.

**Bouzahzah, F. 2015.** Dynamique urbaine et nouvelle centrale, Cas de Biskra- Algérie Thèse de Doctorat, Université Frères Mentouri Constatntine, Algérie. p. 140.

**Bsharah, S. 2020.** Urban transformations in Biskra and their impacts on the environment, *Journal of human and society sciences*, V09, Issue 05. P 140-141.

- Charma, B. K. 2005.** Water pollution, Department of chemistry N.A.S. College, Meerut, USA.P 38.
- Chika, B., Younsi, T. 2015.** Épuration des eaux usées de la commune de Touggourt par le procédé de la boue activée, Thèse de master, Université Hamma Lakhdar d'El-Oued, Algérie. p. 22.
- Colin, B and Mechael, C. 2016.** Chimie de l'environnement, Traduction de la 5<sup>e</sup> édition américaine, de boeck supérieur, France. p 455.
- Drapeau, A. J and Jankovic S. 1977.** Manuel de microbiologie de l'environnement, L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Genève. p17.
- Errochdi, S., El-Alami, M., Bennis, N., Belqat, B., Ater, M., Fdil F. 2012.** Étude de la qualité physicochimique et microbiologique de deux réseaux hydrographique nord marocains: Laou et Tahadrat, Maroc. p 7.
- Farhi, A. 2001.** Macrocéphalie et pôles d'équilibre : la wilaya de Biskra. L'Espace géographique, 30(3), 245-255.
- Frontier, S., Pichod-Viale, D., Lepretre, A., Davoult, D., Luczak, C. 2008.** Ecosystèmes, Structure, Fonctionnement, Evolution, 4<sup>ème</sup> Edition, Dunod, Paris, p. 102.
- Gareau, P. Gariepy, A. Gingras, S. Rassmussem, P. 1999.** La problématique de la pollution agricole, Ses impact sur la santé des cours d'eau et sur la santé humaine, Bureau D'audience publique sur l'environnement (BAPE), Québec, Canada . p 06.
- Guiraud, J. P. 1998.** Microbiologie alimentaire, Dunod, Paris, France. p88, 95.
- Gummaz, F., Neffar, S., and Chenchouni, H. 2019.** Physiochemical and biological quality of surface water resources receiving common wastewater effluents in drylands of Algeria, Water Resources in Algeria-Part II, 117-118.
- Hadad A. 2011.** Contribution à l'étude de la répartition spatiale de la végétation spontanée à la région de Biskra, Thèse de magistère, Université Mohamed Khider Biskra, Algérie. p 15.
- Hamadou H. 2020.** Analyse physicochimique et bactériologique des eaux usées de STEP Boumerdes. p 26.
- Hart, T., Shears, P. 2006.** Atlas de poche de microbiologie, Time Mirror Internationale Publishers Limited, France. p 112.

**Joel, O. F., Akinde, B. S., Nwokoye, C. U. 2009.** Determination of Some Physicochemical and Microbiological Characteristics of Sewage Samples from Domestic, Houseboat and Off-shore Facilities Discharge Point, J. Appl. Sci. Environ. Manage. September, 2009 Vol. 13(3) 49 - 52.

**JORF, (journal officiel de la république française) : Arrêté No 0046 du 25 janvier 2010.** relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R.212-10, R 212-11, R212-18 du code d'environnement. p 1-26.

**Kenneth, M.V. 2003.** Clean water, An introduction to water quality and water pollution control, 2<sup>nd</sup> Edition, Oregon State University, Press Corvallis, USA. p 37- 47.

**Khamis, A. D. 2015.** Caractérisation physicochimique et microbiologique des eaux usées de la station de pompage N° 4 de réseau d'égout de la ville d'OUAGADOUGOU (BURKINA FASO), Thèse de master, l'office nationale de l'eau et de l'assainissement Burkinafaso, Burkinafaso. P 15.

**Khamla, M .K. 2021.** L'évolution des paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux usées de la ville de Biskra (Oued Z'mour), université Mohamed Khider, Biskra. P 6, 14.

**Koffi-Nevry, R., Brice, Judicaël, A. C., F. Assemmand. E., Séraphin W .A, Koussemon .M. 2012.** Origine des témoins de contamination fécale de l'eau d'arrosage de la laitue (*lactuca sativa*) cultivée dans la zone péri urbaine d'Abidjan, Journal of Applied Biosciences 52 : 3669– 3675 ISSN 1997–5902, Cote d'Ivoire. p 3672.

**Kolwzan, B., Adamiac W., Grabas K., Pawelczyk, A. 2006.** Introduction to environmental microbiology, Wroclaw University of Science and Technology, pologne. p 70, 71.

**Lucas, F., Gonclaves, A., Servais, P. Rocher V., Masnada, S., Therial, C., Lesage, L., Mouchel, J .M. 2012.** Variabilité de la qualité microbiologique des eaux usées brute dans une grande agglomération, TSM numéro 4 - 2012- 107e, La revue mensuelle des spécialistes de l'environnement, France. p 44.

