

Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies
Département des Sciences et Technologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : *Sciences et Technologies*

Filière : **Hydraulique**

Spécialité : *Hydraulique urbain*

Par :

ABDENNBI Hayat
CHAICHE Cherifa

Thème

**ETUDE EXPERIMENTALE SUR L'AMELIORATION DE LA QUALITE
DES EAUX EPUREES PAR LAGUNAGE AEREE DE LA STATION
D'EPURATION SAID OTBA D'OUARGLA PAR L'UTILISATION D'UN
FILTRE A SABLE VERTICALE DRAINEE**

Soutenu publiquement le : 25/05/2017

Devant le jury :

Mr. BOULEMAIZE Tayeb	M.A.B	Univ. Ghardaïa	Président
Mr. CHOUIREB Maustafa	M.A.B	Univ. Ghardaïa	Examineur
Mr. BOUBLI Salim	M.A.A	Univ. Ghardaïa	Examineur
Mr. KATEB Samir	M.C.A	Univ. Ouargla	Encadreur
Mr. MECHERI Bachir	M.A.A	Univ. Ghardaïa	Co- Encadreur

Année universitaire 2016/2017

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la force et la patience de mener à bien ce modeste travail.

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à :

🌸 Notre promoteur **M.KATEB S** Maître assistant chargée de cours à l'université d'Ouargla, pour ses orientations, ses précieux conseils et sa contribution dans l'élaboration de ce travail.

Nous tenons également à remercier :

🌸 Tous nos enseignants du Département de science et technologie et en particulier **Mr.MECHRI B**

🌸 Tout le personnel de l'ONA de la wilaya d'OUARGLA particulièrement **Mr. KHLIFI ALI**, et tout le personnel de LTPS.

*Je tiens également à remercier le Professeur **HADJ SAID AËK**, Et **M CHOUIREB MESTAPHA** sans oublier **M BOUBLI Salim**, **M^{elle} DAHMANI Sihem**, **M.CHATOUH ABD ELSSLAM**.*

En définitive, nous remercions toute personne qui a participé de près ou de loin, de façon directe ou indirecte, à la réussite de ce modeste travail pour lequel nous avons tant consacré en y mettant aussi tout notre cœur.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

*Celle qui est plus cher que mon âme et mon sang, la lumière de mon chemin, à ma
mère adorée **BELEKBIRE AICHA**.*

*Mon chef et Imam de ma tribune, le formateur de ma conduite, à toi le plus
grand des personnes mon cher père **MOHAMMED**.*

Mon grand-père et ma grand-mère.

Mes tantes et mes oncles et ses enfants.

*Aux sources de l'espoir dans ma vie, mes frères **SMAIL** et **MOHAMMED**
NOUREL ISLAM et mes chers sœurs **ASMÆ** et **AMEL***

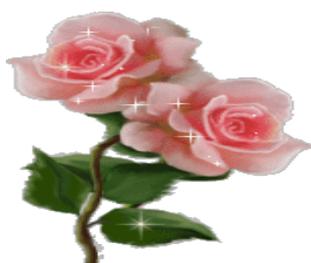
*A mon mari **RIDA***

*A celui qui a collaboré avec moi dans ce travail, à mon binôme **CHAICHE**
CHERIFA et à sa généreuse famille.*

*A mes chers amis : **L.DJEMAA**, **M.KHADIDJA**, **L. MERJEM**,
F.REKALA, **A.ABIR**, **B.NOUREL HOUDA***

A tous les étudiants de l'hydraulique, en particulier la promotion 2017

*A tous ceux qui portent les noms **ABDENNBI**, **BELEKBIR** et **BARKAMI***



HAYAT



Dédicaces

Tout d'abord je tiens à remercier mon dieu de m'avoir donné le courage et la patience et la puissance pour arriver à ce stade afin de réaliser ce travail

*A ma très chère maman **BEN CHOHRA FATIMA** qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils Trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance.*

*A mon très cher parent **MEUSTAPHA***

*A mes frères **ALI** et **MEHAMMED** et mes sœurs **MAROUA DOAA** et **NOUR***

*A toute la famille **CHAICHE** et **BEN CHOHRA***

A mes tantes et à mes oncles.

*A celui qui a collaboré avec moi dans ce travail mon collègue et ami **ABDENNBI HAYAT** et à sa généreuse famille.*

*A tous mes amis partout et en particuliers **CH.Fatima**, **B.Sabrina** et **D.ROMAISSA. H.Hanan***

A tous ceux que j'aime.

CHAICHE Cherifa

ملخص

في هذه الدراسة قمنا بإجراء تجربة الترشيح بواسطة الكثبان الرملية من أجل تحسين نوعية المياه المعالجة في محطة تصفية المياه بواسطة الأحواض الهوائية بسعيد عتبة ولاية ورقلة.

أجرينا عدة تحاليل فيزيائية و كيميائية للمياه المعالجة للمحطة قبل و بعد مرورها بجهاز الترشيح و بعد مقارنتها تحصلنا على مردودية جيدة.

من خلال هذه التجربة تبين لنا أن هذا الترشيح محسن اقتصادي جيد للمياه المعالجة للمحطة .

كلمات مفتاحية : الترشيح بواسطة الكثبان الرملية . محطة تصفية المياه بواسطة الأحواض الهوائية . محطة سعيد عتبة

Abstract

In this study we conducted the sand dunes filtration experiment to improve the quality of treated water in the water purification plant by the air basins at the threshold of the state of Ouargla.

We conducted several physical and chemical analyzes of the treated water of the plant before and after passing through the filtration apparatus. After comparing them, we obtained good efficiency.

Through this experiment we found that this nomination is a good economic optimizer for the treated water of the plant.

Keywords: sand dunes filtration. Water purification plant by air ponds. Saeed Otba station.

Résumé

Dans cette étude, nous avons mené l'expérience de filtration des dunes sur sable pour améliorer la qualité de l'eau traitée dans la station d'épuration des eaux par les lagune aéré au station d'épuration de Said Otba d'Ouargla.

Nous avons mené plusieurs analyses physiques et chimiques de l'eau traitée avant et après avoir traversé l'appareil de filtration. Après leur comparaison, nous avons obtenu une bonne efficacité.

Grâce à cette expérience, nous avons constaté que cette nomination est un bon optimiseur économique pour l'eau traitée de la plante.

Mots-clés: filtration de dunes sur sable. station d'épuration des eaux usées par lagunage aéré. De Station said otba d'ouargla

Sommaire

Introduction générale

PARTIE A: BIBLIOGRAPHIE

Chapitre I : Généralités Sur Les Eaux Usées

I. 1. Introduction	01
I.2. Origine des eaux usées	01
I. 2. 1. Les eaux usées domestiques	01
I. 2. 2. Les eaux usées pluviales	01
I. 2. 3. Les eaux usées industrielles	02
I. 2. 4. Les eaux usées agricoles	02
I. 3.Composition des eaux usées	03
I. 3. 1. Pollution minérale	03
I. 3. 2. Pollution organique	03
I. 3. 3. Pollution microbiologique	03
I. 4 Principaux paramètres de la pollution des eaux	03
I. 4. 1. Les paramètres physiques	03
I. 4. 2. Les paramètres chimiques	05
I. 4 .3. Les nutriments	06
I. 4 .4. Paramètre biologiques de la pollution	07
I.5. Norme de rejet	07
I.6. Conclusion	08

Chapitre II : Epuration des eaux usées

II.1. Introduction	09
II.2. Rôle de station d'épuration	09
II.3.Procédés d'épurations des eaux usées	09
II.3.1. Le prétraitement	10
II.3.1.1. Dégrillage	10
II.3.1.2.Dessablage	11
II.3.1.3.Dégraissage et déshuilage	11
II.4.Traitement primaire (traitement physico-chimique)	11
II.4.1.Décantation	11
II.4.2.Coagulation-floculation	12

II.4.3.Filtration	12
II.5. Traitement secondaire (épuration biologique)	12
II.5.1. Les procédés extensifs	12
II.5.1.1. L'épandage	12
II.5.1.2.Le lagunage	13
II.5.2.Les procédés intensifs	14
II.5.2.1.Le lit bactérien	14
II.5.2.2.Le disque biologique	15
II.5.2.3. Les boues activées	15
II.6.Le traitement tertiaire	16
II.7. Avantages et inconvénients de procédés d'épuration des eaux usées	17
II.8. Conclusion	18
Chapitre III la filtration sur sable	
III. Introduction	19
III.2 But du filtre	19
III.3. Composition du filtre	19
III.4. Caractéristiques du filtre à sable	20
III.5. Principe de filtration	20
III.6. Les différents procédés de filtration	20
III.7. Classification des filtres	20
III.7.1. La filtration lente	20
1) Avantage	21
2) Inconvénient	21
III.7.2. La filtration rapide	21
III.8. Les principaux éléments d'un filtre à sable	22
III.9. Lavage des filtres	22
III.10. Mécanisme de filtration	23
III.11. Matériaux filtrant utilisés	24
1-Types de matériaux	24
2-Choix de matériau	24
3-Caractéristique de sable de filtration	25
III.10.1 Courbe granulométries	25
III.10.1.1. Principe de l'essai analyse granulométrique	25

III.10.1.2. Le diamètre effectif	25
III.12. Conclusion	26
Chapitre IV Présentation de la zone d'étude	
IV.1. présentation de la région d'étude	27
IV.1.1. Situation géographique	27
IV.1.2. coordonnées géographiques	27
IV.1.3. Le relief	28
IV.1.4. Climatologie	28
IV.2. Présentation de la STEP d'Ouargla	30
IV.2.1. La filière de traitement retenue est constituée	31
IV.2.2. Dimensionnement de la station	31
IV.2.3. Objectif de traitement de la station	32
IV.2.4. Amenée des eaux usées en entrée de la station	32
IV.2.5. Principe de l'épuration et filière de traitement	32
IV.3. Procédés d'épurations des eaux usées dans la station	33
IV.3.1 Prétraitement	33
IV.3.1.1 Dégrillage	33
IV.3.1.2 Dessablage	34
IV.3.1.3 Déshuilage-dégraissage	34
IV.3.1.4 Ouvrage de répartition	35
IV.3.2 Traitement secondaire	35
IV.3.2.1. Le 1er niveau (Lagunage d'aération)	35
IV.3.2.2. Le 2ème niveau (Lagunage d'aération)	36
IV.3.2.3. Le 3ème niveau (lagune de finition)	36
IV.3.2.3. Traitement complémentaire (Lagune de finition)	37
IV.3.3. Traitement des boues	38
IV.4. Evacuation des eaux épurées	39
IV.4.1. Canal de transfert	39
IV.5. Conclusion	39
PARTIE B: EXPERIMENTALE	
Chapitre I Caractérisation du sable filtrant	
I.1. Caractérisation du sable filtrant	40
I.1.1. L'analyse granulométrique	40
I.1.2. La courbe granulométrique	41

I.1.3. détermination du coefficient de perméabilité théorique	42
I.1.4. Perméabilité expérimentale	42
I.2.1. Description de dispositif expérimentale	44
I.2.2. Protocole expérimentale	46
I.2.3. Préparation de dispositif	46
I.2.4. Lavage de filtre	46
I.2.5. Mode de fonctionnement	46
I.2.6. Débit d'alimentation et vitesse du filtre	46
I.2.8. Conclusion	48
Chapitre II études expérimentales	
II.1. Introduction	49
II.2. Méthode d'analyse	49
II.3. Prélèvement des échantillons	49
II.4. Les paramètres physico-chimiques	49
II.4.1 Détermination de pH	50
II.4.2 Détermination de conductivité électrique et de salinité	50
II.4.3 mesure de température	51
II.4.4 Détermination de l'oxygène dissous	51
II.4.5 Matière en suspension	52
II.4.6 La demande biologique en oxygène (DBO₅)	52
II.4.7 La demande chimique en oxygène (DCO)	53
II.5. Conclusion	53
Chapitre III Discussion et interprétation des résultats	
III.1. Introduction	54
III.2. Paramètres physico-chimiques	54
III.2.1. Evolution de Température	54
III.2.2. Evolution du pH	55
III.2.3. Evolution de la conductivité	56
III.2.3. Evolution de la salinité (Sal)	57
III.2.4. L'oxygène dissous (O₂)	57
III.2.5. Demande chimique en oxygène (DCO)	58
III.2.6. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)	59
III.2.7. Rapport DCO/DBO₅	59

III.2.8. Matières en suspension (MES)	60
III.3. Rendement de filtre	61
III.4. Conclusion	61
Conclusion générale	
Bibliographie	

Liste des figures

Figure 1 : Schéma représente les étapes d'épuration des eaux usées	10
Figure 2 : Schéma de lagunage naturel	13
Figure 3 : schéma de lagunage aéré	14
Figure 4 : Schéma de procédé de lit bactérien	14
Figure 5 : Schéma de procédé de disque biologique	15
Figure 6 : Schéma de traitement des boues	16
Figure 7 : schéma de traitement tertiaire	17
Figure 8 : Coup d'un filtre à sable	20
Figure 9 : position géographique de la région d'OUARGLA	27
Figure 10 : Situation géographique de la station d'épuration de Said Otba	30
Figure 11 : Vue aérienne de la station	31
Figure 12 : dégrilleure	33
Figure 13 : Ouvrage de dessablage et déshuilage combinés	34
Figure 14 : Répartiteur	35
Figure 15 : bassin d'aération	36
Figure 16 : bassin de finition	37
Figure 17 : Canal venturi	37
Figure 18 : les lits de séchage	38
Figure 19 : la sortie de l'eau épurée	39
Figure 20 : série des tamis	40
Figure 21 : Interprétation de la courbe granulométrique	41
Figure 23 : Coup de dispositif de filtre	45
Figure 24 : lavage de couches de sol de filtre	46
Figure 25 : PH mètre	50
Figure 26 : conductimètre	51
Figure 27 : oxymètre	51
Figure 28 : Pompe à vide	52
Figure 29 : spectrophotomètre	53
Figure 30 : Réactif DCO	53
Figure 31 : réacteur DCO	53
Figure 14 : variation de la température	55
Figure 15 : Variation de PH des eaux épurées et des eaux filtrées	55
Figure 16 : variation de conductivité des eaux épurées et des eaux filtrées	56
Figure 17 : variation de salinité des eaux épurées et des eaux filtrées	57
Figure 18 : variation d'O ₂ des eaux épurées et des eaux filtrées	57
Figure 19 : variation de DCO des eaux épurées et des eaux filtrée	58
Figure 20 : variation de MES des eaux épurées et des eaux filtrées	60

Liste des tableaux

Tableau 1 : Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS, appliquées en Algérie	08
Tableau 2 : avantages et inconvénients de quelques filières de traitement des eaux usées	18
Tableau 3 : Donnée météorologiques de la région d'Ouargla (O.N.M 2016)	29
Tableau 3 : les données de bases de la STEP (STEP .Ouargla.2012)	37
Tableau 4 : résultat de l'analyse granulométrique de sable.	41
Tableau 5 : variation de vitesse on fonction de débit	48
Tableau 6 : Résultats d'analyses des eaux épurées	54
Tableau 7 : Résultats d'analyses des eaux filtrés	54
Tableau 8 : rendement de l'élimination de la DCO et DBO5 et MES	61

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
CE	conductivité électrique
DBO5	Demande biologique en oxygène de cinq jours
DCO	Demande chimique en oxygène
ERU	eaux usées résiduaires urbaines
MES	matière en suspension
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONA	Office National de l'Assainissement
O.N.M	Office National de Météorologie
pH	Potentiel d'Hydrogène
RN	route national
STEP	station d'épuration

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est à l'origine de la vie et de la civilisation. Malgré cela, l'homme n'a pas fait preuve d'assez de sagesse pour la préserver. Pour cela l'importance de la pollution des eaux exige de nos jours une épuration pour éviter que les effluents pollués ne provoquent une destruction totale d'environnement.

Cette épuration ne transformera jamais une eau polluée en eau potable. Elle va plutôt en réduire la pollution de manière à ce que l'eau rejetée ne représente pas une menace pour l'environnement. En plus d'épurée, il est donc essentiel de moins polluer.

Notre travail consiste à améliorer la qualité des eaux épurées de la station d'épuration par lagunage aéré de Said Otba de la ville d'Ouargla par une divers procédé la filtration sur sable, à partir de l'examen des résultats des analyses des eaux usées après leur épuration et des eaux épurées après leur filtration par sable de dune.

Le présent travaille est composé de:

- ❖ Une première partie bibliographique qui regroupe le nécessaire des connaissances théoriques en rapport avec notre thème, elle est subdivisée en trois chapitres :
 - Le premier chapitre est consacré à la connaissance des eaux usées et leur origine et aux paramètres de pollution des eaux.
 - Le deuxième chapitre est définit l'épuration des eaux usées et les traitements que doivent subirent les eaux usées avant d'être rejetées en milieu naturel.
 - Le troisième chapitre est présenté la filtration sur sable, les caractéristique de sable filtrants et la classification des filtres.
 - Le dernier chapitre s'intéresse à la présentation de la wilaya d'Ouargla avec la station d'épuration de Said Otba comme une région d'étude et du site expérimentale.

- ❖ Une deuxième partie expérimentale qui se subdivise en deux chapitres :
 - Le premier chapitre donne une description de dispositif filtrant et les caractéristiques de sable utilisé.
 - Le second présent matériel et méthodes d'analyse physicochimiques.
 - le troisième chapitre présente les résultats des analyses, ainsi que leur interprétation.

Le manuscrit se termine par une conclusion générale avec quelques recommandations.

