

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed khider –Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie civil et d'Hydraulique  
Référence : ...../



جامعة محمد خيضر  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
قسم الهندسة المدنية و الري  
المرجع

## Mémoire de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité :

Thème

### Diagnostic de fonctionnement et évaluation des performances épuratoires la station d'épuration SIDI KHELIFA (wilaya de Mila)

Nom et Prénom de l'étudiant :

KRID Mouadh

Encadreur :

Dr .MIMECHE Leila

Année universitaire : 2023/2024

# *Remerciements*

Je remercie avant tout **ALLAH** tout puissant, de m'avoir guidé  
toutes les années d'étude et m'avoir donné la volonté, la  
santé, la patience et le courage pour finir ce travail  
Je voudrai remercier chaleureusement mon encadrante,  
**Dr. MIMECHE LEILA**, pour avoir accepté de diriger ce  
travail, pour sa disponibilité et ses conseils  
précieux et ses encouragements.

Je remercie vivement, mes enseignants les membres du jury,  
qui me fait l'honneur  
d'accepter d'évaluer ce travail.

Mes remerciements à tous les cadres de  
département de Génie civil et d'Hydraulique.

**KRID Mouadh**

# *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents

Tous les mots ne sauraient exprimer la  
gratitude, l'amour, le respect

C'est tout simplement je souhaite que **ALLAH**  
vous préserve une longue vie.

Mes sœurs et mes frères Je vous souhaite  
une vie plein de santé et de bonheur

A mes chers amis et proches  
de parcours universitaire  
ainsi que mon parcours de vie

Merci pour votre soutien

Je vous souhaite une longue vie plein de santé et de bonheur

**MOUAD**

## Résumé

La ville de Sidi Khelifa possède une station d'épuration des eaux usées depuis 2009, utilisant le procédé des boues activées à faible charge pour traiter ses effluents. Cette station produit un volume important d'eau conforme aux normes de rejet. L'objectif de cette étude est d'évaluer les performances épuratoires de la station de Sidi Khelifa. Le suivi des paramètres physico-chimiques sur une année d'exploitation (2022-2023) a montré des rendements épuratoires satisfaisants de 99,99 % pour les matières en suspension (MES). Les taux de réduction de la demande chimique en oxygène (DCO) et de la demande biologique en oxygène sur cinq jours (DBO<sub>5</sub>) sont respectivement de 99,47 % et 96,89 %. Cependant, l'élimination des nitrates, nitrites et phosphates reste très faible.

**Mots clés :** Eaux usées, STEP de Sidi Khelifa, rendement épuratoire, DCO, MES, DBO<sub>5</sub>, boues activées.

### Abstract

The city of Sidi Khelifa has had a wastewater treatment plant since 2009, utilizing the low-load activated sludge process to treat its effluents. This plant produces a significant volume of water that meets discharge standards. The objective of this study is to evaluate the treatment performance of the Sidi Khelifa plant. Monitoring of physico-chemical parameters over a year of operation (2022-2023) showed satisfactory treatment efficiencies of 99.99% for suspended solids (SS). The reduction rates for chemical oxygen demand (COD) and five-day biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) are 99.47% and 96.89%, respectively. However, the removal of nitrates, nitrites, and phosphates remains very low.

**Keywords:** Wastewater, Sidi Khelifa WWTP, treatment efficiency, COD, SS, BOD<sub>5</sub>, activated sludge.

## Table des matières

Remerciements .....	
Dédicace .....	
Résumé .....	
Table des matières .....	

### INTRODUCTION GENERALE

#### Chapitre I : (Eaux usées qualités et traitement)

I.1.Introduction.....	4
I.2.Définition des eaux usées : .....	4
I.3.Origine des eaux usées : .....	4
I.3.1.Les eaux usées domestiques :.....	4
I.4. Les paramètres de pollution des eaux usées :.....	6
1.4.1.Les paramètres physiques :.....	6
1.4.1.1.La température : .....	6
1.4.1.2.Matières en suspension(MES) : .....	6
1.4.1.3.Turbidité :.....	7
1.4.2. Les paramètres chimiques :.....	7
1.4.2..1 Le potentiel Hydrogène.....	7
1.4.2.2. La conductivité électrique(CE) :.....	8
1.4.2.3. Oxygène dissous : .....	8
1.4.2.4. Demande bio chimique en oxygène (DBO) .....	8
1.4.2.5. La demande chimique en oxygène(DCO) .....	9
1.4.2.5. Matières azotées :.....	9
1.4.2.6. Matières phosphorées :.....	10
1.4.2.7. Autres matières .....	10
1.4.3. Paramètres bactériologiques.....	10
1.4.3.1. Protozoaires : .....	10
1.4.3.2. Helminthes : .....	11
1.4.3.3. Virus.....	11

I.4.Station d'épuration des eaux usées :	11
1.5.2 Nécessité de l'épuration de l'eau :	11
1.5.3.Emplacement de la station d'épuration :	12
1.5.4 La biodégradabilité	12
1.5.5.Équivalent-Habitant (EH) :	12
I.5.6.Les normes de rejet :	13
I.5.6.1.Normes nationales :	13
I.5.6.2.Normes internationales :	14
I.5.7.Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées :	14
I.6.Techniques d'épuration des eaux usées :	14
I.6.1.Les procédés biologiques intensifs :	15
a. Lit bactérien	15
b. Disque biologique	16
c.Traitement par boues activées	17
I.6.2.Les procédés biologiques extensifs (lagunage)	19
a.Lagunage naturel	19
b.Lagunage à macrophytes	21
c.Lagunage aéré :	21
I.6.3.Le traitement tertiaire :	22
I.7. Traitement des boues :	22
I.7.1.Définition de Boue :	22
I.7.2.Objectifs du traitement des boues :	23
I.7.3.Les types des boues :	23
a. Les boues primaires	23
b. Les boues secondaires :	23
c. Les boues mixtes :	23
d. Les boues physico-chimiques:	23
I.7.4. Les différentes filières de traitement des boues :	24
I.7.4.1. Epaissement	24

I.7.4.2. La stabilisation .....	24
I.7.4.3. La déshydratation : .....	24
i. I.7.5. Caractéristique des boues .....	25
a. la siccité .....	25
1. Matières volatiles(MV) .....	25
b. Indice de boue(IB).....	26
I.7.6.Les éléments nutritifs .....	26
I.7.7.Les caractéristiques physiques des boues .....	27
a. La viscosité.....	27
b. Masse volumique .....	27
c.Le pouvoir calorifique.....	27
I.8.Conclusion .....	28

## Chapitre II : Données de base sur la région d'étude

II.2.Situation géographique de la zone d'étude : .....	30
II.3.Données climatiques : .....	32
a.Précipitations : .....	32
b.Température : .....	33
c. Humidité :.....	33
II.3. L'hydrologie de la région d'étude.....	34
II.4.Les ressources hydrauliques : .....	35
II.4.1.Les eaux superficielles .....	35
II.4.2.Les eaux souterraines .....	35
II.5. Réseaux d'assainissement .....	36

## Chapitre III: Diagnostique de la station d'épuration de SIDI KHELIFA

III.1.Introduction .....	39
III.2.Présentation du site de la station d'épuration.....	40
III.3.Historique de la station de sidi Khelifa :.....	41
III.4. Caractéristiques de la STEP: .....	42
III.5. Description et fonctionnement de la station : .....	42

III.5.1. Filière eau .....	44
III.5.1.1. Station de relevage : .....	44
III.5.1.2. Les prétraitements : .....	44
II.2.3 Traitement secondaire (par boues activées) .....	47
III.5.2. Filière boue .....	51
III.5.2.1. Recirculation et extraction des boues .....	51
III.6 Prélèvement et échantillonnage : .....	53
III.6.1 Types d'échantillons .....	53
III.6.2 Techniques de prélèvement : .....	54
III.7 La supervision .....	54
<b>Chapitre IV: Evaluation des performances épuratoires</b>	
IV.2. Résultats et discussions .....	57
IV.2.1 Filière eau .....	57
a. Température .....	57
c. Potentiel d'hydrogène (pH) .....	58
d. Oxygène dissous (O <sub>2</sub> ) .....	58
IV.1.4. Conductivité .....	59
e. Matières en suspension (MES) .....	60
f. Demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	61
g. Demande chimique en oxygène (DCO) .....	63
h. Pollution phosphorée (-) .....	64
g. Matières azotées .....	64
IV.2.2 Filière de Boues .....	65
IV.2.2.1 Concentration en Matières Sèches (M.S) : .....	65
IV.2.2.2 Indice de boue IB .....	67
IV.3. Conclusion .....	68
Conclusion générale .....	69
Bibliographies .....	71





# Listes des figures

## **Chapitre I : (Eaux usées qualités et traitement)**

<b>Figure I.1 :</b> Oxygène dissous.....	09
<b>Figure I.2 :</b> les différentes formes d'Azote.....	10
<b>Figure I.3 :</b> Station d'épuration.....	11
<b>Figure I.4 :</b> les étapes de lit bactérien.....	16
<b>Figure I.5 :</b> Schéma du traitement biologique par disque biologique.....	17
<b>Figure I.6 :</b> Description des étapes de traitement par boues activée.....	18
<b>Figure I.7 :</b> Schéma d'une station d'épuration à boues activées.....	19
<b>Figure I.8 :</b> le lagunage naturel.....	20
<b>Figure I.9 :</b> le lagunage naturel conception et réalisation, les règles de EH.....	20
<b>Figure I.10 :</b> le fonctionnement du lagunage à macrophytes.....	21

## **Chapitre II : Données de base sur la région d'étude**

<b>Figure II.1 :</b> la situation géographique de Sidi Khelifa.....	30
<b>Figure II.2 :</b> Localisation du sous bassin versant code 10-06 de l'oued Rhume.....	31
<b>Figure II.3 :</b> Courbe de précipitations.....	32
<b>Figure II.4 :</b> Courbe des températures.....	33
<b>Figure II.5 :</b> Variation de la moyenne de l'humidité mensuelle dans la région Sidi Khelifa.....	33
<b>Figure II.6 :</b> Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Mila.....	35
<b>Figure II.7 :</b> Photo du point de rejet (Bassin de décantation)(.....	37

## **Chapitre III : Diagnostique de la station d'épuration de SIDI KHELIFA**

<b>Figure III.1 :</b> Diagramme de contrôle du débit d'eau brute.....	43
<b>Figure III.2 :</b> Dégrillage.....	45
<b>Figure III.3 :</b> Dessablage-déshuilage.....	46
<b>Figure III.4 :</b> Dessablage-déshuilage.....	48
<b>Figure III.5 :</b> Clarificateurs.....	50
<b>Figure III.6 :</b> Déshydratation des boues.....	53

## **Chapitre IV : Evaluation des performances épuratoires**

<b>Figure IV.1 :</b> Variation Mensuelle de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023).....	57
<b>Figure IV.2 :</b> Variation mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023).....	58
<b>Figure IV.3 :</b> variation journalière de l'O <sub>2</sub> à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023).....	59

<b>Figure IV.4</b> : variation mensuelle de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023).....	60
<b>Figure IV.5</b> : variation mensuelle de de la concentration en matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023) .....	61
<b>Figure IV.6</b> : variation mensuelle de la demande biologique en oxygène de la DBO <sub>5</sub> à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023).....	62
<b>Figure IV.7</b> :Variation de rendements d'élimination de la DBO <sub>5</sub> à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023).....	63
<b>Figure IV.9</b> : Rendement de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023).....	63
<b>Figure IV.10</b> : la variation mensuelle des orthophosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023) .....	64
<b>Figure IV.11</b> : Variation mensuelle des Nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023).....	65
<b>La figure IV.12</b> :la variation mensuelle de la concentration en matières sèche dans le bassin biologique de la STEP durant 2022 et 2023 .....	66
<b>La figure IV.13</b> : La variation mensuelle de la concentration en matières sèche dans le bassin de clarification de la STEP durant 2022 et 2023 .....	66
<b>La figure IV.14</b> :la variation mensuelle de la concentration en matières sèche dans dans le bassin de clarification de la STEP durant 2022 et 2023 .....	67

# Listes des tableaux

## ***Chapitre I :(Eaux usées qualités et traitement)***

<b><i>Tableau I.1: Normes nationales des rejets</i></b> .....	13
<b><i>Tableau I.2: Normes internationales des rejets</i></b> .....	14
<b><i>Tableau I.3 : Consistance de boue en fonction de la siccité</i></b> .....	25
<b><i>Chapitre III : Diagnostique de la station d'épuration de SIDI KHELIFA</i></b>	
<b><i>Tableau III.1 : Limites et exigences contractuelles de l'eau brute et de l'eau traitée</i></b> .....	40
<b><i>Tableau III.2: Caractéristiques de Pompe à sables</i></b> .....	46
<b><i>Tableaux III.3: caractéristique du bassin aéré (aérobie et anoxie)</i></b> .....	49
<b><i>Tableau III.4: caractéristiques du clarificateur</i></b> .....	50
<b><i>Tableau III.5: Le dimensionnement du bassin de désinfection</i></b> .....	51
<b><i>Tableau III.6 : Les caractéristiques du bassin de stabilisation des boues</i></b> .....	52

## Listes d'Abbreviations

**DBO5** : Demande biochimique en oxygène

**DCO** : Demande chimique en oxygène

**DTO** : Demande totale en oxygène

**EH** : Equivalent habitant

**IM** : Indice de Molhman

**IB** : Indice de boue

**MES** : Matières en suspension

**MM** : Matières minérales

**MS** : Matière sèche

**MVS** : Matières volatiles en suspension

**NGL** : Azote global

**O2** : Oxygène

**ONA** : Office national de l'assainissement

**PT** : Phosphore total

**PH** : Potentiel Hydrique

**SEAAL** : Société des Eaux et de l'Assainissement Algérie

**SEACO** : Société de l'eau et de l'assainissement Constantine

**STEP** : Station d'épuration des eaux usées

# **INTRODUCTION GENERALE**

L'eau est un élément vital et une source précieuse qui constitue un facteur décisif pour la croissance et le développement socio-économique.

Les rejets des eaux usées augmentent du fait de l'industrialisation et l'élévation de niveau de vie de la population. Les capacités d'autoépuration sont jugées dépassées ce qui pousse les chercheurs à développer plusieurs techniques pour épurer ces effluents.

L'installation des systèmes d'épuration en aval des réseaux d'assainissement constitue une des solutions, si non la seule capable de préserver les ressources en eau. Outre la dépollution des effluents, ces installations permettent la mobilisation d'un volume important d'eau à être réutilisé dans plusieurs domaines (**D.Zitoun,et M.Zouggari. 2015**).

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration souhaité. Les procédés biologiques présentent des rendements assez bons et sont très avantageux du point de vue coût, du moment qu'ils n'utilisent que la seule force épuratrice des microorganismes présents dans l'eau, l'oxygène de l'air, la température et les rayons solaires (**D.Zitoun,et M.Zouggari. 2015**).

Il existe plusieurs types de procédés de traitement des eaux usées, parmi lesquels le procédé biologique est le plus couramment utilisé. L'efficacité de ce type de traitement dépend en grande partie de la capacité à séparer la boue de l'eau traitée. Bien que l'approche microbiologique soit essentielle pour la floculation dans le traitement des eaux par boues activées, elle ne suffit pas à caractériser pleinement les propriétés des boues. Ainsi, la détermination des caractéristiques physiques des floes fournit des informations complémentaires essentielles pour comprendre les phénomènes hydrodynamiques régissant la séparation entre l'effluent et l'eau traitée. (**Andreadakis, A. D., 1993**)

En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement comparée à la couverture des services d'approvisionnement en eau et encore moins d'importance est accordée à l'épuration (**Hartani, 2004, Bureau d'Etude PROGRESS., 2016**). En effet, seules 20 % des eaux usées collectées en Algérie sont traitées, contre une couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 % (**Medkour, 2003,S.Djaffar et A. Kettab.2018**). En 2015, d'après l'Office national d'Assainissement (ONA), l'Algérie compte 120 stations d'épuration qui produisent un volume de 14,6 millions m<sup>3</sup> par mois d'eaux usées épurées (**ONA, 2022**). Cependant, cette quantité demeure très réduite par rapport aux grandes quantités d'eaux usées produites et qui sont toujours déversées dans les différents milieux naturels (**Dafri, 2008**).

Dans ce contexte l'objectif de notre travail est de faire un diagnostic et une évaluation sur la station d'épuration d'eau d'un réseau (**Sidi Khelifa**) wilaya de Mila.

## *Introduction Générale*

- + Le premier chapitre évoquera des généralités sur les eaux usées (Qualité et traitement) ;
- + Le deuxième chapitre sera consacré à l'exposition des données de base sur la région d'étude coté hydrologique et hydraulique ;
- + Le troisième chapitre discutera diagnostique de la station d'épuration de la station d'épuration de Sidi Khelifa .
- + Le quatrième chapitre comportera l'étude évaluation des performances épuratoires de la STEP pour les différents paramètres de pollution.



# **Chapitre I : (Eaux usées qualités et traitement)**

### I.1.Introduction

Les eaux usées résultent de la pollution des eaux, causée par diverses activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles). Elles renferment de nombreux agents polluants et nécessitent donc un traitement avant d'être rejetées dans l'environnement naturel.

### I.2.Définition des eaux usées :

**Ramade (2000)**, définit les eaux usées comme étant des eaux ayant été utilisées pour des usages domestiques, industriels ou même agricole, constituant donc un effluent pollué rejeté dans un émissaire d'égout.

Les eaux usées regroupent les eaux usées domestiques (les eaux vannes et les eaux ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (**Baumont S. et al, 2004**).

### I.3.Origine des eaux usées :

L'effluent entrant en station est dénommé "eaux usées", il peut se composer de quatre types d'effluents différents dont l'importance relative est fonction du site (collectivités, industries, type de réseau, état du réseau, etc...) (**Berland, 2001**)

#### I.3.1.Les eaux usées domestiques :

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales), dans le système dit « tout à l'égout » (**Baumont S. et al, 2004**)

Les eaux usées domestiques contiennent des matières minérales et des matières organiques. Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de carbone, oxygène et hydrogène, mais aussi d'azote et, dans certains cas, d'autres corps tels que le soufre, phosphore, fer, etc....) (**Vaillant, 1974**.)

#### I.3.2.Les eaux usées de ruissellement :

Il peut également s'agir d'eau de pluie ou de lavage, qui se sont écoulées sur des surfaces imperméables susceptibles d'être polluées, ainsi les eaux de ruissellement des parcs de stationnement ou des routes sont considérées comme des eaux usées par la présence de divers polluants comme les hydrocarbures ou les poussières d'usure des pneumatiques :

- Eaux de ruissellement urbain : eau issues du ruissellement urbain: routes, parkings, trottoirs: contient huiles, fèces animales, ordures, traces de carburant, résidus de caoutchouc, métaux provenant des gaz d'échappement des véhicules, etc. ;
- Drainage des routes (huile, agents de dégivrage, résidus de caoutchouc).
- Drainage de tempête (tout type de déchet liquide ou solide, y compris voitures, chariots, arbres, bétail, etc.).

### I.3.3. Les eaux usées industrielles

Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent. **(Rodier, 2005)**

### I.3.4. Les eaux usées urbaines :

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales), dans le système dit «tout à l'égout» **(Baumont et al., 2004)**.

Les eaux usées domestiques contiennent des matières minérales et des matières organiques. Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de carbone, oxygène et hydrogène, mais aussi d'azote et, dans certains cas, d'autres corps tels que le soufre, phosphore, fer, etc...) **(Vaillant, 1974)**.

### I.3.5. Les eaux agricoles

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...) **(Grosclaude, 1999)**.

### I.4. Les paramètres de pollution des eaux usées :

La pollution de l'eau est une altération de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse et (ou) perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines. La pollution de l'eau a pour origines principales, l'activité humaine, les industries, l'agriculture et les décharges de déchets domestiques et industriels.

Pour apprécier la qualité des eaux en général, différents paramètres sont utilisés tels que nous les mentionnons ci-dessous :

#### 1.4.1. Les paramètres physiques :

Les paramètres physiques des eaux superficielles les plus importants sont :

##### 1.4.1.1. La température :

La température est un paramètre physique dont la détermination et le contrôle sont importants, elle est souvent négligée dans les collecteurs urbains, mais elle devrait être plus souvent mesurée surtout dans le cas de rejets industriels. En effet, elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et la détermination du pH. (Solene Moulin, et al, 2013)

##### 1.4.1.2. Matières en suspension (MES) :

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. Les MES s'expriment par la relation suivante :

$$MES = 30\% MMS + 70\% MVS$$

#### A. Matières volatiles en suspension (MVS) :

Elles représentent la fraction organique de MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau ;

#### B. Matières minérales (MMS) :

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc. L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la

turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entraînant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à l'aération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène (**Duguet et al, 2018**).

