

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**UNIVERSITE d'ADRAR**  
**FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE**  
**DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIERE**



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME**  
**DE MASTER EN CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT**

## **Thème**

**Traitement des eaux usées par filtration sur sable**  
**(Etude comparative)**

Soutenu le : Mai 2016

**Présenté par :**

M<sup>me</sup> BAKKARI Meriem

M<sup>elle</sup> KERROUM Siham

**Encadreur :**

Mr. SLIMANI Said

**Co-encadreur :**

Mr. DAHOU Mohamed el Amine

**Membres de jury :**

**Président :**

M<sup>me</sup> DJEDID

**Examineurs :**

Mr BERRECHID Abdesselam

Année Universitaire : 2015 / 2016

## Remerciements

*Au terme de ce modeste mémoire, je tien à remercier notre dieu ; qui nous a donné le courage pour arriver au bout de nos études*

*Je voudrais aussi exprimer toute ma gratitude et mes remerciements à :*

*Mr. SLIMANI Saïd pour son encadrement, son aide, ses encouragements et ses conseils.*

*Mr. DAHOU Mohamed El-Amine pour son aide, ses encouragements et ses conseils.*

*Groupe de travail des laboratoires : I.N.S.D, A.N.R.H et laboratoire chimique d'université, pour leurs explications et collaborations.*

*Tous les amis qui travaillent avec nous dans laboratoire pour leur collaboration.*

*En fin, mon profonde gratitude aux membres du jury qui vont juger ce travail.*

**SIHAM + MERIEM**

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A celle qui attend mon retour à chaque coucher de soleil  
A celle qui m'a comblé d'affection, d'amour et de tendresse,  
et qui a veillé à culte de mon berceau pour consoler mes cris  
de douleurs, et qui n'a jamais cessé de le faire.*

*Ma mère*

*Ouvrant ses bras dans les sombres moments et m'aidant à  
aller de l'avant vers le meilleur, et qui m'a tant soutenu  
moralement et matériellement*

*Mon père*

*A mes très chères frères : Idrisse et Moulay omar cherif.*

*Ames très chères sœurs :*

*Fatima ; Nadjat ; Kabira et Ikram.*

*A mon marie Hossin*

*A mon binôme Siham*

*A toute la famille ; sans oublier tous mes amis surtout*

*Amal, Zohra, Zinab, Hadjar, Halima ;*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.*

**Meriem**



## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A celle qui attend mon retour à chaque coucher de soleil  
A celle qui m'a comblé d'affection, d'amour et de tendresse,  
et qui a veillé à culte de mon berceau pour consoler mes cris  
de douleurs, et qui n'a jamais cessé de le faire.*

### *Ma mère*

*Ouvrant ses bras dans les sombres moments et m'aidant à  
aller de l'avant vers le meilleur, et qui m'a tant soutenu  
moralement et matériellement*

### *Mon père*

*A mes très chères frères : Abdelalli et Abdelbassit.*

*Ames très chères sœurs :*

*Khadidja ; Ilham ; Fatima -Zohra et Ikhlas Selsabil.*

*A mon fiancé Moustafa*

*A mon binôme Meriem*

*A toute la famille ; sans oublier tous mes amis surtout*

*Amal, Zohra, Karima, Ibtissam, Wahiba ;*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.*

**SIHAM**

## Sommaire

Liste des abréviations.....	i
Liste des unités .....	ii
Liste des figures.....	iii
Liste des photos .....	iv
Liste des tableaux.....	v
Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I</b> généralité sur les eaux usées.....	2
1. Introduction.....	3
2. Définition des eaux usées .....	3
2.1 Les eaux usées domestiques.....	3
2.2 Les eaux usées industrielles.....	3
2.3 Les eaux usées agricoles.....	4
3. Composition des eaux usées.....	5
3.1 Les matières en suspension (MES).....	5
3.2 Les micropolluants organiques et non organiques.....	5
3.3 Eléments traces.....	6
3.4 Les micropolluants organiques.....	6
3.5 L'azote.....	7
3.6 Le phosphore.....	7
3.7 Le sulfate.....	7
3.8 Le potassium (K+).....	8
3.9 Chlore et sodium.....	8
3.10 Les nitrate.....	8
3.11 L'azote ammoniacal.....	9
4. Paramètres des eaux usées.....	9
4.1. Paramètres Physiques.....	9
4.1.1 La température.....	9
4.2 Paramètres Organoleptiques.....	9
4.2.1 La Turbidité.....	9
4.2.2 La couleur.....	10
4.3 Paramètres Chimiques.....	10
4.3.1 Le potentiel Hydrogène (PH).....	10
4.3.2 La Conductivité.....	10

4.3.3 L'Oxygène Dissous.....	10
4.3.4 La Demande Chimique en Oxygène (DCO) .....	10
4.3.5 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO) .....	11
4.3.6 Ratio DCO/DBO <sub>5</sub> .....	11
4.4 Paramètres bactériologiques.....	11
4.4.1 Les virus.....	11
4.4.2 Les bactéries.....	11
4.4.3 Les protozoaires.....	12
4.4.4 Les helminthes.....	12
4.4.4.1 Les coliformes totaux .....	12
4.4.4.2 Les coliformes fécaux.....	12
4.4.4.3 Streptocoques fécaux.....	12
5. Les impacts des eaux usées.....	13
5.1 Sur le milieu naturel.....	13
5.2 Sur la santé humaine.....	14
6. Les normes des eaux de rejet .....	14
6.1 Normes internationale.....	14
6.2 Norme nationale selon le JORAD .....	15
7 Conclusion.....	16
<b>Chapitre II -Epuraton des eaux usées.....</b>	<b>17</b>
1Introduction .....	18
2 Le prétraitement .....	20
2.1 Dégrillage .....	20
2.2 Tamisage .....	21
2.3 Dessablage .....	21
2.4 Dégraissage-Déshuilage .....	22
3 Le traitement primaire.....	22
3.1 Décantation .....	22
3.2 Coagulation-Floculation (Clarification) .....	23
3.3 Précipitation chimique.....	24
3.3.1 Élimination du calcium et du magnésium .....	24
3.3.2 Éliminations du silicium .....	24
3.3.3 Deferrisation .....	24
3.3.4 Élimination du phosphore.....	25

4 Le traitement secondaire .....	25
4.1 Traitement biologique à culture fixe .....	25
4.1.1 Bio-filtres .....	25
4.1.2 Disques biologiques .....	26
4.1.2.1 Avantages et inconvénients .....	26
4.1.3 L'épuration sur lit bactérien.....	26
4.2 Traitement biologique à culture libre .....	27
4.2.1 Lagunage .....	27
4.2.2. Les boues activées .....	28
4.3 Les procédés à culture hybride .....	29
5 Le traitement tertiaire .....	30
5.1 La déphosphatation .....	30
5.2 La désinfection .....	30
5.2.1 Les membranes .....	31
5.2.2 Le lagunage tertiaire.....	31
5.2.3 L'infiltration/Percolation.....	31
6 Conclusion.....	32
<b>Chapitre III : Généralité sur la filtration.....</b>	<b>33</b>
1. Introduction.....	34
2. Historique de filtration .....	35
3. Définition de filtration .....	36
4. But de filtration .....	36
5. Principe de filtration .....	36
6. Description de la filtration.....	36
7. Vitesse de filtration .....	38
8. Les différents procédés de filtration .....	38
8.1 La filtration par gravité.....	38
8.2 Filtration par surpression.....	38
8.3 La filtration sous pression réduite.....	39
8.4 Filtration à pression constante.....	39
8.5 Filtration à débit constant .....	39
9. Constitution d'un filtre .....	39
10. Matériaux des filtres .....	40
11. Appareillage.....	40

11.1 Filtre discontinu.....	40
11.2 Filtre continu.....	41
12. Les caractéristiques du support filtrant.....	41
12.1 Le diamètre effectif .....	41
12.2 Le coefficient d'uniformité .....	41
12.3 Coefficient de classement .....	42
12.4 Densité relative du sable.....	42
12.5 Masse unitaire sèche.....	42
12.6 Porosité .....	42
13. Mécanisme de filtration .....	42
13.1 Mécanismes de capture .....	42
13.2 Mécanismes de fixation .....	43
13.3 Mécanisme de détachement .....	43
14. Lavage du milieu filtrant .....	43
15. Avantage d'un filtre .....	43
16. Inconvénients d'un filtre .....	44
17. Filtration sur sable .....	44
17.1 Type de filtre.....	44
17.1.1 Les filtres lents à sable .....	44
17.1.1.1 Avantage des filtres lents.....	45
17.1.1.2 Inconvénient des filtres lents.....	45
17.1.2 Filtres à sable rapides.....	45
17.2 L'écoulement à travers le filtre à sable .....	46
17.3 Colmatage du matériau filtrant.....	47
17.3.1 Définition .....	47
17.3.2 Colmatage physique .....	47
17.3.3 Colmatage biologique.....	47
17.3.4 Colmatage chimique.....	48
18. Optimisation de l'utilisation d'un filtre à sable .....	48
19. Conclusion.....	48
<b>Chapitre IV : Matériels et méthodes.....</b>	<b>49</b>
1 Echantillon utilisés.....	50

2 Les analyses de sable .....	50
2.1 Echantillonnage et prélèvement .....	50
2.2 Caractéristique du sable filtrant .....	51
2.2.1 Tamisage .....	51
2.2.2 Mesure de Le potentiel Hydrogène (PH).....	52
2.2.3 Mesure de conductivité électrique (CE).....	53
2.2.4 Granulométrie .....	54
2.2.5. Dosage de matière organique .....	57
2.2.6 Densité relative du sable .....	59
2.2.7 Porosité .....	59
3 La préparation du sable de filtration .....	60
3.1 Le tamisage .....	60
3.2Le lavage.....	60
3.3 Description dispositif de filtration .....	60
3.4 Conditions opératoires.....	62
4 Origine et nature de l'eau usée utilisée.....	62
5 Les analyses physico-chimiques d'eau .....	62
5.1 PH, Carbonates ( $\text{CO}_3^{-2}$ ), Bicarbonates ( $\text{HCO}^{-3}$ ), $\text{OH}^-$ .....	62
5.2 Mesure de la conductivité électrique.....	64
5.3 Détermination du résidu sec.....	64
5.4 La turbidité .....	65
5.5 Dosage des chlorures.....	66
5.6 Dosage des sulfates.....	67
5.7 Dosage de l'azote ammoniacal .....	68
5.8 Dosage des nitrates.....	67
5.9 Dosage des nitrites.....	69
5.10 Dosage des phosphates ( $\text{po}_4^{-3}$ ).....	70
5.11 Dosage des matières organiques par oxydabilité au permanganate.....	72
5.12 Détermination de la demande chimique en oxygène.....	71
5.13 Détermination de la demande biologique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ ).....	73
<b>Chapitre V : Résultat et discussion.....</b>	<b>76</b>
1.Caractérisation physico-chimique de sol.....	77
1.1 Granulométrie.....	77
1.2 Le PH .....	77

1.3 La conductivité électrique (CE).....	77
1.4 Teneur en matière organique .....	77
1.5 Phosphore assimilable.....	77
2.Caractérisation physico-chimique des eaux filtrées sur le 1 <sup>er</sup> échantillon (Reggane) .....	78
2.1 PH.....	78
2.2 Conductivité électrique (CE) .....	78
2.3 La turbidité.....	79
2.4 Résidu sec.....	79
3.Paramètres de pollution .....	79
3.1Ammonium.....	80
3.2Nitrite et nitrate.....	80
3.3Phosphate.....	80
3.4Matière organique .....	81
3.5Détermination de la Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	81
3.6Demande Biochimique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	81
4Caractérisation physico-chimique des eaux filtrées sur le 2eme échantillon (Wayanna) .....	81
4.1PH.....	81
4.2CE.....	82
4.3Turbidité.....	82
4.4Résidue sec.....	82
5.Paramètres de pollution .....	82
5.1Ammonium.....	82
5.2Nitrite et Nitrate.....	82
5.3Phosphate.....	82
5.4Matière organique .....	83
5.5 Détermination de la Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	83
5.6Demande Biochimique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	83
6.Conclusion.....	83
Conclusion générale.....	85
Référence bibliographique	
Les annexes	

# INTRODUCTION GENERAL

---

## Introduction général

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel.

Elle est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation ; elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution.

L'eau est une bien précieuse qui subit diverses pollutions et dégradations : les écosystèmes et la santé des personnes en sont directement impactés. Les pollutions présentes dans l'eau sont d'origines diverses : industrielle, domestique ou agricole.

Le traitement ou l'épuration des eaux usées a donc pour objectif de réduire la charge polluant qu'elles véhiculent par conséquent elles devraient être dirigées vers des stations d'épuration dont le rôle est de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous la forme d'un petit volume de résidu, les boues et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises.

En effet plusieurs méthodes et procédures permettent le traitement des eaux usées ; parmi les quelles la filtration biologique sur sable. Cette technique est utilisée depuis 1900, cette méthode est largement utilisée pour les traitements des eaux usées municipales.

La filtration sur sable a été étudiée en différents points de vue surtout de côté rendement épuratoire. Au niveau de laboratoire physico-chimique et bactériologique, quelques projets de fin d'étude entament la filtration sur sable, ces travaux étudient l'effet de dimensionnement du filtre et le type de sable utilisé.

Notre travail porte sur l'étude pratique de l'effet de la filtration des eaux usées sur deux types de sable de la région d'Adrar : Reggane et Wayanna, où on a suivi quelques paramètres physico-chimiques ainsi que les paramètres de pollution.

Ce mémoire contient deux grandes parties : la première partie consiste en une étude bibliographique sur les eaux usées, les différents modes de traitement, la filtration biologique et la caractérisation des supports filtrants.

La deuxième partie contient les différents matériels et les méthodes d'analyses réalisées aux eaux usées et les sables utilisés ainsi que les conditions opératoires opérées dans cette étude. Enfin, on termine par la présentation des différents résultats et leurs discussions.

En fin une conclusion générale suivie des recommandations.

## Liste des unités

°C	Degré celsius.
Cm <sup>2</sup>	Centimètre carré.
FTU	Formazine Turbidity Unit.
g/cm <sup>3</sup>	Gramme par centimètre cube.
h	Heure.
JTU	Jackson Turbidity Unit.
Kg	Kilogramme.
l	Litre.
m	Mètre.
Mé/l	Milli équivalent par litre.
min	Minute.
mm	Millimètre.
m/h	Mètre par heure.
ml	Millilitre.
N	Normale.
nm	Nanomètre.
NTU	Nephelometric Tirbidity Unit.
S	Seconde.
S/m	Siemens par mètre.
µg/l	Microgramme par litre.
µm	Micromètre.
µS /cm	Micro-Siemens par centimètre.
Ω.cm	Oum centimètre.

## Liste d'abréviations

A	Argile.
ANRH	laboratoire de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
ASTM	American Society for Testing Material.
CE	Conductivité électrique.
CF	Les coliformes fécaux.
DBO5	Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours.
DCO	Demande Chimique en Oxygène.
E.D.T.A	L'acide Ethylique Diamine Tétra Acétique.
I.N.S.I.D	Laboratoire de dans l'Institut National des Sols, de l'Irrigation et du Drainage.
Lf	Limon fin.
Lg	Limon gros.
MES	Matière en suspension.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
PE	Prise d'essai.
PH	Potentiel d'Hydrogène.
ppm	Partie par million.
Pt	Platine.
PVC	Sigle dérivé de l'anglais (polyvinyl chloride) matière plastique.
Q.S.P	Quantité suffisante pour.
RS	Résidu sec.
SFA	Sels d'acides forts.
Sf	Sable fin.
SF	Streptocoques fécaux.
Sg	Sable gros.
STEP.	Station d'Epuration des Eaux Usées.
V	Volume.
$\gamma_s$	Densité relative du sable.