**Maatouk I. 2014.** Caractérisation des eaux usées au Liban, impact sur le fonctionnement des stations d'épuration, Université de Paris- Est, France. p 42.

**Mara D. and Horan N.2003.** The handbook of water and wastewater microbiology, School of civil engineering, University of Leeds, UK. p 105-113.

- Marc S. and Béchir S. 2006.** Guide technique de l'assainissement, Troisième Edition, paris, France. p29.
- Marcos V. S.2007.** Wastewater characteristics, Treatment and disposal, IWA Publishing London, UK, Vol 1. p 28.
- Nadjia A. 2014.**La croissance urbain, et son influence sur la continuité, et discontinuité de typomorphologique, Cas des tissus urbains de Biskra, Thèse de master, université Mohamed Khider Biskra, Algérie. p 40.
- Pepper, I. L., Gerba, C. P., Genry, T. J. 2005.** Environmental Microbiology, 3<sup>rd</sup> Edition, San Deigo, USA. p 553, 556,557.
- Percival, S. L., Chalmers, R. M., Embrey, M., Hunter, P. R., Sewood J., Wyn-Jones P. 2006.** Microbiology of waterborne diseases, Elsevier, UK. p 173.
- Ptanaik P. 2018.** Handbook of Environmental Analyses, Chemicalpolluants in air, water, soil, solidwastes, Taylor& Francis Groupe, New York , 3<sup>Ed</sup> Edition. p 281.
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J. B., Chambon, P., Rodi, L. 1996.** L'analyse de l'eau, Eau naturelles, Eau résiduaires, Eau de mer, Première Edition, Paris. France. p 46,67, 158, 747-813,968.
- Rodier, J., Legube, N., Merlet, N. 2009.** L'Analyse de l'eau, Entièrement mise à jour, 9<sup>ème</sup> Edition, Dunod, Paris, p 336.560-
- Rouabhi A. 2021.** Polycopiés de cours, Bioclimat et changement climatique, Université Ferhat Abbas, Algérie. p 9-15.
- Saib, N. E. 2015.** Impact d'irrigation avec les eaux usées de Chaabat roba la ville de Biskra, Thèse de master, Université Mohamed Khaider Biskra, Algérie. p 20.
- Savary P. 2010.** Guide des analyses, De la qualité de l'eau, Bresson, France, p 175.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassener, T., Casel, V., Rosales, M., Cees de H. 2009.** L'ombre portée de l'élevage, Impacts environnementaux et option pour leur atténuation, organisation des Nation Unies pour L'Alimentation er l'Agriculture. p 98, 169,170.
- Stéphane, B., José, B., Nathalie, F. 2001.**La météo, Comprendre le climat et l'environnement, Québec Americ, Canada, p16, 26.
- Tebib F. 2020.** Évaluation des performances épuratoires de la STEP de Groupement Reggane Nord GRN, Thèse de master, Université Ahmed Draia Adrar, Algérie. p 07.

**Tfyeche L. 2014.** Suivi de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées d'Ouergla au cours de leur traitement, Thèse de master, Université Kasdi Merbah, Algérie, p 03.

**Tölgyssey J. 1993.** Chemistry and biology of water, air and soil, Environmental aspects, VEDA, Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia, p216, 217, 276, 277.

**Touati L. 2021.** Cours de pollution des eaux, Université Frères Mentouri, Constantine1, Algérie .p 11.

**Touati, M., Benhamza, M., Bouhafs, F. 2018.** Impact de la pollution agricole sur la qualité des eaux souterraines dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheouf (Nord Est Algérien), Département de géologie, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie, Rev. Sci. Technol., Synthèse 37: 103-112.

**UNESCO. 2017.** Les eaux usées, Un ressource inexploitée, rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2021, page vi.

**UNESCO. 2021.** La valeur de l'eau, Rapport mondial des Nation Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2021.p 119.

### **Anonymes:**

**Anonyme01:** [https://www.dictionnaire-environnement.com/eau\\_domestique\\_ID1236.html](https://www.dictionnaire-environnement.com/eau_domestique_ID1236.html).

**Anonyme02 :** Analyse physicochimique, équipe technique Réfia., p 01.

**Anonyme03:** <https://fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie--Biskra--Biskra--Biskra>.

**Anonyme 04:** <https://www.larousse.fr/encyclopedie/rechercher/climat>.

**Anonyme 05:**<http://thesis.univ-biskra.dz>, Evolution urbain de la ville de Biskra, p 37.

# **Annexes**

## Annexe (01) :

## Caractéristiques des eaux résiduaires urbaines

	Par usage et par jour	Journalières
<b>Volume</b>	80 -500 l	-
<b>Matières en suspension</b>	50-70 g	200-500 mg/l
<b>Matières oxydables DBO<sub>5</sub></b>	40-70 g	150-400 mg/l
Rapport: $\frac{DCO}{DBO_5}$	-	2.5
<b>pH</b>	-	7-7.5
<b>Azote totale (N-NK)</b>	12 à 14 g	30-80 mg/l
<b>Autre forme d'azotées (nitrate et nitrite)</b>	-	0
<b>Phosphore totale</b>	4 g	7 à 20 mg/l
<b>Charge bactériologique (coliforme fécaux par 100 ml)</b>	10 <sup>7</sup> à 10 <sup>5</sup>	-

## Remarque:

Si  $\frac{DCO}{DBO_5} = 3$  : charge organique bien dégradable.