I.1. Introduction

Les eaux usées (ou eaux polluées) sont des eaux qui ont été altérées par l'activité humaine. Il peut ainsi s'agir d'eaux polluées provenant d'usines ou d'eau de ruissellement provenant d'un parc de stationnement. Ces eaux résiduaires urbaines ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels. [01]

I.2. Origines des eaux usées

Proviennent Les eaux usées principalement de quatre sources :

- les eaux usées domestiques
- les eaux usées industrielles
- les eaux de pluie
- les eaux usées agricoles

Les eaux usées appelées aussi eaux résiduaires sont identifiées selon leurs origines comme suit:

I. 2. 1. Les eaux usées domestiques

Constituant généralement l'essentiel de la pollution, elles se composent :

- des eaux vannes d'évacuation des toilettes,
- des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bain.

Les déchets présents dans ces eaux souillées sont constitués par des matières organiques dégradables et des matières minérales. Ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. [02]

I. 2. 2. Les eaux pluviales

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de pluie, par deux mécanismes :

- Le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées. Les déchets solides ou liquides déposés, par temps sec, sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent.

- La remise en suspension des dépôts des collecteurs. Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs du réseau est lent, ce qui favorise le dépôt de matières décantables.

Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts.

Elles sont de même nature que les eaux usées domestiques, avec en plus, des métaux lourds et des éléments toxiques provenant essentiellement de la circulation automobile. [03]

I. 2. 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 :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés....)
- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...)
- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...)
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques.....)
- Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires....). [04]

I. 2. 4. Les eaux usées 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'agriculture 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.

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...). [05]

I.3. Composition des eaux usées

La pollution des eaux usées se manifeste sous forme minérale organique et microbiologiques

I. 3. 1. Pollution minérale

Elle est constituée essentiellement des métaux lourds en provenance des industries métallurgiques, de traitement de minerais. On peut citer quelques-uns, comme le plomb, le cuivre, le fer, le zinc, le mercure.

Il y'a aussi le cas de certains sels à forte concentration. Ces éléments sont non biodégradables et de ce fait un traitement tertiaire devient plus que nécessaire.

I. 3. 2. Pollution organique

La pollution organique des eaux urbaines se compose principalement de protides, de glucides et de lipides ainsi que des détergents utilisés par les ménages. Il est à noter l'existence d'autres substances organiques utilisées ou fabriquées industriellement, c'est le cas des phénols, des aldéhydes, des composés azotés.

I. 3. 3. Pollution microbiologique

Le rejet urbain en général présente des conditions très favorables à la prolifération de certains germes pathogènes et d'organismes vivants. On peut citer les virus, les bactéries, les protozoaires, les vers et les microchampignons. Ces différents éléments garantissent une masse permanente en germes utiles à l'épuration par biodégradation.

I. 4 Principaux paramètres de la pollution des eaux

I. 4. 1. Les paramètres physiques de la pollution :

a) Température :

Elle a une influence déterminante sur l'activité des microorganismes et sur la réserve d'oxygène pour le processus d'autoépuration.

Pour garantir le bon fonctionnement de certains ouvrages de la chaîne de traitement (dégraisseurs), cette température ne doit pas dépasser 30°C. [06]

b) La conductivité :

La mesure de la conductivité donne une idée sur la salinité de l'eau. Plus la concentration ionique des sels dissous est grande et plus la conductivité est grande.

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m).

$1\text{S/m} = 10^4 \mu\text{S/cm} = 10^3 \text{mS/m}$. [07]

c) Couleur et odeur :

En général, la couleur et l'odeur ont été utilisées comme les premiers indicateurs de la pollution de l'eau.

La couleur d'une eau usée urbaine est grisâtre, mais certains rejets industriels (teinture, papeteries...) contiennent des colorants particulièrement stables. Il existe plusieurs gaz qui donnent des odeurs, résultant d'une fermentation ou décomposition, parmi lesquels on peut citer NH_3 , H_2S ...

d) La turbidité :

Elle indique la présence plus ou moins importante des M.E.S d'origine organique ou minérale.

e) Les matières en suspension (M.E.S) :

Les MES représentent la partie solide de la pollution, ce résidu non filtrable est partiellement éliminé lors du traitement primaire de la station d'épuration ; ont recours à cet égard aux procédés de décantation (décantation primaire).

Les MES se subdivisent en deux catégories : les matières fixes et les matières volatiles, c'est-à-dire qu'une partie de MES se volatilise lorsqu'elle est chauffées à haute température ($550\text{ }^\circ\text{C}$) ; cette partie constitue la fraction organique et les sels inorganiques volatils.

Il existe aussi 2 paramètres tels que :

f) Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles sont constituées par la partie organique de MES, elles sont mesurées par calcination à $600\text{ }^\circ\text{C}$ en deux heures et présentent en moyenne 70% de MES.

g) Les matières minérales (M.M)

Elles représentent la fraction minérale des M.E.S. C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles en suspension.

Elles représentent par conséquent le résidu de la calcination.

I. 4. 2. Les paramètres chimiques de la pollution :

a) Le potentiel hydrogène (pH) :

Le potentiel d'hydrogène PH caractérise le degré d'acidité ou de basicité d'un milieu, il joue un rôle capital dans le traitement biologique, de préférence il doit être compris entre 6 et 8 pour une bonne performance du traitement. [08]

Pour le bon fonctionnement de la station d'épuration le contrôle de ce paramètre est très important. [09]

b) L'Oxygène Dissous :

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu.

La concentration en oxygène dissous est exprimée en $\text{mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ [01]

c) La demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation (Avec l'intervention des bactéries) les matières organiques contenues dans une eau usée.

Matière organique + bactéries + oxygène → Boues + gaz + eau

Généralement la pollution est dégradée d'une manière significative pendant une durée de 5 jours, au-delà de 5 jours la consommation en oxygène diminue énormément ainsi on a adopté la notion DBO₅ obtenue après 5 jours d'incubation à 20°C et dans l'obscurité. [10]

d) La demande chimique en oxygène :

Elle représente la quantité d'oxygène consommée par oxydation chimique de la totalité des matières organiques et minérales dissoutes dans l'eau.

Le bichromate de potassium agissant en milieu sulfurique pendant deux heures à ébullition, oxyde presque entièrement les matières réductrices.

e) Relation entre DCO et DBO₅ :

Le rapport DCO/DBO₅ donne une estimation de la biodégradabilité des eaux usées ainsi que la notion de la biodégradabilité représente la capacité d'une substance ou son aptitude à être décomposée par les micro-organismes (bactéries, champignons...)

- a. $DCO/DBO_5 < \text{ou} = 2$: Le traitement se fait biologiquement.
- b. Si $2 < DCO/DBO_5 < 5$: Traitement biologique avec adaptation de souches.
- c. $DCO/DBO_5 > 5$: Traitement physico-chimique. L'eau est pratiquement non traitable par voie biologique. [11]

I. 4 .3. Les nutriments

a) Le phosphore :

Le phosphore se trouve dans l'eau usée sous deux formes.

- Sels minéraux (Ortho phosphates ($P-PO_4^{3-}$), poly phosphates)
- Composés organiques.

La présence des ortho phosphates dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés, à la décomposition de la matière organique, aux engrais phosphatés industriels entraînés par lessivage ou par infiltration.

Les poly phosphates sont utilisés dans de nombreuses unités industrielles (industries pharmaceutiques). Les poly phosphates peuvent être toxiques pour l'homme et sont considérés responsables des accidents cardiaques et vasculaires.

b) Azote :

L'azote se présente sous diverses formes dans les eaux usées.

- Forme oxydée : azote nitreux (NO^{2-}) et nitrique (NO^{3-}) ;
- Forme moléculaire : azote dissous ; N_2
- Forme réduite : azote organique, NH_4^+ .

L'azote est l'un des éléments qui favorise la prolifération d'algues, par conséquent la réduction de sa teneur avant le rejet des eaux est plus que nécessaire.

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4^+). [13]

a) Nitrate :

Les nitrates sont, d'un point de vue chimique, des sels de l'acide nitrique. Ces sels sont caractérisés par la présence de l'ion nitrate NO_3^- composé d'un atome d'azote et de trois atomes d'oxygène. Ils existent naturellement dans les sols et les eaux. Les ions nitrates se

forment naturellement au cours du cycle de l'azote, notamment lorsque des matières organiques se décomposent, par l'action des bactéries du sol. [13]

b) Nitrite :

Le Nitrite NO_2^- est très instable, très réactif il peut jouer le rôle d'oxydant ou de réducteur, cette grande instabilité explique en partie sa toxicité.

En raison de la stabilité de l'ion nitrate la plus part des substances azoté de l'environnement ont tendance à se transformer en nitrate. Par conséquent toutes les sources d'azote (notamment l'azote organique l'ammoniaque et les engrais) devraient être considéré comme source des nitrates dans l'eau (en particulier les eaux souterraines) comprennent les matières animales et végétales en décompositions. [13]

I. 4 .4. Paramètre biologiques de la pollution

Les micro-organismes présents dans les eaux usées sont à l'origine du traitement biologique :

- Des germes pathogènes (mycobactéries, colibacilles etc...)
- Des parasites (Kyste d'amibes, des œufs de vers etc...)
- Des champignons

I. 5. Norme de rejet :

Dans plusieurs pays, des normes de rejet ont été établies afin d'atténuer les impacts négatifs de rejet des eaux usées épurées dans les milieux récepteurs, et d'éviter de causer des problèmes environnementaux .

On distingue Les normes européennes et l'OMS (Organisation Mondiale de Santé)

Tableau (1): Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS, appliquées en Algérie

Paramètres	Unités	Valeurs
DBO₅	mg/l	30
DCO	mg/l	90
MES	mg/l	20
PH	-	6.5-8.5
O₂	mg/l	5
Azote total	mg/l	50
Huiles et graisses	mg/l	20
Température	°C	30
Phosphate	mg/l	2
Détergents	mg/l	1

I.6. Conclusion :

Pour déterminer les caractéristiques d'une eau usée et connaître son degré de pollution, il est impératif de déterminer ses différentes composantes et les paramètres qui sont mis en jeu.

Cependant, selon le besoin, nous sommes, souvent, amené à déterminer les paramètres essentiels qui entrent directement dans la conception d'un procédé d'épuration.

II.1. Introduction

Les eaux usées sont des déchets liquides très chargé en matières polluantes. Ces eaux doivent subir une épuration avant son rejet dans le milieu récepteur.

Le but principal d'épuration des eaux usées, est la possibilité de rejeter ces eaux dans le milieu récepteur sans des conséquences dangereux sur l'activité humaine et la possibilité d'utiliser les eaux épurées pour sa réutilisation l'agriculture et l'industrie.

II.2. Rôle de station d'épuration

Ce rôle peut être résumé dans les points suivants :

- Traiter les eaux.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.

Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement. [14]

II.3. Procédés d'épurations des eaux usées

La station d'épuration comporte une chaîne de traitements dont la complexité dépend du degré d'épuration jugé nécessaire.

On dispose de quatre étapes de traitement pour une qualité d'eau épurée assez élevée.

- Prétraitement comporte le dégrillage, le dessablage et éventuellement le dégraissage- déshuilage.
 - Traitement primaire contient la décantation primaire.
 - Traitement biologique (lagunage, boues activées, lit bactérien et disque biologique).
 - Traitement tertiaire.

Le choix du procédé biologique est le plus délicat compte tenu des impératifs techniques et économiques.

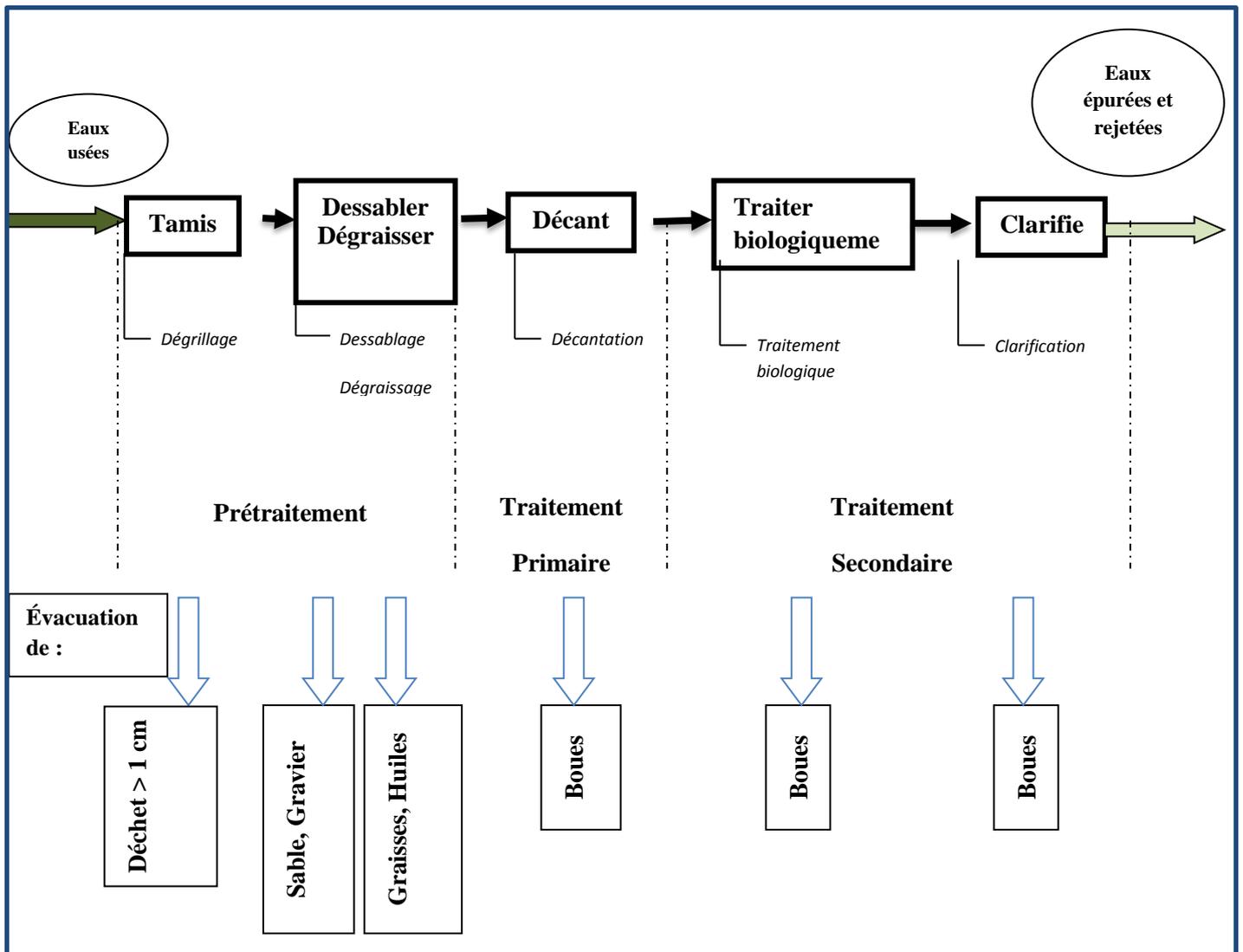


Figure (1): représente les étapes d'épuration des eaux usées

II.3.1. Le prétraitement

Le traitement physique est présent dans toutes les stations d'épuration, quels que soient les procédés suivants à l'aval. Ils ont pour but d'éliminer tous les particules solides et les plus grossiers.

Il comporte les trois parties principales :

II.3.1.1. Dégrillage

Les déchets véhiculés par les eaux usées et les égouts sont éliminés dès leur arrivée dans la station grâce au dégrillage mécanique. Les eaux usées passent par deux types de dégrillage :

- Le dégrillage dit grossier qui épure l'eau avec des grilles espacées calibrées pour retirer les déchets dont le diamètre est supérieur à 2 ou 3 cm.
- Le dégrillage fin, constitué de grilles encore moins espacées, va éliminer les déchets d'un diamètre supérieur à 1 cm. Les dégrilleurs sont équipés d'un dispositif de relevage et d'éjection automatique des déchets.

Ceux-ci sont ensuite envoyés en benne par une vis sans fin puis retraités dans une usine spécialisée.

Le dégrillage a pour fonction principale de protéger les différents équipements de la station comme les pompes qui pourraient être endommagées par les déchets grossiers. [15]

II.3.1.2. Dessablage

Cette opération est indispensable pour éviter le colmatage des canalisations, surtout si elles sont enterrées et protéger les équipements à pièces tournantes de la corrosion (axe de chaînes, rotors de centrifugeuse, pompes de relèvement, etc.) [16]

II.3.1.3. Dégraissage et déshuilage

Le dégraissage et le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide consistant en une séparation de l'effluent brut, les huiles et les graisses étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau. [17]

Ces graisses peuvent diminuer l'efficacité des traitements biologiques qui suivent, et les sables sont récupérés par pompage alors que les graisses sont raclées en surface.

II.4. Traitement primaire (traitement physico-chimique)

Le traitement s'effectue par voie physico-chimique et a pour but d'extraire le maximum de matières en suspension et de matières organiques facilement décantables. Trois voies de traitement sont possibles :

II.4.1. Décantation

La décantation est la méthode la plus fréquente de séparation des MES et des colloïdes, un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules [16].

II.4.2. Coagulation-floculation

Les particules colloïdales sont des particules très petites qui sont causées par la turbidité et la couleur de l'eau. Ces particules restées en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, du fait de leur grande stabilité, elles n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres.

Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation. La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion de produits chimiques. La floculation a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées.

Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on pourra facilement éliminer par décantation. [18]

II.4.3. Filtration

La filtration est un procédé de séparation dans lequel on fait percoler un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui idéalement retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat). [19]

II.5. Traitement secondaire (épuration biologique)

Le traitement secondaire a pour but d'éliminer les matières en solution dans l'eau (matières organiques, substances minérales). Par action des bactéries et micro-organismes. L'épuration des eaux usées fait appel à deux types de procédés :

II.5.1. Les procédés extensifs

II.5.1.1. L'épandage

C'est le procédé le plus ancien, il consiste à déverser directement sur le sol perméable des eaux usées, où les granulats constituant le sol sont alors un matériau de support de micro-organismes, ces derniers servent à dégrader la matière organique. Ce procédé peut être dangereux dans la mesure où les eaux qui s'infiltreraient à travers le sol peuvent contaminer la nappe. [06]

II.5.1.2. Le lagunage

On distingue principalement deux types de lagunage :

- Le lagunage naturel :

Le traitement par lagunage naturel est constituées d'une série de bassins artificiels ou étangs, formé de digue imperméabilisée dans lesquels les eaux usées sont déversées et passent successivement et naturellement d'un bassin à l'autre, par gravitation pendant un longtemps de séjour. Différents assemblage de ces bassins sont possibles en fonction de divers paramètre tels que : les conditions locales et les exigences sur la qualité de l'effluent final et le débit à traiter.

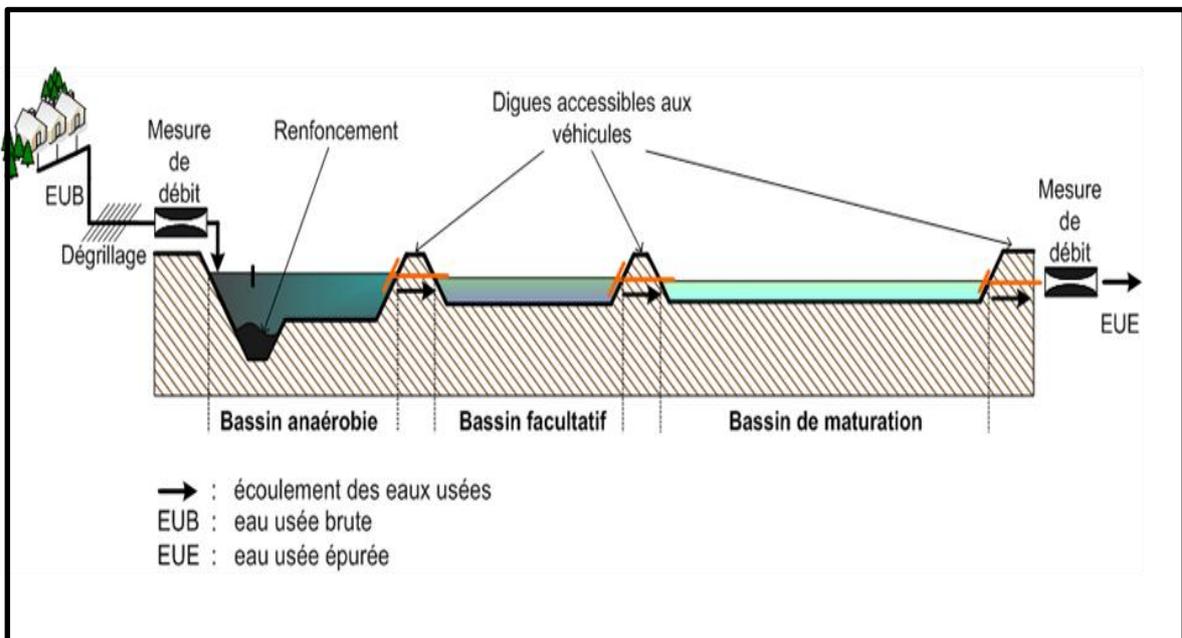


Figure (2) : Schéma de lagunage naturel

- Le lagunage aéré :

Un lagunage aéré, un étang aéré ou un bassin aéré est un traitement de l'eau artificiel à travers une aération forcée pour favoriser l'oxygène nécessaire est fourni par des aérateurs à turbines ou quelques fois par des diffuseurs ; l'aération sert également au maintien en suspension des boues activées. On distingue deux types de lagunage aéré :

- 1- Lagunes aérées aérobies.
- 2- Lagunes aérées facultatives. [20]

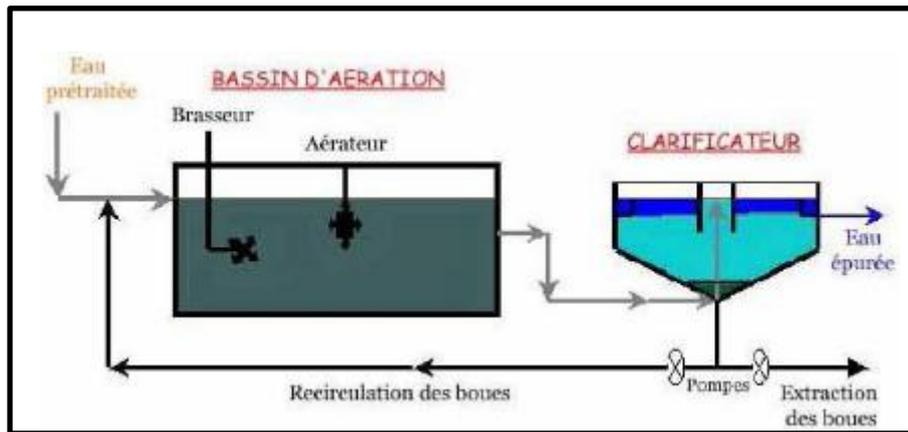


Figure (3) : schéma de lagunage aéré

II.5.2. Les procédés intensifs

II.5.2.1. Le lit bactérien

Ce traitement est basé sur le principe d'infiltration à travers le sol. Un lit bactérien se présente comme une colonne circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteurs dans laquelle se trouve un matériau poreux.

Les eaux à traiter ruissellent à la surface de la pellicule biologique qui prolifère sur le support, celles-ci renferment une forte concentration de bactéries et de champignons. Ces organismes absorbent et métabolisent la matière organique de l'effluent, s'appauvrissent progressivement au cours de son trajet.

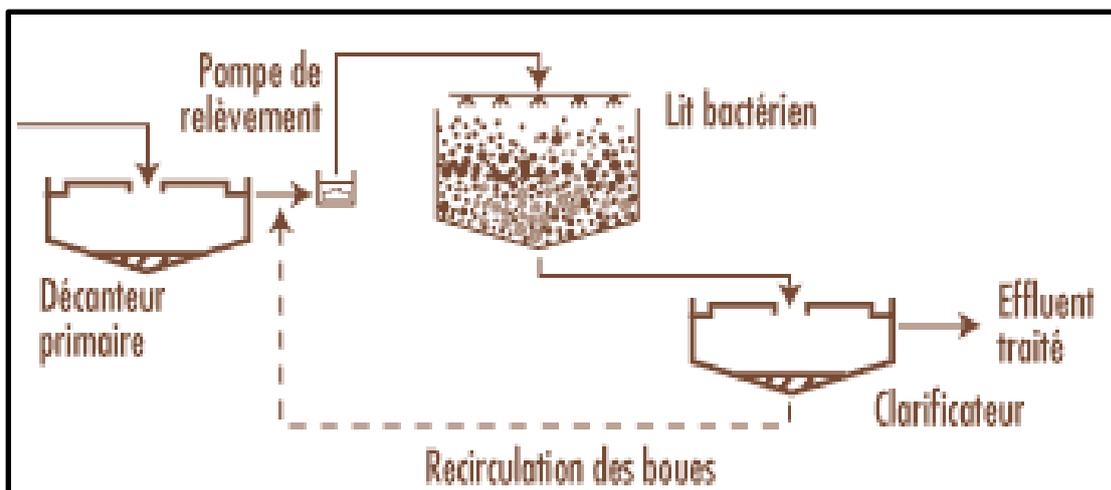


Figure (4) : Schéma de procédé de lit bactérien

II.5.2.2. Le disque biologique

Dans le procédé à biodisque, le support est constitué par des disques parallèles régulièrement espacés sur un axe horizontal, tournant à faible vitesse et immergés sur la moitié de leur hauteur. Ce mouvement induit une oxygénation de la culture pendant la période d'immersion.

Les performances de ce procédé sont liées à :

- La profondeur d'immersion des disques (généralement deux mètres) ;
- La vitesse de rotation de l'arbre qui doit être optimale pour permettre une aération et une fixation des bactéries convenable ;
- La température qui doit être comprise entre 15 et 29°C.

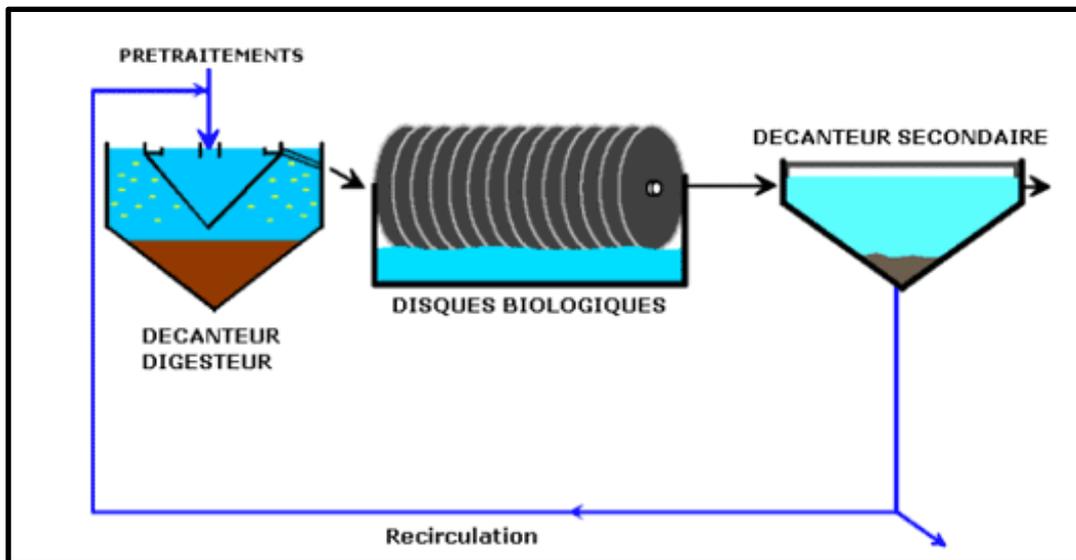


Figure (5): Schéma de procédé de disque biologique

II.5.2.3. Les boues activées

C'est le procédé le plus répandu actuellement pour l'épuration des eaux résiduaires urbaines des petites, moyennes ou grandes collectivités.

Le procédé à boues activées est un système en continu dans lequel des micro-organismes sont mis en contact avec des eaux usées renfermant des matières biodégradables pendant un temps suffisant.

Ces amas biologiques sont maintenus en agitation au sein de l'eau de façon à assurer un contact avec toute la partie de l'effluent. L'oxygénation est fournie en quantités suffisantes par des aérateurs.

Ainsi, dans le bassin d'aération, en présence d'oxygène, les micro-organismes vont se développer et se reproduire aux dépens des matières biodégradables formant ainsi des flocons

décantables, orientés par la suite vers un clarificateur. A la sortie une eau traitée et des boues seront produites, une partie de ces boues sera expédiée vers les organes de traitement de boues et l'autre partie réintroduite dans l'aérateur.

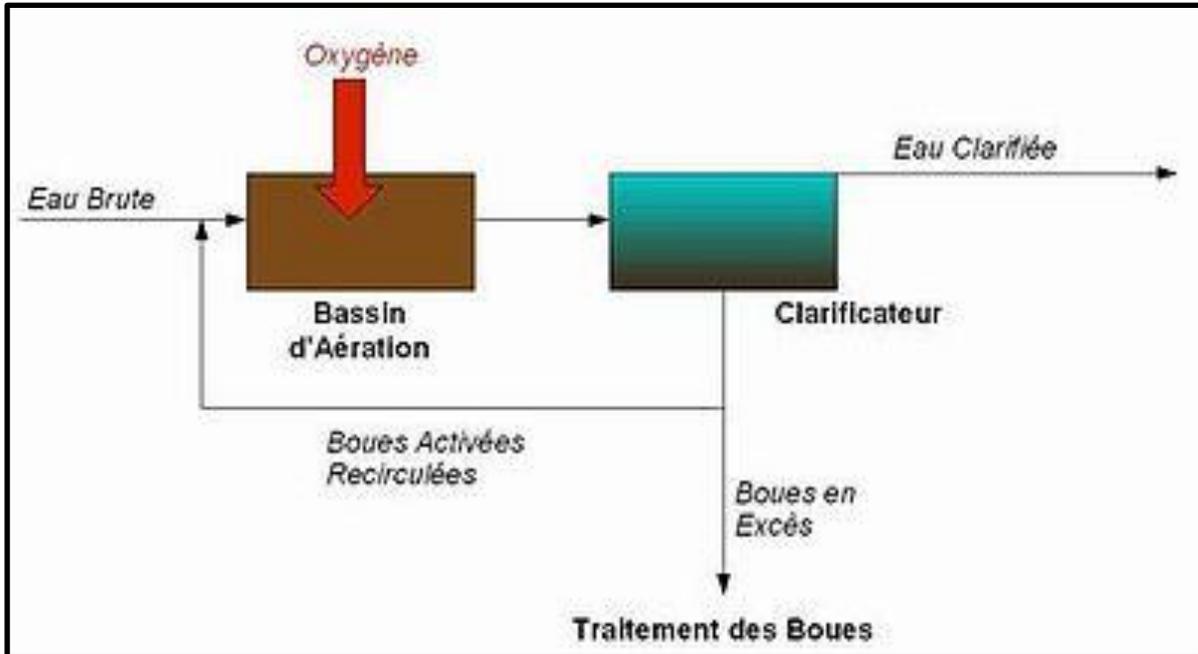


Figure (6): Schéma de traitement des boues

II.6. Le traitement tertiaire

L'objectif des traitements tertiaires est d'éliminer les éléments indésirables concernant les MES, la DCO (dure et colloïdale), l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes pathogènes, et les composés spécifiques (pesticides, métaux, détergents...). Ils visent à améliorer la qualité de l'eau épurée en vue de leur rejet dans le milieu naturel ou de leur réutilisation.

Le traitement tertiaire n'est pas toujours réalisé. Il est destiné à améliorer les performances des traitements des matières en suspension, du phosphore ou encore des pathogènes. Ces traitements sont utilisés dans le cas, par exemple, de milieux récepteurs particulièrement sensibles.

Il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires. [16]

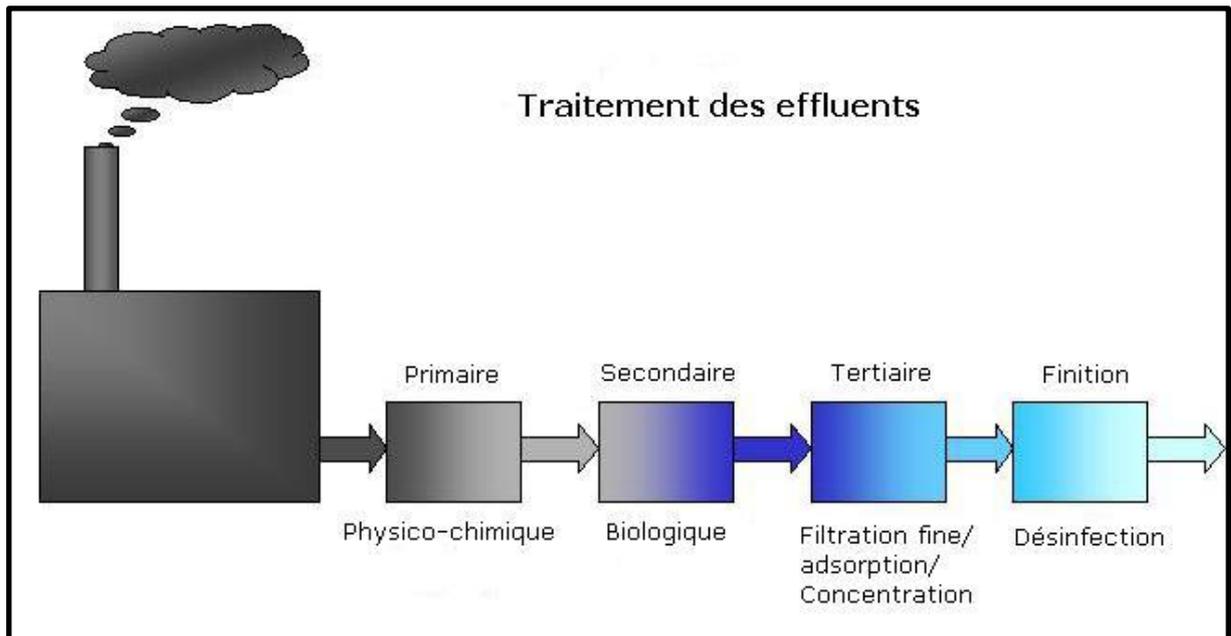


Figure (7): schéma de traitement tertiaire

II.7. Avantages et inconvénients de procédés d'épuration des eaux usées

Chaque filière d'épuration a des avantages et des inconvénients comme le tableau suivant présent :

Tableau (2): avantages et inconvénients de quelques filières de traitement des eaux usées