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>Figure (I-1)</b>	Le dégrillage.	20
<b>Figure (II-2)</b>	Tamias rotatif.	21
<b>Figure (II-3)</b>	Disque biologique.	26
<b>Figure (II-4)</b>	Filière d'épuration des eaux usées par un lit bactérien.	27
<b>Figure (II-5)</b>	Le lagunage naturel.	28
<b>Figure (II-6)</b>	Lagune à microphytes.	28
<b>Figure (II-7)</b>	Lagune à macrophytes.	28
<b>Figure (II-8)</b>	Epuration biologique : schéma de principe de l'épuration par boues activée.	29
<b>Figure (III-1)</b>	L'écoulement à travers le filtre.	47
<b>Figure (IV-1)</b>	Exemple de la répartition des prises individuelles qui composent l'échantillon.	51

## Liste des photos

Photo	Titre	Page
Photo (I-1)	l'évacuation des eaux usées dans le milieu naturel.	14
Photo (IV-1)	Exemple de tamis.	51
Photo (IV-2)	Les étapes de mesure de PH.	52
Photo (IV-3)	Agitateur mécanique.	52
Photo (IV-4)	Conductimètre.	54
Photo (IV-5)	Appareillage de destruction de matière organique.	55
Photo (IV-6)	Appareillage pour déterminer limon (grossier et fin).	56
Photo (IV-7)	Appareillage de détermination de l'argile.	56
Photo (IV-8)	Appareillage de détermination de sable (grossier-fin).	57
Photo (IV-9)	Titrage de matière organique dans le sol.	59
Photo (IV-10)	Coupe de filtre à sable utilisée.	61
Photo (IV-11)	Pilote réelle utilisé.	61
Photo (IV-12)	La récupération de filtrat.	62
Photo (IV-13)	Mesure de PH.	63
Photo (IV-14)	Mesure de CE.	64
Photo (IV-15)	Mesure de résidu sec.	65
Photo (IV-16)	Turbidimètre.	66
Photo (IV-17)	Dosage de chlorure.	67
Photo (IV-18)	Dosage de MO.	72
Photo (IV-19)	Détermination de DCO.	73
Photo (IV-20)	Mesure de DBO <sub>5</sub> .	75

## Liste des tableaux

Tableau	Titre	page
Tableau (I-1)	Composants majeurs typique d'eau usée domestique.	5
Tableau (I-2)	Normes de rejets internationales.	15
Tableau (I-3)	Les normes de rejet des effluents liquides selon le JORAD.	16
Tableau (II-1)	Les différents types de dégrillage.	20
Tableau (III-1)	Propriétés physiques des matériaux filtrants.	46
Tableau (IV-1)	Caractéristiques de tamis.	51
Tableau (IV-2)	Les intervalles de volume de DBO <sub>5</sub> après la détermination de DCO.	75
Tableau (V-1)	Résultats de Granulométrie des échantillons.	77
Tableau (V-2)	Résultats de (pH).	77
Tableau (V-3)	Résultats de conductivité électrique (CE).	77
Tableau (V-4)	Résultats de (MO).	77
Tableau (V-5)	Résultats de phosphore assimilable.	77
Tableau (V-6)	Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées.	78
Tableau (V-7)	Les paramètres de pollution de l'eau brute et filtrée.	80
Tableau (V-8)	Les paramètres physico-chimiques de l'eau brute et filtrée sur le 2 <sup>ème</sup> échantillon.	81
Tableau (V-9)	Les paramètres de pollution de l'eau brute et filtrée de 2 <sup>ème</sup> échantillon.	82

## 1. Introduction

La pollution de l'eau s'entend, une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établie.

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance [36].

## 2. Définition des eaux usées

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

Les eaux usées regroupent les eaux usées domestiques (les eaux vannes et les eaux ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines) [32].

### 2.1 Les eaux usées domestiques

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

Les eaux usées domestiques contiennent des matières minérales et des matières organiques. Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de carbone, oxygène et hydrogène, mais aussi d'azote et, dans certains cas, d'autres corps tels que soufre, phosphore, fer, etc.) [10].

### 2.2 Les eaux usées industrielles [10]

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc.

La variété des eaux usées industrielles est très grande. Certains de ces eaux sont toxiques pour la flore et la faune aquatiques, ou pour l'homme. Il faut bien distinguer les eaux résiduaires et les liquides résiduaires de certaines industries.

Les eaux résiduaires sont celles qui ont été utilisées dans des circuits de réfrigération, qui ont servi à nettoyer ou laver des appareils, des machines, des installations, des matières premières ou des produits d'une usine, ou qui ont servi à retenir des poussières de fumées; elles peuvent contenir des substances chimiques utilisées au cours des fabrications. Les liquides résiduaires sont des liquides résultant des fabrications ; c'est le cas des solutions de produits chimiques, des solutions de sous-produits, c'est le cas des liquides acides provenant de la vidange des cuves de décapage des métaux .

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement :

- ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;
- ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

### **2.3 Les eaux usées agricoles**

Les eaux d'origine agricoles sont constituées essentiellement des eaux de drainage des champs agricoles et des rejets de lavage des fermes d'élevage. Il s'agit d'un mélange de composés relativement biodégradable. Néanmoins, ces eaux sont parfois caractérisées par de fortes concentrations de pesticides et d'engrais artificiels. Les paramètres qui doivent être pris en considération sont l'azote nitrique, le phosphate et les substances organiques. Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. [6]

Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux.

Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...). Donc ces eaux sont l'issus des apports directs dus aux traitements des milieux aquatiques et semi-aquatiques tels que :
- Le désherbage des plans d'eau des zones inondables ;
- Faucardage chimique et des fossés, ainsi que la démoustication des plans d'eau et des zones inondables (étangs et marais).

- Des apports indirects dus en particulier à l'entraînement par ruissellement, aux eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés ou détruits, aux eaux résiduaires des usines de fabrication et de conditionnement [6].

### 3. Composition des eaux usées

La composition des eaux usées (Tableau I-1), est extrêmement variable en fonction de leurs origines (industrielles, domestiques, etc.).

**Tableau (I-1):** Composants majeurs typique d'eau usée domestique [10].

Constituants	Concentration (mg/l)		
	Fort	Moyen	Faible
<b>Solides totaux</b>	1200	700	350
<b>Solides dissous (TDS)</b>	850	500	250
<b>Solides suspendus</b>	350	200	100
<b>Azote (en N)</b>	85	40	20
<b>Phosphore (en p)</b>	20	10	6
<b>Chlore</b>	100	50	30
<b>Alcalinité (en CaCO<sub>3</sub>)</b>	200	100	50
<b>Graisses</b>	150	100	50
<b>DBO<sub>5</sub></b>	300	200	100

#### 3.1 Les matières en suspension (MES) [10]

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures.

#### 3.2 Les micropolluants organiques et non organiques

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées.

La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante.

Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes.

### 3.3 Eléments traces

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants (de l'ordre de quelques  $\mu\text{g/l}$ ) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb.

Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces.

Leur origine est multiple : ils proviennent « des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels ».

Certains éléments traces, peu nombreux, sont reconnus nécessaires, en très faibles quantités, au développement des végétaux : le bore, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre et le molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments.

### 3.4 Les micropolluants organiques

Les micropolluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique de détergents, pesticides, solvants, et également des eaux pluviales : eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier, etc.

Ils peuvent aussi provenir de rejets industriels quand ceux-ci sont déversés dans les égouts ou même des traitements de désinfections des effluents par le chlore (haloformes).

Les principales familles de la chimie organique de synthèse sont représentées : hydrocarbures polycycliques aromatiques, chlorophénols, phtalates...etc. avec une concentration de l'ordre de 1 à  $10\mu\text{g/l}$  dans les effluents.

Dans le sol, ces micropolluants restent liés à la matière organique ou adsorbés sur les particules du sol. Cependant, quelques composés ioniques (pesticides organochlorés, solvants chlorés) peuvent être entraînés en profondeur.

Il semble que les plantes soient susceptibles d'absorber certains composés organiques, mais il existe peu de données disponibles à ce sujet. Les PCB, quant à eux, restent fixés à 97 % dans les racines.

En raison de la faible solubilité de ces éléments organiques, on les retrouvera concentrés dans les boues et c'est surtout lors de l'épandage de ces dernières que leurs teneurs devront être contrôlées.

Les pesticides sont les éléments traces les plus surveillés, et une étude d'impact et de métabolisme est obligatoire avant leur mise sur le marché. Par contre, le danger représenté par tous les autres polluants organiques est encore mal apprécié actuellement. Les contrôles de routine ne permettent pas de repérer toutes les toxines. Par ailleurs, on ne connaît rien de la toxicité des mélanges complexes qui peuvent se former par réaction entre les différents contaminants.

### 3.5 L'azote

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

La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes :

- N organique à  $NH_4^+$ : ammonification
- $NH_4^+$  à  $NO_2^-$ : nitratisation par Nitrosomonas
- $NO_2^-$  à  $NO_3^-$ : nitratisation par Nitrobacter.

### 3.6 Le phosphore

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l (soit 15 à 35 mg/l en  $P_2O_5$ ). Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement (FAO, 2003). Mais s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation; cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes. On ne rencontre pas en général de problèmes liés à un excès de phosphore.

### 3.7 Le sulfate

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/L, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à

300 mg/L) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé. La teneur en sulfates des eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalinoterreux de la minéralisation. Leur présence dans l'eau est généralement due à des rejets en provenance d'ateliers de blanchiment (laine, soie, etc.), d'usines de fabrication de cellulose (pâte à papier, etc.) et d'unités de déchloration. Sont utilisées, par ailleurs, les propriétés réductrices des sulfites dans les eaux de chaudières pour éviter la corrosion liée à la présence d'oxygène dissous ; l'injection dans le circuit se fait habituellement en continu à la concentration de 20 mg/L. Cependant un excès d'ions sulfites dans les eaux de chaudières peut avoir des effets néfastes car il abaisse le pH et peut alors développer la corrosion. En cas de rejet dans l'environnement, les sulfites se combinent à l'oxygène en donnant des sulfates.

### **3.8 Le potassium :**

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l (12 à 36 mg/l de  $K_2O$ ) et permet donc de répondre partiellement aux besoins. Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes.

### **3.9 Chlore et sodium :**

Leur origine est :

- Naturelle (mer : 27g/l NaCl, et terrains salés)
- humaine (10 à 15g/l NaCl dans les urines/j).
- industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire).

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres .

### **3.10 Les nitrate**

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg /L dans les eaux superficielles et quelques mg/L dans les eaux souterraines. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates. La teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0,5 à 1 mg/l/an, voire 2 mg/l/an dans certaines régions. Cette augmentation a plusieurs origines :

**Agricole** : agriculture intensive avec utilisation massive d'engrais azoté ainsi que rejets d'effluents d'élevage. Cette source représente les 2/3 de l'apport en nitrates dans le milieu naturel ;

**Urbaine** : rejet des eaux épurées des stations d'épuration où l'élimination de l'azote n'est pas total et qui peuvent rejeter des nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates dans le milieu naturel. Cette source représente les 2/9 des apports;

**Industrielle** : rejet des industries minérales, en particulier de fabrication des engrais azotés. Cette source représente 1/9 des apports.

### 3.11 L'azote ammoniacal :

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond aux formes ionisées ( $\text{NH}_4^+$ ) et non ionisées ( $\text{NH}_3$ ) de cette forme d'azote.

L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée ( $\text{NH}_4^+$ ). Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction également de la température et sont les suivantes :



## 4. Paramètres des eaux usées :

### 4.1. Paramètres Physiques [35]

#### 4.1.1 La température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels,...etc.

### 4.2 Paramètres Organoleptiques :

#### 4.2.1 La Turbidité :

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for Testing Material) qui considère que les trois unités suivantes sont comparables :

Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

#### **4.2.2 La couleur :**

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement.

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration.

### **4.3 Paramètres Chimiques :**

#### **4.3.1 Le potentiel Hydrogène (pH) : [33]**

Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. Les eaux usées domestiques sont généralement neutres ou basiques, de (6 à 9), donc elle n'influe pas sur le pH de milieu récepteur mais les affluents industriels constituent un facteur très important dans la modification de la valeur de pH

#### **4.3.2 La Conductivité :[35]**

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1 \text{ cm}^2$ . L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m).

#### **4.3.3 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  $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ .

#### **4.3.4 La Demande Chimique en Oxygène (DCO) :**

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quelque soit leur origines organique ou minérale.

La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation.

La DCO est la concentration, exprimée en  $\text{mg.L}^{-1}$ , d'oxygène équivalente à la quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme.

#### **4.3.5 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO) :**

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épuration et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration.

La demande biochimique en oxygène après 5 jours ( $\text{DBO}_5$ ) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.

#### **4.3.6 Ratio DCO/ $\text{DBO}_5$ : [33]**

Le rapport  $\text{DCO}/\text{DBO}_5$  a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent (rapport  $\text{DCO}/\text{DBO}_5$  inférieur à 3). En effet, une valeur faible du rapport  $\text{DCO}/\text{DBO}_5$  implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique. Les résultats de ce rapport constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables.

#### **4.4 Paramètres Bactériologiques : [33]**

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes.

##### **4.4.1 Les virus :**

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte.

#### 4.4.2 Les bactéries :

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau leur taille est comprise entre 0,1 et 10  $\mu\text{m}$ . La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ  $10^{12}$  bactéries/g.

#### 4.4.3 Les protozoaires :

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte.

#### 4.4.4 Les helminthes :

Les helminthes sont des vers multi cellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à  $10^3$  œufs/l. Il faut citer, notamment, *Ascaris lumbricoides*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata*.

##### 4.4.4.1 Les coliformes totaux (CT) :[33]

Ces coliformes sont des bâtonnets, anaérobies facultatif, gram(-) non sporulant (PNUS /OMS ,1977). Ils sont capables de croître en présence de sels biliaires et fermentent le lactose en produisant de l'acide et du gaz en 48 heures à des températures de 35 à 37°C. Ils regroupent les germes *E. coli*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*, *Rahnella*, et *Buttiauxella*.

##### 4.4.4.2 Les coliformes fécaux(CF) :[33]

Ce sont des bâtonnets gram(-), aérobies et facultativement anaérobies, non sporulants, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Escherichia coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*...etc.)

##### 4.4.4.3 Streptocoques fécaux (SF) :

Ces bactéries appartiennent à la famille de streptococcaceae au genre streptococcus et au groupe sérologique D de Lance Field.

Ils sont définis comme des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chainettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homoférmementaire avec production de l'acide lactique sans gaz.

## 5. Les impacts des eaux usées : [11]

À cause de leurs charges en matières polluantes (matières organiques, matières toxiques, etc.), les eaux usées présentent plusieurs impacts négatifs, non seulement sur le milieu récepteur (le milieu naturel), mais aussi sur la santé humaine.

Dans le cas d'absence de traitements des eaux usées ou même de traitement insuffisant, les eaux usées sont rejetées directement dans le milieu récepteur, et ça peut provoquer plusieurs problèmes, on peut citer ;

### 5.1 Sur le milieu naturel :

Les eaux usées produites peuvent devenir un problème environnemental important si elles sont rejetées en milieu naturel sans passer par un procédé d'épuration.

L'effet principal des rejets de matières organiques dans le milieu naturel est la consommation d'oxygène qui résulte de leur dégradation.