### 1.4.1.3. Turbidité :

La turbidité est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau; c'est l'inverse de la limpidité. Techniquement, la turbidité correspond à la propriété optique de l'eau permettant à une lumière incidente d'être déviée (diffraction) ou absorbée par des particules plutôt que transmise en ligne droite. (**Santé Canada ,1995**). Elle est causée par diverses matières particulaires ou colloïdales composées de limon, d'argile, de composés organiques ou inorganiques ainsi que du plancton et d'autres micro-organismes. Les sources de matières particulaires peuvent être d'origine naturelle (acides humiques, particules provenant de la dégradation des végétaux ou de l'érosion du sol) ou anthropique (rejets industriels, agricoles et urbains) (**US EPA ,1999**)

Dans le réseau de distribution, après le traitement de l'eau, la turbidité peut s'accroître par la post-floculation de coagulants résiduels dissous, la recroissance de micro-organismes, la remise en suspension de la matière déposée dans les canalisations ainsi que par la corrosion de la tuyauterie. (**Santé Canada ,1995**)

### 1.4.2. Les paramètres chimiques :

#### 1.4.2.1. Le potentiel Hydrogène (pH)

Le potentiel Hydrogène, plus connu sous le nom de pH est un paramètre fondamental de caractérisation des eaux usées, permet de mesurer la concentration en ions  $H^+$  de l'eau, il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14.

Le pH joue un rôle primordial à la fois :

- Dans les propriétés physico-chimiques (acidité, alcalinité).
- Dans les processus biologiques dont certains exigent des limites très étroites de pH.
- Dans l'efficacité de certains traitements.

Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux, son rôle est capital pour la croissance des microorganismes qui ont généralement un pH optimum variant de 6,5 à 7,5. Lorsque le pH est inférieur à 5 ou supérieur à 8,5, la croissance des microorganismes est directement affectée. Le pH diminue en présence de teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'étiage. (**Observatoire des Données de l'Environnement;2005**)

### 1.4.2.2. La conductivité électrique(CE) :

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par mètre (mS/ m) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce qui concerne ce paramètre. Les espèces aquatiques ne supportent généralement pas des variations importantes en sels dissous qui peuvent être observées par exemple en cas de déversements d'eaux usées. (**Observatoire des Données de l'Environnement;2005**)

### 1.4.2.3. Oxygène dissous :

C'est une grandeur importante de l'écologie des milieux étudiés. Elle est essentielle pour la respiration des organismes vivants hétérotrophes. La concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans l'eau est exprimée en mg/l. Le dioxygène dissous provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène (maximum 9mg /l à 20°C) (**Hood et al,2009**). Il dépend de nombreux facteurs comme la température de l'eau, le taux des éléments dissous dans le milieu, ainsi que la pression partielle en oxygène dans l'atmosphère (**Yamashita et al, 2010**).

### 1.4.2.4. Demande bio chimique en oxygène (DBO)

Elle est définie comme étant la quantité d'oxygène consommée par des microorganismes pour assurer la dégradation par voie biologique de certaines matières organiques (biodégradables) . (**M. Marc Bernard et M. Hervé Bessero, 2005.**)

Sa détermination consiste à mesurer la quantité totale de l'oxygène consommée par des processus biochimiques, au cours de l'oxydation des matières organiques dans un échantillon donné dans les conditions de l'essai (incubation à 20°C et à l'obscurité).

La DBO a été standardisée en  $\text{DBO}_5$ , mesurée au bout de 5 jours, considérée comme une période significative du processus global de biodégradation qui prend des semaines. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau, et donne

une indication indirecte de l'activité bactérienne. (Belahmadi.M, .S. O ;2004, Solene Moulin,et al, 2013)

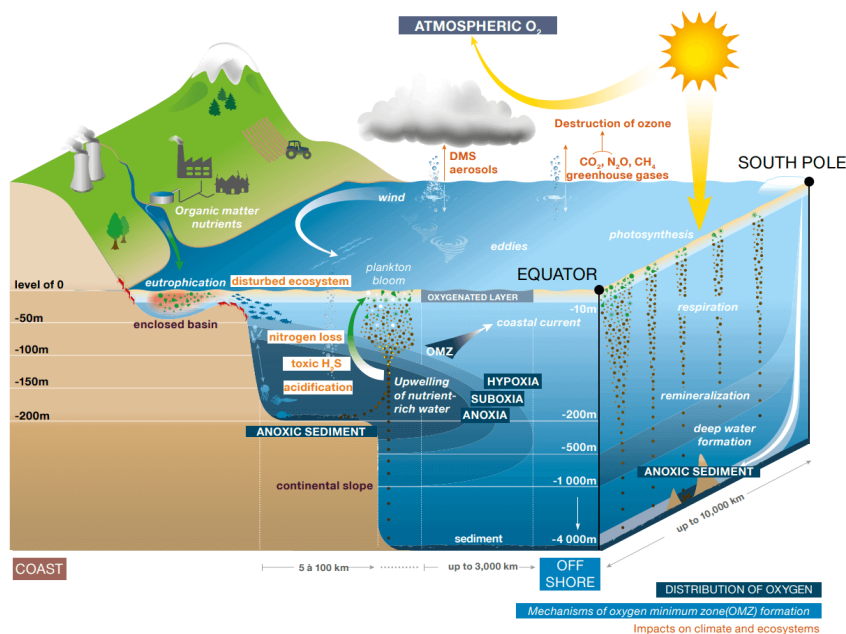


Figure I.1 :Oxygène dissous :(Google image ,2024)

### 1.4.2.5. La demande chimique en oxygène(DCO)

La DCO est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques y compris les matières biodégradables et non biodégradables par voie chimique. Vu la simplicité de mesure de DCO et sa précision, il s'est avéré nécessaire de développer des corrélations entre la DBO<sub>5</sub> et la DCO ainsi le rapport DCO/ DBO<sub>5</sub> des eaux usées urbaines est proche de 2 mg/l, le rapport DCO/ DBO<sub>5</sub>des effluents domestiques est de 1,9 à 2,5.(Hamdani A :2002)

### 1.4.2.5.Matières azotées :

L'azote présent dans l'eau se trouve sous deux formes :

#### ❖ Minérales et organique :

L'azote minéral est principalement sous forme d'azote moléculaire, (N<sub>2</sub>), d'ion d'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), d'ion nitrite (NO<sub>2</sub>) et d'ion nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

#### ❖ L'azote organique est présent sous forme de :

Protéines qui donnent par hydrolyse des acides aminés conduisant eux-mêmes par condensation aux peptides et polypeptides. Il se trouve également dans une grande variété d'autres combinaisons organique (urée, acide urique, créatinine etc...).(Gaid ;1984)

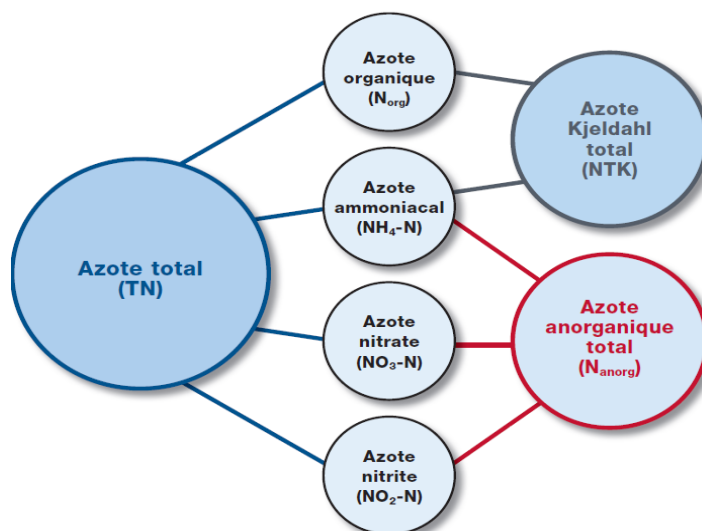


Figure I.2 : les différentes formes d'Azote (Bounani,2013)

#### 1.4.2.6. Matières phosphorées :

Élément indispensable à la vie des algues, la présence de phosphore entraîne un risque d'eutrophisation du cours d'eau ou du lac, c'est-à-dire que celui-ci peut se voir envahi par un développement excessif de la population algale. Comme l'azote, le phosphore se présente sous deux formes :

##### ❖ Minérales et organique

Le phosphore minéral est présent principalement sous formes d'ortho-phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), de phosphures, de diverses combinaisons minérales comme le triphosphate de sodium, le pyrophosphate tétra-sodique et l'héxamétaphosphate de sodium.

Le phosphore organique présent dans les combinaisons cellulaires organique soit en tant qu'élément de base de substances bien déterminées, soit en tant qu'élément 'mobile' du métabolisme cellulaire.

#### 1.4.2.7. Autres matières

En plus ces caractéristiques, les EU urbaines peuvent contenir également les métaux lourds toxiques, les sels, les huiles et les graisses et les matières colorées. A titre d'exemple, on cite le chrome, le zinc, mercure, phénols, hydrocarbures, pesticides, ....etc (Rodier, 2005).

### 1.4.3. Paramètres bactériologiques

#### 1.4.3.1. Protozoaires :

Ils sont présents dans les eaux usées à l'état de kystes. La principale forme pathogène pour l'homme est *Entamoebahistoltytica*, agent responsable de la dysentérieamibienne. (Bouhoum et al :1997, Duguet et al, 2018)



### 1.4.3.2. Helminthes :

Les helminthes sont rencontrés dans les eaux usées sous forme d'œufs et proviennent des excréta des personnes ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire ou par voie cutanée. (Lamghari et Assobhei, 2005).

### 1.4.3.3. Virus

Une eau fortement turbide protège les virus et augmente leur transmission. La coagulation chimique peut enlever entre 88 et 99.8 % des virus. La filtration enlève une quantité variable de virus. La meilleure méthode d'enlèvement des virus demeure la désinfection. (Degremont, 1989).

## I.4. Station d'épuration des eaux usées :

### I.4.1 Définition de station d'épuration :

Une station d'épuration est une installation conçue pour assainir les eaux usées domestiques, industrielles et pluviales avant de les rejeter dans l'environnement naturel, généralement un cours d'eau. Son objectif est de nettoyer les eaux usées de diverses impuretés telles que matières solides, excréments, huiles et substances dissoutes, afin d'éviter une pollution importante. Les eaux usées subissent un processus de traitement comprenant des étapes telles que le dégrillage, le dessablage, le dégraissage, le traitement biologique, la clarification et le traitement des boues résiduelles.

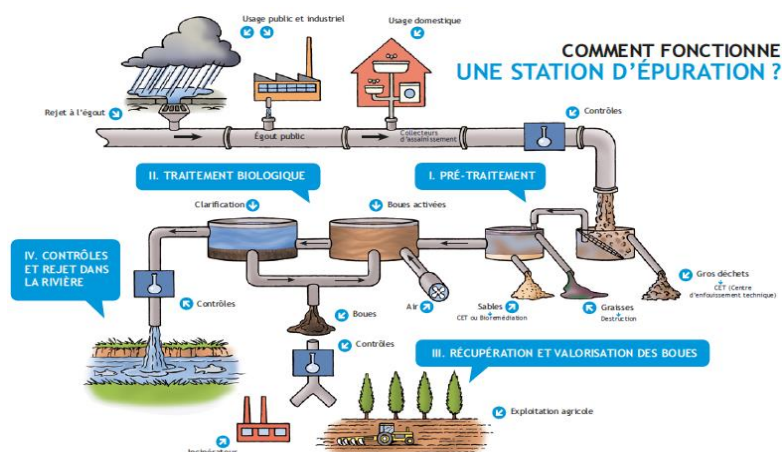


Figure I.3 : Station d'épuration (Google image)

### 1.5.2 Nécessité de l'épuration de l'eau :

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour réutiliser les eaux traitées dans d'autres secteurs.

Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène et de la salubrité publique et d'une façon générale, avec les exigences des diverses

utilisations ou activités (alimentation en eau des hommes et des animaux utilisation agricole ou industrielles, production piscicole ou production de coquillages, navigation, baignades et autres activités sportives). (Zeghoud,2014).

### 1.5.3.Emplacement de la station d'épuration :

Une station d'épuration est généralement placées à l'extrémité aval d'un réseau est conçue pour épurer les eaux usées, et limiter l'apport en accès de matière organique et dans certains cas, de substances minérales telles les nitrates et les phosphates dans les milieux récepteur. Les étapes du traitement sont regroupées en trois catégories :

- La chaine de traitement de l'eau
- La chaine de traitement des boues
- Les procédés annexes : ce sont les procédés qui ne traitent ni l'eau, ni les boues mais qui ajoutent une qualité de service à l'usine d'épuration (IFE,2007)

### 1.5.4 La biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que,  $K = DCO / DBO_5$  : Si  $k < 1,5$  : cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable ; Si  $1,5 < K < 2,5$  : cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables. Si  $2,5 < K < 3$  : les matières oxydables sont peu biodégradables Si  $K > 3$  : les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures... etc. La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique (Metahri,2012).

### 1.5.5.Équivalent-Habitant (EH) :

L'équivalent habitant (éq. h.) correspond à la quantité de pollution rejetée par un habitant quotidiennement. L'arrêté du 10 décembre 1991 définit les quantités journalières suivantes pour chaque habitant

- **90 g de matières en suspension ;**
- **57 g de matières oxydables ;**
- **15 g de NTK ;**

- 4 g de phosphore total.

Les matières oxydables (MO) correspondent à une moyenne pondérée de la DCO et de la DBO<sub>5</sub>, mesurées après une décantation de 2 h, suivant la formule :

$$MO = \frac{DCO + 2 \times DBO5}{3}$$

### I.5.6. Les normes de rejet :

#### I.5.6.1. Normes nationales :

Les normes de rejets des effluents industriels résultent de la loi N.83-17 du 16 Juillet 1983 portant code des eaux, de l'ordonnance N. 96-13 du 15 Juin 1996 modifiant et complétant la loi N.83-17, du décret exécutif N.93-160 du 10 Juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides des industriels et du décret exécutif N.06-141 du 19 avril 2018 de la république algérienne démocratique définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

**Tableau I.1:** Normes nationales des rejets(journal officiel.2018)

Paramètres	Unités	Valeurs limites
PH	-	6.5-8.5
Température	°C	30
DBO5	Mg/l	30
DCO	Mg/l	120
MES	Mg/l	35
Azote total	Mg/l	30
Phosphor total	Mg/l	10
Furfural	Mg/l	50
Hydrocarbures	Mg/l	10
Plomb	Mg/l	0.5
Fer	Mg/l	3
Mercure	Mg/l	0.01
Cuivre	Mg/l	0.5
Plomb	Mg/l	0.5
Zinc	Mg/l	3

### I.5.6.2. Normes internationales :

La norme est représentée par un chi.re qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret-loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) respectives pour les eaux usées. (Yahiatene et Tahirim ;2010).

**Tableau I.2:** Normes internationales des rejets (Yahiatene et Tahirim ;2010).

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6.5-8.5
DBO <sub>5</sub>	< 30 mg/l
DCO	< 90 mg/l
MES	< 20 mg/l
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	< 0.5 mg/l
NO <sub>2</sub>	1 mg/l
NO <sub>3</sub>	1 mg/l
Temperature	< 30.C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

### I.5.7. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées :

Les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte :

- Des exigences du milieu récepteur
- Des caractéristiques des eaux usées
- Des conditions climatiques
- De la disponibilité du site
- Des conditions économiques
- Des facilités d'exploitations, de gestion et d'entretien (Dahhouet Brek ,2003).

### I.6. Techniques d'épuration des eaux usées :

Les techniques d'épuration, on évoluent dans le temps, en fonction de degré de pollution et le volume d'eau à traiter.

Le traitement des eaux usées peut être effectué par diverses méthodes d'épurations. Tous les procédés reposent sur des phénomènes physiques, chimiques et biologiques, et chaque procédé a ses propres caractéristiques et performances ainsi que ses domaines d'utilisation.

### **I.6.1. Les procédés biologiques intensifs :**

Le traitement biologique reproduit dans des réacteurs spécifiques le phénomène d'autoépuration qui se déroule naturellement dans les cours d'eau. Le principe consiste à mettre la matière organique contenue dans les eaux usées au contact d'une masse bactérienne. Celle-ci se nourrit des polluants et les dégrade. Une vue globale des procédés biologiques sera détaillée dans la section.

Les techniques intensives visent à la maîtrise des mécanismes épuratoires : elles les isolent et les modélisent, de manière à permettre un contrôle des opérations. Les techniques intensives classiques, comme les boues activées, les disques biologiques et les lits bactériens, exploitent les propriétés de bactéries aérobies, soit libres dans des bassins munis d'aérateurs, soit fixées sur des supports.

Ces techniques sont particulièrement utilisées dans le traitement des effluents des agglomérations de plus de 2000 équivalents-habitants (EH). Elles se combinent à des procédés physico-chimiques qui utilisent notamment des techniques de décantation, filtration, flottation, coagulation et floculation. (CORS ; 2007, DUGUET et al, 2018).

#### **a. Lit bactérien**

Le lit bactérien est un procédé d'épuration biologique aérobie. L'épuration de la phase liquide repose sur l'activité biochimique de micro-organismes qui dégradent la matière organique en présence d'oxygène. Cette oxydation transforme une partie de la matière organique en eau, gaz carbonique et énergie. Le reste est transformé en biomasse, concentrée sous forme de boues.

Dans le lit bactérien, les micro-organismes sont retenus sur un support, appelé garnissage, sous la forme d'un biofilm. Il s'agit d'une couche dense de bactéries, qui ont la capacité de produire

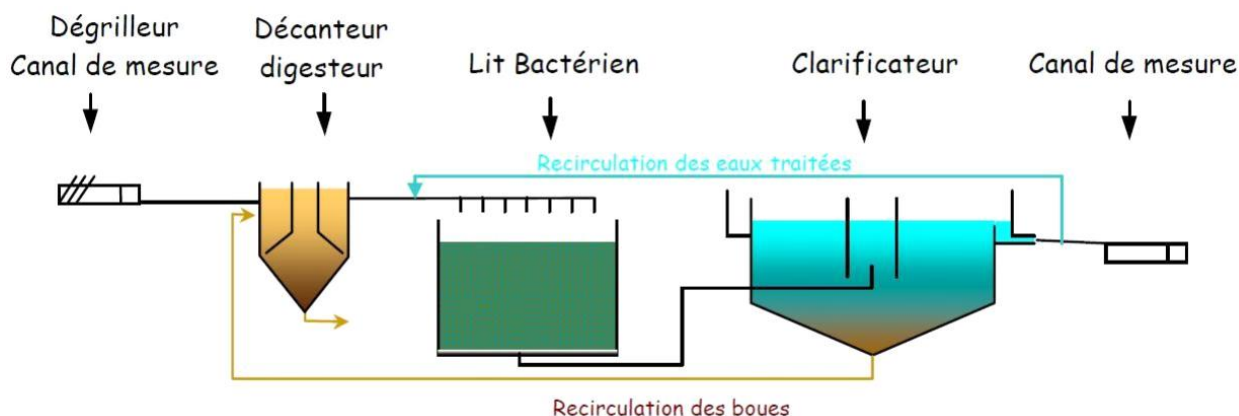


Figure I.4 : les étapes de lit bactérien (Racault et Seguret,2004).

des polymères leur permettant de former un film et d'adhérer à un support. Le garnissage est arrosé avec l'eau usée à traiter, après une décantation primaire ou un simple tamisage fin.(Racault et Seguret,2004).

#### b. Disque biologique

Les supports de la microflore épuratrice sont des disques partiellement immergés dans l'effluent à traiter et animés d'un mouvement de rotation lequel assure à la fois le mélange et l'aération. Les microorganismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques sont semi-immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée. L'effluent est préalablement décanté pour éviter le colmatage du matériau support. Les boues qui se décrochent sont séparées de l'eau traitée par clarification.

L'unité de disques biologiques est constituée de disques en plastique rotatifs montés sur un arbre dans un bassin ouvert rempli d'eaux usées. Les disques tournent lentement dans le bassin et lorsqu'ils passent dans les eaux usées, les matières organiques sont absorbées par le biofilm fixé sur le disque rotatif. L'accumulation de matières biologique sur les disques en augmente l'épaisseur et forme une couche de boues. Lorsque les disques passent à l'air libre, l'oxygène est absorbé, ce qui favorise la croissance de cette biomasse. Quand cette dernière est suffisamment épaisse (environ 5 mm) une certaine quantité se détache et se dépose au fond de l'unité.

L'alternance de phases de contact avec l'air et l'effluent à traiter, consécutive à la rotation du support permet l'oxygénation du système et le développement de la culture bactérienne. Lors de la phase immergée, la biomasse absorbe la matière organique qu'elle dégrade par fermentation aérobie grâce à l'oxygène atmosphérique de la phase émergée. Les matériaux utilisés sont de plus en plus légers (en général du polystyrène expansé) et la surface réelle développée de plus en plus grande (disque plat ou alvéolaire). (Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM, 2007).