Filières de traitement	Avantages	Inconvénients
Lagunage	<ul style="list-style-type: none"> - Grande simplicité de fonctionnement ; - ne requiert pas une source d'énergie ; encore une main d'œuvre qualifiée ; - coûts d'installation et d'entretien moyen; - Adapté aux zones tropicales où les conditions climatiques favorisent un fonctionnement sans interruption toute l'année; - Haute réduction des germes pathogènes; - Très bonne intégration paysagère. 	<ul style="list-style-type: none"> - requiert de large surface pour son installation ; - représente un gîte de développement important de moustiques et nuisances olfactives; - inaccessibilité de tous les bassins à une intervention ; - accumulation de boues mixtes très et difficile à extraire; - intervention du curage fréquent.
Filtres plantés de roseaux	<ul style="list-style-type: none"> - Bonnes performances épuratoires pour les paramètres particuliers, carbonés et bactériologiques; - Possibilité de traiter les eaux usées brutes ; - Coûts d'investissement relativement faible; - Facilité et faible coût d'exploitation (pas de consommation énergétique) hors alimentation par poste ; - Bonne intégration paysagère. 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu adapté aux surcharges hydrauliques; - Faibles abattements pour le traitement de l'azote global (absence de dénitrification) et du phosphore; - Exploitation régulière, fauchage annuel, désherbage manuel avant la prédominance des roseaux; - Risque de présence d'insectes, moustiques ou de rongeurs.
Boues activées	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne pour toute taille de collectivité (sauf très petite) ; - Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution ; - Adapté pour la protection des milieux récepteurs sensibles ; - Boues légèrement stabilisées ; - Facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts d'investissement assez important ; - Consommation énergétique importante ; - Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière ; - Sensibilités aux surcharges hydrauliques; - Décantabilité de boues pas toujours aisées à maîtriser ; - Forte production de boue qu'il faut concentrer.
Lits bactériens	<ul style="list-style-type: none"> - Adapté pour les collectivités <10 - Faible consommation d'énergie ; - Bonne décantabilité des boues ; - Sensibilité faible aux variations de charge et aux toxiques. 	<ul style="list-style-type: none"> - Performance généralement plus faible ; - Coûts d'investissement assez élevés ; - Sensibilité au colmatage et au froid ; - Source de développement d'insectes ; - nécessite de prétraitement efficace.
Infiltration-percolation sur sable	<ul style="list-style-type: none"> - Excellents résultats sur la DBO₅ la DCO les MES et nitrification poussée - superficie nécessaire bien moindre que pour un lagunage naturel capacité de décontamination intéressante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite d'un ouvrage de décantation primaire efficace ; - Risque de colmatage à gérer; - Nécessite d'avoir à disposition de grande quantité de sable ;

II.8. Conclusion :

D'après les différentes filières d'épuration qui nous avons présenté dans ce chapitre on conclut que :

Le lagunage aéré apparaît donc comme une technique performante dans le traitement des eaux usées sous le climat saharien, comme celui de la région d'Ouargla.

III.1. Introduction

La filtration est une technique de séparation utilisée pour isoler un solide contenu dans une solution ou pour éliminer des impuretés solides présentes dans une solution.

Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane, cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension. [21]

III.2. But du filtre

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides par passage à travers un milieu filtrant.

La filtration permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité, et indirectement de certain odeur. [22]

III.3. Composition du filtre

Tous les filtres à sable sont composés de (3) parties :

- Le fond : doit être solide pour supporter le poids de l'eau, du sable et du gravier. Il doit permettre la collecte et l'évacuation de l'eau filtrée;
- Le gravier support : a pour rôle de retenir le sable et d'améliorer la distribution de l'eau de lavage dans le filtre;
- Le matériau filtrant : les matériaux utilisés sont des granules libres non adhérents les uns aux autres, insolubles, inattaquables par le liquide filtré ni par les particules solides retenues. [23]

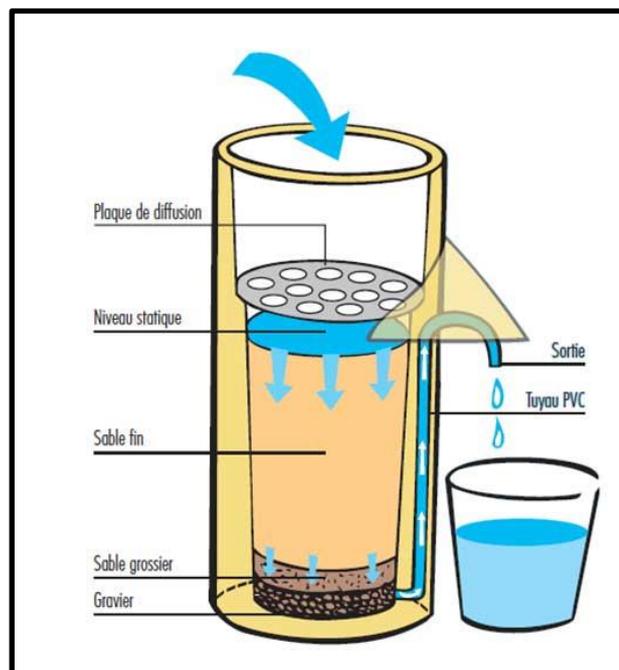


Figure (8) : Coup d'un filtre à sable

III.4. Caractéristiques du filtre à sable

On trouve différents types de filtres à sable, mais ils présentent des caractéristiques communes :

- Le filtre est toujours constitué de sable et de graviers de différentes granulométries : ils permettent de débarrasser les eaux de toute substance polluante, avant d'être rejetées dans le milieu naturel.
- Les eaux passent toujours du milieu ayant la granulométrie la plus élevée (gros graviers) à la granulométrie la plus fine (sable).

III.5. Principe de filtration

La rétention des particules se déroule à la surface des grains, grâce à des forces physiques. La plus au moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériaux utilisés. L'espace intergranulaire définit la capacité de rétention du filtre. Au fur et à mesure du passage de l'eau, cet espace se réduit, le filtre colmate et les pertes de charges augmentent fortement. Il faut alors déclencher le rétrolavage, la biomasse qui se développe sur le matériau filtrant, peut efficacement réduire le taux d'ammonium de l'eau par la nitrification.

La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité et indirectement les odeurs. [23]

III.6. Les différents procédés de filtration

- A. Filtration par gravité
- B. Filtration sous vide
- C. Filtration sous pression réduite

III.7. Classification des filtres

Il existe essentiellement deux types de filtration sur sable, les filtres sont classés en fonction de différents types suivant la vitesse de filtration :

La filtration lente : 1 à 2 m /h

La filtration rapide : 4 à 25 m/h

III.7.1. La filtration lente

Les premiers systèmes sont apparus à Londres au 19ème siècle. La filtration lente sur le sable est un processus biologique parce qu'elle emploie des bactéries pour traiter l'eau.

Les bactéries forment une couche appelée biofilm sur la partie supérieure du sable et nettoient l'eau pendant leur traversée, en digérant les contaminants dans l'eau. Cependant, Un filtre à sable lent comprend un lit de sable classé reposant sur une couche de gravier. Ce milieu de filtration est contenu dans une boîte comportant, aux deux extrémités, des ouvertures permettant à l'eau d'entrer et de sortir sous l'effet de la gravité. Au niveau de ce procédé de filtration, une forme de traitement naturel et biologique de l'eau- est utilisé pour éliminer les solides, les précipités, la turbidité et, dans certains cas, les bactéries responsables du goût et de l'odeur désagréables. [24]

- Dépôt sur le matériau filtrant

La particule en suspension suit dans le liquide une ligne de courant. Sa taille, comparée à celle des pores, pourrait lui permettre de traverser le matériau filtrant sans être arrêtée.

1) **Avantage :**

- Aucun élément mécanique.
- Ne nécessite pas l'ajout de produits chimiques.
- Les matériaux de construction de ces filtres sont simples : on peut se les trouver sur place.
- Nécessite des maintenances périodiques.
- Produit une eau de bonne qualité.
- Peut être utilisée/implémenté dans des pays en voie de développement.

2) **Inconvénient :**

- Nécessite de grandes surfaces et de grandes quantité de matériaux filtrant.
- Des eaux très chargées peuvent colmater rapidement ces filtres.
- Les eaux peu chargées en matière organique peuvent limiter l'enlèvement biologique.
- Limitation dans les pays.

III.7.2. La filtration rapide

Les systèmes de filtration rapide sur sable sont beaucoup plus répandus. Ils ont été développés durant le 20ème siècle. La filtration rapide sur sable est un processus physique qui enlève les solides en suspension dans l'eau avec une vitesse de 4 à 25 m/h. Ils ont des débits assez élevés et exigent peu d'espace pour fonctionner. Ces filtres sont généralement nettoyés 2 fois par jour. [29] Il en existe deux catégories :

- Les filtres ouverts: appelés aussi filtres rapides gravitaires sont généralement en béton et à l'air libre. La hauteur du matériau filtrant est comprise entre 0.8 et 1 m pour les monocouches et entre 1.2 et 1.5m pour les bicouches avec une égalité d'épaisseur des matériaux. [26]
- Les filtres sous pression: fonctionnent selon les mêmes principes que les filtres à sable rapides sauf que leurs couches de sable et de gravier, ainsi que leur réseau de drainage sont situés dans des cylindres horizontaux ou verticaux lesquels sont conçus pour supporter des pressions de l'ordre de 1000kPa. [27]

III.8. Les principaux éléments d'un filtre à sable

✚ Fond de filtre: le fond de filtre est la structure qui sépare le milieu filtrant de l'eau filtrée. Il doit donc être suffisamment solide pour supporter le milieu filtrant (1 m de sable et de gravier) et aussi l'eau située au-dessus du milieu filtrant (2 m d'eau). Il permet en outre:

- De collecter et d'évacuer les eaux filtrées.
- De distribuer uniformément l'eau de lavage. [27]

✚ Gravier de support: le gravier de support, situé immédiatement au-dessus du fond de filtre, permet de:

- De retenir le sable du milieu filtrant;
- D'améliorer la répartition de l'eau de lavage dans le filtre.

✚ Milieu filtrant: les matériaux filtrants les plus utilisés sont le sable et l'antracite.

III.9. Lavage des filtres

Le lavage du filtre est une opération très importante. Il est réalisé en inversant le sens d'écoulement de l'eau. On le soumet à un courant d'eau, circulant de bas en haut, destiné à détacher les impuretés et à les entrainer ensuite dans une goulotte d'évacuation. [28]

Le sable est mis en expansion et les impuretés, moins dense que les grains de sable, sont décollés par phénomènes de frottement intergranulaire. La vitesse de l'eau du lavage à contre-courant, est limitée du fait des pertes possibles de matériau. On injecte donc de l'air pour augmenter les turbulences afin de décoller efficacement les particules de floc fixées sur les grains.

[23]

Le lavage d'un filtre à sable peut être déclenché :

- Lorsqu'une consigne de perte de charge maximale est atteinte.
- En cas de dégradation de la qualité de l'eau filtrée.
- Par un signal.

III.10. Mécanisme de filtration

Suivant les caractéristiques des particules à retenir et du matériau filtrant mis en œuvre, peuvent intervenir l'un ou plusieurs des trois mécanismes principaux suivants: capture, fixation et détachement. [29]

- 1 - Mécanismes de capture

La capture est caractérisée par l'interception de la particule par frottement grâce à son inertie et sa décantation. [26] Les mécanismes de capture sont essentiellement de deux natures :

a - Tamisage mécanique :

Il s'agit de la rétention des particules plus grosses que la maille du filtre ou que celle des éléments déjà déposés, formant eux-mêmes le matériau filtrant. Ce phénomène intervient d'autant plus que la maille du matériau filtrant est plus fine. [29]

b-Dépôt sur le matériau filtrant :

La particule en suspension suit dans le liquide une ligne de courant; sa taille, comparée à celle des pores, pourrait lui permettre de traverser le matériau filtrant sans être arrêtée. Différents phénomènes entraînent cependant un changement de trajectoire et le contact avec le matériau.

On distingue en particulier:

- L'interception directe par frottement.
- La diffusion par mouvement brownien.
- L'inertie de la particule.
- La décantation: par leur poids les particules peuvent se déposer sur le matériau filtrant quel que soit le sens de filtration.

Ces différents mécanismes de capture interviennent principalement dans la filtration en profondeur. [29]

- 2- Mécanisme de fixation

La fixation des particules à la surface du matériau filtrant est favorisée par une faible vitesse d'écoulement. Elle est due à des forces d'origine physique (coincement, cohésion...), et à des forces d'adsorption, principalement les forces de Van der Waals . [26]

- 3 - Mécanisme de détachement

Sous l'action des mécanismes précédents, il se produit une diminution de l'espace entre les parois du matériau recouvertes de particules déjà déposées. Les dépôts déjà retenus peuvent se détacher partiellement et être entraînés plus en avant dans le matériau filtrant ou

même dans le filtrat. [29] Le détachement se fait sous l'influence de la vitesse de l'eau lors du lavage. [26]

III.11. Matériaux filtrant utilisés:

1- Types de matériaux :

Il existe trois types plus employés :

a) Sable : c'est utilisé en filtration est matériaux naturel, à base de silice provenant de rivière, de gisements naturel, de dunes, ou obtenu à partir des galets marins.

Sa densité réelle est égale 2,5 à 2,7

b) Le sable concassé : est obtenu par un broyage de silex de carrière ou de galet de mer, suivi d'opération de lavage, séchage et tamisage, il présente des grains anguleux, favorable à la rétention lors des particules lors de la filtration.

c) Le sable roulé : est un sable naturel tamisé, après lavage et séchage. Contrairement au sable concassé, il possède des grains arrondi.

d) L'anhracite : est un matériau à base de charbon, obtenu par calcination de matériel végétal tel que le bois ou la tourbe, il se présente sous forme de grain dur et anguleux.

e) Charbon active : est aussi un matériau de base charbon, obtenu par calcination et activation de bois, houille, tourbe ou noix de coco.

2- Choix de matériau :

A- Nature de matériau : pour une clarification, les matériaux les plus courants sont le sable et l'anhracite. Le sable est employé seul en tant monocouche, ou associé à de l'anhracite dans les filtre bicouche

B- Choix de la granulométrie : ce choix repose sur plusieurs critères comme les suivant :

- La qualité de l'eau a filtré.
- La vitesse de filtration.
- La hauteur de la couche filtrante.
- La qualité d'eau filtrée qui est recherché.
- La perte de charge disponible.
- La durée de cycle souhaité.

3- Caractéristique de sable de filtration :

Le sable de filtration doit répondre à certaines exigences afin d'être adapté à la filtration, il convient de plus de connaître ses caractéristiques afin de choisir le sable le mieux adapté à l'application pour laquelle a été destiné :

III.11.1 Courbe granulométriques

C'est le tracé de la courbe de pourcentage de la masse (tamisât) de chaque fraction granulométrique passant à travers une série de tamis d'essai en fonction de l'ouverture de la maille de tamis. L'analyse granulométrique permet de détecter et mesurer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon.

III.11.1.1. Principe de l'essai analyse granulométrique

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis. La courbe granulométrique se trace sur papier semi-log (5 cycles) où, en abscisse (Échelle logarithmique)

La répartition permet de déduire deux valeurs caractérisant le sable :

Le diamètre effectif, le coefficient d'uniformité, la densité relative, la masse unitaire sèche et la porosité. Il existe d'autres caractéristiques beaucoup plus difficiles à mesurer, comme la forme des grains et la surface spécifique. [23]

III.11.1.2. Le diamètre effectif

Le diamètre efficace D_{10} exprime le diamètre de l'ouverture de tamis qui laisse passer 10% de l'échantillon du sable. Il représente conventionnellement, le diamètre moyen des grains du sable. Le sable utilisé a un diamètre efficace de $D_E = 0.11$ mm c'est à dire le diamètre moyen des grains est de 0.11 mm. Donc le sable est un sable fin. [30]

III.11.1.3. Le coefficient d'uniformité

Il s'agit du rapport entre deux diamètres apparents définis de telle sorte que la taille de 60% et respectivement 10% des particules soit inférieure. Soient d_{60} et d_{10} étant les valeurs lues en abscisse pour les points de la courbe granulométrique correspondant aux ordonnées de 60% et 10%. [30]

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Ce coefficient constitue un indice d'uniformité de la courbe granulométrique ou d'irrégularité de la distribution de la taille des particules, l'uniformité d'une courbe est alors généralement déterminée par rapport à la référence suivante :

- ✓ $C_u < 2$ = la granulométrie est dite uniforme.
- ✓ $C_u > 2$ = la granulométrie est dite variée.

III.12. Conclusion :

Le choix de nos matériaux filtrant a pour but d'utiliser un sable local, le sable dunaire à cause de son efficacité dans la filtration.

IV.1. présentation de la région d'étude

La wilaya d'Ouargla, large territoire de 163 230 km², se positionne idéalement au centre de la région programme Sud/Est, à une distance d'environ 800 km au sud de la capitale Alger. Elle occupe la frange la plus au centre du Sahara dont elle constitue l'un des plus importants maillons, répartie à travers 21 communes,

IV.1.1. Situation géographique

Elle est limitée :

- ✚ Au nord par les wilayets de Djelfa et d'El Oued
- ✚ A l'est par la Tunisie
- ✚ Au sud par les wilayets de Tamanrasset et d'Illizi
- ✚ A l'ouest par la wilaya de Ghardaïa.

IV.1.2. coordonnées géographiques

Ses coordonnées géographiques sont [31]:

- Altitude : 164 m.
- Latitude : 29° 13' à 33° 42' N.
- Longitude : 3° 06' à 5° 20' E.