La pollution des eaux usées a des conséquences directes sur la dégradation des ressources en eau et des dommages sur la santé des populations et les écosystèmes. Le décret n°2007-397 du 22 mars 2007 (JO 23 mars 2007) précise que les matières en suspension (MES) peuvent constituer, à l'aval du rejet, des dépôts qui empêchent la vie d'une faune et d'une flore benthiques normales. Ils dégradent ainsi la qualité de l'eau sous-jacente des produits de fermentations. Les MES contribuent aussi à déséquilibrer le milieu aquatique en accroissant la turbidité et peuvent avoir un effet néfaste direct sur l'appareil respiratoire des poissons. Le même décret mentionne que la dégradation de la matière organique oxydable, caractérisée par la demande biologique en oxygène (DBO) et la demande chimique en oxygène (DCO), dans le milieu naturel s'accompagne d'une consommation d'oxygène et peut entraîner un abaissement excessif de la concentration d'oxygène dissout.

La présence d'azote organique ou ammoniacale se traduit par une consommation d'oxygène dans le milieu naturel et par une entrave à la vie des poissons. La présence du phosphore, élément indispensable à la vie des algues, dans le milieu naturel, entraîne un risque d'eutrophisation du cours d'eau ou du lac, c'est-à-dire que celui-ci peut se voir envahi par un développement excessif de la végétation. En outre, les paramètres des pollutions microbiologiques, les graisses, les détergents, et les métaux lourds représentent chacune une nuisance potentielle. La pollution de l'écosystème aquatique peut avoir des conséquences nuisibles indirectes sur certains usages de l'eau telles que la production d'eau potable, les activités de loisirs liés à l'eau (baignade, pêche, etc.)[11].



**Photo (I-1):** L'évacuation des eaux usées dans le milieu naturel.

## 5.2 Sur la santé humaine :

- Des nuisances olfactives désagréables dues à la nature des eaux usées elles mêmes d'une part, et d'autre part à la dégradation des matières organiques et le dégazage des mauvaises odeurs qui la suite, on distingue quatre grandes familles de molécules responsables d'odeurs en assainissement, par ordre d'importance et de nuisances, les composés soufrés (hydrogènes sulfuré, mercaptans,...), les composés azotés (ammoniac, amines, indole, scatole...), les acides gras volatils (acétique, butyrique, valérique), les aldéhydes et cétones ;
- Les eaux usées sont attracteurs d'animaux et d'insectes nuisibles tels que les rats, les moustiques et les cafards ainsi que les maladies qu'ils véhiculent, le tout provoque des vrais problèmes surtout dans le cas où les rejets de ces eaux près des complexes résidentiels ;
- Les gens peuvent être sensibles à l'infection et aux maladies, soit directement par la consommation des eaux contaminées, soit indirectement par la consommation par exemple des poissons originaires d'un milieu récepteur d'eaux usées.

Même dans les installations de traitements des eaux usées, il y'a encore d'autres problèmes engendrés par les sous produits de ces traitements et qui sont principalement les boues, très chargées en matières organiques, ce qui nécessite d'autres traitements. [11]

## 6. Les normes des eaux de rejet : [34]

### 6.1. Normes internationale :

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépassée ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné Une norme est fixée par une loi, une directive, un

décret-loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) respective pour les eaux usées.

**Tableau (I.2) : normes de rejets internationales.**

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

## 6.2. Norme nationale selon le JORAD

Les normes de rejets des effluents industriels résultent de la loi n° 83-17 du 16 Juillet 1983 portant code des eaux, de l'ordonnance n° 96 -13 du 15 Juin 1996 modifiant et complétant la loi n° 83-17, du décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides des industriels et du décret exécutif n° 06 -141 du 19 avril 2006 de la république algérienne démocratique définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.[34]

**Tableau (I.3) :** les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD.

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

## 7. Conclusion

Les eaux usées de différentes compositions et de diverses origines constituent un problème pour la nature lors du rejet sans subir de traitements au préalable. Afin de montrer l'intérêt de leur épuration, nous avons présenté dans ce chapitre, les origines et caractéristiques des eaux usées.

## 1. Introduction:

Les eaux usées présentent de grands problèmes pour notre environnement, et même pour notre santé, pour cela il faut trouver la bonne solution pour traiter ce problème, d'où le rôle de l'épuration de ces eaux usées.

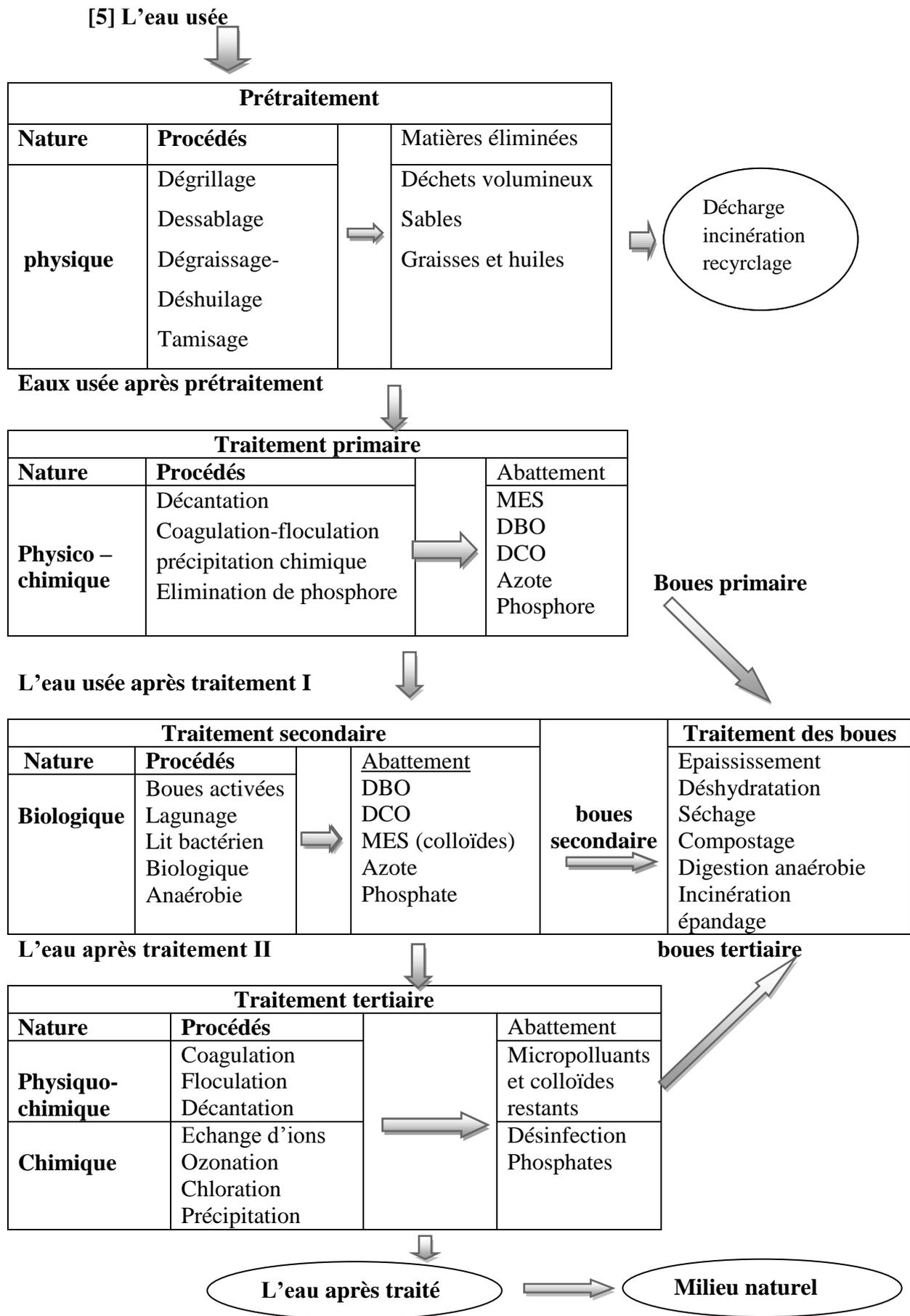
Par le terme épuration des eaux usées, on entend toutes les techniques, qui contribuent à diminuer la teneur en composés indésirables contenus dans les eaux usées par des procédés mécaniques, physiques, chimiques ou biologiques.

Le plus important de ces traitements, c'est la protection de l'environnement et l'amélioration de la qualité de vie, par l'élimination le plus possible des matières indésirables contenues dans ces eaux usées et l'obtention d'eaux traitées répondent aux normes de rejets.

Le traitement des eaux usées, permet la protection de notre ressource hydrique, et bien sûr la protection de la santé public, et par la même l'amélioration de la qualité de vie.

En plus de ça, les traitements des eaux usées peuvent être considérés comme une valeur économique, soit par les réutilisations dans l'irrigation agricole, soit par l'utilisation de sous produits (les boues) pour des valorisations agricoles (compostage) ou énergétiques (production de biogaz).

Les traitements des eaux usées sont une chaîne de traitements, dont la complexité dépend du degré de pollution et de la qualité de l'eau désirée (normes de rejetées). Ces traitements sont généralement regroupés : prétraitement, traitement primaire, secondaire et tertiaire schématisé comme suit :



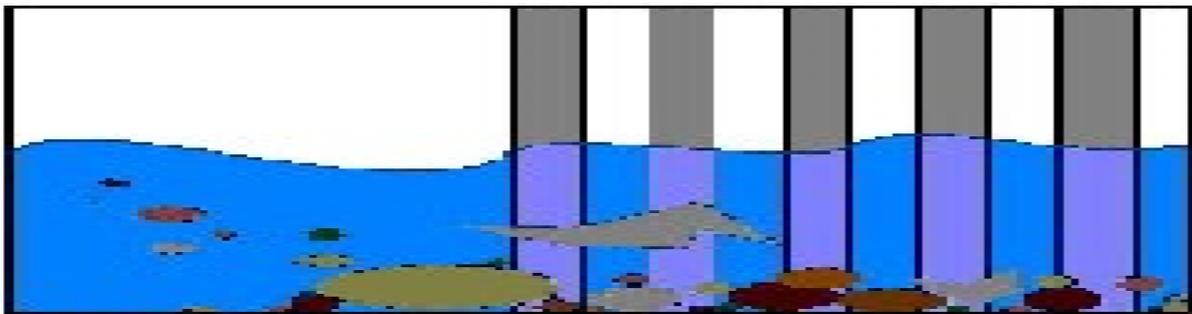
## 2. Le prétraitement :

Les prétraitements constituent l'ensemble des opérations physiques et mécaniques : dégrillage, dessablage, dégraissage-déshuilage et tamisage. Ils dépendent de la nature et des caractéristiques des rejets. [3]

### 2.1 Dégrillage :

Permet de filtrer les objets ou les débris les plus grossiers véhiculés par les eaux usées. Son principe consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontal. Le choix d'espacement des barreaux de la grille est défini par la taille et la nature des déchets acceptés par la STEP.

La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s. Les déchets récupérés sont compactés afin de réduire leur volume puis stockés dans une benne avant d'être envoyés vers une filière de traitement adapté. [3]



**Figure (II-1) :** Le dégrillage.

Le tableau (1) montre les différents types de dégrillage sont définis selon l'espacement des barreaux.

**Tableau (II-1) :** Les différents types de dégrillage. [7]

Type de dégrillage	Espacement des barreaux
Dégrillage fin	< 10 mm
Dégrillage moyen	10 – 30 mm
Pré-dégrillage	30 – 100 mm

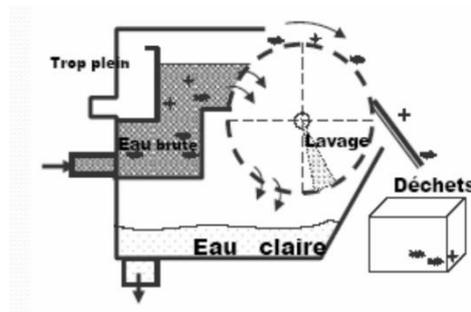
Plusieurs dégrillages peuvent être associés en série. Pour les eaux de ruissellement, il s'agira en pratique dans la grande majorité des cas de pré-dégrillage suivi parfois de dégrillage moyen. [7]

## 2.2 Tamisage :

Ce procédé consiste en un filtrage plus fin de l'eau à travers une toile de fils ou de fibres ou à travers une membrane poreuse. Les particules organiques, minérales et le plancton sont interceptés si leur taille est supérieure à celle des ouvertures du microtamis. [7]

On distingue [2]:

- Le macrotamisage (dimensions de mailles  $> 250\mu\text{m}$ ) ;
- Le microtamisage ( $30\mu\text{m} < \text{vide de maille} < 150\mu\text{m}$ ).



**Figure (II-2) :** Tamis rotatif.

## 2.3 Dessablage :

Dans cette étape, les sables présents dans l'effluent sont dirigés vers le fond par l'effet de la force centrifuge dans un bassin circulaire [6], pour :

- Prévenir les dépôts dans les canalisations ;
- Protéger les organes mécaniques (pompes) contre l'abrasion ;
- Eviter de perturber les autres étapes de traitement.

Le dessablage concerne les particules minérales de diamètre supérieur à 0.2 mm et de masse spécifique de l'ordre de  $2.265\text{ g/cm}^3$  [2]. L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés par aspersion sont en suite essorés, puis sont envoyés soit en décharges soit réutilisés selon la qualité de lavage. [6]

La vitesse de sédimentation de ces particules est fonction de [2] :

- Leurs natures ;
- Leurs formes ;
- Leurs dimensions ;
- La viscosité du liquide dans lequel elles se trouvent.

## 2.4 Dégraissage-Déshuilage :

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses) [6]. On peut considérer que le déshuilage dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de nature très diverses (huiles, hydrocarbures, graisses...) [3].

Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées qui peuvent gêner l'efficacité de traitement biologique qui intervient en suite. [6]

Les inconvénients des graisses et huiles sont notamment [2] :

- Envahissement des décanteurs ;
- Diminution des capacités d'oxygénation des installations de traitement biologique ;
- Isolation de la zooglyée en lit bactérien ;
- Mauvaise sédimentation dans les décanteurs ;
- Bouchage des canalisations des pompes ;
- Acidification du milieu dans le digesteur anaérobie.

Pour qu'un dégraissage soit efficace, il faut que la température de l'eau soit inférieure à 30 °C.

## 3 Le traitement primaire :

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. [5]

Ce traitement regroupe les opérations nécessaires pour éliminer :

- Les matières décantables, c'est le rôle de la décantation ;
- La turbidité (substances colloïdales) qui est traitée par coagulation-floculation appelée aussi clarification ;
- Certaines matières en solution par la précipitation chimique.

### 3.1 Décantation :

Après prétraitement, les eaux usées contiennent encore des matières minérales et organiques sédimentables. [2]

La décantation est la méthode de séparation gravitaire la plus fréquente des MES et colloïdes . Il s'agit d'un procédé de séparation solide/liquide basé sur la pesanteur. [7]

Les matières en suspension ont souvent une teneur en matière organique importante (de 70 % à 90 %) et une densité légèrement supérieure à celle de l'eau .elles vont se décanter naturellement dans un décanteur primaire de 1 à 2 heures. L'eau ansai clarifiée s'écoulera par

débordement et les MES qui ont décanté au fond du bassin (boues primaire) seront extraites et envoyées vers les ouvrages de traitement des boues. La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle 1.2 m/h, 40 à 60 % des MES, 10 à 30 % des virus, 50 à 90 % des helminthes. [6]

Durant la phase de traitement, une quantité importante de la pollution totale est éliminée (abattement des matières en suspension pouvant atteindre 90 % et de la Demande Biochimique d'Oxygène de l'ordre de 35 %. La DCO est la concentration en azote peuvent également être réduit durant cette phase de traitement. Les matières solides extraites représentant ce que l'on appelle les boues primaire. [5]

### **3.2 coagulation-floculation (clarification) :**

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, puisque leur concentration est très stable, des dernières n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour les éliminer, on recourt aux procédés de coagulation et de floculation.