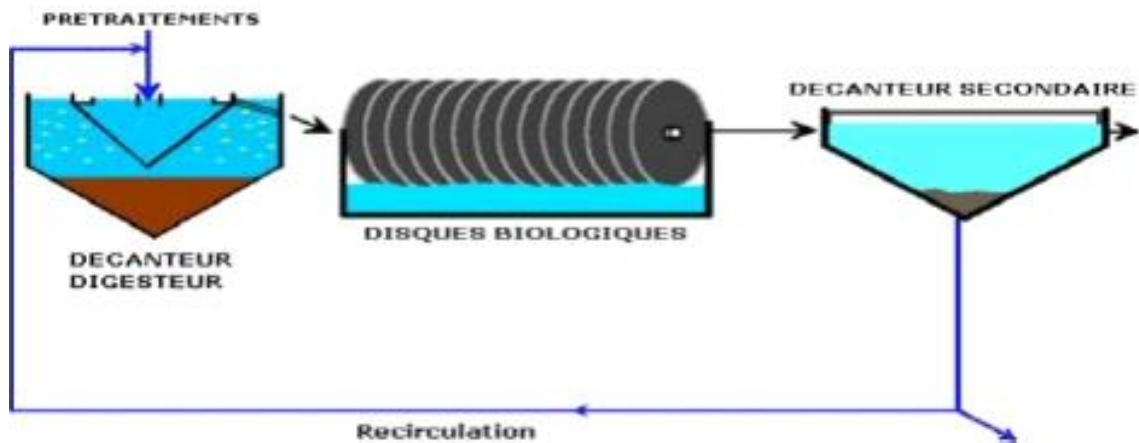


Figure I.5 :Schéma du traitement biologique par disque biologique (Bernardet *al*,2001)

### c. Traitement par boues activées

La plupart des stations d'épuration utilisent le procédé « boues activées » pour traiter les eaux usées. Il est apparu à la fin du 19<sup>ième</sup> siècle, notamment grâce aux travaux de Pasteur sur la meilleure compréhension du rôle des bactéries dans la dégradation de la matière organique. Des scientifiques anglais présentent pour la première fois un système de bassin d'aération en 1914 : mise en contact aérée de l'eau usée et de la biomasse (Cemagref, 2002). On parle alors de « boues activées ». Une représentation typique d'une station d'épuration à boues activées est donnée sur la figure suivante.

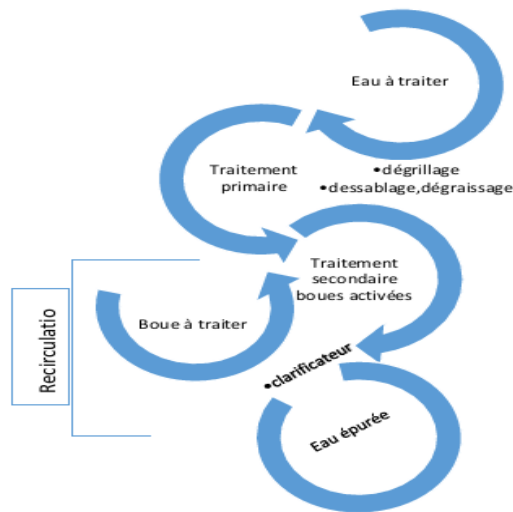


Figure I.6 : Description des étapes de traitement par boues activées.(Cemagref, 2002)

Comme on a vu précédemment le procédé à boue activée est l'une des techniques biologiques d'épuration des eaux usées. Il représente une alternative efficace et relativement écologique sans utilisation de produits chimiques.

❖ **Principe de la boue activée :**

Le procédé "boues activées" consiste à mélanger et à agiter des eaux usées brutes avec des boues activées liquides, bactériologiquement très actives. La dégradation aérobie de la pollution s'effectue par mélange intime des microorganismes épurateurs et de l'effluent à traiter. Ensuite, les phases "eaux épurées" et "boues épuratrices" sont séparées. (Agence de l'Eau Seine-Normandie ;1999)

La boue activée se compose principalement d'organismes hétérotrophes, c'est-à-dire qui utilisent des matières organiques et acquièrent de l'énergie par oxydation ou respiration. Ces organismes prélèvent alors dans la solution les matières ayant des caractéristiques nutritives. Ils construisent des substances organiques à partir de substances inorganiques et libèrent de l'oxygène. Afin de dégrader par oxydation tous les substances organiques et inorganiques.(Ben Abdelmoumene et al ;2011).



L'eau résiduaire pré clarifiée est introduite dans le bassin d'aération, où elle est aérée pendant environ quatre heures jusqu'à l'obtention des exigences minimales pour le rejet dans l'émissaire ou pour passer à la phase de traitement tertiaire. L'aération est théoriquement de 1 à 3 g/l. L'eau résiduaire traverse le bassin de décantation secondaire où la boue se dépose. Une partie de la boue déposée est réintroduite dans le bassin à boues activées. La boue excédentaire produite est pompée hors du bassin de décantation secondaire et amenée vers le traitement des boues.

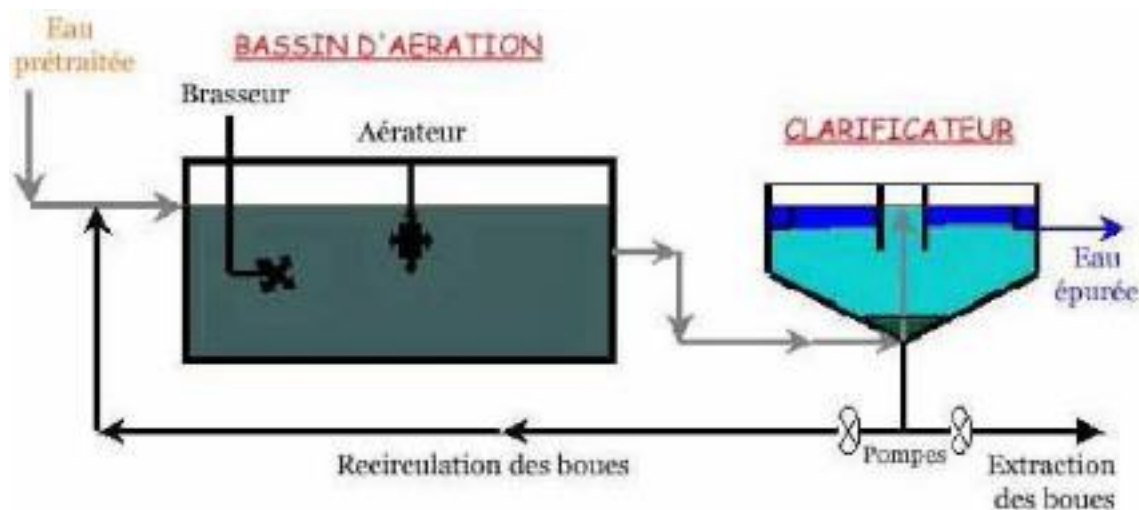


Figure I.7 :Schéma d'une station d'épuration à boues activées(Racault et Seguret,2004).

### I.6.2.Les procédés biologiques extensifs (lagunage)

Concernant les techniques extensives, on reconstitue des écosystèmes artificiels simplifiés. Il s'agit de faire intervenir l'ensemble des processus de dégradation présents naturellement dans un écosystème ou tout simplement c'est copier la nature.

Avec les techniques extensives, on reproduit le principe de l'autoépuration, mais dans des écosystèmes artificiels optimisés, de façon à protéger l'écosystème naturel.

L'appellation «extensive» provient du fait que ces techniques nécessitent de grandes surfaces pour être pratiquées. Les charges appliquées par unité de surface sont par conséquent très faibles. La surface minimale requise est de 3 à 5 m<sup>2</sup>/EH.

Le système extensif offre des techniques d'épuration qui sont des solutions tout à fait adaptées aux collectivités rurales (moins de 2000 EH) et aux zones d'habitat dispersé.

#### a. Lagunage naturel

Le lagunage naturel est un procédé simple dans sa conception mais complexe dans les processus biologiques mis en jeu .

Le lagunage naturel est le procédé qui se rapprochant le plus du procédé d'autoépuration naturelle présent dans les rivières. Après prétraitements les effluents sont dirigés dans des bassins étanches, à l'air libre. Sous l'action du soleil, les algues photo-synthétisent leur matière première en fournissant de l'oxygène à la population bactérienne. La profondeur des lagunes naturelles est donc faible : de 1,2 à 0,4 m. (Gaid ;1984)



Figure I.8 : le lagunage naturel (<https://www.station-de-lagunage.fr/>)

Les matières solides les plus lourdes décantent dans le fond des bassins et sont transformées par des microorganismes anaérobies (vivant en absence d'oxygène). La microfaune et la flore qui se développent, contribuent à la dégradation de la pollution organique en favorisant la formation de boues minéralisées piégées dans le fond des ouvrages, ce qui nécessite un curage des bassins au bout d'une dizaine d'années environ.

Ce procédé est conseillé pour des agglomérations de 300 à 1 000 Equivalents-Habitants (EH) – possible à partir de 100 EH (de 100 à 300 EH : 2 bassins sont suffisants) et jusqu'à 2 000 voire 3 000 EH. (Conseil général de Seine-et-Marne Direction de l'eau et de l'environnement ;2011.)



Figure I.9: le lagunage naturel conception et réalisation, les règles de EH (AESN et CEMAGREF)

### b. Lagunage à macrophytes

Le lagunage à macrophytes est effectué dans des bassins étanches en séries dans lesquelles on cultive la laitue d'eau (*Pistiastratiotes*). Les bassins sont en général totalement couverts de plantes qui maintiennent ainsi des conditions anaérobies de dégradation de la matière organique initiée dans le décanteur-digesteur. Les boues qui remontent sont piégées par les racines des plantes où se développe une intense activité bactérienne. La fourniture d'oxygène au milieu se fait par l'intermédiaire des racines des plantes.

Le retour progressif aux conditions aérobies se fait dans le dernier tiers des bassins où on maintient seulement 20 % de surface couverte par la laitue d'eau. Les deux premiers tiers sont totalement couverts et destinés à la dégradation de la matière carbonée.

La profondeur optimale est de 0,7 m, et la largeur conseillée est de 3-4 m pour faciliter l'accès et l'exploitation des bassins. Pour atteindre les performances des traitements classiques, l'auteur estime qu'une superficie minimale de 1,3 m<sup>2</sup> par équivalent habitant est nécessaire, la durée de traitement des eaux usées est fixée à 8 jours pour atteindre une qualité minimale de l'effluent de 70 mg/l de DCO, 20 mg/l de DBO<sub>5</sub>, 10 mg/l de MES et une concentration de 8 mgO<sub>2</sub>/l en oxygène dissous (Kone, 2002).

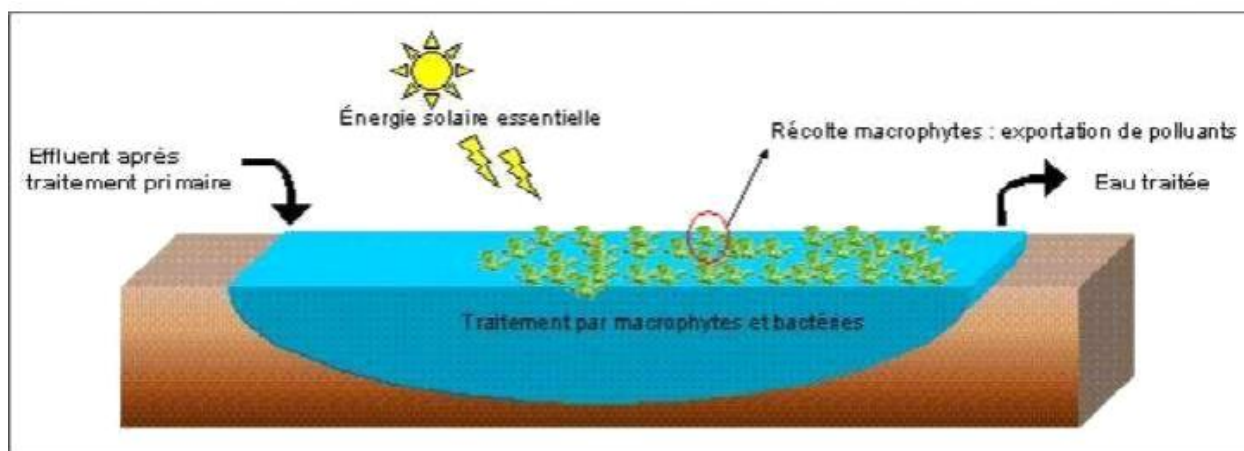


Figure I.10: le fonctionnement du lagunage à macrophytes (Brouillet et al, 2008)

### c. Lagunage aéré :

L'oxygénation est dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu. La consommation en énergie des deux filières est, à capacité équivalente, comparable (1,8 à 2kW/kg DBO<sub>5</sub> éliminée).

Dans l'étage d'aération, les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer. Ces micro-organismes

sont essentiellement des bactéries et des champignons (comparables à ceux présents dans les stations à boues activées).

Dans l'étage de décantation, les matières en suspension que sont les amas de micro-organismes et de particules piégées, décantent pour former les boues. Ces boues sont pompées régulièrement ou enlevées du bassin lorsqu'elles constituent un volume trop important. Cet étage de décantation est constitué d'une simple lagune de décantation, voire, ce qui est préférable, de deux bassins qu'il est possible de by-passer séparément pour procéder à leur curage (**Berland et al, 2001**).

### **I.6.3.Le traitement tertiaire :**

Lorsque l'eau usée vient des zones industrielles ou l'eau traitée déversent dans un environnement délicat, le traitement tertiaire est nécessaire. On retrouve le traitement par désinfection, dénitrification, déphosphatation. Notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible à l'eutrophisation. Les traitements tertiaires peuvent également comprendre des traitements de désinfection. La réduction des odeurs peut encore être l'objet d'attentions particulières.

## **I.7.Traitement des boues :**

### **I.7.1.Définition de Boue :**

A l'issue des différentes étapes du traitement des eaux usées, les boues produites contiennent environ 95-99 d'eau. Le traitement des boues consiste donc tout d'abord à diminuer leur teneur en eau et à réduire de manière efficace leur charge polluante et fermentescible.

Il s'agit de les préparer à une étape ultime de valorisation ou d'élimination. Il existe plusieurs formes de boues :

- Les boues physico-chimiques (qui sont produites dans les stations physico-chimiques).
- Les boues, dites primaires, qui sont le résultat de la décantation des matières en suspension contenues dans les eaux usées brutes. (Celles récupérée après le traitement primaire)
- Les boues secondaires sont formées à partir de la charge polluante dissoute durant la période de dessablage et de déshuilage. (Celles récupérée après le traitement secondaire)
- Les boues "mixtes" formées par les boues primaires et secondaires. Elles vont subir un traitement de stabilisation biologique.

Ces boues sont généralement utilisées en agriculture comme amendement organique. Une fois sèches, elles peuvent également être mises en décharge.

### I.7.2. Objectifs du traitement des boues :

L'objectif du producteur de boues confronté à l'épandage est donc d'obtenir une boue de qualité «produit», même si celle-ci demeure au sens du législateur un déchet. La boue traitée devra donc présenter une ou plusieurs des propriétés suivantes :

- un état stabilisé objectivement apprécié par un critère lié à son aptitude à générer des nuisances olfactives, l'appréciation subjective ne pouvant tenir lieu de critère de mesure ;
- un état hygiénisé mesuré par un niveau de contamination en germes types (entérovirus, salmonelles, œufs d'helminthes) ;
- une texture solide permettant sa tenue en tas à 30 °C en vue d'un entreposage sur site ou en bout de champ. (Gaid ;1984)

### I.7.3. Les types des boues :

#### a. Les boues primaires

Elles sont issues du traitement primaire et sont produites par simple décantation, entête de station d'épuration (Degrémont, 1989). Ces boues sont fraîches, c'est-à-dire non stabilisées (forte teneur en matière organique) et fortement fermentescibles (Degrémont,1989).

#### b. Les boues secondaires :

Issues du traitement secondaire et récupérées après le décanteur secondaire (clarificateur), elles sont des boues fraîches biologiques, essentiellement sous forme de floccs de bactéries (Degrémont,1989, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse,2012)..Leur pouvoir fermentescible dépend du temps de séjour dans le bassin d'aération (Degrémont, 1989)

#### c. Les boues mixtes :

Le mélange de boues primaires et secondaires conduit à l'obtention des boues mixtes, dont la composition est dépendante de la quantité de boues primaires et secondaires produites .Très fermentescibles, ces boues subissent un traitement de stabilisation (Degrémont, 1989 ; Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse,2012).

#### d. Les boues physico-chimiques:

Ces boues sont issues d'un traitement utilisant des flocculats minéraux (sel de fer ou d'aluminium). Le traitement physico-chimique est principalement utilisé sur des boues industrielles ou pour l'élimination du phosphore en complément au traitement biologique. Degrémont, 1989).

### I.7.4. Les différentes filières de traitement des boues :

#### I.7.4.1. Epaissement

L'objectif de cette étape est de réduire la quantité d'eau pour diminuer le volume des boues pour les étapes suivantes de traitement. Très souvent l'épaissement est réalisé par des moyens physiques tels la flottation, la centrifugation ou la mise dans des bassins pour une simple sédimentation. **Oeglin,2000**). Il existe deux types d'épaissement : l'épaissement gravitaire et l'épaissement dynamique.

##### a) Epaissement gravitaire (décantation) :

Cette technique est la plus utilisée pour la concentration des boues, elle est très répandue dans les grandes stations (10000 - 100000 EH). Une hauteur de 3,5 à 4m est préconisée pour le bassin de décantation, en tenant compte du volume de stockage, afin de faciliter le tassement de la boue. La siccité des boues à la sortie de ce procédé varie de 2 à 10% selon la nature des boues traitées. Ce procédé est peu coûteux (consommation énergétique de l'ordre de 1 à 7 k WH/t MS). Son exploitation est simple mais de faible performance sur les boues biologiques (boues très fermentescibles) avec une siccité seulement de 1,5 – 2,5%. De plus, la mise en place de l'ouvrage nécessite une surface et un volume très importants. Le temps de séjour des boues dans l'épaisseur est d'environ 48 h. la performance est variable selon la nature des boues pour les épaissement boues primaire, 40-80 kg de MS/m/jour, et pour les boues biologiques : 25kg de MS/m/jour (**Favreau ,2011**).

#### I.7.4.2. La stabilisation

Visent la neutralisation des matières organiques susceptibles de subir des phénomènes de fermentation. Quand la composition des boues reste constante au cours du temps, celles-ci sont alors dites stabilisées. La stabilisation peut être biologique aérobie ou anaérobie ou par stabilisation chimique (**OIE, 2001**). La stabilisation elle permet d'éliminer 20 à 50% de la matière organique.

#### I.7.4.3. La déshydratation :

La déshydratation constitue la seconde étape de réduction du volume des boues sur les boues épaissies, stabilisées ou non, afin d'obtenir une siccité plus poussée parmi les avantages de la déshydratation : facilite le stockage et réduit le coût du transport, améliore par ailleurs la stabilisation des boues et facilite leur utilisation en agriculture.

### I.7.5. Caractéristique des boues

#### a. la siccité

Elle exprime le taux de matières sèches dans la boue. Elle est l'inverse du taux de l'humidité. La concentration des matières sèches (MS) est exprimée en g de MS/ litre de boues ou par le % de la siccité. Selon la siccité, on peut distinguer la consistance de la boue. Le tableau 1.2 présente la relation entre la siccité et la forme des boues.

**Tableau I.2 :** Consistance de boue en fonction de la siccité

Siccité en %	Consistance
De 0 à 10	liquide
De 10 à 25	Pâteuse
>25	Solide
>85	Sèche

La siccité est déterminée en séchant un volume connu de boues et à déterminer après évaporation totale de l'eau, la masse de matière sèche restante.

**MS = MES + M dissoute**

- Pour des boues diluées :  $[MES] \neq [MS]$ . Les matières dissoutes sont en quantités importantes. On utilise les MES pour caractériser les boues < 10g/l.
- Pour des boues concentrées (après déshydratation), les matières dissoutes sont négligeables. Ce qui implique que  $[MES] = [MS]$ . On utilise MS pour caractériser les boues.

**Boue = eau + MS = humidité % + % Siccité**

#### 1. Matières volatiles(MV)

Elles permettent d'évaluer le degré de stabilisation des boues et leur aptitude à subir les différents traitements (digestion aérobie, anaérobie ou incinération). Elle s'exprime en % du poids du MV.

**Boue = eau + MES, MES = MVS + MMS.**

Déterminer le pouvoir fermentescible d'une boue consiste à déterminer la concentration en MO(MVS). Ces dernières sont déterminées par calcination à 550 °C et par pesée du résidu (cendre)qui représente les éléments minéraux.  $MVS = MS_{initiale} - MM_{restante}$

**Taux de MVS =  $(MMVS/MMES) \times 100$**

### b. Indice de boue (IB)

L'indice de boue est défini à partir de tests de décantation permettant d'obtenir des volumes de boues compris entre 100 et 250 m (**Rodier, 2009**).

Si:

- ❖  $IB < 100$  : correspondent à des boues qui sédimentent facilement.
- ❖  $100 < IB < 200$  : décantation difficile (quelques filament).
- ❖  $IB > 200$  : mauvaise décantation (boue riche en filament) (**Amadou, 2007**)

### I.7.6. Les éléments nutritifs

#### a) Teneur en azote (N)

L'azote est un élément auquel le rendement de la production végétale est le plus sensible tant par excès que par défaut, ce qui fait qu'il est l'un des éléments qui permet de valoriser le plus de boue (**Debba, 1998**). L'azote se trouve dans des boues sous différentes formes plus ou moins rapidement assimilables par la plante. L'azote de la matière en suspension est essentiellement organique, celui contenu dans la phase liquide est souvent sous forme minérale représentée par l'ammonium (10 % de l'azote total) ou nitrate (**Glemas, 1980 ; Vademecum, 1990**).