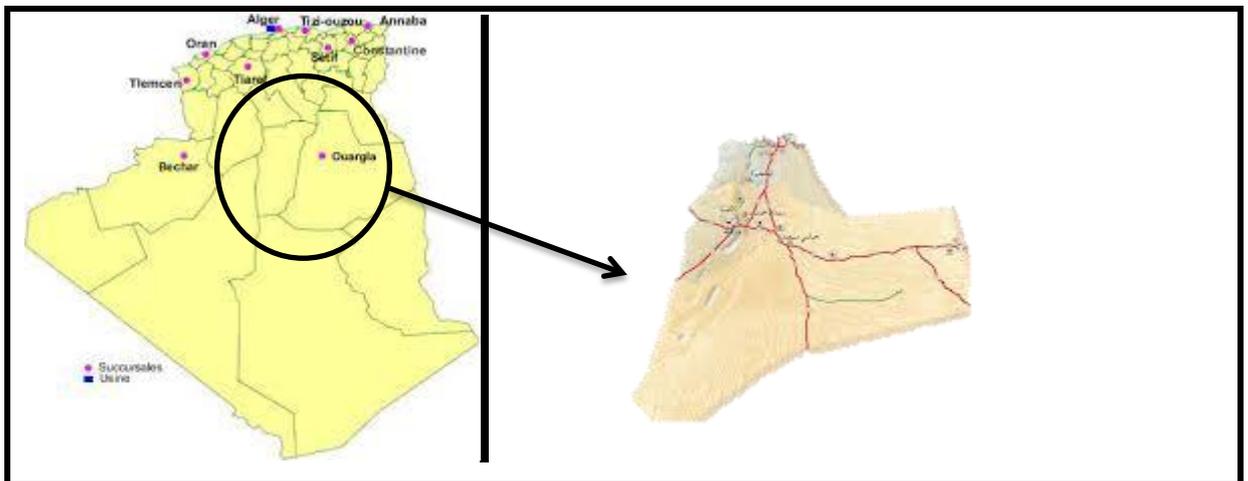


Figure (9) : position géographique de la région d'OUARGLA

IV.1.3. Le relief

Le relief de la wilaya est un sous ensemble de composants géographique dont les principaux sont les suivantes:

- **Le grand erg oriental:** véritable mer de sable ou les dunes pouvant atteindre une hauteur de 200m, il s'étend sur environ les 2/3 du territoire de la wilaya.
- **La Hamada :** qui est un plateau caillouteux, elle est située en grande partie à l'Ouest de la Willaya, et au sud.
- **Les vallées:** sont représentées par la vallée fossile d'Oued Mya et vallée de l'Oued Righ, assez prospérés.
- **Les plaines:** assez réduites, se rencontrent à la limite occidentale de la Wilaya, ces plaines s'étendent du Nord au Sud.
- **Les dépressions:** sont quant à elles peu nombreuses. Elles se trouvent essentiellement dans la région de l'Oued Righ.

IV.1.4. Climatologie

Ouargla est caractérisée par un climat saharien avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées et une forte évaporation. Les températures moyennes mensuelles enregistrées au mois le plus chaud (juillet) sont de 48° C à Touggourt et de 50° C à Hassi Messaoud. Alors que celles du mois le plus froid (janvier) sont de 10,8° C à Touggourt et de 9,7° C à Ouargla.

Les données climatiques de l'année 2016 sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau (3) : Donnée météorologiques de la région d'Ouargla (O.N.M 2016)

2016												Année
Aou	Jui	Juin	Mai	Avr	Mar	Fév	JAN	Déc	Nov	Oct	Sept	Mois
26,9	27,4	24,9	21,3	16,7	9,7	8,1	6,5	8,1	10,5	19,4	24,3	Moy T MIN (°C)
41,3	42,6	41,0	36,0	32,8	25,7	22,7	21,2	19,5	24,5	34,2	38,0	Moy T MAX (°C)
12	10	11	11	14	14	20	25	41	25	19	17	Moy Humidité MIN (%)
32	30	32	35	49	45	57	63	87	67	56	49	Moy Humidité Max(%)
33	32	38	44	37	30	28	24	24	14	30	31	Force de vent Max (KM/H)
0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	Trace	4,5	0,7	4,3	4,6	Cumul Précipitations (MM)
473,1	486,1	479,6	388,3	288,6	259,4	187,0	135,8	85,3	157,7	278,9	301,9	Cumul Evaporation (MM)
352,1	322,1	190,7	259,8	285,6	302,0	249,0	259,8	211,0	228,8	251,0	282,0	c(hc cumule insolation(h)

IV.2. Présentation de la STEP d'Ouargla

La station d'épuration de la ville d'Ouargla appelée (STEP) de SAID Otba, mise en service en 2009, a été réalisée par la société allemande Dwydag pour le compte de l'ONA. Elle se situe dans la région de Saïd Otba au nord de la RN 49.

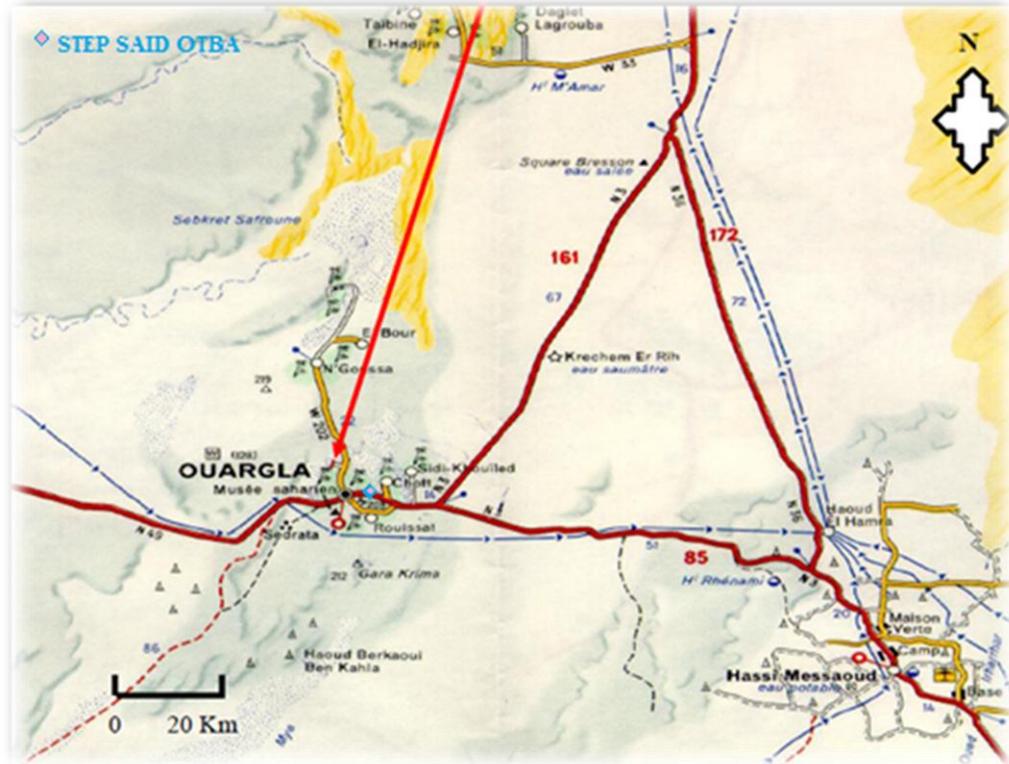


Figure (10) : Situation géographique de la station d'épuration de SaidOtba

Le site d'implantation est limité :

- Au nord : par des exploitations privées.
- Au sud : par un terrain vague se prolongeant jusqu'aux constructions traditionnelles.
- Au sud-est : par des palmeraies.
- A l'ouest : par des terrains nus.

La STEP d'Ouargla, s'étend sur une superficie de 80 ha. Se constitue de 08 bassins devisés en 03 niveaux avec 11 lits de séchage .elle basée sur un procédé biologique de type lagunage aéré. A été Conçue pour une capacité de 400.000 équivalent /habitant, elle est dimensionnée pour un débit moyen de 57000 l/s et traite actuellement un débit de 15 000 l/s. [32]

IV.2.1. La filière de traitement retenue est constituée

- * De prétraitement.
- * D'un premier étage de traitement par lagunage aéré.
- * D'un second étage de traitement par lagunage aéré.
- * D'un troisième étage de traitement par lagunage de finition.
- * De lits de séchage des boues.

IV.2.2. Dimensionnement de la station

- * Capacité: 400000 eq/habi
- * Surface totale:80 ha
- *Nombre de lit de séchage: 11 lits
- * Nombre de bassins: 08 bassins devisés en 03 niveaux

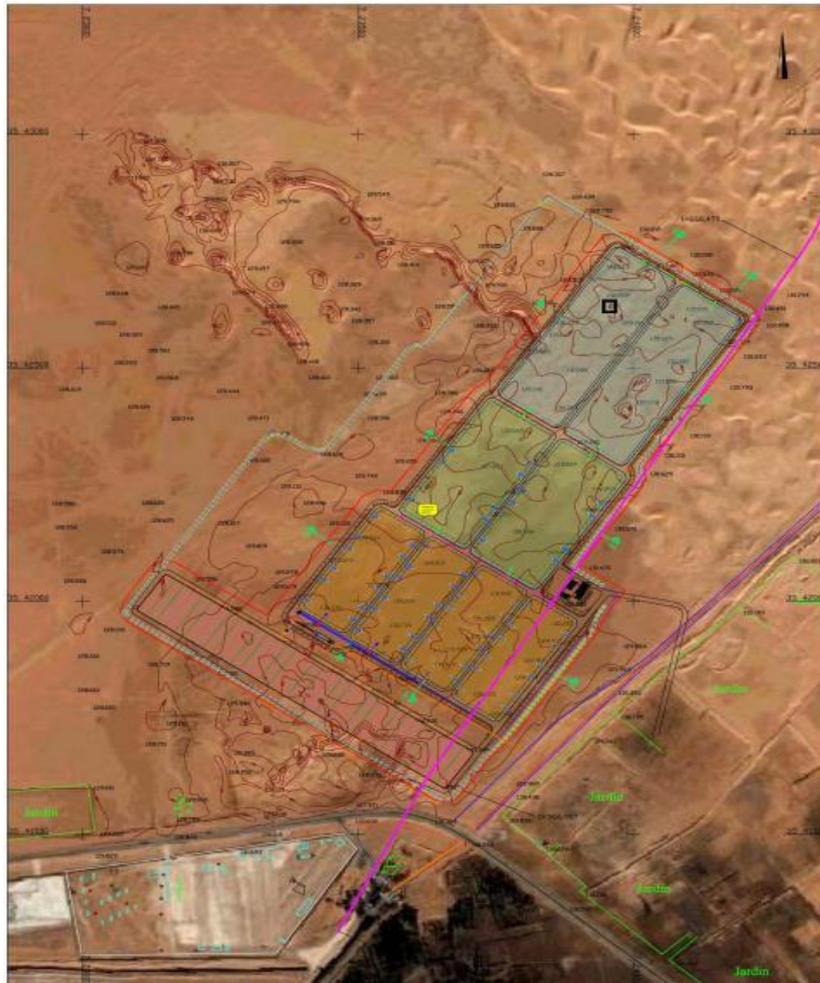


Figure (11): Vue aérienne de la station

IV.2.3. Objectif de traitement de la station : (fixé initialement)

- * Supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées.
- * Protéger le milieu récepteur.
- * Supprimer les risques de remontée des eaux en diminuant le niveau de la nappe phréatique.
- * Se garder la possibilité de réutiliser les effluents épurés.

IV.2.4. Amenée des eaux usées en entrée de la station

Les eaux brutes arrivent à la station d'épuration par refoulement de cinq stations de refoulement.

- ❖ **Refoulement 01** : conduite d'amenée des eaux usées DN 600mm de la station de pompage nœud hydraulique de Chott.
- ❖ **Refoulement 02** : conduite d'amenée des eaux usées DN 315mm de la station de pompage sidi khouiled.
- ❖ **Refoulement 03** : conduite d'amenée des eaux usées DN 400mm de la nouvelle station de pompage Caserne/Hôpital.
- ❖ **Refoulement 04** : conduite d'amenée des eaux usées DN 500mm de la station de pompage Douane.
- ❖ **Refoulement 05** : conduite d'amenée des eaux usées DN 700mm de la station de pompage rote N'Goussa.

Les eaux brutes débouchent dans un canal regroupant les installations de dégrillage et de dessablage.

Un canal venturi est placé à la sortie des ouvrages de prétraitement en vue de mesurer le débit d'entrée.

IV.2.5. Principe de l'épuration et filière de traitement

La station d'épuration des eaux usées d'Ouargla fonctionne sur la base du procédé, de traitement biologique extensif par lagunage aéré. Le procédé de traitement est réalisé en plusieurs étapes, comme suit [32]:

- Amenée des eaux usées à l'entrée de la station : Les eaux brutes arrivent à la station d'épuration par la baie de cinq stations de refoulement des régions du Chott, de Sidi Khouiled, du Kaserne, de Douane et de la route N'Goussa.

- Afin de ne pas perturber le bon fonctionnement de la station d'épuration par des matières lourdes volumineuses ou difficilement biodégradables, et aussi de limiter la fréquence de curage des lagunes, le traitement biologique est précédé d'un prétraitement.
- la phase d'aération où les eaux brutes sont déversées en amont dans 06 bassins de traitement par le biais d'un répartiteur, Dans ces bassins la charge biodégradable de l'effluent est détruite par voie bactérienne en présence d'une aération mécanique du milieu.
- La phase de désinfection, appelées aussi lagunes de finition, son rôle est de réduire à des teneurs très basses les polluants peu ou pas éliminés .
- Le curage des boues se fait mécaniquement par pompage sur les lits de séchage .
- L'évacuation des eaux épurées vers l'exutoire de sebkhet Sefioune.

IV.3. Procédés d'épurations des eaux usées dans la station

IV.3.1 Prétraitement

Le prétraitement comporte les procédés suivants:

IV.3.1.1 Dégrillage

Le système comprend un ensemble de 02 dégrilleurs automatiques (espace entre barreaux de 25 mm) disposés en parallèle. Le dimensionnement de chaque grille 1,80 m de largeur et longueur, l'épaisseur de 10 mm.

Un canal de secours équipé d'une grille statique disposé en parallèle permet de by-passer complètement l'ensemble des prétraitements, en cas de mis hors service des dégrilleurs automatiques.

Les refus de l'ensemble des dégrilleurs sont acheminés au moyen d'une vis de convoyage vers une benne à déchets [33]



Figure (12): dégrilleure

IV.3.1.2 Dessablage

Le dessablage est réalisé par l'intermédiaire de trois canaux en parallèle de 2 m de large et de 23 m de long et la profondeur est de 3,92 m. Chaque ouvrage est équipé d'un pont racleur permettant de ramener les sables décantés dans une fosse placée à l'extrémité de chaque chenal. Une pompe permet l'extraction des sables vers un classificateur à sable. Ce classificateur est un séparateur dans lequel les particules de sables sédimentent et sont extraites du fond par une vis d'Archimède, tandis que l'eau est récupérée en partie supérieure après avoir franchi une cloison siphonoïde. Les sables extraits sont ensuite stockés dans une benne. La station actuellement n'est pas équipée d'un système de déshuilage [32].

IV.3.1.1 Déshuilage-dégraissage

Le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de natures très diverses et leurs quantités s'estime par la mesure des « matières extractibles par solvants ». La teneur des eaux usées en matières extractibles est de l'ordre de 30 à 75 mg/L. vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération. Le temps de séjour dans ce type d'ouvrage est de 5 à 12 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,2 m³ par mètre cube d'eau et par heure. Le plus souvent, les fonctions de dessablage et de déshuilage sont combinées dans un même ouvrage qui met en œuvre les principes de fonctionnement cités précédemment.



Figure (13) : Ouvrage de dessablage et déshuilage combinés

IV.3.1.4 Ouvrage de répartition

Disposé en tête de station en aval des ouvrages de prétraitement, il permet de répartir les eaux usées vers les lagunes du premier étage. Cette répartition est assurée par 06 seuils déversant identiques, de 1.5 m de largeur, munis de batardeaux pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque hors service. [33]



Figure (14): Répartiteur

IV.3.2 Traitement secondaire

Après le prétraitement, les eaux à traiter subissent un traitement par le système de lagunage aéré.

Cette étape est constituée de deux étages d'aération et d'un étage de finition. La STEP de Ouargla est composée de 08 bassins en cascade à trois niveaux où :

IV.3.2.1. Le 1^{er} niveau (Lagunage d'aération)

Les effluents sont répartis entre les 04 lagunes grâce à un répartiteur. Dans l'étage d'aération, l'oxygénation est assurée par des aérateurs de surface (chaque lagune comporte 12 aérateurs). Cette aération mécanique favorise le développement des bactéries qui dégradent la matière organique et assimilent les nutriments. La surface totale de ces lagunes est de 15 hectares (la surface de chaque bassin est de 2.4 hect), et le volume total est de 511200 m³ (le volume de chaque bassin est de 85200 m³) et une profondeur de 3.5 m. Le temps de séjour est 07 jours.