Si  $\frac{DCO}{DBO_5} > 3$  : charge organique mal biodégradable (DCO résiduelles non-biodégradable: industrie chimique, pharmaceutique, cosmétique).

## Annexe (02) :

Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels en Algérie.

Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. p 05.

N°	Paramètre	Unité	Valeurs limites	Tolérance aux valeurs limites anciennes installations
1	<b>Température</b>	C°	30	30
2	<b>pH</b>	-	6.5-8.5	6.5-8.5
3	<b>MES</b>	Mg/l	35	40
4	<b>Azote Kjédhal</b>	"	30	40
5	<b>Phosphore total</b>	"	10	15
6	<b>DCO</b>	"	120	130
7	<b>DBO<sub>5</sub></b>	"	35	40
8	<b>Aluminium</b>	"	3	5
9	<b>Substances toxiques bioaccumulables</b>	"	0.005	0.001
10	<b>Cyanures</b>	"	0.1	0.15
11	<b>Fluor et composés</b>	"	15	20
12	<b>Indices de phénols</b>	"	0.3	0.5
13	<b>Hydrocarbures totaux</b>	"	10	15
14	<b>Huiles et graisses</b>	"	20	30
15	<b>Cadmium</b>	"	0.2	0.25
16	<b>Cuivre total</b>	"	0.5	1
17	<b>Mercure total</b>	"	0.01	0.05
18	<b>Plomb total</b>	"	0.5	0.75
19	<b>Chrome total</b>	"	0.5	0.75
20	<b>Etain total</b>	"	2	2.5
21	<b>Manganèse</b>	"	1	1.5
22	<b>Nickel total</b>	"	0.5	0.75
23	<b>Zinc total</b>	"	3	5
24	<b>Fer</b>	"	3	5
25	<b>Composés organiques Chlorés</b>	"	5	7

## الملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية لمياه الصرف الصحي الخام لجزء من الوسط الحضري لمدينة بسكرة ( المنطقة الغربية) و الملقاة على مستوى واد الزمر.

لمعرفة ذلك قمنا بأخذ عينات من مياه الصرف الصحي الخام المتجمعة في الموقع التي شملته الدراسة (واد الزمر) و تم إجراء التحاليل المخبرية لتحديد النسب الخاصة بالملوثات فيها، و مدى إمكانية تطبيق طرق للمعالجة لغرض خفض نسبة هذه الملوثات، خاصة أن مدينة بسكرة غير مجهزة حاليا بمحطة لمعالجة مياه الصرف الصحي، أبن بينت الدراسة وجود تراكيز عالية من الملوثات ذات المصدر البرازي في المياه، مما يجعل استغلالها مباشرة مستحيلا و يستوجب إخضاعها للتنقية قبل أي استعمال محتمل لها .

**الكلمات الدالة:** مياه الصرف الصحي، خصائص الفيزيوكيميائية و البيولوجية، التلوث البرازي ، مدينة بسكرة، واد الزمر، .

## Résumé :

Le but de cette étude est d'évaluer les paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux usées brutes pour une partie du centre urbain de la ville de Biskra (région de l'Ouest) déversées à Oued Z'mour.

Pour le savoir, nous avons prélevé des échantillons d'eaux usées brutes collectées sur le site couvert par l'étude, et des analyses en laboratoire ont été menées pour déterminer les proportions de polluants qu'elles contiennent et la mesure dans laquelle des méthodes de traitement peuvent être appliquées pour réduire les proportions de ces polluants, surtout que la ville de Biskra n'est pas actuellement équipée d'une station d'épuration les résultats montrent la présence de fortes concentrations de polluants d'origine fécale, ce qui rend l'exploitation de ces eaux impossible, il est nécessaire de les soumettre à une épuration avant toute utilisation éventuelle.

**Mots clés:** Les eaux usées, paramètres physicochimiques et bactériologiques, la pollution fécale, la ville de Biskra, Oued Z'mour.

## Abstract:

The aim of this study is to evaluate the physiochemical and bacteriological parameters of raw sewage water for part of the urban center of the city of Biskra (Western region) discharged at Oued Z'mour.

To find out, we took samples of raw wastewater collected from the site covered by the study and laboratory analyzes were carried out to determine the proportions of pollutants they contain and the extent to which methods can be applied to reduce the proportions of these pollutants, especially the city of Biskra is not currently equipped with sewage treatment plant, the results showed the presence of height concentrations faecal pollutants, which makes its exploitation directly impossible, it is necessary to subject it to purification before any possible use.

**Keyword:** wastewater, physiochemical and bacteriological parameters, fecal pollution, city of Biskra, Oued Z'mour.