Selon **Glemas (1980)**, en moyenne une tonne de matière sèche contient de 40 à 60 Kg d'azote dont la moitié peut être minéralisée la première année et donc utilisée par les plantes le reste diminuée de la quantité d'azote volatilisée minéralise les années suivantes. Donc les doses d'apport seront définies en tenant compte de l'indice d'efficacité de la boue, c'est-à-dire de son aptitude à libérer l'azote de la première année.

#### b) Teneur en phosphore (P)

Le phosphore des boues représente de 3 à 8 % de matière sèche. Il se trouve pour l'essentiel dans la phase solide des boues sous forme minérale et peut donc être assimilé rapidement par les plantes, le taux d'assimilabilité est donc de l'ordre de 60 à 80 % (**Glemas, 1980., Pomme. L, 1979 et Vademecum, 1990**). Le phosphore qui n'est pas utilisé immédiatement le sera ultérieurement, car il est bien fixé par le sol.

#### c) Teneur en potassium (K)

En règle générale, les boues sont pauvres en potassium (en valeurs moyennes de 0,5 % des matières sèches) qui n'est pas retenu lors du traitement des eaux résiduaires et même l'épandage de fortes doses de boues ne dispense pas l'agriculteur d'apporter un engrais minéral potassique.



### d) Teneur en calcium et magnésium (Ca, Mg)

Les boues contiennent du calcium en quantité appréciables : 0,2 à 1,5 % de CaO de la matière sèche dans les boues liquides et de 2 à 20 % de CaO de la matière sèche dans les boues solides (ANRED, 1982., DEBBA, 1998., Vade Mecum, 1990).

Les boues contiennent aussi du magnésium mais à un degré moindre de 0,4 à 1 % de la matière sèche.

### e) Teneur en sodium (Na)

Selon Guicherd (1982) in DEBBA (1998), le sodium est présent dans les boues à des quantités faibles (0,4 % de la matière sèche en moyenne). Cependant, les teneurs apportés en cet élément ne seraient pas de nature à entraîner des effets préjudiciables au niveau de la structure des sols fragiles en cas d'épandages raisonnés (Morel et al, 1978 in DEBBA,1998).

### f) Teneur en métaux lourds

Les métaux lourds tels que le plomb, le mercure, cadmium, chrome et nickel apportés par les eaux usées industrielles, par les eaux pluviales et dans une moindre mesure les eaux usées domestiques (Bechac et al,1984,in DEBBA, 1998) ne sont pas utile dans les sols et leur concentration ne doit pas dépasser certaines limites, car il contamineraient alors les sols et les plantes (DEBBA, 1998).

## I.7.7. Les caractéristiques physiques des boues

### a. La viscosité

Les boues ne sont pas des liquides newtonien, on mesure leur viscosité en fonction de la contrainte de cisaillement, cette viscosité permet de définir leur caractères thixotropiques qui est important pour leur transport (Sedki ,1995).

### b. Masse volumique

Elle permet de calculer le volume de boue à convoier, en l'absence de mesure pour une boue liquide ou pâteuse, on peut considérer en première approximation la pondération suivent(Agence De l'Environnement et de la Métrise de l'Energie (ADEME, 2001).

### c. Le pouvoir calorifique

Les teneurs en matières organique des boues leur donne une aptitude à la combustion non négligeable qui permet de l'incinérer (AFEE,1974)

## **I.8.Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons exposé les données fondamentales concernant les eaux usées, y compris les types d'eaux usées, les paramètres de pollution des effluents ainsi que les procédés de traitement. De même, la gestion des boues comprend l'analyse des propriétés chimiques et physiques des boues ainsi que les techniques de traitement.

# **Chapitre II : Données de base sur la région d'étude**

### II.1.Introduction

Avant de commencer tout projet d'aménagement hydraulique, qu'il s'agisse d'AEP, d'assainissement ou de protection, il est essentiel de réaliser une étude préliminaire afin de connaître les caractéristiques physiques du site et les facteurs qui influencent la conception du projet.

Chaque site présente des particularités spécifiques, notamment :

- ✓ Les données naturelles du site ;
- ✓ Les données relatives à l'agglomération ;
- ✓ Les données relatives au développement futur de l'agglomération ;
- ✓ Les données propres à l'AEP.

Ainsi, la présentation de l'agglomération de Sidi Khalifa joue un rôle important dans l'élaboration de l'étude de diagnostic de fonctionnement et évaluation des performances épuratoires et de la station de de Sidi Khalifa. Une étude approfondie du site est nécessaire comme nous allons exposer dans ce chapitre.

### II.2.Situation géographique de la zone d'étude :

Constituant l'une des trente-deux communes de la Wilaya de Mila, la commune de SidiK halifa est située au Sud du chef -lieu de Wilaya, à environ 10 KM à vol d'oiseau voir figure

Administrativement, la commune de Sidi-Sidi Khalifa est limitée :



**Figure II.1:**la situation géographique de Sidi Khelifa (Moteur de recherche Google Earth. 2024)

- ❖ Au Nord par les communes de Mila et Ain tine.
- ❖ A l'Est par la commune d'Ibn Zia wilaya de Constantine.
- ❖ Au Sud par les communes d'Ain Malou et Oued Ath mania.
- ❖ A l'Ouest par la commune d'Ahmed Rachdi.

La situation géographique de la commune de Sidi - Khalifa, qui abrite 5555habitants au dernier recensement du31/12/2016, permet à cette ville d'occuper une place géostratégique très importante pour son développement et par conséquent le développement de la Wilaya de Mila. Cette place géostratégique est caractérisée par deux principaux atouts :

- Elle est traversée par la route nationale **RN°05** A reliant Mila à Oued Athmania.

La région d'étude est définie comme étant la zone incluse à l'intérieur du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme du centre Sidi Khalifa. Cette région assainis par plusieurs réseaux d'assainissement d'eau usée collectif.

La commune de Sidi Khalifa, est situé à l'intérieur du sous bassin 10 – 06, drainé par l'Oued Bouthoul ces affluents en amont et qui rejoint Oued Konate en aval, juste à la limite de la commune de Ain Tine sisi Khalifa, comme l'illustre (la figure II.2), portant, délimitation des sous bassins de l'Oued -Rhume.

Géographiquement, le centre de Sidi Khalifa est implanté sur un relief plus ou moins accidenté, mais à pentes relativement régulières. Composé de trentaine de micro-bassin versant, qui sont drainés du Nord au Sud.(A.N.R.H)

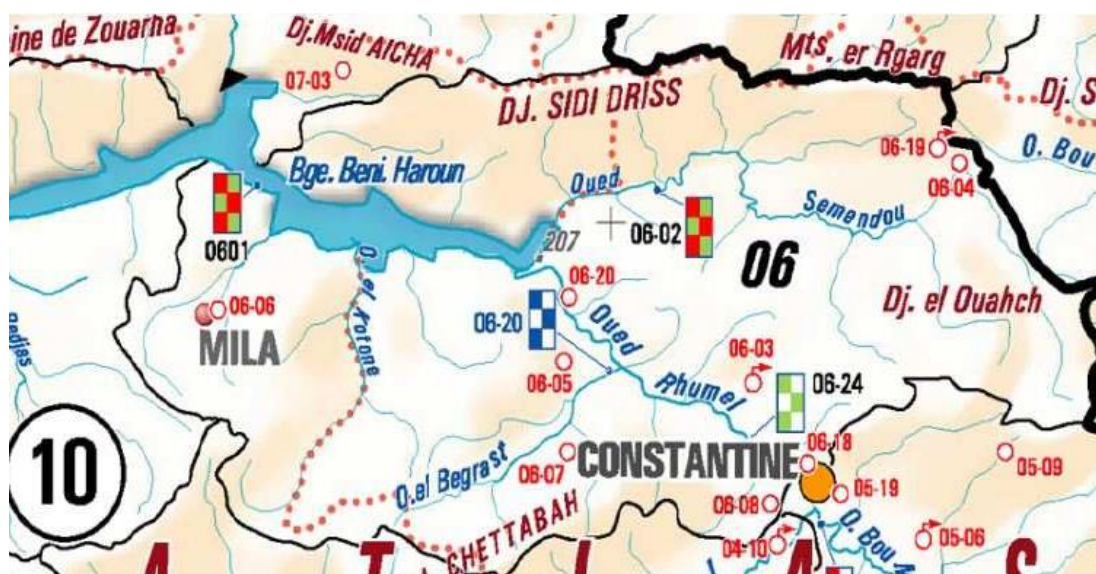


Figure II.2: Localisation du sous bassin versant code 10-06 de l'oued Rhume.(A.N.R.H)

### II.3. Données climatiques :

Le climat de la wilaya de Mila est un climat typiquement méditerranéen. Il est caractérisé par un Hiver doux et pluvieux et une période estivale longue chaude et sèche qui se prolonge du mois de Mai au mois d'Octobre avec une variation saisonnière et spatiale.

En ce qui concerne le climat, la commune de Sidi Khalifa appartient à la gamme tempérée et semi-humide, selon les précipitations importantes qui favorisent le développement de l'activité agricole, compte tenu du facteur glaciaire selon les dénivelés existant, Sidi Khalifa possède un climat tempéré méditerranéen à été chaud et sec (Csa) selon la classification de Koppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne à Sidi Khalifa est de 15.3°C et les précipitations sont en moyenne de 501.7mm. À titre de comparaison à Alger, la température moyenne annuelle est de 19.7°C et les précipitations sont en moyenne de 672.3mm ;

#### a. Précipitations :

La variation de précipitations annuelles est le fait marquant dans cette wilaya. La pluviométrie à Mila est inégalement répartie à travers les mois de l'année et les précipitations sont, naturellement, cantonnées dans le semestre frais qui débute en Novembre et se termine en Mars.

Des précipitations moyennes de 10.6mm font du mois d'août le mois le plus sec. En Décembre, les précipitations sont les plus importantes de l'année avec une moyenne de 70.4 mm à Sidi Khelifa

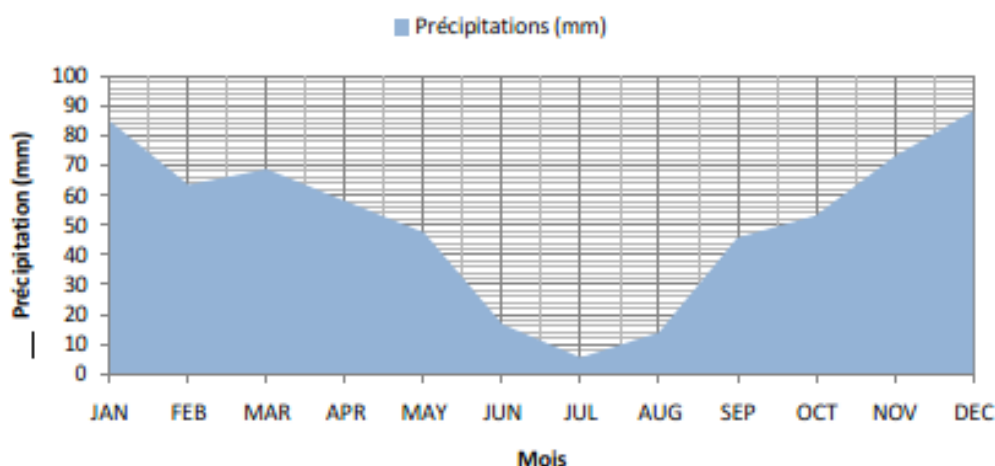
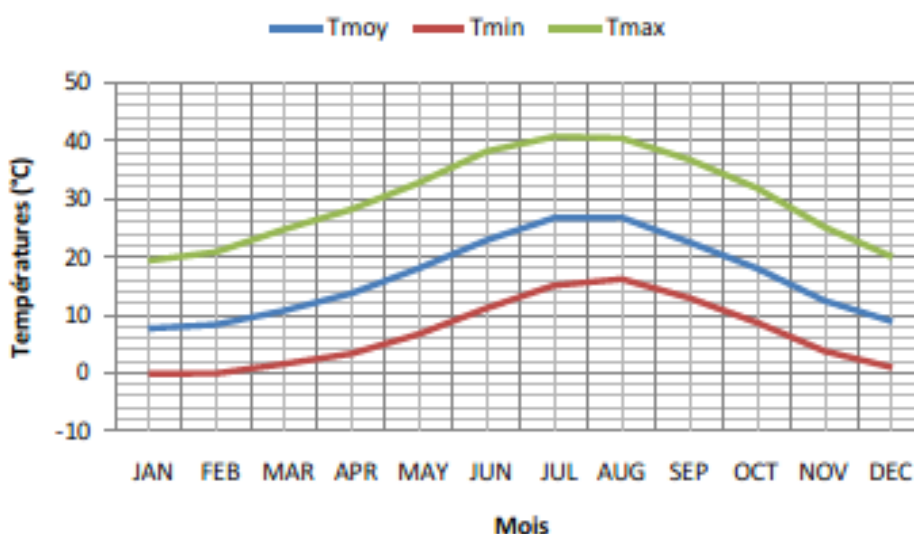


Figure II.3: Courbe de précipitations (station météorologique Mila)

**b. Température :**

La température influe directement sur le régime d'écoulement, elle augmente l'évaporation et l'évapotranspiration durant les périodes chaudes. Pour notre zone d'étude les températures maximales, ont pour origine le sirocco.

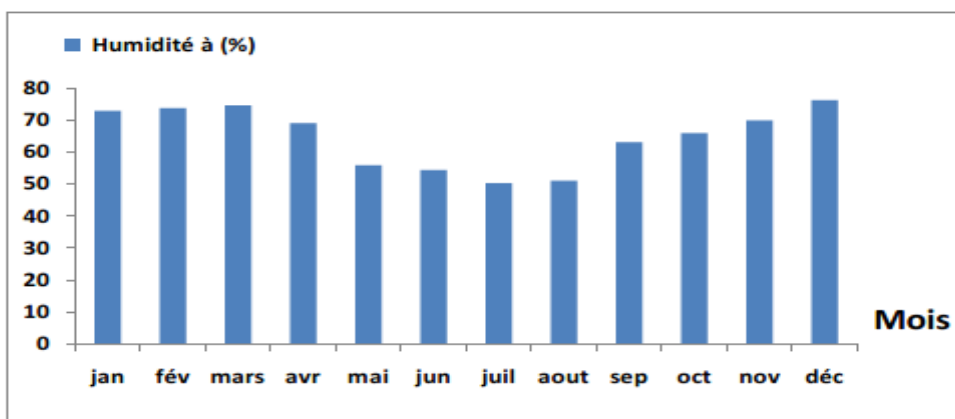
Au mois de Juillet, la température moyenne est de 25.8°C. Juillet est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Janvier est le mois le plus froid de l'année. La température moyenne est de 6.8°C à cette période.



**Figure II.4 :** Courbe des températures (station météorologique Mila)

**c. Humidité :**

Les valeurs de l'humidité mensuelle moyenne et le moyen inter annuel. Il s'avère selon l'histogramme de (Fig.2.5), que le mois qui représente la plus forte humidité est celui de décembre avec 76,18% et le mois qui représente la plus faible valeur est celui de juillet avec 50.25%.



**Figure II.5 :** Variation de la moyenne de l'humidité mensuelle dans la région Sidi Khelifa .  
(station météorologique Mila)

### II.3. L'hydrologie de la région d'étude

Le territoire de la Wilaya de Mila présente une grande diversité de structures géologiques, allant du tertiaire inférieur jusqu'au quaternaire récent, avec des caractéristiques hydrogéologiques très variables. Les ressources en eaux de surface dans la wilaya sont assurées par : plaines, dépressions ; Hauteurs ; montagnes.

Actuellement, le centre de SIdi Khelifa est alimenté à partir du forage d'Ain tine d'un débit d'exploitation de 6 l/s ainsi que les sources de khadraouia d'un débit variant entre 4 et 6 l/s ;Le centre de Sidi Khelifa dispose d'un réseau d'AEP qui touche la totalité du centre avec l'existence de trois réservoirs de stockage de capacité totale de 1500 m<sup>3</sup> comme suit

➤ **Dehemcha**

L'alimentation de ce village s'effectue par le captage de deux sources d'un débit de l'ordre de 1.5 l/s, ce village dispos d'un réseau d'AEP et un réservoir de stockage de 50 m<sup>3</sup> .

➤ **El kaim**

L'alimentation de cette agglomération secondaire s'effectue par le captage de deux sources et d'un puits pour un débit total de l'ordre de 3 l/s, Cette agglomération dispose d'un réseau d'AEP et d'un réservoir de stockage de 100 m<sup>3</sup> .

➤ **Soualeh, Aleyga, Sidi Belaid Ouled Zerara :**

L'alimentation s'effectue à partir des bornes fontaines ou des sources locales. Le réseau d'AEP n'existe pas.



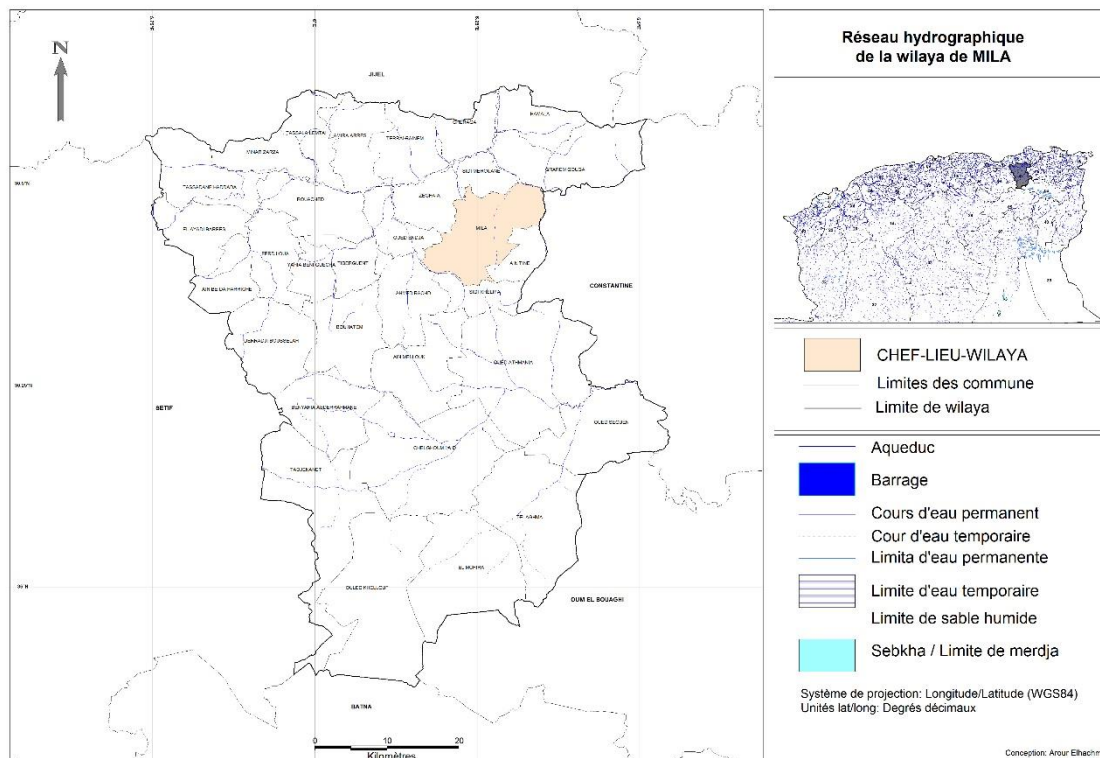


Figure II.6 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Mila (Elhachmi Arour, [blogspot.com/2015](http://blogspot.com/2015)) |

## II.4. Les ressources hydrauliques :

Les ressources hydrauliques regroupent les eaux de surface et les eaux souterraines. Ces dernières sont, en l'absence d'études hydrogéologique récentes et fiables, encore mal connues. Les quelques données existantes qui les concernent indiquent qu'elles sont a priori plus faibles que les premières. (Andi, 2013).

### II.4.1. Les eaux superficielles

La commune de Sidi Khalifa appartient au bassin inférieur du barrage Ben Haroun, et elle est considérée comme un réseau hydrographique très dense alimenté par Awlad Al-Qaim dans la région centrale de la commune et Waid Al-Hama dans la Nord-Ouest.

### II.4.2. Les eaux souterraines

L'absence d'étude hydrographique pour la commune de Sidi Khalifa n'a pas permis de déterminer les stocks d'eau souterraine pour la région. Cependant, le projet de prospection d'eau potable (Excavation de la commune d'Ain El-Tin) est adjacent à Wadi Al -Qatn, qui permettra de fournir toutes les données nécessaires sur les stocks d'eau souterraine. Nous avons appris que la quantité de précipitations est très importante, ainsi que la densité du réseau hydrographique, il n'est pas possible de contrôler les eaux de surface, car elles ont été affectées à l'alimentation du barrage

Ben Haroun. La région se caractérise par la disponibilité de nombreuses sources d'eau potable, qui sont considérées comme la principale ressource de cette richesse, notamment ;

- La source d'Ain al-Dahamsheh.
- La source du Puits Aya.
- La source Ain sharchara.
- La source d'Ain Al-Mabouja.
- La source d'Ain AL Hamamat.
- La source d'Ain al-TurK

L'histoire de ces sources remonte à l'époque coloniale, et les habitants les ont réparées et restaurées.