La coagulation a pour but principale 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 rapide de produits chimiques : sels minéraux cationiques (sels de fer ou d'aluminium).

La floculation a pour objectif 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 peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration [13].

Une phase de coagulation par des sels de fer ou d'aluminium, puis une floculation des colloïdes formés. La séparation du floc a lieu pendant la phase de clarification (décantation secondaire). Les traitements physico-chimiques permettent un bon abattement des virus. Cependant, leur utilisation, et notamment le dosage de sels de fer et d'aluminium, n'est pas toujours bien optimisée, sinon maîtrisée. Il y a donc un risque de surcoût lié à une mauvaise utilisation, voire un risque environnemental [10] ; [12].

Les réactifs les plus souvent utilisés sont le sulfate d'alumine  $Al_2(SO_4)_3$  pour un pH de 5,5 à 7,4, le chlorure ferrique ( $FeCl_3$ ) pour un pH de 6 à 7,4 et le sulfate de fer ( $FeSO_4$ ) pour un pH de 8,7 à 9,5 [11], l'aluminate de sodium  $NaAlO_2$ , le chlorure d'aluminium  $AlCl_3$ , le sulfate ferrique  $Fe_2(SO_4)_3$ , le sulfate de cuivre  $CuSO_4$  et les poly électrolytes [11],[7].

### 3.3 Précipitation chimique :

#### 3.3.1 Élimination du calcium et du magnésium : [11]

Elle est communément appelée adoucissement. La dureté représente la teneur en calcium et en magnésium. On distingue deux types de dureté :

- La dureté temporaire représente la combinaison du calcium et du magnésium avec les ions bicarbonates et qui peut être éliminée par chauffage de l'eau ;



- La dureté permanente qui représente la combinaison du calcium et du magnésium avec les anions de sels d'acides forts (SFA) essentiellement chlorures et sulfates et plus rarement nitrates.

La dureté peut causer plusieurs problèmes notamment de consommation excessive de détergents en blanchisserie et de formation de dépôts dans les chaudières.

L'adoucissement peut être réalisé de différentes manières :

- précipitation chimique en utilisant divers réactifs ;
- échange ionique.

#### 3.3.2 Éliminations du silicium : [11]

Elle est surtout appliquée dans le traitement des eaux de chaudières sous pression. C'est beaucoup plus un procédé d'adsorption qu'une précipitation chimique. On utilise deux méthodes :

- Par l'utilisation de l'aluminate de sodium ;
- Par l'utilisation de la magnésie.

Les deux méthodes sont généralement des opérations complémentaires de la décarbonatation.

#### 3.3.3 Deferrisation : [11]

Le procédé consiste en une oxydation du fer ferreux en fer ferrique qui précipite sous forme d'hydroxyde.

L'oxydation peut se faire par :

- L'oxygène de l'air ;
- Divers oxydants tels que l'eau de Javel, l'ozone, le chlore, etc.

Une décantation avec ou sans filtration est nécessaire.

### 3.3.4 Élimination du phosphore : [11]

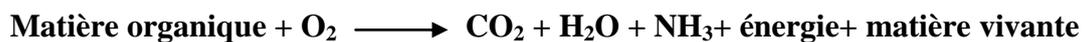
Les sels de fer ou d'aluminium sont également capables de se combiner avec les ions phosphates pour former un précipité de phosphate de fer ou d'aluminium ( $\text{FePO}_4$  ou  $\text{AlPO}_4$ ).

La précipitation chimique du phosphore peut se réaliser à plusieurs étapes dans la filière de traitement :

- Au niveau de la décantation primaire ;
- Dans le bassin de boues activées, le précipité décantant alors dans le clarificateur ;
- Sur l'eau épurée biologiquement avec un ouvrage spécifique de décantation.

## 4 Le traitement secondaire :

Les traitements secondaires des eaux usées sont des traitements de types biologiques, c'est-à-dire la décomposition des polluants organiques dans l'eau par les micro-organismes. Les micro-organismes ont la faculté de métaboliser de nombreux composés organiques et aussi des composés minéraux non oxydés ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ) [11].



Il consiste à utiliser les bactéries pour éliminer les polluants restants. Cette étape est accomplie en forçant le mélange entre les eaux usées, les bactéries et l'oxygène, l'oxygène aide les bactéries à éliminer plus rapidement les polluants. L'eau est ensuite acheminée dans d'autres réservoirs où les particules solides se déposent à nouveau dans le fond, le traitement secondaire élimine entre 90 et 95 % des polluants, soit un abattement de 85 à 90 % de la  $\text{DBO}_5$  et 90 à 99 % des bactéries coliformes selon la réaction suivantes[15].



Ces techniques peuvent être anaérobies, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, ou aérobies c'est-à-dire nécessitant un apport oxygène. Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs et les procédés biologiques intensifs [14]. En traitement biologique on distingue des procédés extensifs et d'autres intensifs [16] :

## 4.1 Traitement biologique à culture fixe :

### 4.1.1 Bio-filtres : [16]

Le développement actuel des techniques par cultures fixées sur milieu granulaire vise à réaliser la réaction biologique de dégradation de la pollution par la biomasse épuratrice et la clarification par filtration de l'effluent traité. Elle ne comporte pas de clarification finale par décantation.

L'ouvrage se présente comme un filtre garni en matériaux de granulométrie suffisamment faible pour obtenir un effet de filtration efficace dans lequel, l'accroissement de

la biomasse et les matières en suspensions de l'effluent à traiter, retenues dans le matériau, vont colmater progressivement le lit.

#### 4.1.2 Disques biologiques [14]

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.

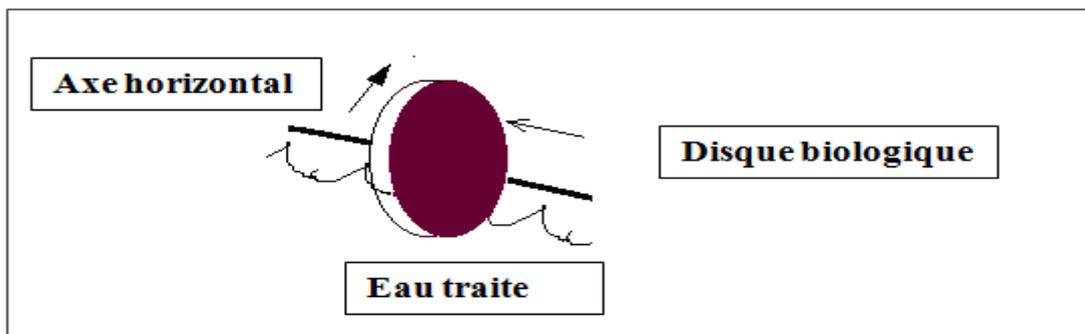
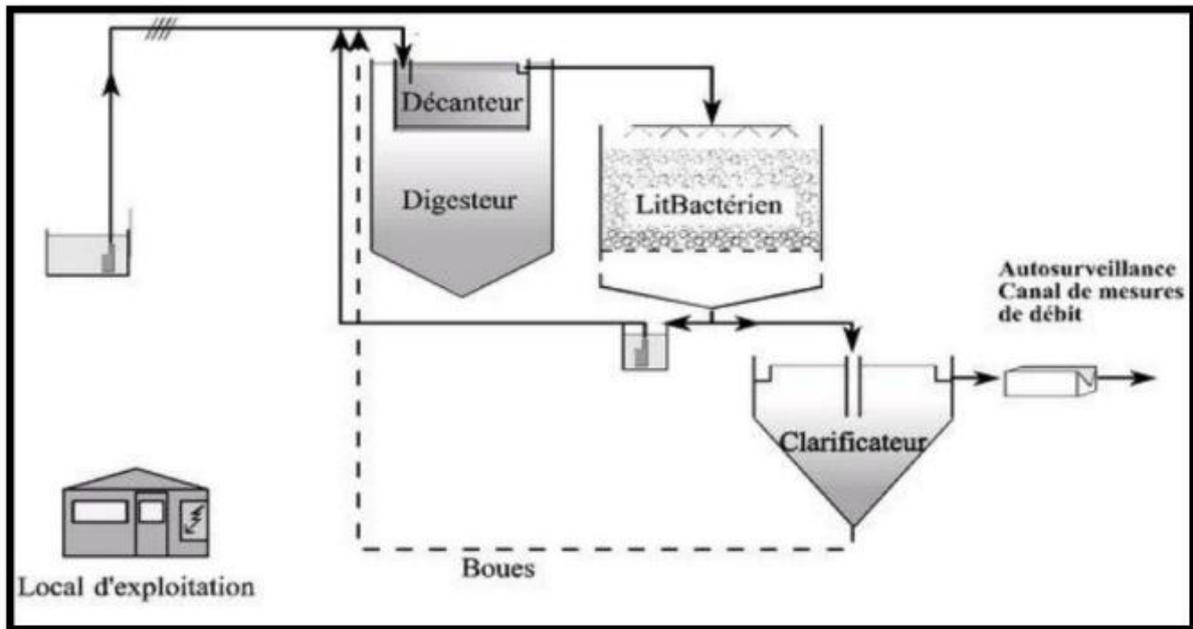


Figure (II-3) : disque biologique.

#### 4.1.3 L'épuration sur lit bactérien [12]

Est le plus ancien procédé biologique. Des bactéries sont cultivées sur un substrat neutre, comme de la pierre concassée, de la pouzzolane (sable volcanique), du mâchefer ou du plastique. On fait passer l'effluent sur le substrat. La difficulté consiste à trouver la bonne vitesse du flux d'eau, qui ne doit pas être trop rapide (pour permettre la dégradation bactérienne) ni trop lent (pour une bonne évacuation des MES en excès). Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO<sub>5</sub> [16].



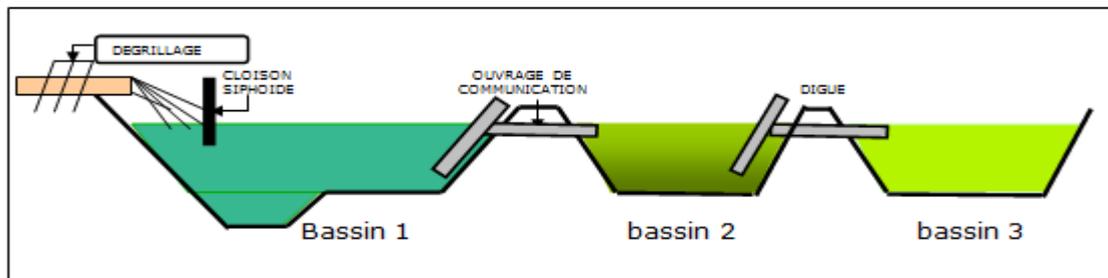
**Figure (II-4) :** Filière d'épuration des eaux usées par un lit bactérien.

## 4.2 Traitement biologique à culture libre :

### 4.2.1 Lagunage : [6] ; [17]

Un traitement par lagunage comprend en général trois types de bassins : un bassin anaérobie, un bassin facultatif et un bassin de maturation. Le bassin anaérobie permet de diminuer la charge en matière organique. L'anaérobiose est obtenue en apportant un effluent très chargé en matière organique. Dans ces lagunes, une profondeur importante est en principe un élément favorable au processus (5 à 6 m, par exemple). Ce bassin n'est applicable que sur des effluents à forte concentration et, le plus souvent, à titre de prétraitement avant un deuxième stade d'épuration de type aérobie surtout dans les pays à climat chaud où le terrain est disponible à coût raisonnable. Le lagunage utilise des mécanismes naturels pour traiter les eaux usées. Il est fort développé dans les petites communes rurales, en raison de son rusticité et de son performance d'épuration honorable. Par contre, ces procédés conviennent moins bien aux communes plus grandes, vu les grandes surfaces de bassins nécessaires.

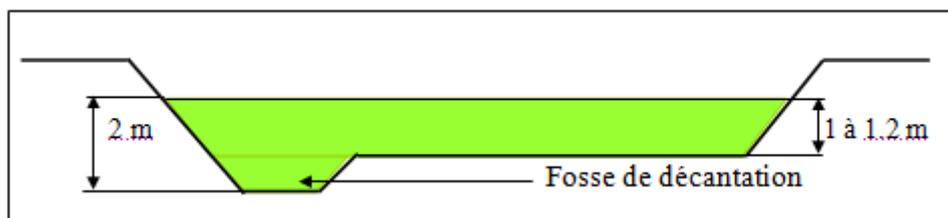
Le bassin facultatif permet le développement d'algues photosynthétiques qui vont produire de l'oxygène nécessaire au développement des bactéries aérobies. Cet apport peut être complété exceptionnellement par des aérateurs pour stimuler l'activité biologique et diminuer les surfaces.



**Figure (II-5) :** Le lagunage naturel.

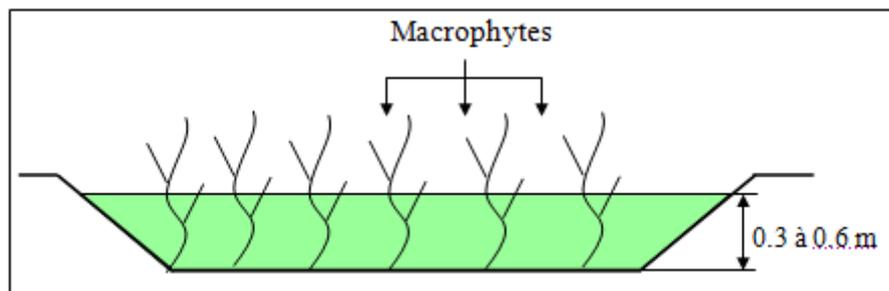
Il existe deux types de bassins facultatifs, selon les végétaux qu'ils comprennent :

- Les bassins à microphytes : ils contiennent des algues microscopiques (essentiellement les algues vertes ou bleues),



**Figure (II-6) :** Lagune à microphytes.

- Les bassins à macrophytes : ils contiennent des végétaux macroscopiques, sous formes libres (ex. lentilles d'eau) ou fixées (ex. roseaux).



**Figure (II-7) :** Lagune à macrophytes.

#### 4.2.2 Les boues activées : [18]

Les procédés par boues activées comportent essentiellement une phase de mise en contact de l'eau à épurer avec un floc bactérien en présence d'oxygène (aération) suivie par une phase de séparation de ce floc (clarification).