La canalisation gravitaire de liaison (fabriquée en béton) entre répartition et les lagunes de 1^{er} étage, ainsi que la liaison entre deux lagunes d'étages différents est revêtus d'un géomembrane du même type PHD (Polyéthylène haute densité) afin de faciliter la soudure et d'éviter les infiltrations et donc les affaissements. Cette géomembrane est constituée par un

liant bitumineux qui vient imprégner à cœur et surface un géotextile non tissé polyester. Le géotextile confère à la géomembrane ses propriétés mécaniques et le liant l'étanchéité. [33]

Actuellement, il n'y a que deux lagunes qui fonctionnent au niveau de cet étage. [33]

IV.3.2.2. Le 2^{ème} niveau (Lagunage d'aération)

Au deuxième étage, le nombre d'aérateurs (07 aérateurs de chaque lagune) et de bassins est inférieur au premier (02 bassins). Les eaux en cours de traitement transitent de façon gravitaire des lagunes aérées de 1^{er} étage vers les lagunes aérées de 2^{ème} étage (lagunes de décantation). La surface totale de ces lagunes est de 12.2 Hectares (la surface de chaque bassin est de 4.1 hect), et le volume total est de 340800 m³ (le volume de chaque bassin est de 113600 m³) et une profondeur de 2.8 m. le temps de séjours est 05 jours.

Actuellement il y a qu'une seule lagune qui fonctionne au niveau de cet étage.

Curage : les lagunes de deux étages doivent être régulièrement curée afin d'éviter les odeurs et la dégradation du traitement par les dépôts des boues. [33]



Figure (15): bassin d'aération

IV.3.2.3. Le 3^{ème} niveau (lagune de finition)

Les eaux sortant des lagunes aérées du 2^{ème} étage sont dirigées vers deux lagunes de finitions. C'est le lieu de séparation physique d'eau épurée et de la boue biologique, cette dernière est formée après une lente agglomération des matières en suspension (amas de micro-organismes et de particules piégées). La surface totale est 14.8 hectares (la surface de chaque bassin est 4.9 hect), le volume totale est de 222081 m³ (le volume de chaque bassin est de 74027 m³), et une profondeur de 1.5 m. Le temps de séjours est 2- 4 jours.

Actuellement, il y a qu'une seule lagune qui fonctionne au niveau de cet étage. [33]

IV.3.2.3. Traitement complémentaire (Lagune de finition)

Les eaux sortant des lagunes aérées du 2^{ème} étage sont dirigées vers les deux lagunes de finition. C'est le lieu de séparation physique d'eau épurée et de la boue biologique, cette dernière est formée après une lente agglomération des matières en suspensions (amas de micro-organismes et de particules piégées), Actuellement il n'y a qu'une seule lagune qui fonctionne au niveau de cet étage.



Figure (16): bassin de finition

En entrée et sortie, un canal venturi associé à une sonde ultrason de mesure de la hauteur d'eau en amont permet de mesurer de manière continue les débits. [33]



Figure (17): Canal venturi

IV.3.3. Traitement des boues

Le système consiste à sécher les boues décantées au fond des lagunes à l'air libre sur des lits de séchage. Ces lits sont des bassins recouverts de couches successives disposées comme suit :

- Un géomembrane.
- Un géotextile.
- Une couche de gros gravier.
- Une couche de gravier fin.
- Une couche de sable.

Le transport des boues du fond des lagunes vers les lits de séchage est réalisé par des conduites flexibles.

La siccité de ces boues augmente au fur et à mesure grâce à l'évaporation naturelle couplée à un système de drainage. Ce dernier favorise l'évacuation de la plus grande partie de l'eau par simple ressuyage. Cette eau sera évacuée en tête de station d'épuration par l'intermédiaire d'un poste de refoulement.

A l'issue de ce séchage, les boues sont évacuées leur destination finale, mais en décharge ou épandage sur des cultures pour lesquelles elles constituent un amendement organique intéressant. [33]



Figure (18): les lits de séchage

IV.4. Evacuation des eaux épurées

Les eaux épurées sont évacuées gravitairement vers le canal de transfert vers Sebkhath Sefioune.

IV.4.1. Canal de transfert

Les eaux rejetées par la S.T.E.P et les eaux issues des drainages sont conduites d'Ouargla jusqu'à Sebkhath Sefioune située à environ 40 km au nord.

L'ouvrage conduit parallèlement deux débits dans deux chenaux isolés l'un de l'autre, ces chenaux contiennent :

- ❖ Dans la partie Ouest : les eaux usées traitées par la STEP de Ouargla, il s'agit d'eaux claires, suffisamment épurées pour servir éventuellement d'eau d'irrigation.
- ❖ Dans la partie Est : les eaux de drainage salées collectés par les deux grands drains périphériques Ouargla. [33]



Figure (19): la sortie de l'eau épurée

IV.5. Conclusion :

Le lagunage aéré apparaît comme une technique performante dans le traitement des eaux usées sous le climat saharien, comme celui de la région d'Ouargla.

Dans ce chapitre on va étudier les caractéristiques de milieu poreux et le coté granulométrique. Plus la préparation du dispositif expérimentale.

I.1. Caractérisation du sable filtrant :

Les sables utilisés sont des sables de dune de la région de Sidi khouiled d'Ouargla, on a prélevé une quantité d'environ de 200 kg.

I.1.1.L'analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et le pourcentage pondéraux respectifs de différentes familles de grains constituant les échantillons du sable.

[34]

Les analyses granulométriques faite selon la norme française NF P 18- 560 au niveau de laboratoire (LTPS).Et pour obtenir des résultats précisés on a suivre ces étapes :

I.1.2. Matériels utilisés :

- Balance analytique dont la sensibilité est de 0,01 g
- Tamis en métal de série : 0.08 ; 0.125 ; 0.200 ; 0.315 ; 0.500 ; 0.8 ; 1 mm
- Une masse de 1200 g de sable.



Figure (20): série des tamis

I.1.3. Préparation d'échantillon :

On a Pesé 1200 g d'échantillon de sable et faire le séché dans un étuve à 105°C pendant une nuit. Puis ont pesé les tamis après monté les tamis successivement en commençons par le tamis le plus fine, et posé la quantité de 1200 g de sable sèche dans le premier tamis après on agiter à vitesse maximum pendant 15 minute (agitation manuelle), finalement on a pesé chacun des tamis.

À partir de ces résultats, on à calculer la masse de matériau qui a traversé chaque tamis (total du matériau retenu ou non sur tous les tamis de dimension inférieure à celle considérée) et l'exprimer en pourcentage de la masse de matériau utilisé pour l'analyse, le tableau suivant représente les résultats obtenus :

Tableau (4) : résultat de l'analyse granulométrique de sable.

Ouverture Tamis (mm)	Refus partiel (g)	Refus cumulé (g)	Pourcentage refus (%)	Pourcentage passant (%)
1	00	00	00	100
0,80	1,73	1,73	0,145	100
0,500	12,49	14,22	1,18	99
0,315	681,92	696,14	58,01	42
0,200	409,63	1105,77	92,14	08
0,125	36,29	1442,06	95,17	05
0,080	40,43	1146,49	95,54	04

I.1.3. La courbe granulométrique:

A partir des résultats précédents, On à tracer la courbe représentant les poids cumulés en pourcentages en fonction des tailles de maille de chaque tamis sur une feuille semi-logarithmique, la courbe doit être tracée de manière continue.

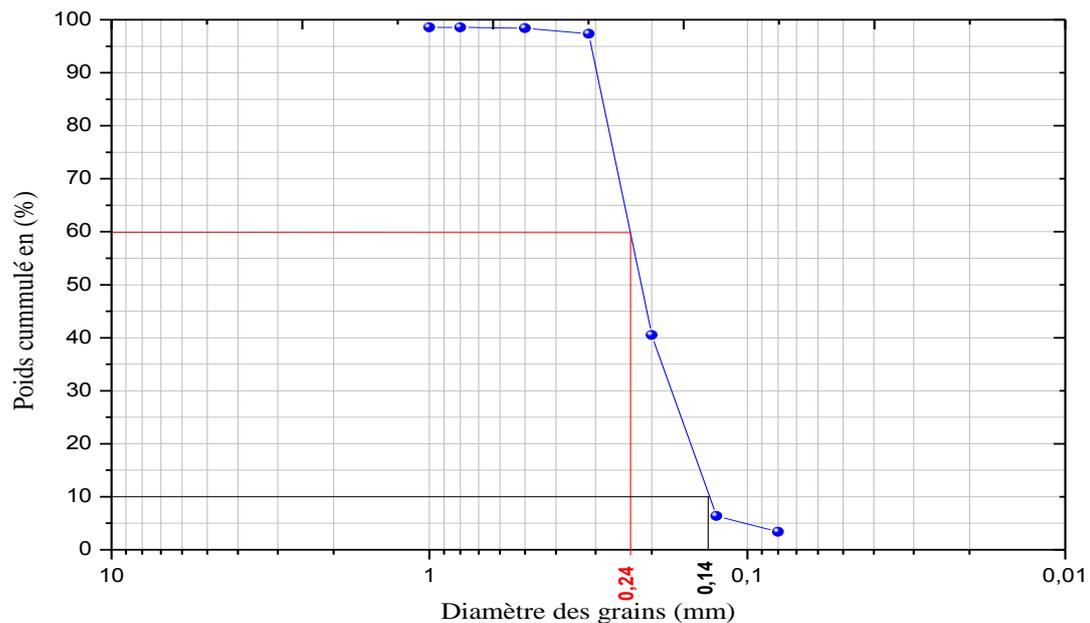


Figure (21): Interprétation de la courbe granulométrique

D'après la courbe, nous pouvons déterminer les paramètres physiques suivants :

✚ Diamètres effectifs (DE) :

D10 est l'ouverture théorique par laquelle passe 10% des particules de sable. Alors que D60 correspond à l'ouverture théorique par laquelle passe 60% des particules de sable.

✚ Coefficient d'uniformité (CU):

Indice d'uniformité de la courbe granulométrique ou d'irrégularité de la distribution de la taille des particules, l'uniformité d'une courbe est alors généralement déterminée par rapport à la référence suivante :

$Cu < 2 \Rightarrow$ la granulométrie est dite uniforme.

$Cu > 2 \Rightarrow$ la granulométrie est dite variée.

(CU) est un rapport entre le diamètre qui laisse passer 60% des particules et celui qui en laisse passer 10%, soit défini par :

$$CU = \frac{D60}{D10} = \frac{0,24}{0,14} = 1,71$$

$1,71 < 2$ alors notre granulométrie est très série et uniforme

I.1.4. La perméabilité théorique (la loi de DARCY):

$$K = CU \times (d10)^2$$

$$K = 1.71 \times (0.14)^2 = 0.033516 \text{ mm /s} = 3.3516 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

I.1.5. Perméabilité de sol :

L'essai a pour but de déterminer en laboratoire, le coefficient de perméabilité de l'eau, des sols saturés. Ce coefficient est appelé aussi coefficient de Darcy, peut se déterminer suivant deux méthode :

- A charge variable (conseillé pour les matériaux de faible perméable comme les argiles)
- A charge constante (conseillé pour les matériaux perméable comme les sables de dune).

Dans notre cas on à suivre la deuxième méthode car pendant l'essai, le niveau de l'eau est maintenu constant dans le tube piézométrique.

I.1.6. L'essai :

Ouvrir les robinets du panneau et du perméamètre et déclencher aussitôt le chronomètre et alimenter le tube piézométrique de manière à y maintenir le niveau de l'eau est constant.

Après quelque minute, arrêter le chronomètre et mesurer le volume de l'eau ayant traversé l'échantillon. Cette mesure pourrait se faire à partir de l'eau apportée dans le tube, en amont.



Figure (22): appareil de mesure de perméabilité

La perméabilité est déterminée par la loi de DARCY :

$$K = \left(\frac{L}{T} \right) \times \left(\frac{V}{S} \right) \div h_0$$

Avec :

K : coefficient de perméabilité de sol.

L : la hauteur entre les orifices d'entrée et de sortie du perméamètre.

t : temps pour recueillir le volume d'eau.

V : volume d'eau ayant traversé l'échantillon pendant le temps t.

S : section de l'échantillon.

h₀ : niveau constant de l'eau (100) dans le tube ou la charge hydraulique est constant.

$$K = \left(\frac{11,6}{20} \right) \times \left(\frac{400}{183,85} \right) \div 22 = 5,785 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$$

La perméabilité d'un sol sableux est variée entre 10^{-1} et 10^{-3} cm/s.

Conclusion :

Nous avons comparé le coefficient de perméabilité de sol k calculé (utilisé dans le filtre) entre deux méthode expérimentale et théorique, On a constaté une léger différence du à l'utilisation de coefficient d'uniformité dans la méthode théorique.

Dans notre étude nous avons utilisé un dispositif expérimental (filtre à sable vertical drainé) pour voir l'effet de filtration sur l'amélioration de qualité des eaux.

I.2.1. Description de dispositif expérimentale

Pour améliorer la qualité des eaux épurés de la STEP de SAID Otba nous avons utilisé un dispositif expérimentale composé essentiellement par une conduite (PERV) cylindrique de diamètre égale 0,7 m avec une hauteur de 1,5m, posé sur une base de ciment, on a fait une conduite d'évacuation en PVC de diamètre de 50 mm à la sortie de dispositif pour obtenir une eau filtré.

Le filtre a été rempli manuellement par plusieurs couches, deux couches de gravier d'épaisseur de 10 cm dont la surface et le fond de filtre, entre les deux couches il y a une couche de sable de dune spécialement tamisé et préparés d'épaisseur 80 cm, le schéma suivant illustre le dispositif :

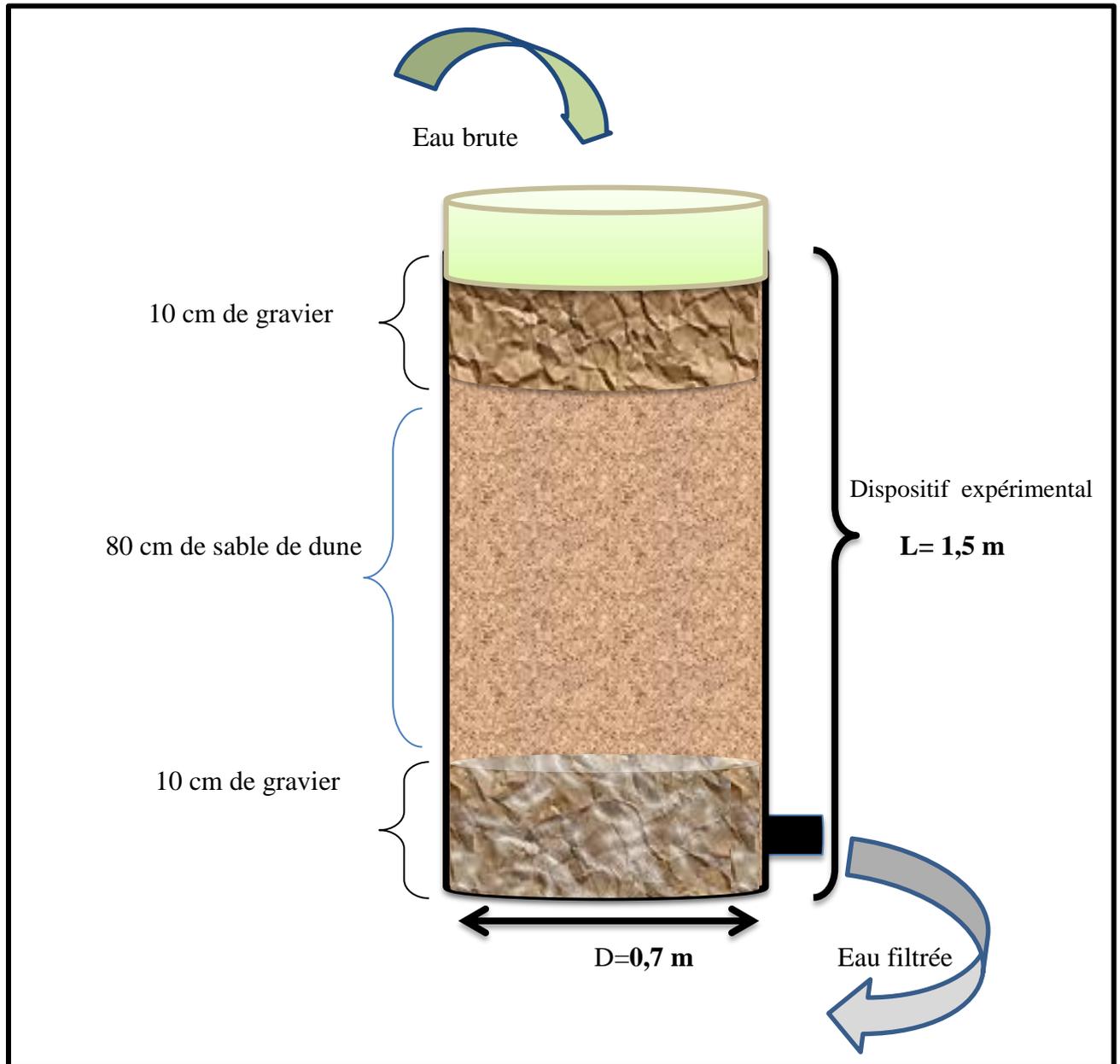


Figure (23): Coup de dispositif de filtre.

Pendant la construction de ce dispositif on a lavé chaque couche de matériaux posé à l'intérieure du filtre, puis on a nettoyé toute le filtre par l'eau de forage pour assurer que le filtre diminue la salinité de l'eau qui passe.



Figure (24): lavage de couches de sol de filtre

I.2.2. Protocole expérimentale

Notre protocole expérimentale est basé sur l'utilisation des eaux épurées de la STEP comme des eaux brutes alimenté un filtre à sable verticale drainé par des différents volumes des eaux brutes et collecté ces eaux a la sortie de filtre pour voire le rendement opératoire.