### II.5.Réseaux d'assainissement

Actuellement, Le réseau d'assainissement de l'agglomération de Sidi Khalifa est de type unitaire qui fait évacuer toutes les eaux usées et eaux pluviales dans un seul conduit. Il a été réalisé par étape, au futur et à mesure de l'extension de l'agglomération.

Le rejet de ces eaux se fait actuellement dans le milieu naturel en un seul point au sud sur un bassin de décantation à sud de l'agglomération.

L'extension de l'agglomération vers le nord (amont) durant ces vingt dernières années avec la construction avec les différents programmes d'habitat dans une zone dépourvue d'assainissement et ses retombés sur l'actuel réseau et sa capacité de recevoir les nouvelles quantités d'eau nous oblige à faire son diagnostic physique avant de vérifier sa capacité hydraulique de supporter les nouveaux débits d'eau.

#### a. Le rejet :

Les rejets se font dans le milieu naturel en un seul point (bassin de décantation) à sud de l'agglomération,

#### b. Etat du rejet

Le déversement des eaux usées et pluviales se fait directement vers le milieu naturel sans aucun traitement. Cette situation pose beaucoup de problèmes et présente des risques d'apparition des maladies à transmission hydrique.



**Figure II.7 :** Photo du point de rejet (Bassin de décantation)(Fardjallah ;Meftah,2019)

**c. Etat des regards :**

Le réseau d'assainissement de Sidi Khalifa comprend dans sa totalité 233 regards de types carrés. La profondeur maximale est de 3.5 m et la distance entre les regards varie de 25 à 80m.

La majorité des regards sont couverts par le revêtement suite à des travaux réalisées, Certains des regards ne sont pas munis d'échelles et même parfois démunis de dalles (à ciel ouvert), ce qui provoque leurs remplissages par des débris, par la terre et par les feuilles des arbres. La négligence dans le domaine d'entretien et de maintenance a rendu une partie des regards dans un état non identifié et couvert par les chaussées.

**II.6.Conclusion**

Dans cette partie nous avons définis, les caractéristiques géographiques topographie, climatologie et démographiques nécessaires. Ces caractéristiques vont nous servir comme données de base pour l'élaboration du notre projet.

**Chapitre III: Diagnostique de  
la station d'épuration de SIDI  
KHELIFA**

### **III.1.Introduction**

La station d'épuration de Sidi Khelifa, située à Mila, utilise un procédé avancé de boues activées à faible charge pour traiter les eaux usées de la région. Le traitement commence par un prétraitement avec dégrillage et dessablage/déshuilage, suivi d'un traitement biologique en bassins anaérobie, aéré et anoxique. Un clarificateur est utilisé pour recycler les boues, et une désinfection est effectuée pour éliminer les germes pathogènes. La gestion des boues comprend un épaisseur, un déshydrateur et un bassin de stabilisation.

Dans ce chapitre nous avons entamé à expliquer les étapes de l'entrée et la sortie de l'eau dans une schème de diagnostique .

### III.2.Présentation du site de la station d'épuration

La station de Sidi Khelifa est alimentée gravitairement en eau brute par le barrage de Sidi Khelifa situé environ 500 mètres en amont de la station et qui est exclusivement alimenté par le barrage de Beni Haroun situé à environ 20 kilomètres en amont de la station. Un poste de pompage d'une capacité de plus de 80 000 m<sup>3</sup>/h assure le relèvement et le transfert des eaux du Beni Haroun vers le barrage de Sidi Khelifa. S'il est fait exception que le barrage de Sidi Khelifa est alimenté en partie par les eaux de pluies la qualité de l'eau brute alimentant la station de Sidi Khelifa est donc directement calquée sur la qualité de l'eau stockée dans le bassin du barrage de Beni Haroun.

Les eaux du bassin de Beni Haroun, qui est alimenté par les eaux de l'oued Kebir, ont fait l'objet de nombreuses analyses en différents points et à différentes périodes qui ont révélés des risques élevés de pollution urbaine qui atteignent des valeurs maximales en aval de la ville de Constantine. Certaines de ces analyses ont en fait démontrés que dans le pire des scénarios la qualité de l'eau brute pourraient risquer de ne pas répondre aux caractéristiques normales d'une eau brute destinée à être potabilisée.

La station de Sidi Khelifa est donc conçue afin d'assurer une production continue en eau potable indépendamment du niveau de criticité de la qualité de l'eau brute tel que défini contractuellement par les limites de garantie minimales et maximales indiquées dans la Table 1 ci-après.

**Tableau III.1 : Limites et exigences contractuelles de l'eau brute et de l'eau traitée.(Manuel de l'exploitation de la station)**

Paramètres	Limites de Garantie					
	Unités	Eaux Brutes			Eaux Traitées	
		Limites minimal es	Limites maximal es	Limites extrêm es	Exigences contractuell es	Exigences cas extrêmes
<b>Analyses Journalières</b>						
Odeur	N.A.	Aucune			Sans	Aucune
Goût	N.A.	Aucune			Sans	Aucune
Couleur	UCV	Aucune			15	Aucune
Turbidité	NTU	0	10	20	0.5	1.0
Température	degré C	8	27	27	Aucune	
pH		7.0	8.0	9.0	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Conductivité	µS/cm	1395	1795	2100	Aucune	
Chlore résiduel	mg/l	Ne s'applique pas			Aucune	
Coliformes thermotolérants	unités/100 ml	Ne s'applique pas			Non détectable dans 100 ml	
Streptocoques fécaux	unités/100	Ne s'applique pas			Non détectable dans 100	

	ml				ml
Dénombrement de bactéries aérobie	unités/100 ml	Ne s'applique pas			Aucune
revivifiables à 22 et 37 degréC	ml				
<b>Analyses Hebdomadaires</b>					
Aluminium	mg/l	Aucune			0.2
Ammonium	mg/l	0	10	15	1.5
Nitrites	mg/l	0	0.5	1.7	3
Nitrates	mg/l	0	10	27	50
<b>Analyses Mensuelles</b>					
Chlorures	mg/l	140	232	344	Aucune
Sulfates	mg/l	154	276	412	Aucune
Silice	mg/l	Aucune			Aucune
Calcium	mg/l	96	156	194	Aucune
Magnésium	mg/l	17	44	77	Aucune
Sodium	mg/l	98	162	230	Aucune
Potassium	mg/l	6	22	43	Aucune
Résidu secs filtrable	mg/l	0	1270	1600	Aucune
Oxygène dissous	% saturation	0	47	76	>75
Anydride carbonique libre ou calcul de l'équilibre calcocarbonique	À préciser	Aucune			Aucune
Carbonates	mg/l	4	11	25	Aucune
Hydrogène-carbonates	mg/l	207	395	561	Aucune
Matières organiques	mg/l	0	18	35	Aucune
Hydrogène sulfuré	mg/l				Aucune
Fer	mg/l	0	0.6	1.5	0.3
Cuivre	mg/l	Aucune			Aucune
Zinc	mg/l	Aucune			Aucune
Manganèse	mg/l	0	0.6	2.6	0.1
Phosphore (Phosphate)	mg/l	0	7	14	Aucune
Fluor	mg/l	Aucune			Aucune

Source :Les document de la station Sidi Khelifa 2023.(Manuel de l'exploitation de la station)

### III.3.Historique de la station de Sidi Khelifa :

La station d'épuration d'eau de Sidi Khelifa, mise en œuvre en 2009, représente une initiative majeure pour le traitement des eaux usées de la région. Initialement construite par Degremont, une entreprise française spécialisée dans le traitement de l'eau, cette installation a bénéficié de technologies avancées pour assurer un traitement efficace et respectueux de l'environnement. Depuis son achèvement, la gestion de la station a été confiée à **SEACO**, qui est responsable de son exploitation, de sa maintenance et de l'optimisation de ses performances. La station joue un rôle crucial dans la protection de l'environnement en réduisant la pollution des cours d'eau et des nappes phréatiques, contribuant ainsi à la santé publique et au développement durable de la région. Cette

collaboration internationale et cette gestion durable des ressources en eau font de la station de Sidi Khelifa un modèle de réussite en matière de traitement des eaux usées.

#### **III.4. Caractéristiques de la STEP:**

La capacité de la station en équivalent habitant est estimée à 13800 équivalents habitant à l'horizon 2022. Les débits des eaux usées l'entrée de la STEP sont comme suit (ONA, 2018) :

- Débit moyen par jour (24h/j)=260 000 m<sup>3</sup>/j
- Débit maximal temp ssec =16 m/h
- Débit maximal temps de pluie =243 m/h

Concernant les charges de pollution, le tableau 3.1 expose les paramètres de pollution des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP. Ces paramètres englobent généralement les MES, DCO, DBO<sub>5</sub>, NTK, N-NH<sub>4</sub>, N-org, N-NO<sub>3</sub> et le P-Po<sub>4</sub>.

#### **III.5. Description et fonctionnement de la station :**

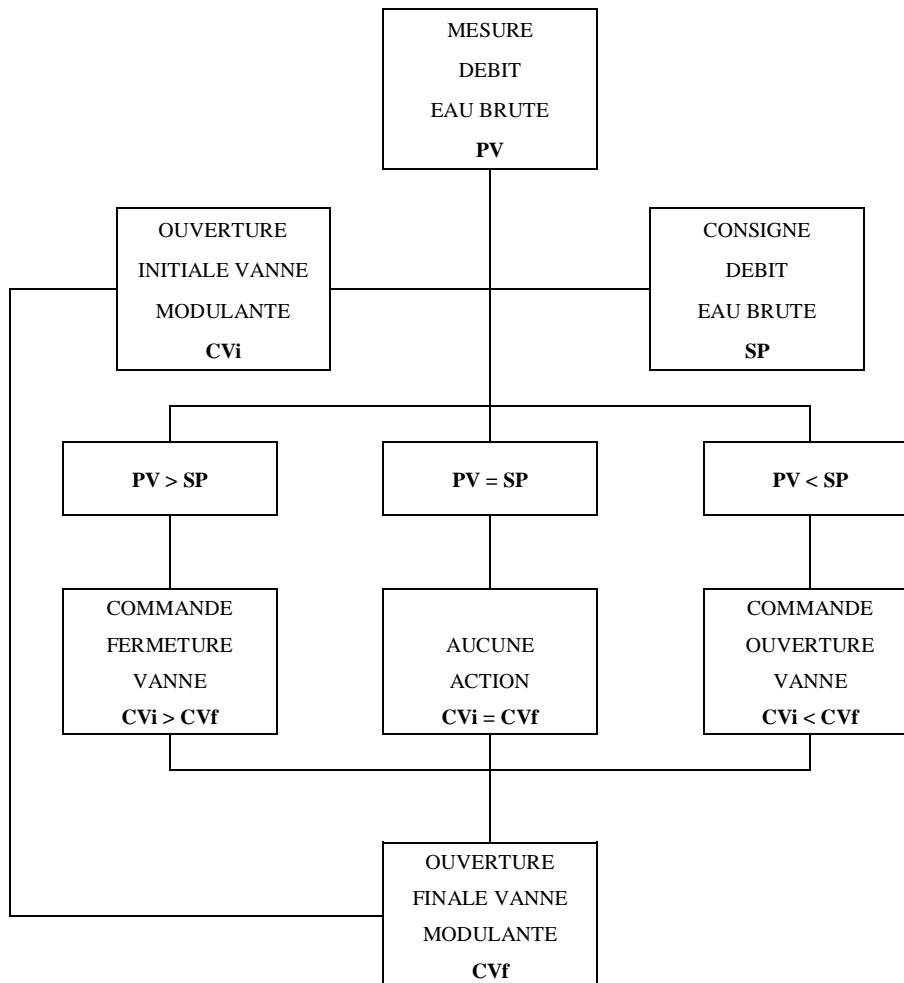
Afin de permettre une exploitation optimale, la station d'Athmania est équipée des sous-bâtiments, des fonctionnalités et installations adjacentes suivantes :

- ❖ Un bâtiment chimique pour la préparation des réactifs.
- ❖ Un bâtiment pour la production d'ozone.
- ❖ Un bâtiment de chloration pour le stockage et l'injection de chlore.
- ❖ Un bâtiment opérationnel pour l'alimentation en eaux de lavage des filtres, en eau de service et en eau d'incendie.
- ❖ Un bâtiment d'exploitation avec salle de contrôle pour la commande et la supervision générale de la station, un laboratoire pour le suivi de la qualité des eaux et des eaux traitées, des vestiaires et des bureaux pour le personnel d'exploitation.
- ❖ Un bâtiment de transformation de l'alimentation électrique.
- ❖ Un atelier-magasin pour le stockage des pièces de rechange et la réalisation des tâches de maintenance.
- ❖ Une bache de recyclage des eaux de lavage des filtres.
- ❖ Des points de vidange sur tous les ouvrages contenant un liquide.
- ❖ Un by-pass de la chambre brise charge.
- ❖ Un by-pass des chambres de pré-ozonation.
- ❖ Un by-pass de la décantation.
- ❖ Un by-pass des filtres nitrifiants.
- ❖ Un by-pass des filtres à charbon.



### Chapitre III: Diagnostique de la station d'épuration de SIDI KHELIFA

- ❖ Un by-pass pour chacun des deux chambres de contact.
- ❖ Un groupe électrogène de secours.
- ❖ Une instrumentation complète permettant un fonctionnement entièrement automatique de la station indépendamment de la qualité des eaux et des différents débits mesurés sur la station.
- ❖ Des trop-pleins sur les réservoirs d'eaux traitées et sur les bâches de récupération des eaux de lavage des filtres.
- ❖ Un réseau d'égout domestique et pluvial.
- ❖ Un réseau de voirie complet permettant un accès facile à tous les bâtiments et toutes les installations.



**Figure III.1** : Diagramme de contrôle du débit d'eau brute.(Manuel de l'exploitation de la station)

### **III.5.1. Filière eau**

#### **III.5.1.1. Station de relevage :**

Le débit d'eau brute entrant à la station est ajusté de manière à assurer la demande de consommation en eau traitée à la sortie de la station et maintenir un niveau minimal d'urgence dans les réservoirs d'eau traitée, et ce tout en ne dépassant pas le débit maximal d'approvisionnement de la station sur une base de 20 heures de fonctionnement par jour soit 13 800 m<sup>3</sup>/h.

Afin d'éviter des changements trop fréquents dans le paramétrage des équipements qui ne sont pas ajustés proportionnellement au débit d'eau brute, telle les extractions de boues des décanteurs, une production en échelon est nécessaire. Dans le cadre de la période de rodage de la station, ou jusqu'à ce que le profil des consommations journalières soit précisé et jusqu'à un certain point prévisible, l'ajustement du débit d'eau brute est réalisé sur quatre échelons :

- Premier échelon fixé à environ 30% du maximal sur 20 heures ou 4000 m<sup>3</sup>/h.
- Deuxième échelon fixé à environ 60% du maximal sur 20 heures ou 8 000 m<sup>3</sup>/h.
- Troisième échelon fixé à 100% du nominal sur 24 heures ou 11 500 m<sup>3</sup>/h.
- Quatrième échelon fixé à 100% du maximal sur 20 heures ou 13 800 m<sup>3</sup>/h.

Le passage d'un échelon à un autre est dicté par des seuils minimal et maximal du niveau d'eau dans les réservoirs de stockage d'eau traitée. La production est augmentée d'un échelon lorsque le niveau d'eau atteint le seuil minimal et, inversement, abaissé d'un échelon lorsque le niveau d'eau atteint le seuil maximal. La production est stoppée dans le cas où le seuil maximal est atteint et que la demande de consommation est inférieure au débit de production du premier échelon.

Les niveaux minimal et maximal sont respectivement fixés à 75% et 95% du niveau maximal admissible correspondant aux niveaux des trop-pleins des réservoirs d'eau traitée. Le niveau minimal de 75% permet de fournir un débit d'eau traitée équivalent au débit nominal sur une base de 20 heures, soit 13 125 m<sup>3</sup>/h, pendant plus de 4 heures sans production. Le niveau maximal est fixé à 95% du niveau maximal des réservoirs afin d'assurer une marge de sécurité contre le débordement des réservoirs en trop-pleins qui occasionne des pertes d'eau importante.

#### **III.5.1.2. Les prétraitements :**

Cette étape consiste à éliminer les grosses particules véhiculées par les eaux susceptibles d'endommager les organes mécaniques ou de perturber l'efficacité des étapes ultérieures d'épuration. Les affluents bruts relevés seront collectés dans un canal ouvert comprenant une

mesure de niveau et un ensemble de mesure de la qualité d'eau (PH et Conductivité) avant d'arriver à l'équipement de dégrillage (ONA,2018).

#### a) Dégrillage .

Le dégrillage grossier permet d'éliminer les matières grossières et de protéger les équipements électromécaniques situés en aval. La STEP constitué de 02 dégrilleurs et d'une mesure ultrasonique différentielle de niveau. Il comprend, deux canaux de dégrillage, équipé chacun d'une grille à nettoyage automatique. Au fur et mesure que les fentes de dégrilleur (grossier et fin ) se colmatent , la vitesse d'écoulement augmente pour atteindre 0.74 m/s avec un colmatage de 20% et 1.05 pour un colmatage de 40% . En général la grille est nettoyée quand la fente bouchée à 40% (ONA,2018)



**Figure III.1 : Dégrillage** Source : (le site de la société de l'eau et de l'assainissement de Constantine°) **Traitement des refus de dégrillage :**

Les résidus de dégrillage produits sont repris par vis de convoyage/compacteur, de type lame sans fin. Une vis pour deux dégrilleurs est installée, ceci permet d'assurer une continuité de traitement pendant des périodes de maintenance. Un dispositif d'ensilage est prévu en sortie de compacteur avant décharge en benne. Enfin ce refus est transporté vers la décharge publique (figure III.5) (ONA,2018).

#### b) Dessablage-déshuilage :

Après le dégrillage, les eaux usées sont dirigées vers la prochaine étape de traitement constituée de dessablage et déshuilage .Ces deux phases sont ainsi combinées et réalisées dans un même équipement, dit dessaleurs / déshuileur, il est rectangulaire aéré. Cette étape de traitement est

constituée de deux filières parallèles et indépendantes. Le dessaleur permet de retenir et d'éliminer les sables et autres éléments minéraux afin d'éviter les phénomènes d'abrasion des équipements mécaniques situés en aval. L'air est injecté dans les dessaleurs aux moyens de rampes de diffusion des bulles d'air fines réparties sur la longueur des dessaleurs. Le sable récupéré est pompé vers le classificateur à sables. Alors que, les graisses sont raclées en surface et reprises dans une goulotte à grasses avant d'être pompés et dirigés vers un conteneur.

Il est à noter que le dimensionnement de cette partie de la station est basé en fonction du débit de pointe en temps de pluie pour une seule ligne. La deuxième ligne est dimensionnée comme ligne de secours (ONA ,2018).



**Figure III.2 : Dessablage-déshuilage Source : (le site de la société de l'eau et de l'assainissement de Constantine°)Pompe à sables**

Les pompes à sable refoulent le sable collecté par le pont dessaleur vers le classificateur à sable, dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 3.2.

**Tableau III.2: Caractéristiques de Pompe à sables(ONA 2018)**

<b>Nombre de pompe</b>	<b>1 en service + 1 en panne</b>
<b>Type de pompes</b>	Submersible
<b>Débit maximal unitaire</b>	20 m <sup>3</sup> /h
<b>Hauteur de relèvement</b>	8m

**c) Classificateur à sables :**

Le classificateur à sable extrait les sable de l'eau résiduelle pompée par les pompes à sable et les décharger sur la bande transporteuse commune aux refus des dégrilleurs et sable, avec une capacité entrant mélange eau/sable de 20 m<sup>3</sup>/h et un volume du conteneur de sable de 5 m<sup>3</sup>.

**f) Pompe à graisses :**

La pompe refoule les graisses collectées par le pont dessaleur vers une citerne

**II.2.3 Traitement secondaire (par boues activées)**

**a) Réacteur biologique**

Le traitement secondaire des eaux usées de la ville de Sidi Khelifa est assuré par un procédé biologique à boues activées. La station fonctionne à une faible charge massique suivant le processus d'une aération conventionnée permettant une bonne efficacité d'élimination de la DBO. Les équipements prévus pour l'épuration biologique sont (ONA,2018) :

- \* 03 turbocompresseurs.
- \* un ensemble de conduites de répartition d'air comprimé sur le long de deux bassin.
- \* des sondes mesurent les teneurs d'oxygène dissous dans les bassins d'aération.

Les eaux dessablées et déshuilées arrivent au bassin biologique caractérisées par les dimensions présentées dans le tableau III.8, et le mélange eaux usées/boues est fait dans une zone de contact du bassin biologique.

Le bassin est devisé en deux parties :

**❖ Bassin anaérobique**

Après le dessabler/déshuileur le mélange eaux usées/boues sont dirigées vers le bassin d'anaérobie. Dans un premier temps, il faudra essayer d'éliminer une grande partie du phosphore avec ce procédé d'élimination biologique très économique (ONA ,2018). Après le mélange sans aération des boues recerclées existant auparavant avec l'eau prétraitée, nous obtenons un abattement rapide de la DBO biodégradable (consommation d'oxygène O<sub>2</sub>), une situation de famine des bactéries hétérotrophes apparaisse. Ceci entraîne une augmentation de l'abattement du phosphore dans la partie anaérobique du traitement biologique suite à la consommation d'oxygène lie au phosphore (ONA ,2018). Le bassin a un volume de 250 m<sup>3</sup> et muni de deux agitateurs pour éviter la sédimentation des boues activées en fond de bassin (ONA, 2018).