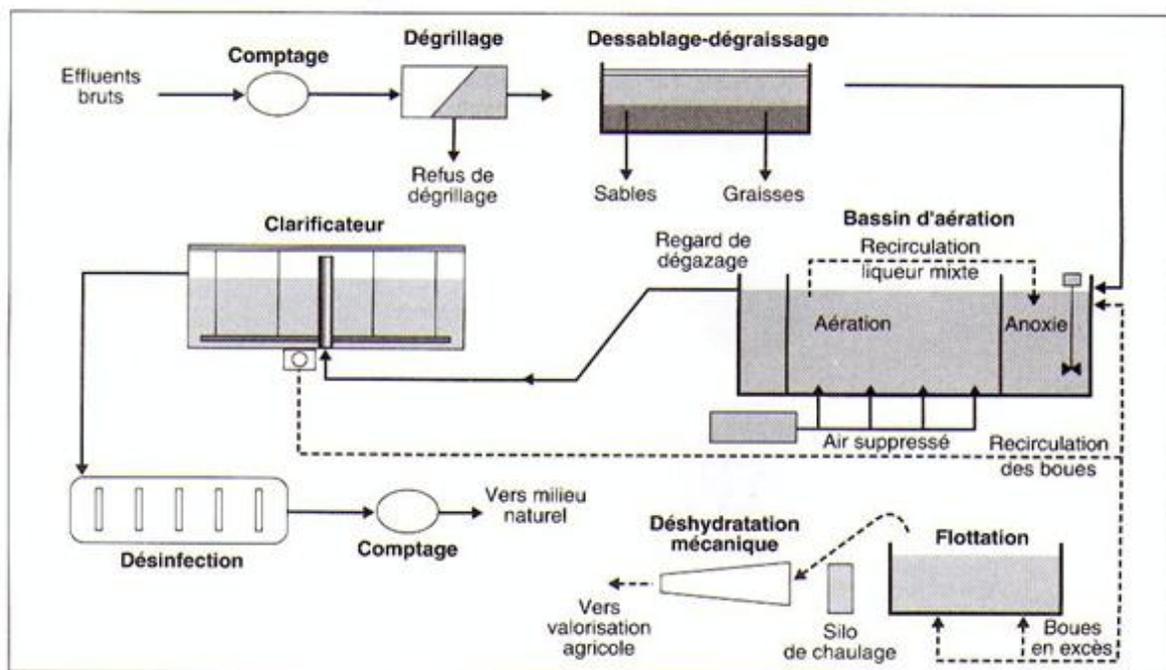
Il consiste à mettre en contact l'eau usée avec une biomasse épuratrice qui est en fait un écosystème simplifié et sélectionné faisant appel à des micro-organismes. Elle est constituée d'être vivants de petite taille, inférieure au millimètre, microflore de bactéries et microfaune d'animaux, protozoaires..... etc.

La dégradation se réalise alors par voie aérobie (en présence d'oxygène), elle consiste à transformer les impuretés grâce à l'action de la biomasse. Les bactéries digèrent la matière organique à condition de régler convenablement la quantité d'oxygène dissous dans l'eau par rapport à la concentration de la biomasse. On provoque le développement d'une culture bactérienne libre sous forme de flocons dans un bassin brassé et aéré et alimenté en eau à épurer. Un brassage est réalisé en surface au moyen de turbine, ou en fond de bassin par diffusion de bulles d'air. Il a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée ; l'aération qui se fait à partir de l'oxygène de l'air a pour but de dissoudre cet oxygène dans l'eau et de répondre ainsi aux besoins des bactéries épuratrices aérobies.

Le temps de contact eau usée-biomasse est de l'ordre de 6 à 10 heures. Une équation simplifiée du traitement secondaire peut s'écrire :

**Eau usée + biomasse + oxygène  $\implies$  eau épurée + accroissement de la biomasse + gaz.**

Une partie des boues formées sera recyclé dans le bassin d'aération pour en assurer le réensemencement en micro-organisme, l'excès de boues étant extrait et traité.



**Figure (II-8) :** Epuration biologique : schéma de principe de l'épuration par boues activées.

#### 4.3 Les procédés à culture hybride :

Résultant, comme nous l'avons vu précédemment, du couplage d'un système à culture libre avec un système à culture fixée au sien du même réacteur, sont proposés et utilisés pour le traitement des effluents de petites municipalités. L'avantage principal des procédés

hybrides est de permettre des possibilités de traitement plus élevées sans nécessiter d'augmenter le volume de bassin d'aération. Deux grandes familles de bioréacteurs à membrane :

- Les bioréacteurs à membrane externes : installés à l'extérieur du bassin d'aération ;
- Les bioréacteurs à membrane immergées : installés à l'intérieur du bassin d'aération.

La diversité des technologies et l'efficacité de chacune d'entre elles, permet également de concevoir des filières adaptées à chaque besoin spécifique dans le but d'atteindre le juste coût économique [5].

### **5 Le traitement tertiaire :**

Les traitements tertiaires ont pour but d'améliorer les caractéristiques d'une eau résiduaire après un traitement biologique [19].

En général, les techniques d'épuration, même les plus sévères performantes, laissent passer dans l'eau épurée des matières organiques difficilement biodégradables et échappent à la décantation. En outre même après un traitement secondaire l'eau véhicule presque toujours des micro-organismes et des micropolluants [20].

La principale méthode utilisée est la désinfection par le chlore, qui doit être appliquée avec des doses très fortes et des temps de contact longs. Mais il convient de signaler suite à cette opération que des toxiques pour la vie aquatique peuvent être formés, il faut donc procéder à une opération de décoloration avant le rejet [20].

#### **5.1 La déphosphatation : [6]**

L'élimination du phosphore concerne le traitement de déphosphatation, soit physico-chimique soit biologique. La déphosphatation biologique, de développement récent, est basée sur la succession de phases anaérobies et aérobies au cours du traitement biologique mais son rendement est en générale moins bon que celui de la déphosphatation physico-chimique.

La déphosphatation peut aussi être réalisée par précipitation physico-chimique en présence de sels minéraux comme le sulfate d'ammonium ou le chlorure ferrique et en traitement s'effectuer soit simultanément aux réactions biologiques dans le bassin de boues activées, soit final.

#### **5.2 La désinfection :**

La désinfection vise à réduire la concentration des germes pathogènes dans les effluents avant rejet dans l'environnement. Contrairement aux normes de désinfection pour la production d'eau potable qui spécifie l'absence totale de coliformes, les normes de rejets pour les eaux résiduaires urbaines varient suivant la nature du milieu récepteur [6].

### 5.2.1 Les membranes : [10]

Les membranes permettent de filtrer et d'éliminer toutes les MES, tous les micro-organismes et toutes les substances qui s'y adsorbent. Seules subsistent les matières dissoutes. L'efficacité épuratrice d'une membrane dépend de son (seuil de coupure). Selon Lazarova et al (2003), un seuil de coupure de 0.035  $\mu\text{m}$  permet de désinfecter de manière quasi-totale.

Les autres avantages d'un traitement par membranes sont une réduction considérable de la surface nécessaire pour le site de traitement (moins 50 % de surface totale au sol et moins 40 % du volume d'un bassin biologique, toujours selon Lazarova al (2003) et une automatisation poussée de l'usine.

Par contre, les membranes nécessitent d'être nettoyées régulièrement pour continuer à être efficaces. De plus, le traitement par membranes est un procédé dont le coût est élevé. La filtration est très efficace pour l'élimination des micro-organismes, d'autant plus que ceux-ci sont gros. L'osmose inverse, qui est une technique de filtration encore plus fine, et qui permet de séparer également les substances dissoutes, est tout aussi efficace.

### 5.2.2 Le lagunage tertiaire :

Le lagunage tertiaire est un procédé extensif de désinfection similaire au lagunage secondaire, si ce n'est qu'il est précédé d'un traitement d'épuration comme par exemple un traitement par boues activées. Il permet d'éliminer les micro-organismes d'affiner l'épuration, de faire face aux variations de flux et de protéger le milieu récepteur [10].

### 5.2.3 L'infiltration/percolation :

L'infiltration ou percolation consiste à traiter l'eau par l'intermédiaire du sol ou d'un massif filtrant. On infiltre les effluents à raison de quelques centaines de litres d'effluent par mètre carré de massif filtrant et par jour. Trois mécanismes entrent en jeu :

La filtration des MES : plus le sable est grossier, plus la fixation des MES se fera en profondeur. Les MES finissent par colmater le filtre. Pour lutter contre le bouchage du massif filtrant, il faut donc alterner phase d'infiltration et phase de séchage.

Les techniques d'infiltration/percolation permettent l'élimination des (gros) micro-organismes (protozoaires et helminthes) par filtration/adsorption au début du massif filtrant. L'élimination des virus et des bactéries est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée [10].

**6. Conclusion**

A partir d'eaux usées et grâce aux traitements précédents, il est possible d'obtenir toute une « Gamme » d'eaux de qualités différentes. A chacune de ces qualités peut correspondre un usage particulier.

## 1- Introduction

La filtration, procédé permettant de séparer un solide en suspension, par exemple un précipité, du liquide dans lequel il se trouve, en filtrant le solide à travers un milieu poreux qui peut être facilement pénétré par les liquides. La filtration est un procédé de fabrication de base dans l'industrie chimique ; elle a également de nombreuses applications, telles que le brassage du café, la clarification du sirop de sucre, l'épuration des eaux d'égout. Le solide à filtrer est appelé suspension. Le liquide qui est passé à travers le filtre est appelé filtrat.

On utilise quatre types généraux de moyens de filtrage dans les procédés de filtration : les filtres granulaires, tels que le sable ou le charbon de bois broyé, les feuilles feutrées, telles que le papier, ou des filtres, tels que les mailles de vêtements ou de fil, les filtres poreux et rigides, tels que ceux qui se forment en chauffant la brique ou l'argile à basse température, et enfin, les filtres composés de membranes semi-perméables ou pénétrables, telles que les membranes animales. Les filtres du dernier type sont utilisés pour séparer par dialyse les solides dispersés.

## 2- Historique de filtration :

La filtration est l'une des techniques les plus anciennes et de loin la plus appliquée dans les opérations de traitement de l'eau, qu'elle soit à usage industriel ou domestique. C'est en 1804 qu'un écossais, du nom de John Gibb, a conçu et construit pour la première fois un filtre à sable expérimental pour sa blanchisserie de Daisley. Produisant plus d'eau "traitée" qu'il n'en avait besoin, il commença à en vendre le surplus à la population. Par la suite, lui-même et d'autres techniciens perfectionnèrent cette méthode, à tel point qu'en 1829 fut construite pour la première fois une installation de filtration de l'eau, des tinées à la consommation de la ville de Londres, sous la direction d'un nommé James Simpson. Depuis, cette méthode de traitement commença à se proliférer dans le monde industrialisé de l'Europe de l'époque. Elle a prouvé son efficacité par suite de nombreuses épidémies qui ont ravagé certaines populations consommant de l'eau non filtrée et épargnant pendant la même période d'autres populations consommant la même eau, mais filtrée. C'est le cas de l'épidémie de choléra de 1892, dont près de la moitié de la population de Hambourg a été victime, consommant le se aux de l'Elbe à l'état brut, et dont est sortie indemne la population d'Altona, procédant à la filtration de ces eaux.

Des suites des découvertes de Pasteur et autres, des examens biologiques sur plusieurs échantillon sont donné des résultats confirmant l'amélioration de la qualité bactériologique de l'eau après filtration. Cette technique fut alors largement adoptée comme moyen de "traiter" l'eau avant consommation, et gagna du terrain tout en s'améliorant au fil du temps grâce aux progrès techniques. Il s'en est suivi la naissance des filtres rapide set la transformation dans la plupart des cas de la filtration seulement en une étape du traitement de l'eau après la décantation et d'autres stades de prétraitement et avant la stérilisation et d'autres stades de post-traitement [21].

### **3- Définition de la filtration :**

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire [23]. La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation des filtres et du type de matériau utilisé. L'espace inter granulaire définit la capacité de rétention du filtre. Au fur et à mesure du passage de l'eau, cet espace se réduit, le filtre se colmate. Les pertes de charge augmentent fortement. Il faut alors déclencher le rétro lavage [3].

Il existe divers systèmes de filtration qui épurent les eaux en les faisant passer à travers un milieu filtrant.

Les filtres peuvent être faits de sable, de tourbe, de charbon activé, de terre à diatomées ou d'autres matériaux utilisés séparément, ou en combinaison pour filtrer l'eau et retenir les particules aussi pour promouvoir la croissance des microorganismes qui décomposent les polluants [24]. Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent; il faut donc prévoir un nettoyage du filtre [7].

### **4- But de filtration :**

La filtration, habituellement précédée des traitements de coagulation, de floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs [7],[15].

### **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 inter granulaire définit la capacité de rétention du filtre. Au fur et à mesure de passage de l'eau, il faut alors déclencher le rétro lavage, 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.

### **6- Description de la filtration :**

Dans les processus de traitement de l'eau, la filtration intervient au dernier stade des traitements physiques, c'est-à-dire après la coagulation et décantation dont le cas où elles existent. Elle a pour but d'arrêter les particules trop petites pour ainsi décanter. Nous ne considérerons que la filtration en volume, opération au cours de laquelle les matières en suspension sont retenues à l'intérieur de la masse poreuse. Cela implique que ces matières en suspension aient des dimensions inférieures à celles des pores du filtre, sinon elles seront

retenues à la surface où l'on eut observé une filtration dite en surface ou en gâteau. Procédé couramment utilisé en génie chimique mais qu'on ne rencontre en hydraulique urbaine que dans les procédés de traitement des boues par lit de séchage ou par filtration sous vide.

Les chercheurs admettent cependant que la filtration doit être abordée en considérant deux phénomènes distincts : le transport et la filtration. Le premier concept désigne tous les processus qui déplacent les particules dans les pores de masse filtrante les amenant au contact d'un grain solide ou d'un dépôt antérieur où elles pourront se fixer. Le second concept désigne les mécanismes qui font qu'une particule en suspension soit retenue au sein de la masse filtrante.

On ne distingue pas moins de six mécanismes de transport différents susceptibles d'amener une particule en suspension en contact avec la structure fixe du milieu filtrant :

- Interception directe où il y a un choc entre une particule et un grain fixe ;
- Diffusion : les particules les plus petites sont soumises à un mouvement brownien qui peut les amener au contact d'un grain. Ce phénomène dépend de la température de l'eau et de la taille des particules. Il n'a d'importance que pour les particules inférieures au micron ;
- Tamisage : les particules les plus grosses peuvent être éliminées par tamisage à l'entrée d'un pore une faible proportion des particules est ainsi arrêtée dans le cas où cette proportion soyer importante, cela signifier que la décantation, dans la mesure où elle existe est insuffisante. Dans le cas contraire, un micro tamisage mécanique en amont des filtres constituer une bonne forme de prétraitement;
- Inertie : l'inertie de la particule contraint cette dernière à continuer en ligne droite.

Dans le cas où le courant d'eau qui l'entraîne s'incurve pour contourner un grain. Phénomène a une grande importance en filtration d'air dont toute augmentation de la vitesse améliore le rendement de la filtration. Sont importance est beaucoup plus limitée dans le cas de la filtration de l'eau. Nous le verrons par la suite que les nombres de Reynolds traduisant le rapport des forces d'inertie aux forces de viscosité se trouvent toujours très faibles ;

- Décantation : l'effet de gravité sur une particule peut l'amener à prendre une trajectoire différente des lignes d'eau ensuite revenir au contact du grain. L'importance de ce phénomène se caractérise par le rapport de la vitesse de Stokes à la vitesse de filtration. Ce rapport est très faible mais l'effet de décantation peut être mis en évidence expérimentalement;
- Hydrodynamique : les particules sont soumises sous l'action de diverses forces d'origine hydrodynamique à des mouvements de rotation. Bien entendu, ces mécanismes de

transport ne sont pas exclusifs les uns des autres. La diffusion joue un rôle important pour les particules les plus petites. La décantation

Pour les plus grosses et les plus denses. Le tamisage pour les plus grenues et les effets hydrodynamiques pour les particules les plus dissymétriques. La simple description des phénomènes permet de voir que généralement, la vitesse de filtration dont la définition exacte est donnée ci-après joue un rôle important. Plus elle est élevée plus les mécanismes énumérés perdent de leur efficacité. La plupart des chercheurs expliquent la fixation des particules sur le milieu filtrant par des forces physico-chimiques, type force de Vander Waals [24].

### 7- Vitesse de filtration : [24]

On désigne par  $U$  et on appelle vitesse de filtration le quotient du débit  $Q$  passant dans un filtre par la surface de ce filtre. Cette vitesse est effectivement la vitesse de l'eau dans la couche qui surmonte le matériau filtrant. Cette définition rappelle d'ailleurs la notion de vitesse ascensionnelle de l'eau dans les décanteurs. Elle n'a aucune réalité physique à l'intérieur de la masse filtrante où la vitesse moyenne réelle de l'eau est sa vitesse interstitielle, soient en début de filtration :

$$U_f = \frac{U}{f}$$

En appelant  $f$  la porosité initiale du milieu, et au cours de la filtration :

$$U_f = \frac{U}{f - \frac{q}{\rho}}$$

$q$  étant la masse des dépôts accumulés par unité de volume, et  $\rho$  la masse volumique de ces dépôts.