I.2.4. Lavage de filtre

Le lavage du filtre est une opération très importante. Destiné à détacher les impuretés et pour éviter le problème de l'accumulation de MES et afin d'éliminer toutes les impuretés les fractions du gravier et sable de notre filtre, ont été lavées ce dernier par l'eau de forage, donc il faut nettoyer le filtre avant chaque prélèvement et mesuré la salinité avant chaque analyse cela vérifier la fiabilité du filtre.

I.2.5. Mode de fonctionnement

La partie de filtration se fait à partir des eaux épurées provenant de bassin de finition de la station d'épuration de Saïd Otha, ces eaux sont évacuées vers le rejet de Sebkh SEFIOUN. L'eau versée (il convient d'ouvrir le robinet) est passe lentement et s'infiltre en traversant le sable et le gravier. L'eau filtrée s'écoule naturellement vers la conduite inférieure de filtre.

I.2.6. Débit d'alimentation

L'écoulement de l'eau usée à travers le filtre pendant un certain période, provoque une variation de la vitesse en fonction du débit pendant le fonctionnement du filtre, On va

calcule le débit d'alimentation du filtre puis on détermine la vitesse et répète l'opération quatre fois, ça nous donne une note sur la classification du filtre et la comparaison de débit et de vitesse de l'eau épurée.

Le débit est déterminé par le remplissage du filtre 20 cm d'eau usée épurée de la STEP à partir de matériaux filtrants, qui égale 120 L d'eau rempli par un bidon de 12 L, le temps nécessaire pour vider le filtre c'est 70 min et 43 s, est déterminé à l'aide d'un chronomètre. Dans la deuxième fois on remplit le filtre 40 cm et ainsi de suite on répète cette opération et à chaque fois on ajoute 20 cm.

$$Q = \frac{V}{T} = \frac{120}{4243} = 0,028 \text{ l/s}$$

V : volume d'eau rempli dans le filtre (l)

T : temps de vidange (s)

- **Section transversal du filtre**

$$S = r^2 \times \pi = (0,35)^2 \times 3,14 = 0,38465 \text{ m}^2$$

r : rayon de filtre

I.2.7. La vitesse du filtre

Nous avons un débit de 0,028 l/s avec une section transversal du filtre de 1,5386 m² ce qui nous donne une vitesse d'écoulement égale à $7,33 \times 10^{-5}$ m/s.

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{0,000028}{0,38465} = 7,33 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

V : vitesse du filtre (m/s)

Q : débit d'alimentation du filtre (m³/s)

S : section transversal du filtre (m²)

Et au cours de ces opérations ont déterminé les débits et les vitesses avec la même manière, les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau (5) : variation de vitesse on fonction de débit

Hauteur d'eau brute (cm)	Volume de l'eau brute (l)	Durée (s)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)
120	125	4243	0,028	$7,65 \times 10^{-5}$
140	150	7800	0,0192	$4,998 \times 10^{-5}$
160	170	13620	0,0162	$3,244 \times 10^{-5}$
180	185	16740	0,0110	$2,87 \times 10^{-5}$

I.2.8. Conclusion :

D'après le tableau précédent on observe que dans chaque augmentation de volume d'eau cause une longue durée pour la vidange de filtre avec une diminution remarquable de débit et de vitesse.

Cette diminution est du à cause d'accumulation des matières en suspension

On ne conclue que notre filtre :

- Notre filtre est lent
- L'eau s'infiltré bien lorsque le temps de rétention est long
- Dans chaque fois on utilise le filtre, le filtre perte sa fiabilité

II.1. Introduction

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents matériels et méthodes d'analyses et prélèvement des échantillons des eaux épurées par le filtre à sable verticale drainé.

II.2. Méthode d'analyse

Dans chaque station d'épuration des eaux usées, il est très important d'effectuer les différentes analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau brute et de l'eau épurée, pour identifier la nature de polluant avant l'évacuation dans le milieu naturel. Dans cet essai nous intéressons d'effectué deux analyses : une analyse des eaux brutes eaux usée épurées et une autre analyse des eaux filtrées à la sortie de filtre. La mesure de ces paramètres a été réalisée au niveau de laboratoire de la STEP.

II.3. Prélèvement des échantillons

Ces prélèvement doivent être conservés dans des bouteilles en plastique d'une capacité de 250 ml, c'est le volume nécessaire pour faire une analyse complète, ces bouteilles préalablement sont lavés et rincés sur place et au moment de la prise d'échantillon et durant une durée ne dépasse pas 48 heure il est mieux de fait l'analyse des échantillons est effectuée le jour même du prélèvement. Pour faire notre travail d'analyse facilement, et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs. Il convient d'étiqueter ou bien numéroter les bouteilles d'échantillon.

II.4. Les paramètres physico-chimiques

Les paramètres mesurés sont :

- température (T)
- potentiel hydrogène (pH)
- Nitrite (NO_2^-)
- Nitrate (NO_3^-)
- phosphore (PO_4^{3-})
- matière en suspension (MES)
- oxygène dissout demande chimique en oxygène (DCO)
- demande biochimiques en oxygène (DBO_5).

II.4.1 Détermination de pH (Détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau)

La mesure de ce paramètre est réalisée à l'aide d'un pH mètre de poche, La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil. La méthode a consisté à plonger l'électrode dans l'échantillon contenu dans un bêcher, dans lequel un agitateur magnétique homogénéise l'échantillon.

Après stabilisation de l'affichage sur le cadran du pH mètre, nous avons noté le pH.

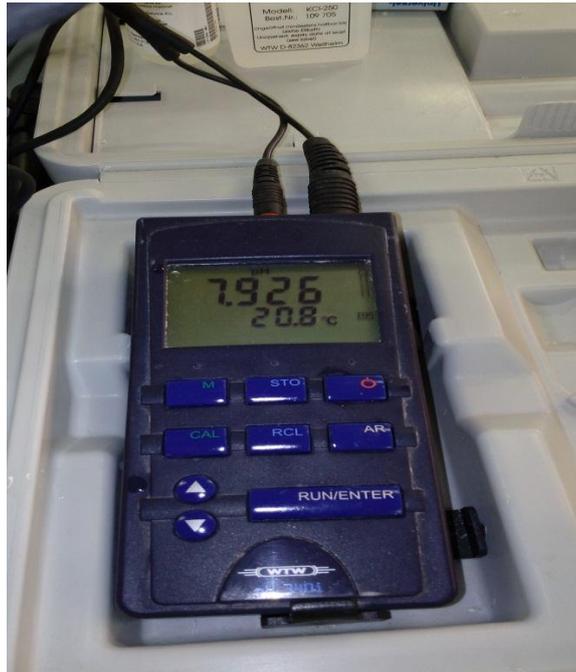


Figure (25):PH mètre

II.4.2 Détermination de conductivité électrique et de salinité

La valeur de la conductivité électrique est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée. Plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. La conductivité d'une solution est affectée par la température de la solution. Donc il est nécessaire de lier les mesures de conductivité à une température de référence : 25°C

L'unité de conductivité est $\mu\text{S}/\text{cm}$, Pour sa mesure, à l'aide du Conductimètre de poche de type Cond 340 i

II.4.3 mesure de température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. La température est déterminée en même temps que la conductivité électrique par le conductimètre.



Figure (26): conductimètre

II.4.4 Détermination de l'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose. Pour déterminer la concentration en oxygène des eaux, nous avons effectué la mesure à l'aide d'un oxymètre de poche Oxi340i



Figure (27):oxymètre

II.4.5 Matière en suspension

Est pour but de déterminer la teneur de matière en suspension d'une eau usée.

Principe :

L'eau est filtrée et le poids de des matières retenus est déterminé ce teneur par la déférence de pesé.

On calcule de la teneur en MES selon l'expression :

$$\text{MES} = 1000(M1-M0)/V$$

MES : La teneur en MES en (mg/l).

M1 : La masse en (mg) de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 150°C

M0 : La masse en (mg) de la capsule vide.

V : Volume de la prise d'essai en (ml).



Figure (28):Pompe à vide

II.4.6 La demande biologique en oxygène (DBO₅)

Principe :

La demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) c'est la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement des micro-organismes, pendant 5 jours à 20 °C, La mesure de DBO₅ a effectué à l'aide d'un système de mesure OXI TOP. Ce système est plus pratique, rapide et donne des résultats représentatifs. . Elle est exprimée en mg O₂/l.

Procédure :

La détermination de la DCO est primordiale pour connaître les volumes à analyser pour la DBO₅.

Volume de la prise d'essai (DBO₅) = DCO (mg/l) × 0.80, pour les eaux urbaine.

DBO₅ (mg/l) = Lecteur × Facteur.

II.4.7 La demande chimique en oxygène (DCO)

L'effet principal d'un rejet de matières organiques biodégradables dans le milieu naturel est la consommation d'oxygène qui en résulte. La détermination de la DBO a donc pour but d'évaluer cette nuisance et d'en estimer les effets.

Principe :

Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acidifié par acide sulfurique (H_2SO_4), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) et de sulfate de mercure ($HgSO_4$).

Réactif :

Réactifs DCO (LCK 314) gamme (15 à 150 mg/l) pour les faibles concentrations.

Réactifs DCO (LCK 114) gamme (150 à 1000 mg/l) pour les fortes concentrations.

La teneur en DCO est donnée en mg/l.



Figure (29):spectrophotomètre

Figure (30):Réactif DCO

Figure (31): réacteur DCO

II.5. Conclusion :

Il est très important d'effectuer des analyses de l'eau brute et de l'eau filtrée afin de déterminer l'évaluation des différents paramètres physicochimiques, cela permettant d'évaluer le niveau de pollution et le rendement d'élimination du pollution pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de filtre.

III.1. Introduction :

Dans cette partie nous traiterons les résultats de la qualité de l'eau brute et eau filtrée. Afin de comparer ces résultats d'analyse de l'eau brute de la station d'épuration Said Otba au celle d'eau filtrées, nous avons effectué les analyses de différents paramètres de pollution.

III.2. Paramètres physico-chimiques:

Sur la base d'un ensemble de valeurs observées pour chaque paramètre, nous avons calculé la moyenne et le rendement pour préciser les résultats.

Les tableaux suivants présentent les résultats d'analyses des eaux épurées et filtrées :

Tableau (6) : Résultats d'analyses des eaux épurées

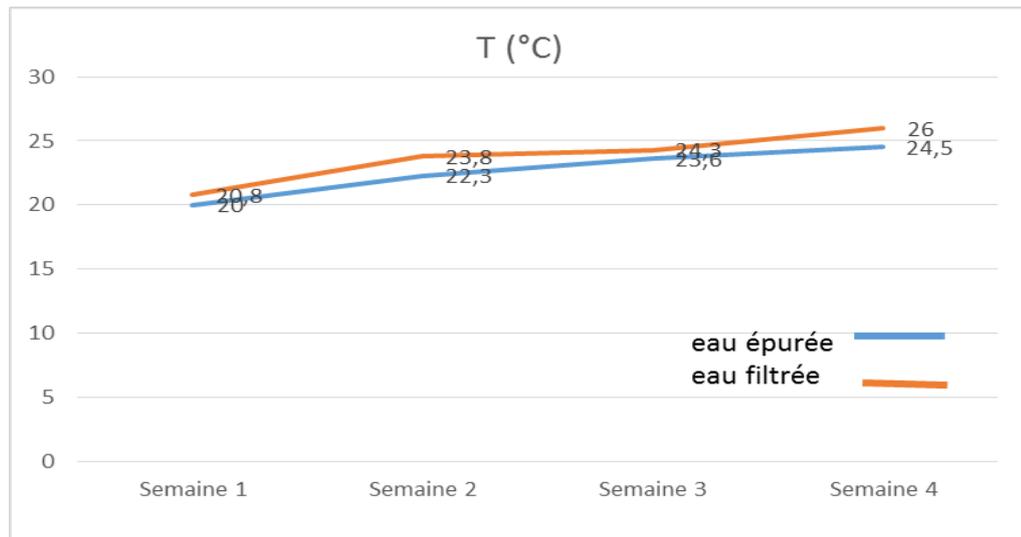
	T	Ph	CE	Sal	O ₂	DCO	DBO ₅	MES
Semaine 1	20.8	8.34	12190	7000	5	101.14	15	115.67
Semaine 2	23.8	7.33	13830	8100	2.7	120.32	16	112.04
Semaine 3	24.3	8.05	14680	8600	4.9	71	12.5	71
Semaine 4	26	8.33	15200	9000	2.2	159.4	15	90
moyenne	23.72	8.01	13975	8175	3.7	112.71	14.62	97.17

Tableau (7) : Résultats d'analyses des eaux filtrées

	T	Ph	CE	Sal	O ₂	DCO	DBO ₅	MES
Semaine 1	20	7.67	2900	1400	4.6	2.03	0	5
Semaine 2	22.3	7.17	2960	1500	2.4	5.12	0	4.26
Semaine 3	23.6	8.17	2960	1400	4.3	2.15	0	11
Semaine 4	24.5	8.04	3230	1600	2	7.96	0	3
moyenne	22.6	7.76	3012.5	1475	3.32	17.25	0	5.81

III.2.1. Evolution de la Température:

Les valeurs de la température des eaux usées épurées varient entre une valeur maximale de (26°C) et une valeur minimale (20.8°C) avec une moyenne de (20.7°C), et pour les eaux filtrées les valeurs des comprise entre (24.5 C°) et (20 °C) avec une valeur moyenne de (22.2°C) (Figure 32).



Figure(32) : variation de la température

Les valeurs de ce paramètre sont en relation avec les conditions climatiques locales et plus particulièrement avec la température de l'air et les phénomènes d'évaporation d'eau. On remarque une faible diminution de température des eaux filtrées par rapport les eaux filtrées à cause des conditions de filtration.

III.2.2. Evolution du pH :

Les valeurs obtenues sont représentés dans la figure suivante.

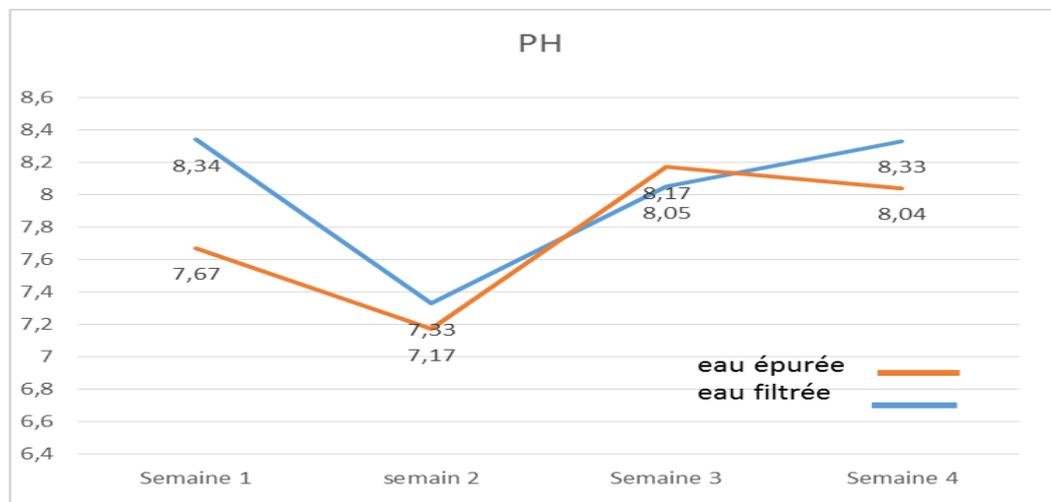


Figure (33) : Variation de PH des eaux épurées et des eaux filtrées

Les valeurs du pH mesurées varient pour les eaux épurées entre 7.33 et 8.33, avec une valeur moyenne de 7,7. Et varie entre 7.17 et 8.17 pour les eaux filtrées avec une valeur moyenne de 8,01

On remarque que les résultats du pH des eaux épurées montrent que ces valeurs répondent aux normes de rejet Algériennes et ceux des eaux filtrées ne se différent pas beaucoup aux PH des eaux épurées.

III.2.3. Evolution de la conductivité :

Les résultats que nous avons obtenus sont rassemblés dans la figure (34).

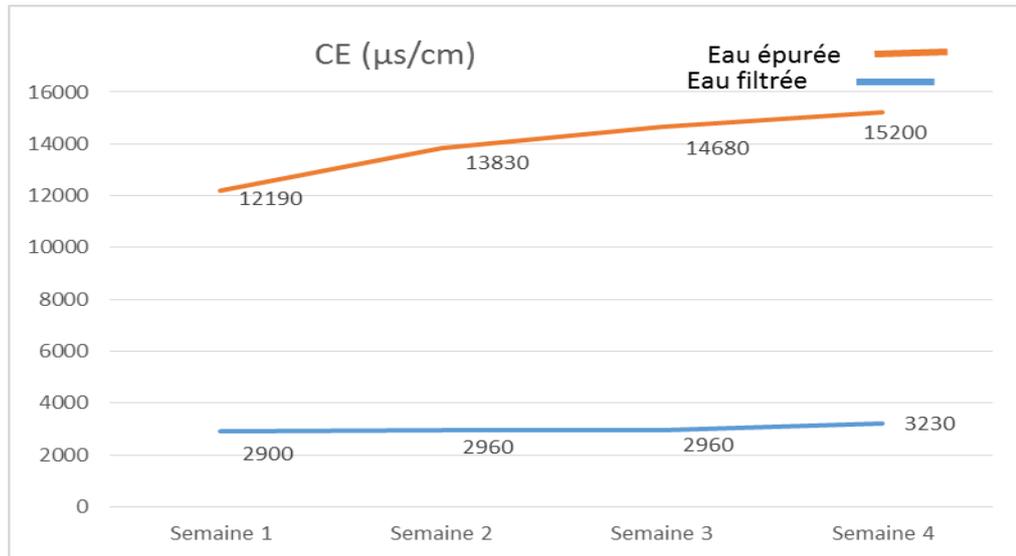


Figure (34) : variation de conductivité des eaux épurées et des eaux filtrées

Les valeurs de la CE des eaux épurées comprise entre (12190 µs/cm) et (15200 µs/cm), et entre (2960 µs/cm) et (33300 µs/cm) pour les eaux filtrées, avec des valeurs moyennes mesurées de ce paramètre sont de l'ordre de (13975 µs/cm) pour les eaux épurées, et de (3012,5 µs/cm) pour les eaux filtrées.