**Figure III.3 : Dessablage-déshuilage** Source : (le site de la société de l'eau et de l'assainissement de Constantine°)

❖ **Bassin aéré (aérobie et anoxique)**

Après le bassin d'anaérobie, le mélange eaux usées/boues est dirigé vers les chenaux d'oxydation. Le dimensionnement de ces bassins est fait en fonction des procédés technologiques de décomposition complète du carbone et d'azote minimum à 90% (ONA ,2018). Le dimensionnement du bassin biologique est effectué sur la base d'une aération prolongée à faible charge, ici les petites bactéries dégradent la matière organique. Avec une hauteur d'eau en dessous ou au niveau de 4 m, une agitation supplémentaire est nécessaire, aussi avons-nous prévu deux agitateurs submersibles par bassin.(ONA ,2018).Le système de boues activées du bassin biologique fonctionne sur deux lignes :

- ❖ Le bassin d'anoxie : permet la dénitrification des nitrates (transformation des nitrates en azotes gazeux) formés dans le bassin d'aération et renvoyés par une recirculation interne.
- ❖ Le bassin d'aération : les éléments majeurs à maîtriser au niveau de ce bassin sont : les conditions d'aération et de brassage, le mode d'admission et de circulation de l'eau usée dans l'ouvrage et la bonne gestion de la concentration en boues dans l'ouvrage (ONA, 2018).

Tableaux III.3: caractéristique du bassin aéré (aérobie et anoxie) (ONA, 2018).

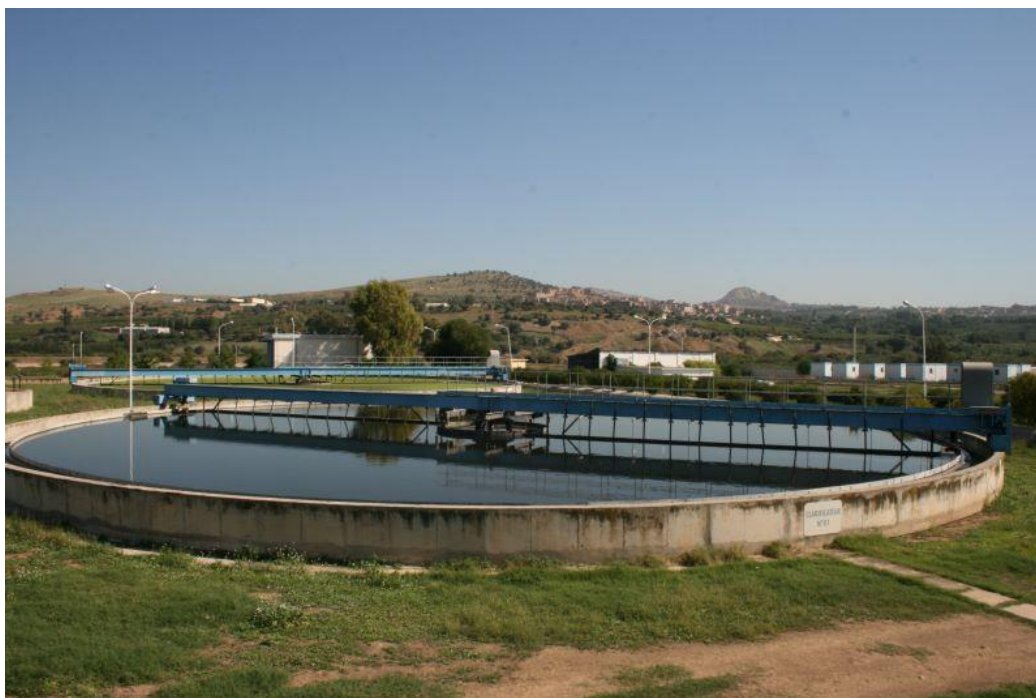
Nombre de bassin	2
Volume total (m <sup>3</sup> )	2160
volume par bassin (m <sup>3</sup> )	1080
Volume zone anoxique (m <sup>3</sup> )	430
Volume zone aerobique(m <sup>3</sup> )	650
L'aération	Fines bulles d'oxygène 2.5 à 3 mg/l
Le nombre d'agitateur	2 agitateurs
L'âge des boues (jours)	Entre 12 et 15
La concentration des boues (g/l)	5

**b- Clarificateurs :**

Les boues activées issues de l'étage biologique (du bassin d'aération) sont dirigées vers les clarificateurs circulaires (ou se déroule la séparation) à l'intérieur desquels les boues vont décanter en fond d'ouvrage d'où elles seront raclées et retirées. L'effluent est admis dans le clarificateur au moyen d'un poteau central .Ce type d'admission assure par sa faible vitesse d'entrée dans la zone de décantation .une réduction des turbulences du lit de boues et une équi-répartition sur tout le périmètre. Un système de tranquillisation suspendu est situé autour du poteau central pour tranquilliser l'arrivée de l'effluent et éviter ainsi de déranger le lit de boues .Les boues contenant la biomasse .sont en grande partie recyclées dans les bassins biologiques (ONA,2018)..

Une part plus faible des boues en excès est acheminée vers le traitement des boues (bassins de stockage). Les eaux clarifiées sont dirigées vers le canal de des désinfection/comptage. Les boues extraites des clarificateurs sont envoyées vers le puits à boues équipé de pompes immergées, dont un secours, destiné à l'extraction et à la recirculation des boues (ONA,2018).

Les boues surnageâtes sont récupérées au moyen du racleur de surface situé sur le pont racleur et dirigées vers une goulotte équipée d'une trémie type saut à ski situé sur l'extérieur du clarificateur (ONA,2018). L'évacuation des eaux épurées est réalisée par une goulotte circulaire en béton sur tout le périmètre des clarificateur .Les eaux clarifiées se déversent dans cette goulotte au moyen d'une lame crantée réglable en hauteur (ONA,2018). Le tableau III.3 expose les principales caractéristiques de clarificateurs (figure III.5) (ONA,2018). :



**Figure III.5 :** Clarificateurs Source : (le site internet de la société de l'eau et de l'assainissement de Constantine°)

**Tableau III.3:** caractéristiques du clarificateur

<b>Nombre de clarificateurs</b>	<b>2</b>
<b>Diamètre (m)</b>	<b>16 m</b>
<b>Type racleur</b>	<b>Racleur d'aspiration (demi-diamètre)avec fond plat</b>
<b>Volume par bassin (m3)</b>	<b>794 m3</b>
<b>Surface raclée par tour (m<sup>2</sup>)</b>	<b>170 m<sup>2</sup></b>
<b>Profondeur d'eau au 2/3 du diamètre (m)</b>	<b>3.95 m</b>

### c- Bassin de désinfection

Les traitements tertiaires abattent partiellement les teneurs en agents susceptibles de déclencher des maladies à transmission hydrique (MTH) qui viennent des eaux usées domestiques (eaux vannes et ménagères) et les eaux de ruissellement urbain d'où la nécessité de désinfecter ces eaux avant leur rejet. Une désinfection n'a de sens que si l'eau est préalablement bien épurée et clarifiée. Ce sont les micro-organismes pathogènes qui se distribuent dans les classes génériques ci-après (ONA, 2018).

- Bactéries (Salmonella, pseudomonas... )
- Virus (Entérovirus, ribovirus....)



- Parasites (protozoaires, champignons et levures).

Ce traitement tertiaire est réalisé sur une seule ligne constituée d'un bassin de désinfection sous forme de chicanes (pour réduire la vitesse d'écoulement et la chloration donne son effet bien) dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau. Ce bassin a les dimensionnements suivants :

**Tableau III.4:** Le dimensionnement du bassin de désinfection (ONA,2018) .

<i>Les nombre du bassin</i>	<i>Langueur</i>	<i>Largueur</i>	<i>Profondeur</i>	<i>Temps de séjour</i>	<i>Volume</i>
1	12 m	9 m	2.96 m	1.31 h	320 m <sup>2</sup>

#### III.5.2. Filière boue

##### III.5.2.1. Recirculation et extraction des boues

Les boues aspirées des fonds des clarificateurs sont ensuite amenées dans le puits de pompage des boues de recirculation. Deux pompes submersibles, dont une en secours, assurent la recirculation des boues vers les bassins biologique. Chaque pompe est dimensionnée pour assurer 50% de la recirculation, les boues de recirculation sont refoulées vers les bassins biologiques ou elles sont mélangées aux eaux prétraitement (ONA, 2018).

Les boues en excès seront dirigées vers le bassin épaisseur des boues. Le volume journalier de boues extraites dépend des conditions des boues activées (âge de boues, concentration des matières en suspension ...) et peut varier dans le temps (ONA, 2018) . Les boues en excès sont refoulées jusqu'aux épaisseurs par trois groupes d'électropompes (dont un de secours) dont le débit unitaire est de : 200 m<sup>3</sup>/h (ONA,2018) .Aussi on note la présence de la possibilité d'ajuster le débit d'extraction des boues en excès depuis le poste de supervision.

Le but de recirculation des boues est d'y maintenir une concentration constante de la liqueur mixte permettant de respecter une charge massique de fonctionnement considéré et qui permet de limiter le temps de séjour dans les décanteurs (clarificateurs) pour garantir une bonne qualité et âge de boue bien définie et éviter aussi l'accumulation et débordement du lit de boue dans le décanteur .

##### b- Stabilisation des boues

A la sortie de l'épaisseur, les boues sont dirigées vers la stabilisation des boues. Les bassins de stabilisation permettent la stabilisation aérobie des boues produites par la station avant leur déshydratation. Les boues sont stabilisées par apport d'oxygène et brassage. Ces deux opérations

sont effectuées au moyen d'une turbine submersible disposées régulièrement au fond du bassin. Les turbines ont été dimensionnées pour assurer l'aération du bassin permettant une stabilisation optimum des boues. Le mouvement des boues du au fonctionnement de ces turbines permet d'assurer un brassage du bassin et éviter la mise en place d'agitateurs submersibles en supplément. La stabilisation aérobie des boues permet de réduire la quantité des matières organiques, les odeurs et les pathogènes présents dans les boues. Les caractéristiques du bassin de stabilisation sont regroupées dans le tableau III.5 (ONA,2018) .

**Tableau III.5 :** Les caractéristiques du bassin de stabilisation des boues (ONA,2018).

<b>Nombre de bassin</b>	<b>2</b>
<b>Volume de bassin (m3)</b>	<b>230</b>
<b>Temps de séjour (jour)</b>	<b>13.6</b>
<b>Langueur (m)</b>	<b>8.9</b>
<b>Largueur (m)</b>	<b>8.9</b>
<b>Profondeur (m)</b>	<b>3</b>

#### **c- Déshydratation des boues**

La déshydratation mécanique des boues permette de réduire le volume des boues en excès avant stockages /épandage. Pour cela une filtre presse à bande a été dimensionné pour traiter la totalité des boues en 5 jours par semaine avec une durée maximum de fonctionnement de 8 heures par jour pour permettre d'obtenir une siccité finale des boues de 18-22%. Il est de type « haute siccité » et fonctionnement entièrement en mode automatique. Le fonctionnement du filtre presse est continu et à vitesse constante (ONA,2018) .

Les boues a stabilisées après avoir été mélangées a une solution de polymères, sont déversées sur tapis roulant perméable qui assure la pression du ces boues au fur et à mesure de leur passage sur tapis (figure 3.6) (ONA, 2018). Le centrât résultant de la déshydratation, est amené gravitairement vers la fosse toutes eaux pour être réintroduit dans le traitement. Les boues déshydratées sont reprises par une vis convoyeuse à l'extérieur du bâtiment. Cette vis est entièrement capotée. Malgré ce capotage complet, la vis est visitable au moyen de trappes étanches. Pour des raisons évidentes de sécurité, l'ouverture de la trappe entraîne l'arrêt automatique de la vis. La vis est équipée d'un système de contrôle de rotation et de bourrage avec renvoi des informations sur la supervision (ONA,2018).



**Figure III.6 :**Déshydratation des boues Source : (le site internet de la société de l'eau et de l'assainissement de Constantine°)

#### **d- Dosage de polymère**

Le conditionnement des boues à déshydrater s'effectue par ajout de poly-électrolytes. Le dosage nécessaire de poly-électrolyte s'effectue en amont du filtre presse de façon à assurer un bon mélange boues /poly-électrolyte. Il est injecté directement dans les canalisations d'alimentation des centrifugeuses au moyen de pompe doseuses à vis excentrée. La consommation spécifique de polymère est estimée à 6g/kg de MES, alors que la consommation finale de polymère est de 1 g/l. Il est à noter que le sol de la zone de stockage et de préparation des polymères possède un revêtement antidérapant. (ONA, 2018).

### **III.6 Prélèvement et échantillonnage :**

C'est l'acte de prendre une partie d'un milieu quelconque pour l'analyser. . L'objectif principal de l'échantillonnage est d'obtenir des prélèvements représentatif de l'élément que l'on désire analyser (eau, sol , boue, dépôt, gaz, réactif... etc).

#### **III.6.1 Types d'échantillons**

On distingue deux types d'échantillons :

##### **a. Echantillon ponctuel**

Les prélèvements instantanés ou ponctuels sont réalisés généralement de façon manuelle (utilisation de bouteilles à col large). Dans ce cas, l'échantillon sera représentatif de la qualité de l'eau à l'instant et à l'endroit de prélèvement (ONA,2018).

### III.6.2 Techniques de prélèvement :

Pour évaluer la qualité de l'eau épurée dans la station d'épuration de Sidi Khelifa, il ya deux technique de prélèvement (ONA,2018) :

- Manuelle : On utilise des récipients ou flacons, et le prélèvement s'effectue à partir du bassin d'aération ou dans les clarificateurs.
- Automatique : A l'aide d'une armoire d'échantillonnage, le prélèvement se fait facilement. Cet appareil prélève 100ml chaque 60 min puis il les met automatiquement dans des bouteilles de 1 litre (ONA,2018) .

La température à l'intérieure d'échantillonneur est de 4°C. Au niveau de la station du Sidi Khelifa, il existe deux postes de prélèvement, le premier est localisé après le dessableur /déshuileur et le deuxième avant le poste de rejet (ONA,2018).

### III.7 La supervision

La station d'épuration de Timgad est raccordée à un système complètement informatisé de supervision assurant la gestion et la télé-conduite et la surveillance à distance de l'ensemble des installations de la station. Il est possible à tout moment, de faire apparaître sur l'écran l'état détaillé de toute installation : moteur en marche ou à l'arrêt, défaut, niveaux, débit, ... ect .

Pour un meilleur suivi et contrôle de la qualité des eaux, La station de Timgad est dotée d'un laboratoire. Les contrôles consistent en une série de mesures pratiquées par l'exploitant de la station d'épuration. Elle permet de mesure l'efficacité de l'épuration, de s'assurer du respect des normes de rejets, de la bonne élimination ou évacuation des sous-produits de l'épuration (boues, graisses, etc..) et de détecter les éventuelles anomalies de fonctionnement de l'installation.)(ONA, 2018).

### **III.8 Conclusion**

La station d'épuration de la commune de Sidi khelifa utilise le procédé des boues activées à faible charge. Le traitement de l'eau commence par un prétraitement incluant un dégrillage grossier et fin mécanisé ainsi qu'un dessableur/déshuileur. Le traitement biologique se compose d'un réacteur biologique divisé en un bassin anaérobie, un bassin aéré et un bassin anoxique. Un clarificateur est essentiel pour le recyclage des boues, et une étape de désinfection est nécessaire pour éliminer les germes pathogènes.

# **Chapitre IV: Evaluation des performances épuratoires**

## IV.1.Introduction

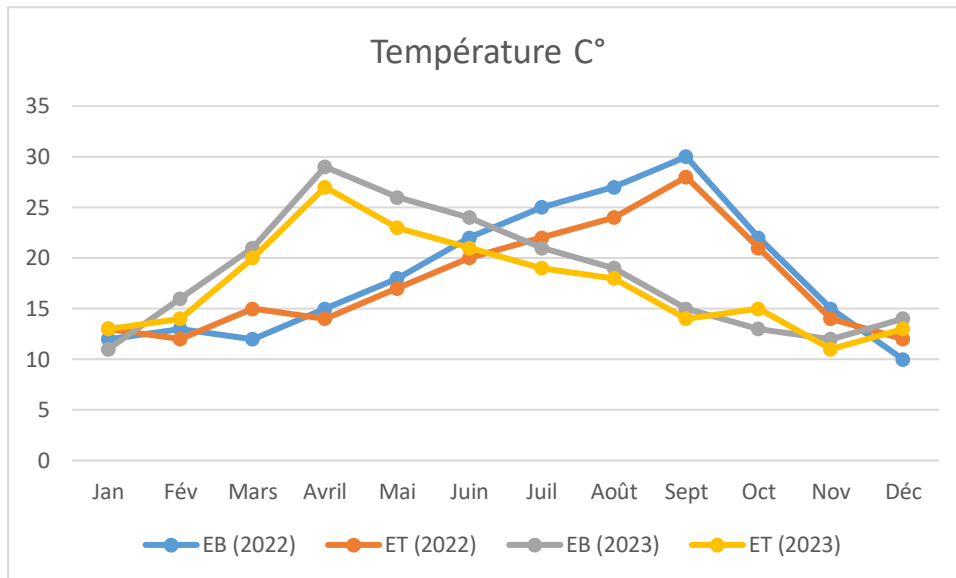
Les performances d'une station d'épuration d'eaux usées sont déterminées par l'évaluation des rendements épuratoires de chaque paramètre de pollution de ces eaux. Elles sont étroitement liées aux techniques de traitement choisis, à l'état des installations et d'équipements de la station ainsi qu'aux méthodes d'analyse. Le présent chapitre comportera l'évaluation des performances épuratoires de la station d'épuration de Timgad entre l'année 2022 et 2023.

## IV.2.Résultats et discussions

### IV.2.1Filière eau

#### a.Température

La figure IV.1 représente la variation mensuelle de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP pendant les années 2022 et 2023



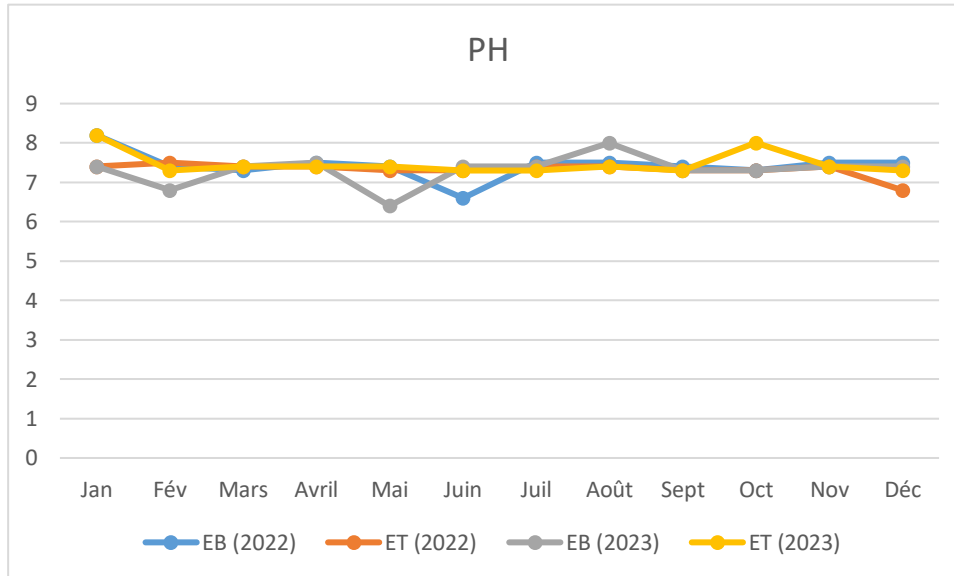
**Figure IV.1 :** Variation Mensuelle de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023). Source : (l'étudiant)

La température est un facteur important dans l'activité bactérienne et les réaction chimique.. D'après la figure IV.1 , on remarque que la température de l'eau est variable entre une valeur maximale relevée en Septembre (2023) de 27.5°C et une valeur minimal relevée en novembre (2023) de 8.5°C à l'entré de la STEP, et de 10.1°C à 27.1°C à la sortie de la STEP.