### 8- Les différents procédés de filtration : [26]

Le but de la filtration est de séparer les constituants d'un mélange liquide-solide par passage à travers un milieu filtrant. Cette opération est beaucoup plus rapide que la sédimentation: elle est donc plus utilisée. On récupère après filtration soit le solide (après une cristallisation), soit le liquide (récupération d'eaux usées avant traitement et après sédimentation), soit le liquide et le solide (opération de recristallisation). On distingue :

#### 8.1- La filtration par gravité :

Le mélange est soumis uniquement à la pression atmosphérique. Le liquide passe à travers le support filtrant, qui peut être du sable par exemple, tandis que le solide est récupéré sur le support filtrant.

#### 8.2- La filtration par surpression :

La suspension arrive sous pression dans le filtre.

### 8.3- la filtration sous pression réduite :

Le mélange est soumis d'un côté du filtre à la pression atmosphérique, et de l'autre côté, où sort le filtrat, à une dépression réalisée grâce à une pompe à vide. Lors du passage d'une suspension à travers un milieu filtrant, le fluide circule à travers les ouvertures tandis que les particules sont arrêtées. En s'enchevêtrant, ces dernières finissent par former un second milieu filtrant pour les autres particules qui se déposent d'une manière continue sous forme de gâteau dont l'épaisseur va en croissant au fur et à mesure de l'écoulement de la suspension.

La différence de pression entre l'amont et l'aval (perte de charge) a une grosse importance car elle règle la vitesse de filtration. On peut concevoir deux types de filtration:

### 8.4- Filtration à pression constante :

On régule la différence de pression amont-aval à une valeur constante. L'épaisseur du gâteau augmentant au cours du temps, la vitesse de filtration va donc diminuer sous l'effet de l'augmentation de la perte de charge. C'est la filtration la plus utilisée dans l'industrie.

### 8.5- Filtration à débit constant :

On augmente au cours du temps la différence de pression amont-aval pour garder un débit constant malgré l'augmentation de perte de charge. Comme on l'a vu, la suspension à filtrer est dirigée vers un support filtrant que le liquide seul traverse sous l'influence d'une différence de pression. Méthode pour classer les filtres se base sur la manière de réaliser ce gradient de pression. On a :

- la filtration sous pression, lorsque la pression est appliquée sur la face amont de la surface filtrante, l'autre face restant à la pression atmosphérique ;
  - la filtration sous vide, si l'on crée une dépression sur la face aval du milieu poreux, l'autre face restant à la pression atmosphérique ;
  - la filtration par gravité, quand la suspension s'écoule due à la pression hydrostatique ; cette méthode est généralement utilisée lorsqu'il s'agit de traiter d'importantes quantités de
- D'autres critères de classification de la filtration sont :

- Le mode d'opération : en continu, semi-continu ou en discontinu ;
- La technique de filtration : sur gâteaux, à courant croisés ou sur membrane [25].

### 9- Constitution d'un filtre : [3]

Tout filtre est composé de trois parties. On retrouve le fond, le gravier support et le matériau filtrant. Le premier élément 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 plus souvent par des buselures incorporées, et la réparation uniforme de l'eau de lavage. Le gravier a pour rôle de retenir le sable et d'améliorer la distribution de l'eau de lavage dans le filtre.

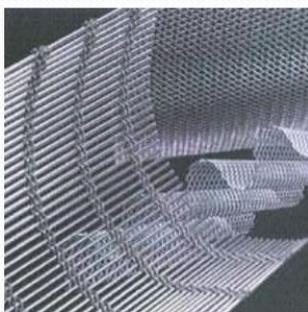
## 10- Matériaux des filtres

Selon le type de filtre adopté, on a recourt à divers matériaux filtrants; on utilise ainsi :

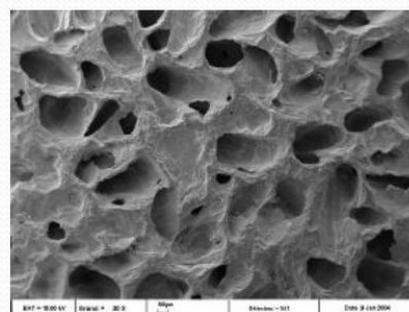
a) Des tissus de fibres, des toiles métalliques ou des pierres poreuses à interstices très fins. Ces matériaux retiennent les solides en surface; on les utilise rarement pour traiter des quantités d'eau importantes.



Tissus en fibres de carbone



Toiles métalliques



Pierres poreuses

b) Des granules libres qui n'adhèrent pas les unes aux autres. Ces matériaux sont insolubles et inattaquables par le liquide filtré ou par les solides qui s'y déposent. La filtration a lieu soit en surface, soit en profondeur, selon les caractéristiques granulométriques du matériau filtrant et selon la grosseur et la cohésion des solides en suspension. Le sable, l'antracite et l'ilménite sont couramment utilisés dans les usines de traitement des eaux.



Sable



L'antracite



L'ilménite

## 11- Appareillage : [26]

Le procédé de filtration peut être continu ou discontinu.

### 11.1- Filtre discontinu :

Dans les filtres discontinus, l'opération a lieu par charge, c'est à-dire que l'alimentation de la suspension et le chargement du solide se font par intermittence. La filtration est arrêtée quand la capacité au-dessus de la surface filtrante est remplie ou que le colmatage du filtre atteint une valeur limite.

**11.2- Filtre continu** : dans les filtres continus, la surface filtrante fermée sur elle-même se déplace lentement devant l'alimentation; le gâteau atteint une certaine épaisseur et dès qu'il sort de la partie filtrante il est détaché par un système raclant. Un cycle de lavage puis d'essorage est souvent adjoint. Ces filtres constituent un investissement plus important mais ils ont un coût de fonctionnement moindre: ils conviennent donc aux productions importantes.

### **12- Les caractéristiques du support filtrant : [3]**

Les matériaux utilisés sont des granulés libres non adhérents les uns aux autres, insolubles, inattaquables par le liquide filtré ni par les solides retenus, chimiquement inerte vis-à-vis des eaux agressives et apte à subir, sans s'effriter, le frottement intense que provoque les lavages. Dans les cas des premiers étages de filtration, le choix se porte sur le sable quartz rond, la pierre ponce ou l'hydro anthracite pour les filtres bicouches. La pouzzolane est réservée à la déferrisation sous pression. Le charbon actif en grains est utilisé en deuxième étage afin d'améliorer les qualités organoleptiques ou d'éliminer les micropolluants.

La filtration a lieu soit en surface, soit en profondeur, selon les caractéristiques granulométriques du matériau filtrant et selon la grosseur et la cohésion des solides en suspension. Les principales caractéristiques d'un matériau filtrant sont :

#### **12.1-Le diamètre effectif : [24]**

Le diamètre effectif correspond à la taille des mailles du tamis qui laissent passer 10 % de la masse de l'échantillon.

#### **12.2- Le coefficient d'uniformité : [24]**

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. Soit  $d_{60}$  et  $d_{10}$  étant les valeurs lues en abscisse pour les points de la courbe granulométrique correspondant aux ordonnées de 60 % et 10 %.

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

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:

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

$C_u > 2 \Rightarrow$  la granulométrie est dite varié.

**12.3- Coefficient de classement : [24]**

Il s'agit du rapport entre deux diamètres apparents définis de telle sorte que la taille de 75 % et respectivement 25 % des particules soit inférieure, ce coefficient constitue un indice de variation relative de la pente de la courbe :

$$C_c = \frac{d_{75}}{d_{25}}$$

**12.4- Densité relative du sable : [3]**

On peut calculer expérimentalement la densité relative du sable, en divisant sa masse par celle de l'eau qu'il déplace.

**12.5- Masse unitaire sèche : [3]**

Est la masse de matériau filtrant par unité de volume, masse qui varie du degré du compactage du matériau ;

**12.6- Porosité : [3]**

On la calcule en divisant le volume des vides dans ce matériau par le volume total du matériau.

Il existe d'autres caractéristiques, beaucoup plus difficiles à mesurer, comme la forme des grains et la surface spécifique.

**13- Mécanisme de filtration :**

L'arrêt des particules que transporte l'eau à filtrer peut s'effectuer de diverses façons selon la taille de ces saletés, de leur fragilité, de leur potentiel zêta et de leur nature chimique. La filtration se déroule dans le volume des vides du matériau. Trois mécanismes sont possibles [3].

**13.1 - Mécanismes de capture : [24]**

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 matériau filtrant. Ce phénomène intervient d'autant plus que la maille du matériau filtrant est plus fine. Il est de peu d'importance pour un lit filtrant composé de matériau relativement grossier. Dans le cas contraire il est prépondérant dans une filtration sur support mince.

**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.

### **13.2- Mécanismes 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 [24].

### **13.3- Mécanisme de détachement : [3]**

Le détachement sous l'influence de la vitesse de l'eau lors du lavage. Les plus grosses particules subissent un arrêt purement mécanique dans l'espace inter granulaire qui diminue avec l'accumulation des MES et le passage de l'eau se réduit : c'est le colmatage. Ce phénomène provoque une perte de charge.

D'autre part, le lit filtrant retient des particules beaucoup plus fines que les capillaires eux-mêmes par des mécanismes d'adsorption et par emprisonnement dans des pores devenus stagnante.

### **14- Lavage du milieu filtrant :**

Le lavage est une opération très importante; lorsqu' il est insuffisant, il entraîne le colmatage permanent de certaines zones, ne laissant à l'eau qu'un passage réduit ; la perte de charge s'accroît alors plus vite, la filtration devient localement plus rapide et moins efficace. Pour laver le matériau filtrant, on le soumet à un courant d'eau, circulant de bas en haut, destiné à détacher les impuretés et à les entraîner ensuite dans une goulotte d'évacuation. Le matériau filtrant doit être simultanément agité dans le courant d'eau [27].

### **15- Avantage d'un filtre :[25]**

- Aucun élément mécanique ;
- Nécessite pas l'ajout de produit chimique ;
- Nécessite des maintenances périodiques ;
- Produit une eau de grande qualité ;
- Peut être utilisée/implémenté dans des pays en voies de développement.

**16- Inconvénients d'un filtre : [25]**

- Nécessite de grandes surfaces et de grandes quantité de médias filtrant ;
- Des eaux trais chargées peuvent colmater rapidement ces filtres ;
- Les eaux peut chargées en matière organique peuvent limiter l'enlèvement biologique ;
- Limitation dans les pays froids.

**17- Filtration sur sable :**

Les filtres à couche de sable homogène conviennent dans la majorité des cas, à condition de bien choisir la vitesse, la granulométrie et la hauteur de la couche [27].

**17.1- Type de filtre :**

La filtration consiste en la traversée d'un milieu filtrant par un liquide chargé d'éléments dont on veut le débarrasser, le milieu filtrant ne laissant passer que le liquide et retenant les éléments In désirés, soit de par sa nature (adsorption), soit par la faiblesse de la taille des voies de passage (tamisage). Dans le cas qui nous concerne, le liquide est l'eau et les éléments in désirés sont l'ensemble des particules colloïdales, dissoutes ou en suspension, qu'elle contient à l'état brut, la rendant impropre à la consommation. Quant au milieu filtrant, il peut être de nature diverse et fonctionner de diverses manières [21]. On distingue:

**17.1.1- Les filtres lents à sable :**

Il correspond à un traitement extensif permettant de traiter complètement l'eau par voie biologique. Le procédé consiste après un prétraitement à faire percoler l'eau directement sur des filtres à sable, avec une vitesse de passage de l'ordre d'une dizaine de mètre par jour. Ce procédé très efficace mais consommateur d'espace a peu à peu remplacé par les traitements modernes [29].

Dans les circonstances appropriées, la filtration lente sur sable est, non seulement la technologie la moins onéreuse et la plus simple de filtration, mais aussi le plus efficace pour le traitement des eaux [28].

Ses avantages pratiques ont été démontrés sur une longue période, et elle est encore la méthode privilégiée pour la purification de l'eau dans certaines parties du monde [28].

Il possède une vitesse de 1 à 2 m/h, il doit être construit de telle sorte que l'eau traverse lentement une couche de sable fin et que les particules les plus grosses soient arrêtées près de la surface du sable. Ces particules forment une couche poreuse très fine, dont la surface totale de veinules ou de pores est très grande, ce qui facilite l'absorption des impuretés par cette couche poreuse est constitué de bactéries, d'algues et de protozoaires. La filtration lente combine donc les effets de processus physique et de processus biologique [3].

**17.1.1.1 -Avantage des filtres lents : [24]**

- Les filtres lents permettent de ne pas recourir à la coagulation ;
- Les matériaux de construction de ces filtres sont simple ; on peut se les trouve sur place
- On peut aisément se procurer du sable de ces filtres est simple ;
- La surveillance du fonctionnement et de qualité plus constante que celle des filtres rapides, lesquels exigent un traitement chimique.
- Ils éliminant bien les bactéries.

**17.1.1.2- Inconvénient des filtres lents : [24]**

- Les filtres lents occupent une grande superficie. Ils exigent une installation de grandes dimension, un volume de sable important et des travaux couteux ;
- Leur exploitation manque de souplesse. Comme nous le verrons plus loin, leur mise en exploitation et leurs lavages requièrent des périodes trop longues, au cours des quels ils sont inutilisables ;
- Leur utilisation est couteuse lorsque la turbidité des eaux brutes dépasse 30 NTU et ce durant de longues périodes de temps, sauf lorsqu'on fait préalablement sédimenter les impuretés de manière à abaisser suffisamment le degré de turbidité de ces eaux ;
- Ils décolorent médiocrement les eaux colorées ;
- Ils donnent se mauvais résultats lorsque les eaux sont riches en algues et n'ont pas été préalablement traitées.

**17.1.2- Filtres à sable rapides : [30]**

Le filtre à sable rapide est le type le plus utilisé dans le traitement des eaux de consommation. Le matériau filtrant est maintenu en place par gravité et l'écoulement de l'eau se fait de haut en bas. Lorsque le milieu filtrant est encrassé, on lave le filtre en inversant le sens de l'écoulement de l'eau. Le milieu filtrant est alors en expansion, et les particules d'impureté beaucoup moins denses que les grains de sable, sont décollées et évacuées vers l'égout à l'aide des goulottes de lavage. Les principaux éléments d'un filtre rapide sont :

**a) Le fond de filtre :**

Il représente 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.

**b) Le gravier de support:**

Situé immédiatement au-dessus du fond du filtre, il permet:

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

L'épaisseur et les caractéristiques granulométriques de la couche de gravier de support dépendent des caractéristiques du fond de filtre et de celles du milieu filtrant.

**c) Le milieu filtrant:**

les matériaux filtrants les plus utilisés sont le sable et l'antracite.

Le tableau (II-1), représente les principales propriétés physiques de ces matériaux.