La variation de ce paramètre dépend à la qualité des sels (solubles ou peu soluble) contenues dans les eaux qui arrivent à la STEP.

A la sortie de filtre on remarque une diminution très importante de la conductivité d'eau avec une faible variation, cela montre la fiabilité de filtre pendant toute la durée de notre travail.

III.2.4. Evolution de la salinité (Sal) :

Les résultats que nous avons obtenus sont rassemblés dans la figure (35).

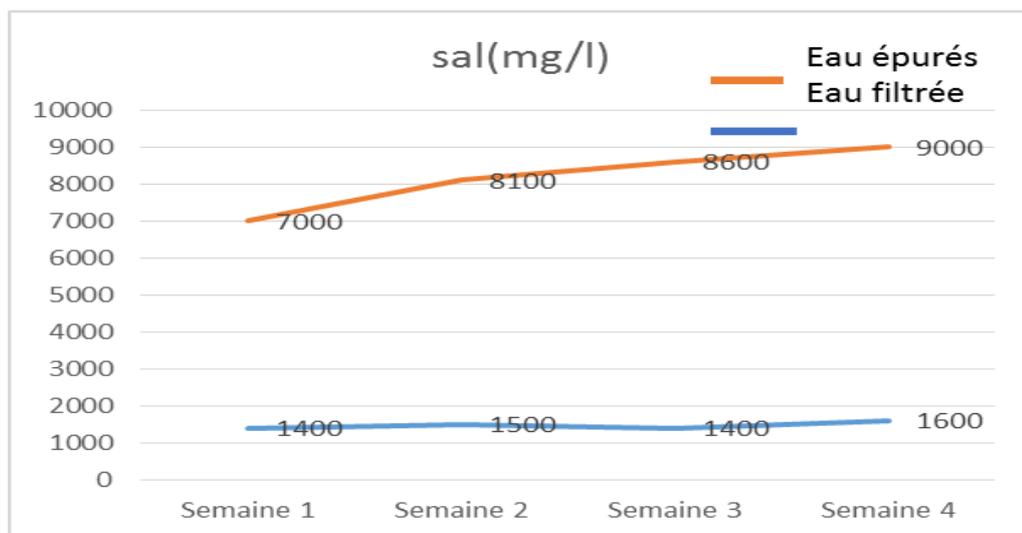


Figure (35) : variation de salinité des eaux épurées et des eaux filtrées

Les résultats de la salinité montrent que les valeurs de ce paramètre varient dans un intervalle entre (7000 mg/l) et (9000 mg/l) pour les eaux épurées avec une moyenne de (8175 mg/l). Tandis que pour les eaux filtrées les valeurs de la salinité, elles se situent entre (1400 mg/l) et (1600 mg/l), avec une moyenne de (1475 mg/l).

D'une façon générale, les valeurs moyennes de la salinité des eaux filtrées est inférieur à celle des eaux épurées dû principalement à la sédimentation des sels par les particules de sable.

III.2.5. L'oxygène dissous (O₂) :

Les résultats que nous avons obtenus sont rassemblés dans la figure (36).

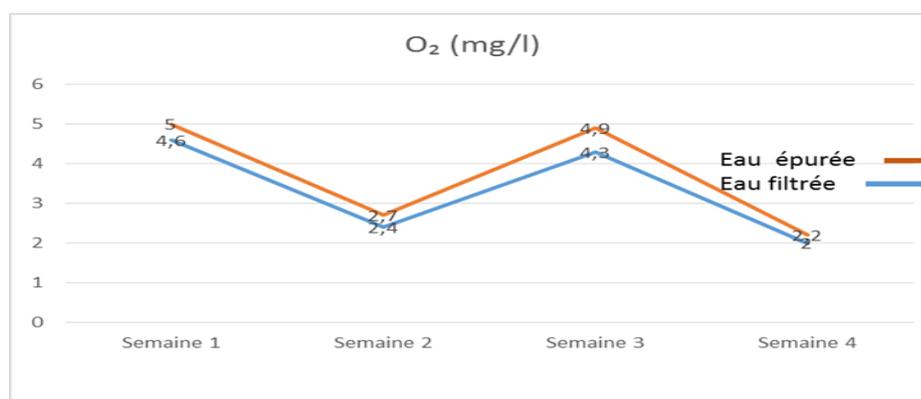


Figure (36) : variation d'O₂ des eaux épurées et des eaux filtrées

D'après le graphe précédent, On remarque que les teneurs en oxygène dissous varient dans les eaux épurées entre (2.2 mg/l) et (5 mg/l), dont la concentration moyenne est égale à (3.7mg/l),

Pour les eaux filtrées, la valeur d'O₂ dissous obtenue varie entre (2 mg/l) et (4.6mg/l), avec une valeur moyenne de 3.32 mg/l.

On remarque une concentration d'O₂ est dû à la bonne aération des eaux nécessaire pour le développement des microorganismes aérobies au niveau du bassin d'aération, assurant l'oxydation des matières organiques, ce qui conduit à une bonne épuration biologique des eaux usées.

On observons aussi une variation d'O₂ dissous enregistré à l'eau épurée, caractérisant une arrivée d'eau usée riche en matières organiques et inorganiques dissoutes ainsi que la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface due à la présence des graisses, des détergents...etc.).

Après la filtration on remarque une faible diminution d'O₂

III.2.6. Demande chimique en oxygène (DCO) :

La figure (37) présente la variation des valeurs de DCO de l'eau épurées de la STEP d'Ouargla qui situé entre une valeur maximum de 159.4 mg/l et un minimum de 71 mg/l avec une moyenne de 112.96 mg/l. En revanche, les valeurs de ce paramètre des eaux filtrées varient entre un maximum de 7.96 mg/l et un minimum de 2.03 mg/l, avec une moyenne de 4,315 mg/l, On observe que les résultats sont parfaits.

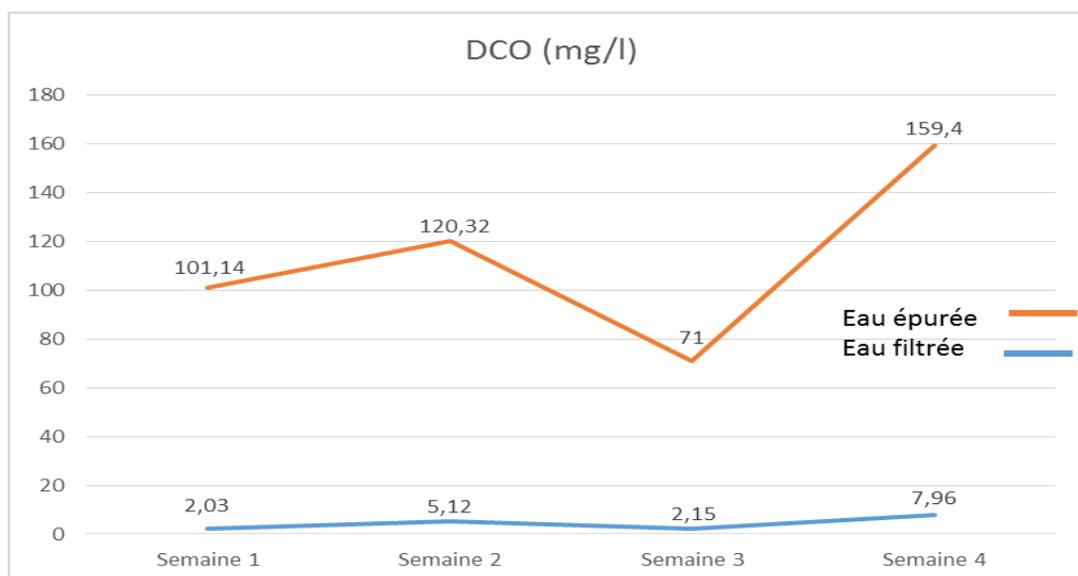


Figure (38) : variation de DCO des eaux épurées et des eaux filtrée

III.2.7. Demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

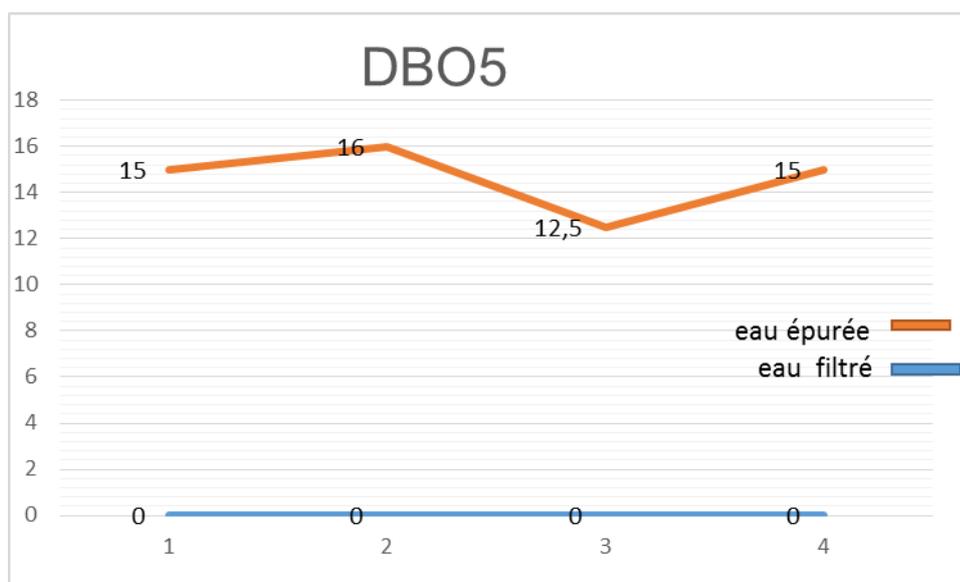


Figure (39) : variation de DBO₅ des eaux épurées et des eaux filtrées

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que la moyenne des valeurs de la DBO₅ épurées est de 14.62 mg/l et celles de l'eau filtrée est de 0 mg/l.

Cette dernière valeur est inférieure aux normes de rejets mentionnées dans la directive des communautés Algériens (30 mg/l)

La figure (39) présente l'évolution des teneurs de la DBO₅ en fonction du temps et les valeurs enregistrées de l'eau brute sont largement inférieure à celle de l'eau brute.

On constate une élimination totale des concentrations en DBO₅ de l'eau brute s'expliquent par la nature des eaux résiduaires de la région. Cependant, on constate que le maximum de pollution organique biodégradable est éliminé par le filtre. Ce qui correspond à un taux d'abattement moyen de 100%

Rapport DCO/DBO₅

Résultats varient entre un maximum de 3.4 et un minimum de 2 avec une moyenne de 2.9 , et la diminution de la DCO à la sortie de la station s'interprète par la dégradation de la matière organique. Les différences des résultats obtenus par la DCO et la DBO₅ constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables, cette présente par le rapport DCO/DBO.

III.2.8. Matières en suspension (MES) :

Les résultats que nous avons obtenus sont rassemblés dans la figure suivante :

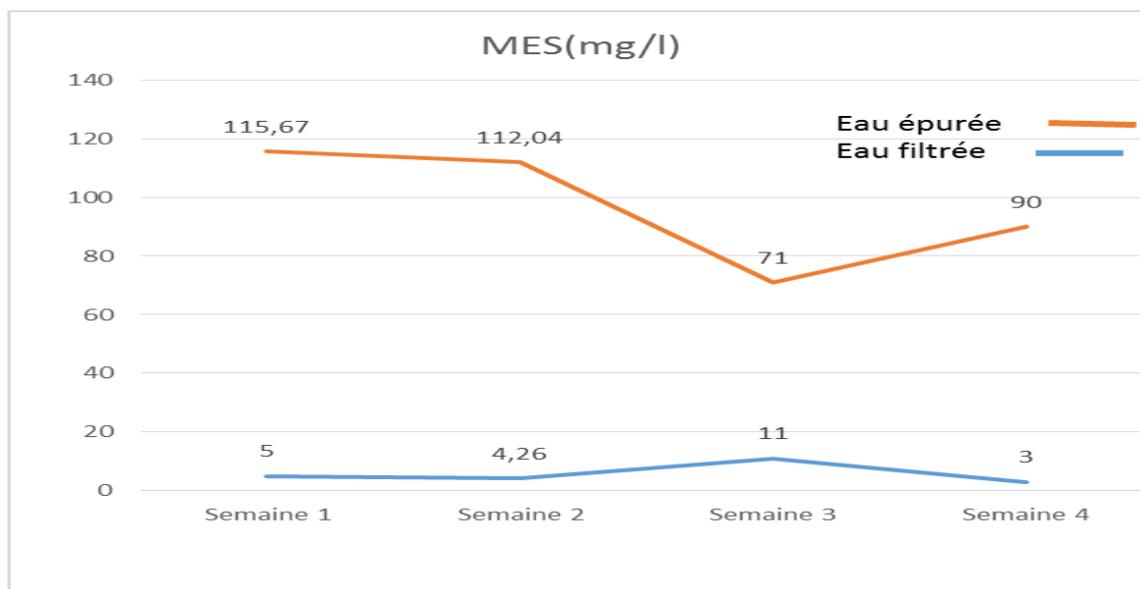


Figure (40) : variation de MES des eaux épurées et des eaux filtrées

D'après les résultats obtenus nous observons que les valeurs de MES varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 71 mg/l à un maximum de 115.67mg/l pour les eaux épurées et entre 11 mg/l et 3 mg/l pour les eaux filtrées.

Par comparaison entre les valeurs de MES des eaux brutes qui ont une moyenne de 97.17 mg/l et celles des eaux filtrées qui sont de l'ordre de 5.81mg/l

L'abattement de MES peut être interprété par la décantation des matières en suspension.

La variation des rendements moyennes mensuelles de MES est en fonction de certains facteurs (la charge organiques des effluents, climat, saison... etc).

III.3. Rendement de filtre :

Afin d'évaluer l'efficacité de notre dispositif, nous avons calculé le rendement de l'élimination de la DCO et DBO₅ et MES

Tableau (8) : rendement de l'élimination de la DCO et DBO₅ et MES

	DCO			DBO			MES		
	Eau épurée	Eau filtrée	R(%)	Eau épurée	Eau filtrée	R(%)	Eau épurée	Eau filtrée	R(%)
Semaine 1	101,4	2,03	97,992881	15	0	100	115,67	13,2	88,588225
Semaine 2	120,32	5,12	95,744680	16	0	100	112,04	15,26	86,379864
Semaine 3	71	2,15	96,971830	12,5	0	100	71	11	84,507042
Semaine 4	159,4	7,96	95,006273	15	0	100	90	3	96,666666
Moyenne			96,428916			100			89,035449

Le rendement d'élimination de la DCO est de l'ordre de 91% ce qui prouve l'efficacité du traitement biologique à boues activées.

- Le rendement d'élimination de la DBO₅ de l'épuration est de 96,63%, ce qui signifie que l'élimination de la pollution organique est efficace.
- Elle est très utilisée pour le suivi des effluents urbains. Elle est exprimée en mg O₂/l.

III.4. Conclusion :

On constate qu'il y a une diminution remarquable dans les paramètres étudiés notamment dans DCO, DBO₅, et MES.....etc

Cela est dû à la structure poreuse de la matière filtrante qui agit comme un bon tamis, qui a retenu les certaines espèces tel que MES et les sels.

CONCLUSION

GENERALE

Au terme de ce travail dont l'objectif l'amélioration de la qualité des eaux usées épurées de la station d'épuration de Said Otba d'Ouargla par filtre à sable verticale drainée, et pour obtenir des résultats plus précisés nous avons réalisé un dispositif filtrant qui a été rempli par le sable de dune et le gravier.

Notre étude a été entièrement consacrée à la présentation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux avant et après la filtration, et à la lumière de ces résultats on peut conclure que:

- Le sable utilisé est un sable de dune locale, ce sable assure une bonne filtration grâce à ses particules fine qui permet la séparation de grande quantité de matière en suspension, ainsi l'élimination considérable de bactérie.
- Par comparaison des résultats des analyses physico-chimique, on a observé une diminution considérable des paramètres physiques tels que le PH, la conductivité. Ainsi que les paramètres chimiques tels que le DBO₅, DCO et les matières en suspension.
- Une augmentation importante du rendement de la station après l'utilisation du filtre environ 96% pour DCO, 89% pour MES et 100% pour le DBO₅.

En fin pour avoir une bonne qualité des eaux épurées après leur filtration on doit respecter les recommandations suivantes :

- Assurer un temps de séjour adéquat des eaux dans le filtre pour avoir des bons résultats.
- Faire le lavage du filtre périodiquement pour éviter le colmatage des pores.