En Algérie, les normes de rejets des eaux usées admises sont de l'ordre de 30 °C (JORA,2018). On remarque que les valeurs de la température sont toutes inférieures à la norme (30 °C), elles sont relativement basses mais pas assez pour déstabiliser l'activité bactérienne

### c. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH du milieu joue un rôle clé dans l'activité bactérienne, la solubilité des gaz ainsi que dans les réactions chimiques. Le suivi de la variation de pH du milieu à l'entrée et à la sortie de la step a été établi pendant l'année 2022 et 2023 et exposé sur la figure IV.2



**Figure IV.2 :** Variation mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023).

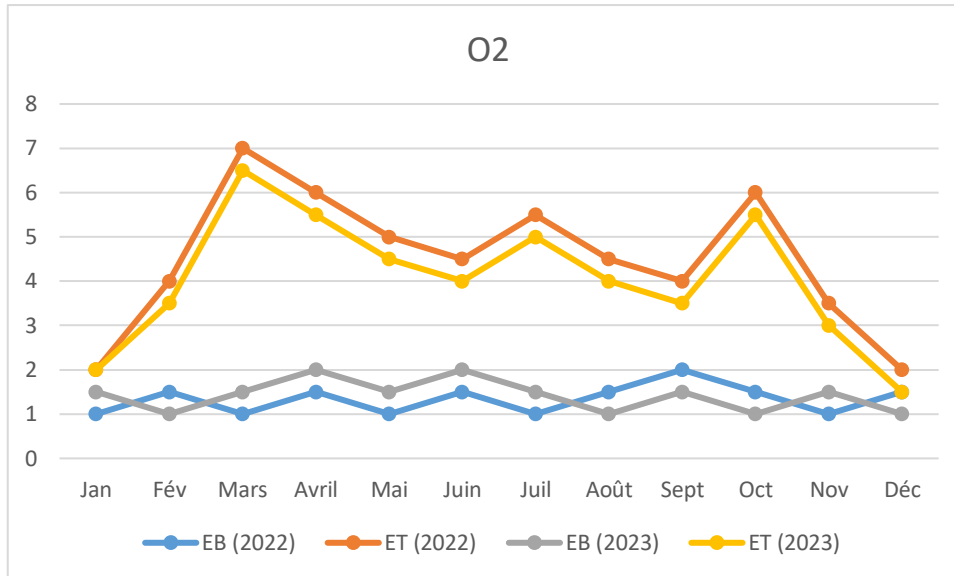
Source : (l'étudiant)

Les micro-organismes des eaux usées peuvent croître dans une gamme de pH comprise entre 6.5-8.5. Une valeur de pH située en dehors de cet intervalle peut affecter la croissance et la survie de ces micro-organismes aquatiques. Et cet intervalle représente la limite de rejet direct (JORA,2018). Les valeurs du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP présentent une neutralité du milieu. Elles varient de 6.6 à 8.0 à l'entrée et entre 6.5 à 7.5 à la sortie. Ces valeurs sont dans la norme autorisée du pH (6,5 à 8,0).

### d. Oxygène dissous (O<sub>2</sub>)

La figure IV.3 expose la variation mensuelle de l'oxygène dissous O<sub>2</sub> de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP durant 2022 et 2023.





**Figure IV.3 :** variation journalière de l'O<sub>2</sub> à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023).Source : (l'étudiant)

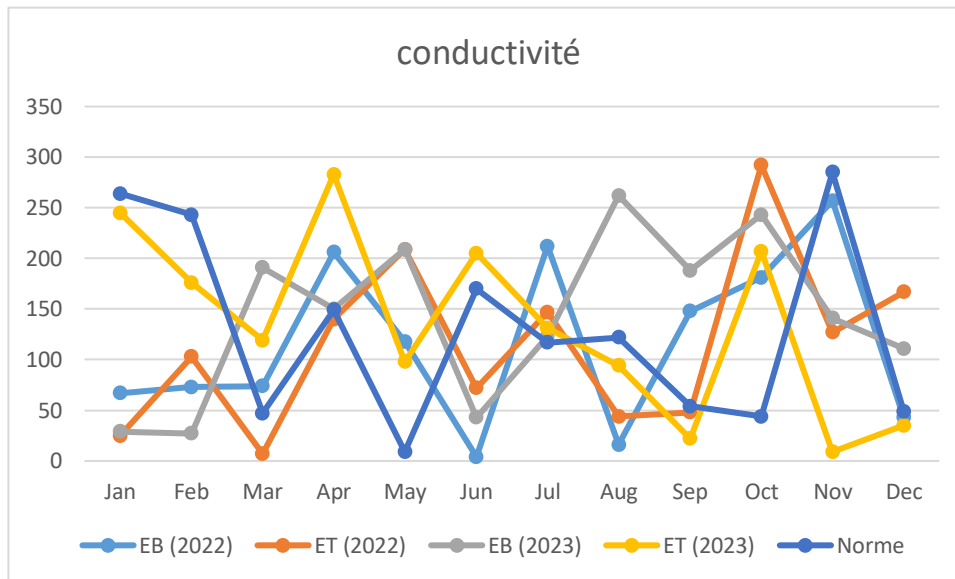
Pour l'O<sub>2</sub> dissous les valeurs obtenues montrent une fluctuation allant de 0,01 mg/l à 0,97 mg/l pour les eaux brutes et de 1,56 mg/l à 7,56 mg/l pour les eaux traitées. Nous remarquons à travers le graphe que les deux points représentés dans les mois février et octobre (2023) où les deux valeurs sont illogiques et cela est dû à une erreur sur le niveau de laboratoire. Les eaux usées traitées sont bien oxygénées que les eaux brutes en raison de l'aération effectuée lors du traitement biologique notamment dans le réacteur biologique.

D'après le graphe, les teneurs en O<sub>2</sub> dissous enregistrées à la sortie sont nettement supérieures à celles de l'entrée, ceci est dû à une bonne aération des eaux au niveau du bassin d'aération, nécessaire pour le développement des microorganismes aérobies assurant l'oxydation des matières organiques, ce qui conduit à une bonne épuration biologique des eaux usées.

En comparant l'oxygène dissous des eaux usées brutes de l'année 2022 et l'année 2023, nous pouvons remarquer qu'ils sont semblables bien sûr si nous éliminons les deux extrêmes. Pour les eaux traitées, il semble que les eaux traitées en 2022 sont plus aérées que celle en 2023.

### IV.1.4. Conductivité

La variation mensuelle de la conductivité de l'eau usée à l'entrée et à la sortie de la STEP a été suivie pendant l'année 2022 et 2023 et elle a abouti aux résultats présentés sur la figure IV.4.



**Figure IV.4** : variation mensuelle de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023) Source : (l'étudiant)

La conductivité est probablement l'une des plus simples et des plus importantes mesures pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale de l'eau et renseigne sur le taux de salinité des eaux brutes entrant à la STEP. D'après La figure IV.4, on remarque que les valeurs mensuelles des eaux brutes varient entre 1146 et 2600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , et entre 1010 et 1706  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour les eaux traitées en dépassant la norme. Cette variation est due au changement de la concentration en sels dissous dans les eaux qui arrivent à la STEP.

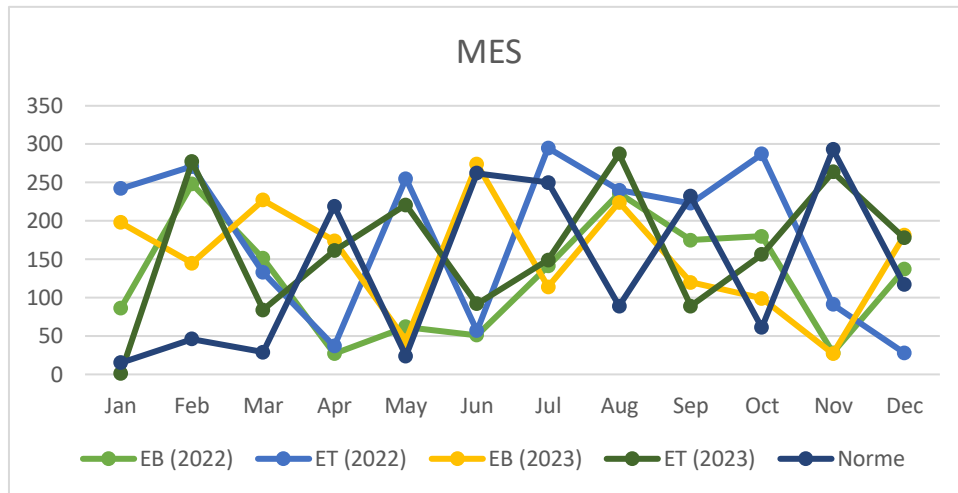
La conductivité semble ne pas être affectée ni par le temps ni par le procédé de traitement et elle oscille entre 1000 et 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### e. Matières en suspension (MES)

Les figures IV.5 représente respectivement la variation de la concentration en matières en suspension (MES) de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

## Chapitre IV: Evaluation des performances épuratoires

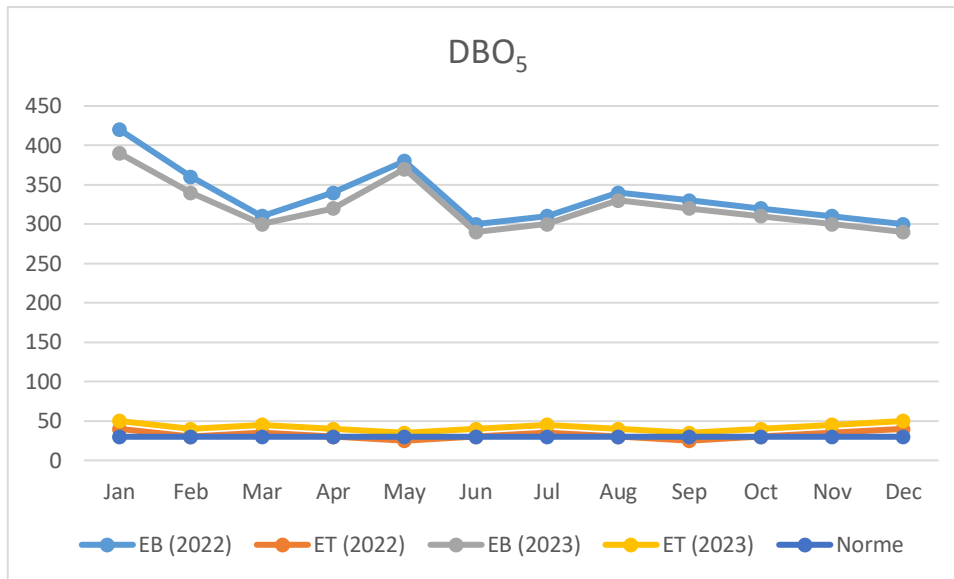
En examinant les résultats obtenus, on remarque qu'à l'entrée de la STEP, les valeurs de MES varient de 126 mg/l à 300 mg/l. Cette variation est due à une instabilité de la qualité des eaux à l'entrée. Les valeurs de MES à la sortie de la STEP (eaux traitées) sont comprises entre 1mg/l à 19 mg/l. La valeur au moins de février 2022 est supérieure à la norme (42>30 mg/l). Cette augmentation dépend à l'origine des eaux usées que nous traitons, ou à une mauvaise décantation de la boue dans le clarificateur. Les rendements épuratoire de MES sont très importants et dépassent 90%. Les MES des eaux traitées en 2022 et 2023 semblent proches les unes des autres, par contre elles sont différentes pour les eaux usées brutes notamment pour celles en 2022.



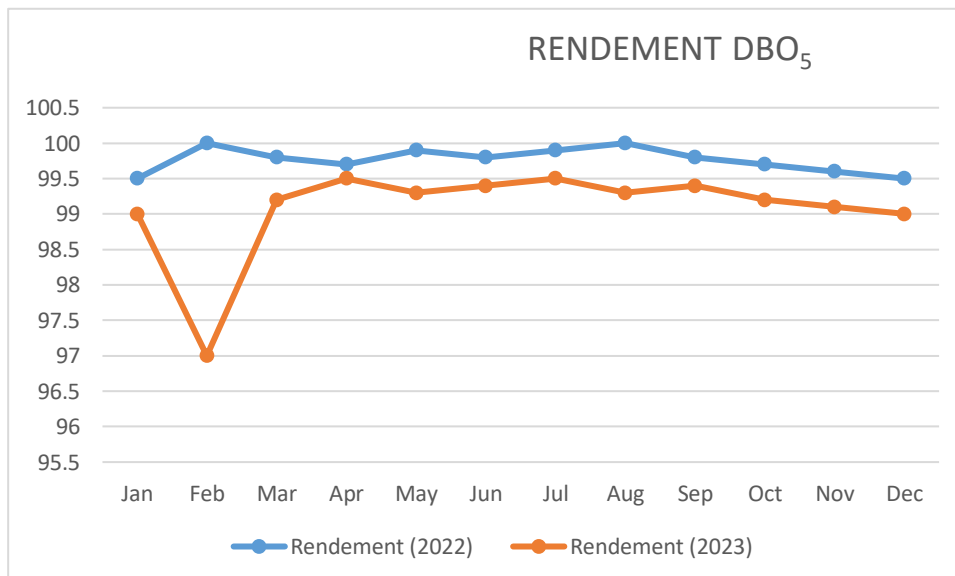
**Figure IV.5 :** variation mensuelle de de la concentration en matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023) Source : (l'étudiant)

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

Les variations mensuelles de la concentration en DBO<sub>5</sub> de l'eau à brute et l'eau épurée et la variation de rendements épuratoire de la en DBO<sub>5</sub> sont exposés respectivement sur les figures IV.6 et IV.7.



**Figure IV.6** : variation mensuelle de la demande biologique en oxygène de la DBO<sub>5</sub> à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023) Source : (l'étudiant)



**Figure IV.7** :Variation de rendements d'élimination de la DBO<sub>5</sub> à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023)

La figure représente la variation de la DBO<sub>5</sub> de l'eau brute et de l'eau traitée, notons que l'eau brute à l'entrée de la station présente une DBO<sub>5</sub> qui varie entre 97 et 100 mg/l. Toutes les valeurs de la DBO<sub>5</sub> sont dans la plage (inférieur à 500 mg/l). par contre, pour l'eau traitée, la concentration varie entre 2 et 21 mg/l les valeurs de la DBO<sub>5</sub> sont inférieures aux normes de rejet (25 mg O<sub>2</sub> /l) . Les rendements d'élimination des DBO<sub>5</sub> oscillent entre 97.87% et 99.42% .

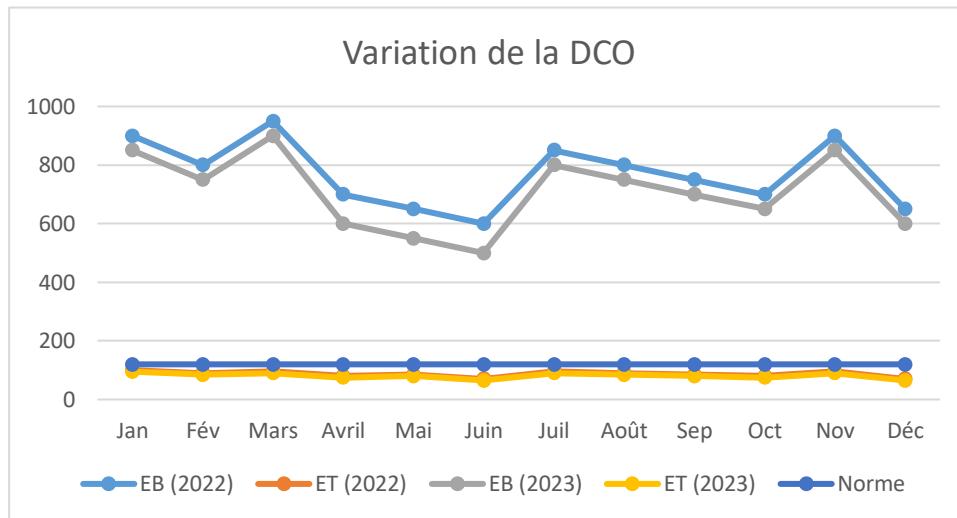
En comparant la DBO<sub>5</sub> des eaux usées traitées, il apparait que les eaux traitées des deux années sont semblables et oscillent entre 2 et 20 mg/l. Alors que pour les eaux brutes, il semble que

## Chapitre IV: Evaluation des performances épuratoires

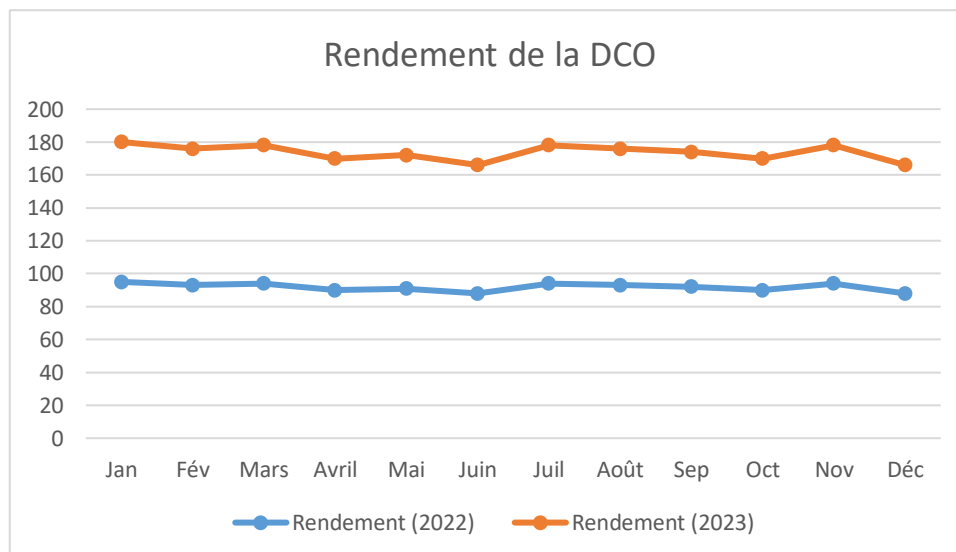
la DBO<sub>5</sub> des eaux usées brutes de 2022 varie entre 350 et 400 mg/l et celle de 2023 oscille entre 250 et 300 mg/l.

### g. Demande chimique en oxygène (DCO)

Afin d'évaluer les variations mensuelles de la DCO entre l'entrée et la sortie de la STEP, le suivi de la variation mensuelle de ce paramètre a été effectué et aboutit aux résultats présentés sur les figure VI.8 et VI.9.



**Figure IV.8 :** Variation mensuelle de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023). Source : (l'étudiant)



**Figure IV.9 :** Rendement de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023).

Les résultats obtenus montrent qu'à l'entrée de la STEP, les valeurs de la DCO varient entre 411 mg/l à 945 mg/l, à la sortie de la STEP, les valeurs de la DCO varient entre 21 mg/l à 109 mg/l,

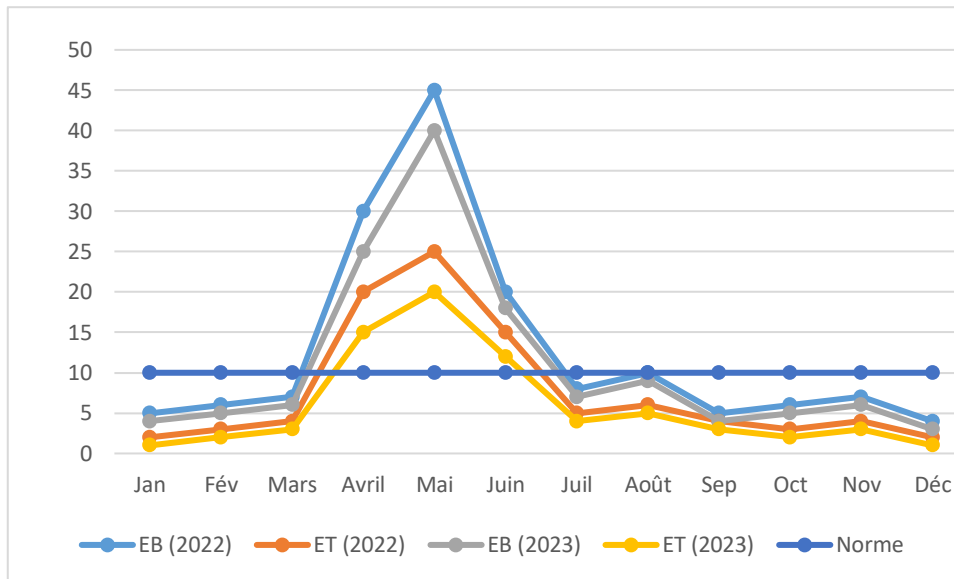
## Chapitre IV: Evaluation des performances épuratoires

toutes les valeurs de la DCO sont conformes aux normes de rejet (<125 mg/l). Pour les rendements d'élimination de la DBO, ils oscillent entre 84 et 90%.

La DCO des eaux usées traitées varie entre 21 et 109 mg/l que ce soit pour l'année 2023 ou 2022. Cependant pour les eaux traitées, la DCO varie entre

### h. Pollution phosphorée (-)

La figure IV.10 présente la variation mensuelle des orthophosphore ( $PO_4^{3-}$ ) à l'entrée et à la sortie de la STEP.