**Tableau (III-1):** propriétés physiques des matériaux filtrants.

Matériau	Forme	Densité	Dureté (moh)	Porosité (%)	Diamètre effectif (mm)
Sable de silice	Arrondie	2,6	7	42	0,4 – 1,0
Sable de silice	non arrondie	2,6	7	44	0,4 – 1,0
Quartz	Anguleuse	2,6	7	53	0,4 – 1,0
Anthracite	Anguleuse	1,5	3	55	0,4 – 1,4
Anthracite	Arrondie	1,5	3	50	0,5 – 1,0

**17.2- L'écoulement à travers le filtre à sable : [24]**

La filtration étant l'écoulement d'un liquide dans un milieu poreux est régie, pour les vitesses usuellement appliquées en traitement d'eau, par la loi de DARCEY :

$$Q = K * A * \Delta P / \eta \Delta H$$

Avec :

Q : le débit traversant la couche filtrante (m<sup>3</sup>/s)

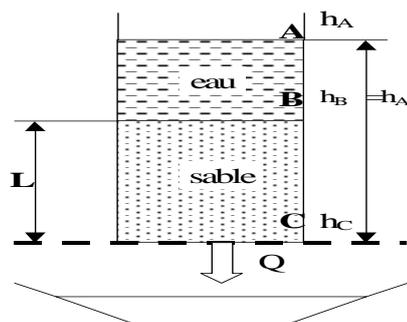
K : le coefficient de perméabilité (m/s)

$\Delta P$ : la perte de charge à travers la couche filtrante(m)

$\Delta H$  : hauteur de la couche considérée (m)

$\eta$  : viscosité dynamique de l'eau (pa.s)

Donc l'écoulement à travers le filtre dépend à la fois, des caractéristiques du sol et du liquide.



**Figure (III-1) :** l'écoulement a travers le filtre

### 17.3- Colmatage du matériau filtrant :

#### 17.3.1- Définition :

Le colmatage est l'obstruction progressive des interstices des matériaux filtrant, la vitesse du colmatage dépend de type de support filtrant et de la qualité de l'eau à faire filtré [24].

L'importance du colmatage va régir la porosité libre à l'air et à l'eau libre, conduisent à modifier les vitesses d'écoulement et de transfère d'oxygène au sein du massif.

Si le colmatage permet d'augmenter les temps de contact du triptyque eau-gaz-bio film, indispensable à une bonne dégradation des polluants, il doit être limité pour maintenir des conditions de perméabilité et d'oxygénation nécessaire à la longévité du filtre.

On distingue [31] :

- Un colmatage physique dû au dépôt des MES ;
- Un colmatage biologique induit par la croissance de la flore bactérienne.

#### 17.3.2- Colmatage physique

Les MES physique les plus grossières se déposent en surface du filtre par action purement mécanique. Les particules plus fines sont retenues par blocage entre les pores. Plus les matériaux support est grossier, plus le MES pénétreront profondément. Le colmatage en sera retardé mais plus épais.

Il se forme, à plus moins long terme, suivent la présence ou non de prétraitement, une couche colmatant à perméabilité réduite.

Des dépôts organiques se forment sur la surface du filtre, des phénomènes de saturation en eaux, en raison d'une diminution locale de la porosité peuvent avoir des conséquences importantes sur l'hydraulique. Si le colmatage est « épais » la couche limitant sera importante.

#### 17.3.3- Colmatage biologique

Le colmatage biologique est engendré par l'occupation de la porosité du matériau par la biomasse et les sous-produits issus du métabolisme bactérien. En théorie, la production de

boue issue de la dégradation de la charge organique est compensée par la respiration endogène des bactéries, si la production de boue devient supérieure au taux de décroissance de la biomasse, ou si l'alternance des phases d'alimentation et de repos n'est pas correctement gérée, l'accumulation de boue peut survenir.

#### **17.3.4- Colmatage chimique : [24]**

L'eau joue le rôle d'un catalyseur pour les réactions chimiques entre les ions existants dans la masse filtrante. Ces réactions seront plus affectant en présence de l'argile.

#### **18- Optimisation de l'utilisation d'un filtre à sable : [24]**

Pour optimiser l'utilisation d'un filtre, on doit le faire fonctionner de telle sorte que, lorsque la turbidité de l'effluent atteint la valeur maximale permise, les pertes de charge atteignent, elles aussi, leurs limites maximales permises.

L'utilisation d'un filtre n'est pas optimale lorsque les deux situations ci-dessous se produisent:

- a) Les pertes de charge atteignent leurs valeurs maximales alors que la turbidité est toujours faible. Pour corriger cette situation, on peut soit accroître la charge superficielle afin d'augmenter la valeur des forces de cisaillement (et permettre ainsi une meilleure pénétration du floc), soit augmenter le diamètre effectif du milieu filtrant.
- b) La turbidité atteint sa valeur maximale alors que les pertes de charge sont toujours faibles. Pour corriger une telle situation, on peut soit réduire la charge superficielle de ne pas briser le floc, soit additionner un polymère destiné à renforcer le floc, soit diminuer le diamètre effectif du milieu filtrant.

#### **19- Conclusion**

On peut dire qu'à partir d'une eau usée et grâce aux procédés de traitement, il est possible d'obtenir toute une gamme d'eaux de qualités différentes. A chacune de ces qualités peut correspondre un usage particulier. Il est clair que les traitements qui existent peuvent réduire les concentrations des polluants sous toutes leurs formes, à des niveaux qui sont actuellement considérés comme non dangereux.

## IV. Matériels et méthodes

Toutes les analyses réalisées dans cette étude, ont fait au sein de trois laboratoires ;

- 1- Laboratoire de dans l'Institut National des Sols, de l'Irrigation et du Drainage (I.N.S.I.D) ;
- 2- Laboratoire de l'Agence National des Ressources Hydrauliques (ANRH) ;
- 3- Laboratoire de chimie de l'université d'Adrar.

### 1-Echantillons utilisés :

Les échantillons utilisés pour réaliser cette étude sont les sables d'Erg des régions Reggane et wayenna

### 2-Les analyses de sable :

L'analyse du sol consiste en ensemble d'opérations successives physico-chimiques, mais avant de développer ces types d'analyses, il faut tout d'abord commencer par l'opération critique dans l'analyse du sol : c'est l'échantillonnage et le prélèvement d'échantillons de sol dont l'importance n'est pas toujours bien perçue par l'opérateur.

#### 2.1-Echantillonnage et prélèvement : [4]

Si l'analyse au laboratoire revêt une grande importance, l'échantillonnage et le prélèvement d'échantillons reste la première des conditions pour gérer correctement les résultats d'analyses.

Pour cette opération, il suffit d'avoir :

1. Dégager la surface du sol (environ 1 cm de profondeur) ;
2. Faire un trou de 15 à 30 cm en forme V (selon le type de culture et les éléments à analyser) ;
3. Prélever 200-500 g sur les cotés ;
4. Déposer chaque prélèvement dans un seau et le mélanger ;
5. Déposer le sol du mélange dans un sachet en plastic, ceci constitue l'échantillon qui sera utilisé au laboratoire ;
6. Numéroter chaque échantillon (chaque sachet) ;
7. Indiquer sur une étiquette toutes les informations correspondantes à chaque échantillon (date du prélèvement, lieu ...etc.)
8. Fermer les sachets pour les rendre hermétiques (éviter toute perte d'humidité).
9. Réaliser les différentes analyses au laboratoire dans 3-4 jours qui suivent le prélèvement.



**Figure (IV-1) :** Exemple de la répartition des prises individuelles qui composent l'échantillon.

## 2.2 -Caractéristique du sable filtrant :

### 2.2.1 -Tamisage :

Pour éventuellement éliminer les gros fragments solides qui ne sont habituellement pas considérés comme faisant partie du sol. La fraction conservée pour analyse est généralement celle inférieure à 2 mm. [2]

#### 2.2.1.1 -Matériels utilisés :

**Tableau (IV.1) :** Caractéristiques de tamis

Ouverture	2 mm
La marque	Fisher scientifique labosi
La fabrication	78990 elancourt – France (AFNOR NFX 11504)
Nombre	01524
Nature de matière	INOX



**Photo (IV-1) :** Tamis utilisé.

**2.2.1.2- Mode d'opérateur :**

- Le sable à été posé dans le tamis ;
- Mobilisation jusqu'à toute la particule fin passer ;
- Récupération des sables passé.

**2.2.2 -Mesure de Le potentiel Hydrogène (pH) :**

Le pH fait partie d'une des plus importantes caractéristiques physico-chimiques des sols, car la spéciation, et donc la mobilité et la biodisponibilité des éléments traces métalliques sont liées à sa valeur. Le pH est défini par la relation :  $\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+}$  [2]



**Photo (IV-2) :** Les étapes de mesure de pH.



**Photo (IV-3) :** Agitateur mécanique.

**2.2.2.1 –Principe :**

La mesure du pH s'effectue sur une suspension de terre fine. Le  $\text{pH}_{\text{eau}}$  mesure l'acidité réelle et prend en compte les ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  libres dans la solution du sol.

**2.2.2.2 -Matériels utilisés :**

- Agitateur mécanique ;
- Balance ;
- Barre de verre ;
- Bêchers de 100 ml ;
- Capsule ;
- Entonnoir ;
- Flacons de plastique ;

- pH-metre (BASIC 20) ;
- Pissette pour l'eau distillée de 500 ml ;
- Spatule.

Pour l'étalonnage d'appareil à été utilise les deux solutions :

- Solution étalon de pH= 7 (pour l'eau distillée) ;
- Solution étalon de pH = 9 (pour les sels).

#### **2.2.2.3- Mode opératoire :**

- Peser 20 g de sable (inferieure de 2 mm) déjà séché ;
- Mélanger le 20 g de sable avec 50ml de l'eau distillé et agiter par le barre de verre durée de 1 min ;
- Mettre le mélange dans les flacons ;
- Agiter par l'agitateur mécanique jusqu' a 2 heures ;
- laisser reposer 1 heure ;
- Plonger l'électrode du pH-mètre dans le liquide surnageant et effectuer la mesure ;
- Lire la valeur de pH après la stabilisation de lecture.

#### **2.2.3- Mesure de conductivité électrique (CE) :**

La conductivité électrique est une mesure de la capacité d'une eau à laisser circuler un courant électrique. Cette mesure a un lien direct avec la quantité de sels dissous dans l'eau (solides totaux dissous). Plus la quantité de sels dissous dans l'eau est élevée, plus la conductivité électrique sera élevée. [2]

##### **2.2.3.1-Matériel utilisé :**

- Agitateur mécanique (Heidolph-REAX2) ;
- Balance (KERN- €W "Max= 600g , Min= 0.5 g) ;
- Barre de verre ;
- Béchers de 100 ml ;
- Capsule ;
- Conductimètre (HANNA instruments –HI 8633) ;
- Entonnoir ;
- Flacons de plastique ;
- Pissette pour l'eau distillée de 500 ml ;
- Spatule.



**Photo (IV-4) :** Le Conductimètre utilisé.

### 2.2.3.2- Mode d'opérateur :

- Peser 20 g de sable (inférieure de 2 mm) déjà séché ;
- Mélanger le 20g de sable avec 100 ml de l'eau distillé ;
- Mettre le mélange dans les flacons ;
- Agiter par l'agitateur mécanique jusqu' a 2 heures ;
- Laisser reposer 1 heure ;
- Plonger l'électrode du conductimètre dans le liquide surnageant et effectuer la mesure ;
- Lire la valeur de CE après la stabilisation de lecture.

### 2.2.4- Granulométrie :

Ensemble des caractéristiques géométriques définissant l'état d'un solide divisé. Expression de la distribution d'une matière fragmentée entre les différentes classes granulométriques qui la composent. La granulométrie est la mesure de la dimension des granulats contenus dans un lot de matière et leur répartition selon leur taille.[39]

#### 2.2.4.1-Matériel utilisé :

- Agitateur mécanique ;
- Balance ;
- Bain de sable à 80 °C;
- Bêchers de 500 ml ;
- Capsule de différente taille ;
- Entonnoir ;
- Eprouvette de 1l ;
- Etuve ;
- Flacons de plastique ;

- Pipette ;
- Pissette pour l'eau distillée de 500 ml
- Pissette pour l'eau oxygéné ( $H_2O_2$ ) de 500 ml
- Spatule ;
- Tamis de différentes tailles.

#### 2.2.4.2- Mode d'opérateur :

On distingue 5 étapes essentielles ;

##### a. Destruction de la matière organique :

- Peser 20 g de sable ;
- Mélangé le 20 g de sable avec 50 ml de l'eau oxygéné ( $H_2O_2$  à 10%) dans une bécher de 500 ml ;
- Laisser repose une nuitée ;
- Mettre le mélange dans un bain de sable à 80 °C avec l'ajute de l'eau distillé à la cour de ébullition pour éviter le séchage de mélange ;
- Laisser jusqu'à la disparition de mousse ;
- Ajuté 10 ml de metha-phosphate pour chaque échantillon ;
- Mette le mélange dans les flacons pour l'agitation de 2h.



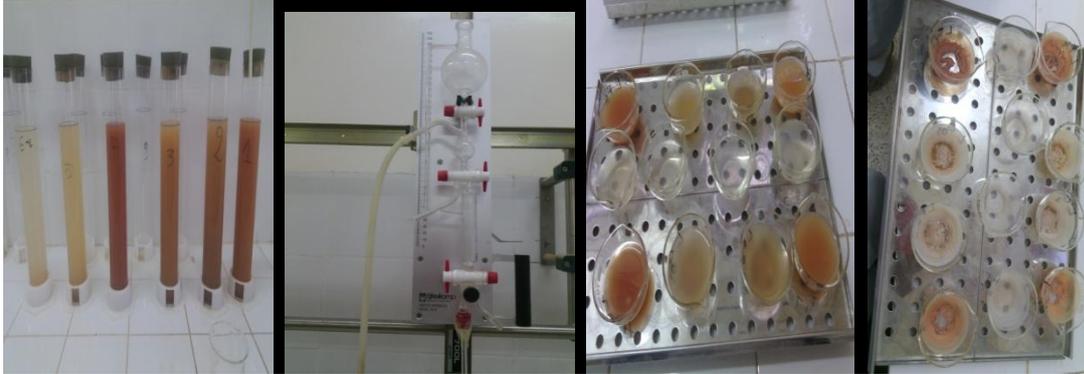
**Photo (IV-5):** Appareillage de destruction de matière organique.

##### b. Détermination de Limons grossiers :

- Peser les capsule vide ;
- Mette le mélange dans les éprouvettes et complété jusqu'à 1l par l'eau distillé (sa température est 20 °C ) ;
- Avant le trainage à été agité le mélange et laisser 45 s pour chaque échantillon;
- Poser les prélèvements dans un Etuve à 90 °C durée de 24 h ;
- Peser les capsules et déterminer la différence entre les deux valeurs.

**c. Déterminations de limon fin :**

- Agiter le mélange et laisser quelque minute avant le trainage ;
- Poser les prélèvements dans un Etuve à 90 °C durée de 24 h ;
- Peser les capsules et déterminer la différence entre les deux valeurs.



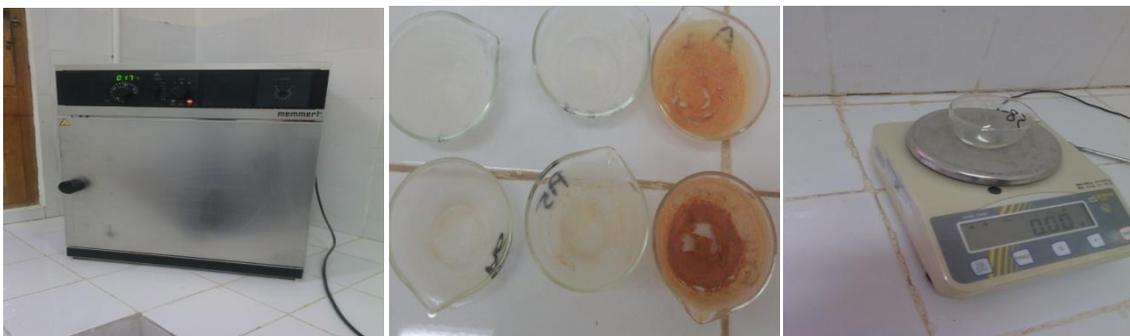
**Photo (IV-6) :** Appareillage pour déterminer limon (grossier et fin).