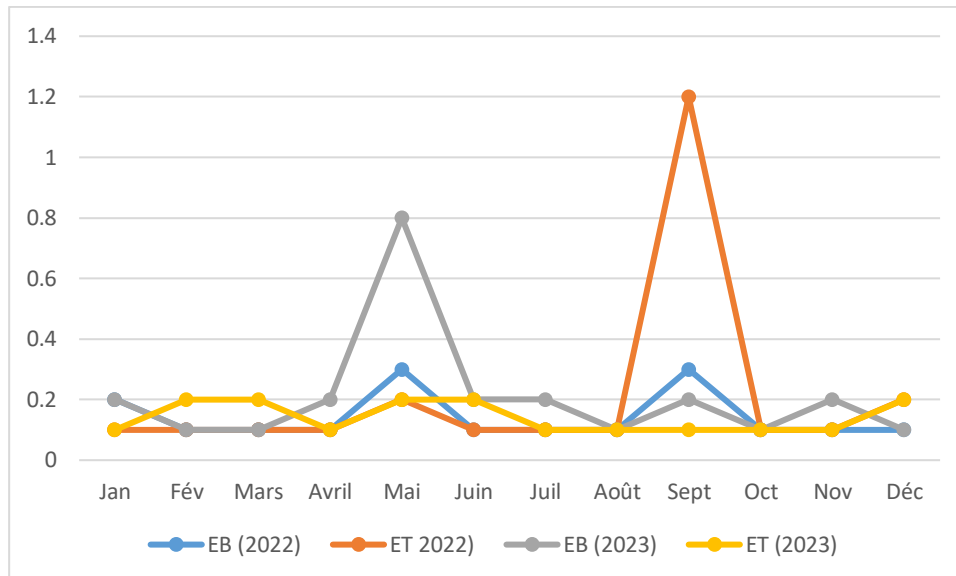
**Figure IV.10** : la variation mensuelle des orthophosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023) Source : (l'étudiant)

D'après la figure IV.10 les valeurs des orthophosphates ( $PO_4^{3-}$ ) varient d'un minimum de 2.5 mg/l à un maximum de 26.68 mg/l au niveau des eaux brutes concernant les eaux épurées, les concentrations oscillent entre 0.24mg/l et 13.7 mg/l. Nous avons deux valeurs qui sont supérieures aux normes de rejet dans le milieu récepteur (2 mg/l), la déphosphatation n'est donc pas complète dans le bassin d'aération.

Les orthophosphates des eaux années pour les eaux traitées semblent proches les unes des autres. Cependant, pour les eaux usées brutes, elles sont plus fortes pour l'année 2022 comparée à l'année 2023.

### g. Matières azotées

Les figures V.11 et V.12 présentent respectivement la variation mensuelle des nitrates ( $NO_3^-$ ) et nitrites ( $NO_2^-$ ) à l'entrée et à la sortie de la STEP



**Figure IV.11** : Variation mensuelle des Nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2022 et 2023) Source : (l'étudiant)

Selon les résultats indiqués sur la figure IV.11, on observe que les valeurs des nitrates obtenues d'après les analyses, varient entre 0.18 mg/l et 0.80 mg/l à l'entrée et de 0.2 mg/l à 1.2 mg/l à la sortie. Nous remarquons une augmentation des nitrates à la sortie de la STEP, ceci peut s'expliquer par la nitrification de l'azote organique des matières organiques. Cependant, les valeurs des nitrates demeurent au dessous de la norme de rejet fixée à 10 mg/l.

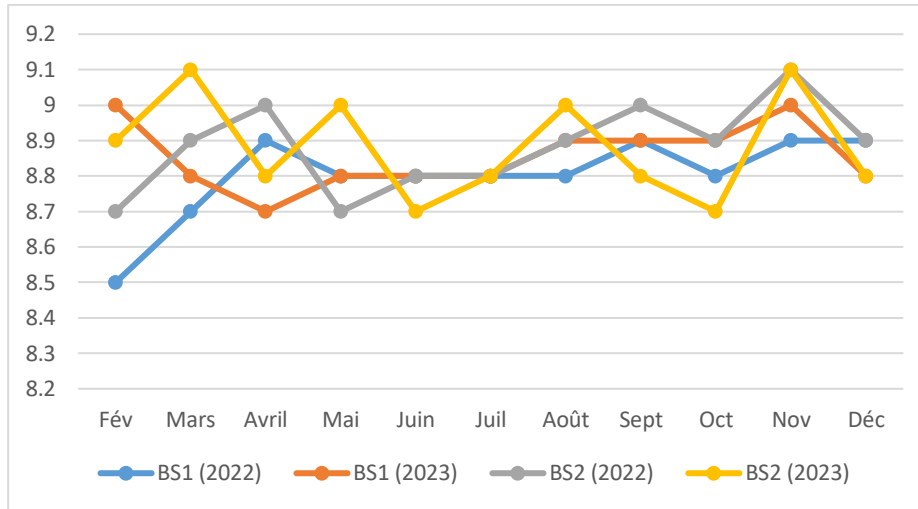
Pour les nitrites, on remarque que la teneur en nitrite des eaux usées brutes et traitées est très faible. Ainsi, la différence de ces valeurs entre l'entrée et la sortie nous renseigne sur une légère variation, dont les valeurs se situent entre 0.01 mg/l et 0.80 mg/l au niveau des eaux brutes. La faible teneur en nitrites peut s'expliquer par l'instabilité des nitrites dans le milieu aqueux, elles se transforment soit en nitrates ou en azote ammoniacal.

### IV.2.2 Filière de Boues

#### IV.2.2.1 Concentration en Matières Sèches (M.S) :

##### a) Bassin biologiques

La figure IV.12 présente la variation mensuelle de la concentration en matières sèche dans le bassin biologique de la STEP durant 2022 et 2023.

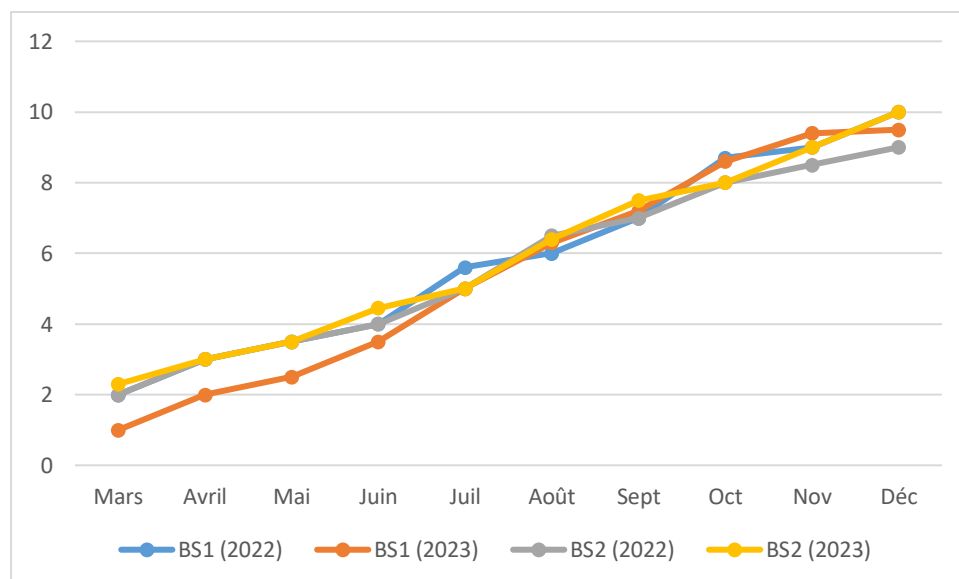


**La figure IV.13** :la variation mensuelle de la concentration en matières sèche dans le bassin biologique de la STEP durant 2022 et 2023. Source : (l'étudiant)

Selon les résultats obtenus, on observe que les valeurs de concentration en matière sèche dans les bassins biologiques, varient entre 8.51g/l et 8.6g/l dans le bassin biologique 1 et de 8.7 g/l à 8.9 g/l dans le bassin biologique 2. La différence des valeurs entre les deux bassins est dû probablement au type du bassin biologique. Le bassin 1 est de type anaérobie, alors que le bassin 2 est une partie aérée et l'autre anoxique.

**b) Bassin de clarification**

La variation mensuelle de concentration en matières sèche dans le bassin de clarification a été suivie et abouti aux outputs exposés sur la figure IV.14



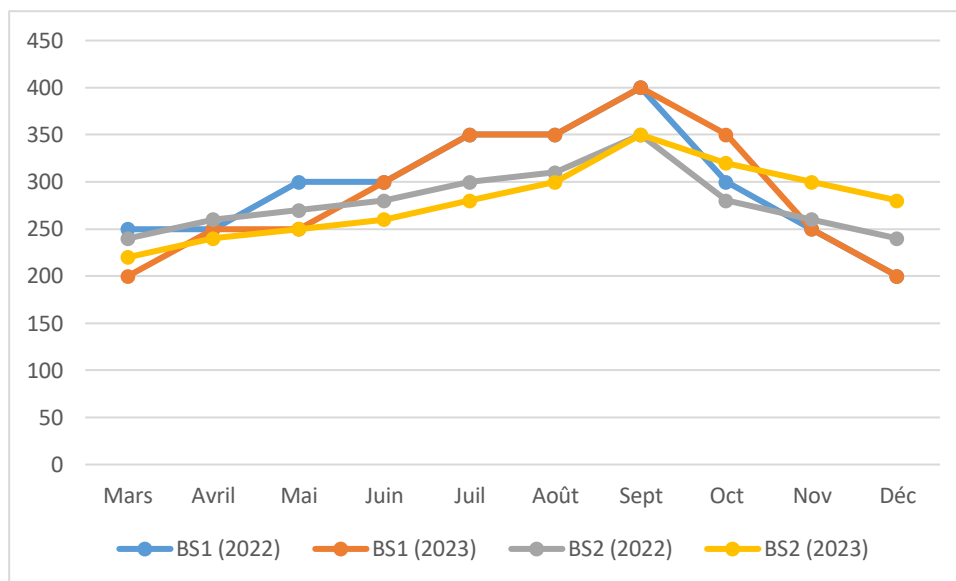
**La figure IV.14** : La variation mensuelle de la concentration en matières sèche dans le bassin de clarification de la STEP durant 2022 et 2023. Source : (l'étudiant)



En examinant les résultats obtenus, on remarque que les valeurs de concentration en matière sèche dans le bassin de clarification obtenues d'après les analyses, varient entre 4.93g/l et 9.1g/l à la clarificateur 1 et de 4.01 g/l à 10.5 g/l à la clarificateur2. A travers ces valeurs, on remarque une convergence entre les résultats acquis.

### IV.2.2.2 Indice de boue IB

L'indice de boue (IB) ou indice de Mohlman (IM) est un test permettant d'apprécier l'aptitude de la boue à la décantation. Il représente le volume occupé par un gramme de boue après 30 minutes de décantation dans une éprouvette d'un litre. La figure IV.15 présente la variation de l'indice des boues à la sortie du bassin biologique de la STEP



**La figure IV.15 :** la variation mensuelle de la concentration en matières sèche dans le bassin de clarification de la STEP durant 2022 et 2023. Source : (l'étudiant)

Les valeurs d'indice de boue dans le bassin biologique 1 varient entre un maximum de 250 et un minimum de 65 ml/g. En revanche, les valeurs d'indice de boue dans le bassin biologique 2 entre un maximum de 350 et un minimum de 66 ml/g. Cependant, selon les données bibliographiques les intervalles de l'indice de Mohlman sont :

- ❖ Si IM inférieur à 50 ml/g, cela implique une mauvaise décantabilité (les floccs ne sont pas assez concentrés)
- ❖ Si IM est compris entre 50 ml/g et 150 ml/g, on a une bonne décantabilité des boues.
- ❖ Si IM supérieure à 150 ml/g, on assiste à un phénomène de bulking (foisonnement de bactéries filamenteuses)

D'après les résultats présentés sur la figure VI.15, la bonne décantabilité des boues dans la STEP de Timgad n'est atteinte que pendant les mois de novembre et décembre.

### **IV.3.Conclusion**

Les eaux usées de la ville de Miila sont caractérisées par une pollution importante qui dépasse largement les normes de rejet avec 411 mgO<sub>2</sub>/l de DBO<sub>5</sub>, 945 mg/l de DCO, 518 mg/l de MES, en plus les phosphates, les nitrates et les nitrites. La station d'épuration de Timgad est de type boues activées à faible charge dont les performances épuratoires semblent très satisfaisants avec un rendement d'élimination de MES de 99%, pour la DBO<sub>5</sub> il est compris entre 93 et 97%, alors que pour la DCO, il varie entre 84 et 90%. Les phosphates des eaux usées traitées dépassent la norme de rejet avec 13,6 mg/l. La même remarque est soulevée pour les nitrates qui augmentent à la sortie de la STEP. La filière boues a démontré une mauvaise décantabilité des boues durant les mois Mars, Avril, Mai, juillet et septembre

# **Conclusion générale**

## *Conclusion générale*

La consommation excessive d'eau par les divers secteurs (agriculture, industrie, population) génère des quantités importantes d'eau usée chargée en nombres illimités de polluants. Ces eaux usées doivent être épurées avant de les évacuer en milieu récepteur sinon les conséquences seront catastrophiques. La ville de Mila (Sidi Khelifa ) dispose d'une station d'épuration destinée à traiter les eaux usées d'une population en vue de pallier aux problèmes de pollution du milieu récepteur. Sa principale mission est à la protection du barrage de Sidi Khelifa pour qu'il puisse accomplir sa tâche et alimenter les villes Constantine est Mila par l'eau potable. L'objectif principal de notre travail est de diagnostiquer et évaluer les performances épuratoires de la station de Sidi Khelifa.

Les résultats d'analyse effectuée sur les eaux usées de La ville de Mila (Sidi Khelifa ) à l'entrée et à la sortie de la STEP durant 2022 et 2023 ont mis en évidence que :

- Les eaux usées de La ville de Mila (Sidi Khelifa ) sont caractérisées par une pollution importante qui dépasse largement les normes de rejet avec 411 mgO<sub>2</sub>/l de DBO<sub>5</sub>, 945 mg/l de DCO, 518 mg/l de MES, en plus les phosphates, les nitrates et les nitrites ;
- Le rendement d'élimination de MES est de 99% assurant une teneur conforme à la norme de rejet à la sortie de la station ;
- Les performances épuratoires de la DBO<sub>5</sub> sont comprises entre 93 et 97% ;
- Les rendements d'abattement de la DCO, varient entre 84 et 90% ;
- Les phosphates des eaux usées traitées dépassent la norme de rejet avec 13,6 mg/l ;
- Il semble que les nitrates augmentent à la sortie de la step probablement en raison de l'ammonification de l'azote organique des matières organiques ;
- La filière boues a démontré une mauvaise décantabilité des boues durant les mois Mars, Avril, Mai, juillet et septembre suite aux valeurs de l'indice des boues qui dépassent 200 ml/g pendant les mois précités.

A partir de ces constatations, on peut conclure que les performances épuratoires de la STEP de Sidi Khelifa sont très satisfaisantes, une attention particulière doit être attirée sur les problèmes rencontrés afin de trouver les solutions convenables.

# **Bibliographies**

## *Bibliographie*

- **Agence De l'Environnement et de la Métrise de l'Energie (ADEME), (2001)**. Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture, Ademe édition, Paris.p: 59.
- **Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM), 2007, pp10**. Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse «Disque biologique».
- **Agence de l'Eau Seine-Normandie (1999)**, ‘Guides des procédés épuratoires intensifs proposés aux petites collectivités, Nanterre’.
- **Association Française pour l'Etude des Eaux (AFEE). (1974)**. Utilisation agricole des boues d'origine urbaine. p: 107.
- **Baumont S., Camard J.P., Lefranc A. et Franconi A., 2004**. - Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS : 220p.
- **Bekkouche M, Zidane F, (2004)**, Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Ouargla par lagunage. Mem. Ing. Hydraulique saharienne. Univ. de Ouargla.67p.
- **Belahmad I.M, .S. O, (2004)** « étude de la biodégradation du 2.4- dichlorophénol par le micro-biote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'Ibn Ziad », Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée et biotechnologie microbienne, université Mentouri.
- **Ben Abdelmoumene M., Ahed Messaoud L., (2011)** ‘Contribution à la valorisation de boues de station d'épuration par l'appréciation d'une nouvelle méthodologie de l'essai au bleu méthylène par, Université des sciences et de la technologie d'Oran -Licence
- **Berland, J. M., Boutin, C., Molle, P. and Cooper, P., 2001** Procédés extensifs d'épuration des eaux usées. -Office des publications des communautés européennes, Luxembourg.
- **Bernard,J.M., Bouti,c.,Molle,P.,Cooper,P.,(2001,2010)** . Guide procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000eq-hab).
- **Boeglin J-C., (2000)**.Traitement et destination final des boues résiduares.
- **Bouhoum K., Amahmid O., Habbari K., et Schwartzbrod J., (1997)**. Devenir des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires dans un canal à ciel ouvert alimenté par les eaux usées de Marrakech = Fate of helmintheggs and protozoancysts in an open channelreceivingrawwastewater from Marrakech. Revue des sciences de l'eau.
- **Brouillet J.L., Picot B., Sambuco J.P., Gaillard L., Soteras G., Valarié I., 2008**. Ecotechniques d'assainissement des eaux usées domestiques : évolution et prospectives. XIIIe Congrès Mondial de l'Eau : 1er au 4 septembre 2008 – Montpellier.
- **Bureau d'Etude PROGRESS Décembre 2016**. Etude d'évaluation du secteur de l'eau en Algérie Etat des lieux PROJET « CREM » Coordination régionale pour une gestion durable des ressources en eau au Maghreb
- **Conseil général de Seine-et-Marne Direction de l'eau et de l'environnement 2011** ‘Observatoire de l'eau- Suivi des systèmes d'assainissement collectif Fiche technique 6, 2011’

## *Bibliographie*

- **Cors M., (2007)** ‘‘Techniques extensives d’épuration des eaux usées domestiques’’
- **Dahou ,A.,Brek ,A.(2013)** .lagunages aérée n zone aride performance épuratoires cas de la région d’ Ouargla , université kasdi Merbah Ouargla , juin 2013.
- **Degrémont, (1989)**. Mémento technique de l'eau, 9eme Edition, Tome 1 et 2, Editions Lavoisier, Paris.
- **Degrémont, 1989**, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse,2012
- **Duguet J-P ; Bernazeau F ; Cleret D ; Gaid A ; Laplanche A ; Moles J, Montiel A ; Riou G Simon P, (2006)**. Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1ère édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l’environnement)
- **FANDA n° 33**| Dysfonctionnements biologiques des stations d’épuration : origines et solutions.
- **Favreau G., (2011)**. Traitement et valorisation des boues de station d’épuration. Office International de l’Eau (OIE), (2001).
- **Gaid A., ‘‘Traitement biologique des eaux usées urbaines, Tome II, OPU, 1984, P 42.**
- **Guerree, H & Gomella, C (1978)** ‘‘Les eaux usées dans les agglomérations urbaines et rurales’’, tome 2 ; le traitement, EYROLLES,
- **Hamdani A., 2002**. Caractérisation et essais de traitement des effluents d’une industrie laitière : aspects microbiologiques et physico- chimiques. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences d’El Jadida, Maroc, 2002
- **IFE,(2007)** .Institut Français de l’Education , les stations d’épuration – Eduterre .ens- lyon .fr/nappe/html/Ressources/les 20% station d’épuration 2007 consulté le 19/05/2019.
- **Kone D, 2002** .Epuracion des eaux usées par lagunage à microphytes et à macrophytes en Afrique de l’ouest et du centre: état des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement, Thèse de doctorat, LAUSANNE, 170 P.
- **Metahri Mohammed Saïd,2012**. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes, Cas de STEP Est de ville de Tizi- Ouzou, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012,
- **Mouthon J., 1982**. Les mollusques dulcicoles - Données biologiques et écologiques - Clés de détermination des principaux genres de bivalves et de gastéropodes de France. Besançon, France, CEMAGREF, 27p -92-
- **Racault.Y&Seguret.F, 2004**, «Bases de dimensionnement des stations d’épuration rurales», Stage CNFPT, Toulouse.
- **Rodier , J (2005)** L’analyse de l’eau naturelle, eaux résiduaires , eaux de mer,8<sup>ème</sup> Edition DUNOD technique, Paris, pp 1008-1043.
- **Santé Canada (1995)** La turbidité. Document de support aux recommandations pour la qualité de l’eau potable au Canada. Accessible à [http://www.hcsc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc\\_pubs/rqepdoc\\_appui/rqep.htm](http://www.hcsc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/rqepdoc_appui/rqep.htm)

## *Bibliographie*

- **Sedki A., (1995).** Etude éco-toxicologique de la contamination. Thèses Doct. Etat, Univ. Cadi Ayyad, Fac. SCI. Semlalia, Marrakch, Maroc. p: 140.
- **S . Djaffar(1) (2), A. Kettab. 2018.** La gestion de l'eau en Algérie : quelles politiques, quelles stratégies, quels avenir ? (Journal of Environmental Science and Technology, April edition. Vol.4. N1.2018. ISSN.; 2437-1114.www.aljest..org.
- **Solene Moulin, David Rozen- Rechel Smilena Stankovic, 2013** qualité, quantité, et traitement des eaux usées. Atelier l'eau.
- **US EPA (1999)** Guidance manual for compliance with the interim enhanced surfacewater treatment rule : turbidity provisions.United States Environmental Protection Agency (EPA 815-R-99-010), pagination multiple.
- **Vaillant J R,** Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires: eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles, Edition, Eyrolles, Paris, 1974.
- **Yahiatene Sofiane et Tahirim EL Tiadj.** « Réflexions sur la caractérisation physico-chimique des effluents liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran ». Projet de fin d'études, Ingénierat. Université d'Oran, Oranr, juin 2010.
- **Yamashita Y, Maie N, Briceño H, et al. Optical** characterization of dissolved organic matter in tropical rivers of the Guayana Shield, Venezuela. Journal of Geophysical Research: Bio geosciences. 2010;115
- **Zeghoud M,** Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de méghibra , mémoire de master , Département des sciences et technologie ; Université D'EL – OUED, Année 2014. <http://www.andi.dz/PDF/monographies/Batna.pdf>