**d. Détermination de l'argile :**

- Mesure la température de mélange ;

Même étape pour les limons mais selon la température, on à déterminer le temps de chute et la profondeur de décantation ou de prélèvement ;

- La température à été mesuré est 16 °C, donc le mélange repose 8 h
- La profondeur de décantation est 6 cm.



**Photo (IV-7) :** Appareillages de détermination de l'argile.

**e. Détermination de sable (grossier -fin) :**

- Laver le sable ;
- Peser le sable total ;
- Tamiser le sable et peser le sable grossier ;
- La différence enter les deux valeurs représente le sable fin.



**Photo (IV-8) :** Appareillage de détermination de sable (grossier-fin).

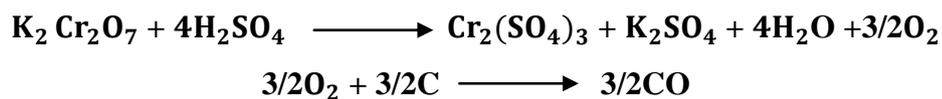
### 2.2.5-Dosage de matière organique :

Le carbone se trouve, dans les sols, sous forme minérale et sous forme organique .Le dosage du carbone organique du sol sert à apprécier une partie du taux de matière organique totale de ce sol [22].

La méthode Anne combine l'oxydation de la matière organique d'un échantillon de sol par un excès de dichromate de potassium en milieu sulfurique à ébullition et la titration en retour de l'excès de dichromate de potassium en présence d'un indicateur [22].

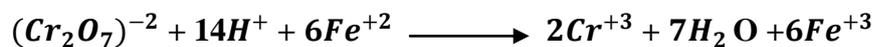
#### A. l'oxydation :

Le carbone organique de l'échantillon de sol est oxydé par le bichromate de potassium en milieu sulfurique. Le bichromate doit être en excès, la quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique. La réaction s'écrit en deux temps [21]:



#### B. la titration :

Le bichromate en excès, non utilisé dans la réaction d'oxydation précédente, est titré par une solution de sel de Mohr [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.FeSO<sub>4</sub>.6H<sub>2</sub>O]. La réaction est la suivante [21] :



Le bichromate en excès est réduit par le sel ferreux (Fe<sup>2+</sup>) qui donnera un sel ferrique (Fe<sup>3+</sup>). Un indicateur, l'acide diphénylaminosulfonique, vire du bleu -violet au vert quand tout le Fe<sup>2+</sup> est transformé en Fe<sup>3+</sup>, autrement dit quand tout le bichromate restant a été réduit.

#### 2.2.5.1-Matériel :

- Agitateur magnétique ;
- Balance ;
- Barre magnétique ;

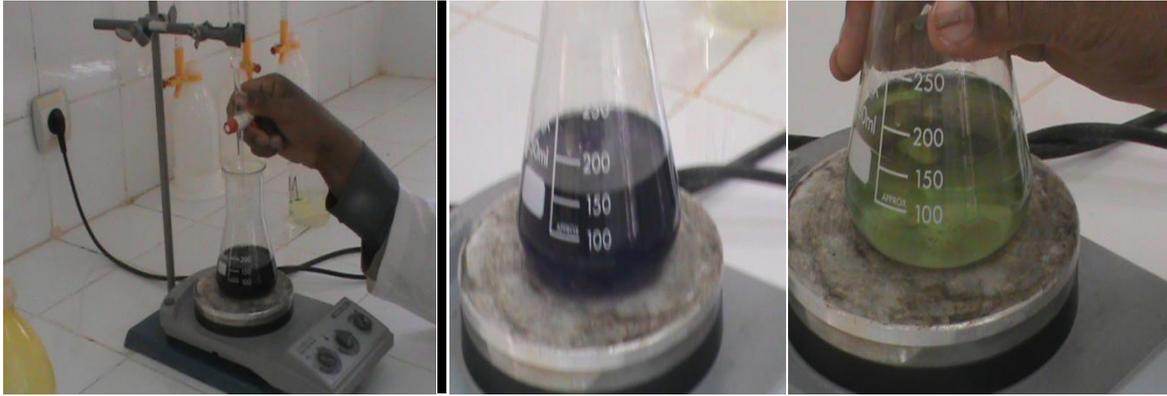
- Béchers de 200 ml et 125ml ;
- Capsule ;
- Erlenmeyer ;
- Entonnoir;
- Eprouvette 10ml ;
- Fiole 250ml ;
- Pissette pour l'eau distillée de 500 ml ;
- Spatule.

#### 2.2.5.2-Réactifs :

- Acide sulfurique ;
- Bichromate de potassium (mette dans un bécher de 100 ml 4.4g de bichromate de potassium et complété jusqu'à 100 ml, agité jusqu'à homogénéité) ;
- Sel de more 0.1N (pour chaque 100 ml ajuté 2ml de  $H_2SO_4$  + agitation) ;
- acide phosphorique (catalyseur) ;
- diphénylamine (indicateur coloré).

#### 2.2.5.3-Mode d'opérateur :

- Peser 1g de sol tamisé (teneur  $d < 2$  mm) ;
- Attaque oxydante : versé dans un erlenmeyer de 100 à 150 ml ,10 ml de solution aqueuse de bichromate de potassium à 1 N et 20 ml d'acide sulfurique  $H_2SO_4$ , agité manuellement ;
- Laisser chaque échantillon repose 30 min ;
- Pour limiter la réaction, on complète avec de l'eau distillé jusqu'à 250 ml et agité ;
- Verser 20 ml de chaque échantillon dans un érlen ;
- Ajuster 10 ml d'acide phosphorique comme catalyseur et complété jusqu'à 150 ml ;
- Mettre 5 goutte de diphénylamine, donne colore verre foncé.
- Remplir le sel de more (0.1 N) dans éprouvette pour la titrassions ;
- Titrassions jusqu'à la disparition de colore verre foncé.



**Photo (IV-9) :** Titration de matière organique dans le sol.

### 2.2.6-Densité relative du sable :

On peut calculer expérimentalement la densité relative du sable  $\gamma_s$ , en divisant sa masse par celle de l'eau qu'il déplace. On procède de la façon suivante :

- On pèse un certain volume d'eau (on obtient  $M_e$ ) ;
- On pèse le sable sec (on obtient  $M_s$ ) ;
- On ajoute le sable à l'eau (l'eau déplacée déborde du récipient) ;
- On pèse le mélange d'eau et de sable (on obtient  $M_{es}$ ).

On peut ainsi écrire

$$\gamma_s = \frac{\text{masse du sable}}{\text{masse de l'eau déplacée}} = \frac{M_s}{M_e + M_s + M_{es}} \quad (1)$$

### 2.2.7-Porosité :

On calcule la porosité,  $e$ , d'un matériau en divisant le volume des vides dans ce matériau par le volume totale du matériau.

#### 2.2.7.1-Mode d'opérateur :

On peut mesurer la porosité dans un cylindre de verre ou de plastique, de diamètre intérieur  $D$ , dans lequel on verse une hauteur  $h$  de milieu filtrant.

- peser le récipient vide ;
- Remplir le récipient manuel ;
- peser le sable pour calcul la densité approché  $\rho_{ap}$  ;
- Mette dans un béccher un volume d'eau, ajouté le sable de masse connu et noté le volume pour calculé la densité réel  $\rho_r$ .
- La porosité est donnée par :  $e = \frac{\rho_r}{\rho_{ap}}$

### **3-La préparation du sable de filtration :**

La préparation du milieu filtrant nécessite plusieurs étapes :

#### **3.1-Le tamisage :**

Le sable de filtration a été tamisé en le faisant passer à travers une série de tamis comme suit :

1. Tamiser le sable à travers un tamis de 12 mm. Ne pas garder le refus car ce sable est trop gros.
2. Faire passer le tamisât à travers un tamis de 6 mm. Entreposer le matériel retenu sur le tamis de 6 mm, car il constitue la couche de gravier de drainage.
3. Tamiser le sable qui passe à travers le tamis de 6 mm à l'aide d'un tamis de 0,7 mm. Entreposer le refus du tamis 0,7 mm, car il constitue la couche de gravier de séparation.
4. Stocker le tamisât, il constitue le sable filtrant.

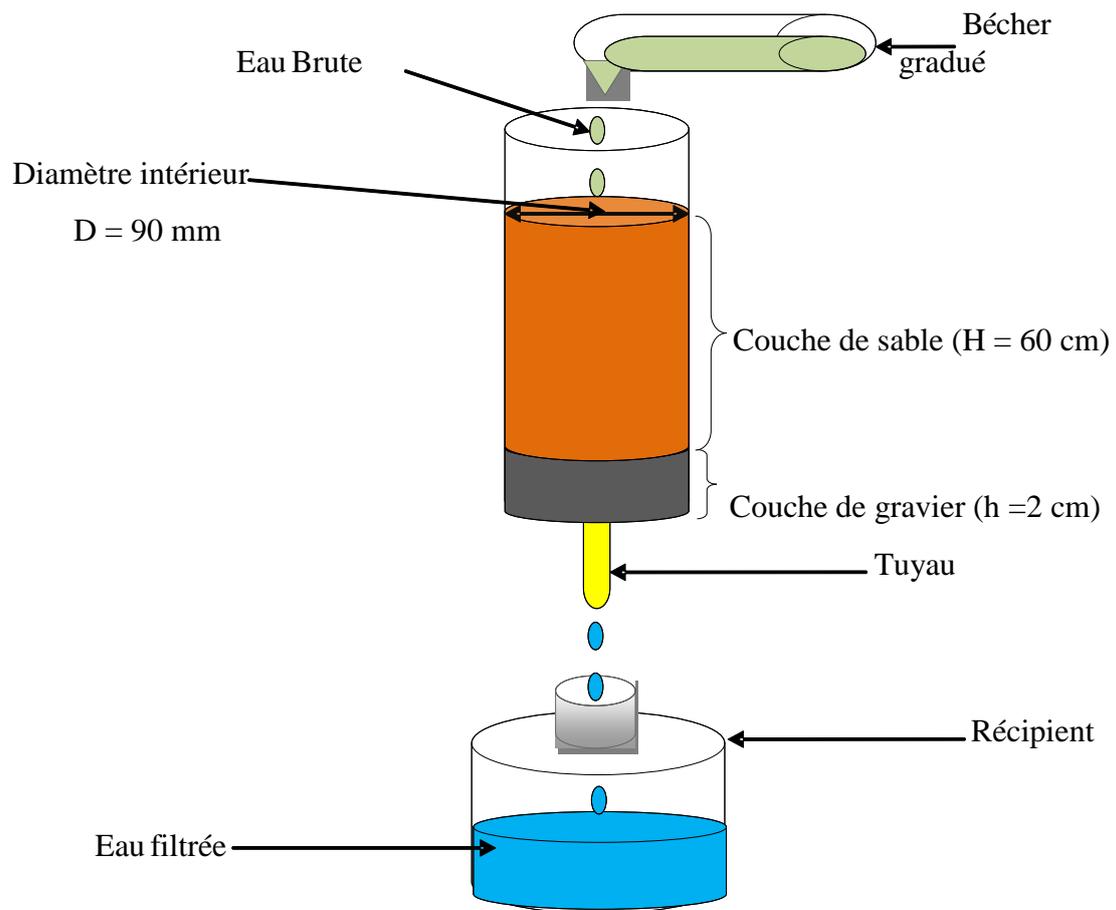
#### **3.2-Le lavage :**

Après le tamisage, les fractions du gravier et sable ont été lavées avec de l'eau distillée afin d'éliminer toutes les impuretés, puis séchées à l'étuve à une température de 120 °C pendant 12 h.

#### **3.3-Description dispositif de filtration :**

Le pilote expérimental est constitué d'une colonne du sable, La colonne est constituée d'un tube de PVC d'une hauteur de 100 cm et de diamètre intérieur est de 9 cm, soit une surface ménagée d'environ 64 cm<sup>2</sup>.

L'eau est versée dans le réservoir de façon intermittente. Elle passe lentement à travers le diffuseur et s'infiltre en traversant les couches biologiques, de sable et de graviers. L'eau filtrée s'écoule naturellement vers le tuyau d'évacuation (photo 11).



**Photo (IV-10) :** Coupe de filtre à sable utilisée.



**Photo (IV-11) :** Pilote réelle utilisé.

### 3.4-Conditions opératoires :

L'eau usée est alimentée en discontinu de façon manuelle avec un volume 320 ml chaque heure pendant 5 heures au cours de toute la journée.

Pour calculer le débit on :  $Q = 320 \times 5/24 = 66.67 \text{ ml/heure}$

Le débit réel est de 50 l/j/m<sup>2</sup> pour une surface de 2.5434 m<sup>2</sup> on a :

50 l/j  $\longrightarrow$  1 m<sup>2</sup>

X l/j  $\longrightarrow$  2.5434 m<sup>2</sup> donc x = 127.17 l/j

Pour le milieu filtrant composé par deux couches

- couche de gravier (2 cm).
- Couche de sable (60 cm).

Pour une période de 75 h, des mesures de pH, de CE, de turbidité, et des MES, ainsi que les concentrations de quelque polluant ont été effectuées chaque jour pour l'eau filtrée. Les prélèvements des échantillons d'eau ont été effectués dans des flacons en plastique, d'une capacité de 1l, préalablement stérilisés.



**Photo (IV-12) :** La récupération de filtrat

### 4 L'origine et nature de l'eau usée utilisée :

L'eau usée utilisée dans cette étude est d'origine domestique, prélevée au niveau d'un regard situé au niveau de la ville Tamantit (willaya Adrar).

### 5 Les analyses physico-chimiques :

#### 5.1 PH, carbonates (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>), bicarbonates (HCO<sup>-3</sup>), OH<sup>-</sup> :

L'utilisation de la méthode potentiométrique pour le dosage des carbonates, bicarbonates et les OH<sup>-</sup> offre de nombreux avantages. Elle évite toute erreur d'estimation particulière aux méthodes utilisant des indicateurs colorés. En outre elle est particulièrement intéressante dans le cas d'eaux troubles ou colorées.[38]

### 5.1.1-Principe :

Les carbonates n'existant qu'à  $\text{pH} > 8,3$  et les bicarbonates si le  $\text{pH}$  est compris entre 4,4 et 8,3. Au cours d'un dosage acidimétrique doublé d'une mesure de  $\text{pH}$ , à quel moment ces ions sont encore présents ou non dans l'échantillon.

### 5.1.2-Réactifs :

- Solution tampon  $\text{pH}/10$  et  $\text{pH}/4$  ;
- Solution  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 0,01 N.

### 5.1.3-Mode opératoire :

La mesure du  $\text{pH}$  est simple on prend un bécher après rinçage par de l'eau distillée on le remplit par de l'eau analysé.

- On allume le  $\text{pH}$ -mètre (bouton On/Off) ;
- On rince l'électrode par de l'eau distillée ;
- On ajoute à la burette (elle doit être rincée par de l'eau distillée)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 0,01 N ;
- On émerge l'électrode dans le bécher contenant de l'eau à analyser et on observe la valeur de  $\text{pH}$ .

1) Si  $\text{pH} > 8,3$

On ouvre la burette goutte à goutte et on arrête quand le  $\text{pH}$ -mètre indique  $\text{pH}=8,3$ ; on note le volume d'acide sulfurique  $V_1$  versé.

2) Si  $\text{pH}$  est compris entre 4,4 et 8,8

On jouter à la burette  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 0,01 N jusqu'à obtenir  $\text{pH} = 4.4$ ; on note le volume d'acide  $V_2$  ml versé.

- Si  $V_2 < 5$  ml prendre 40 ml de PE ;
- Si  $V_2 > 10$  ml prendre 10 ml de PE.



**Photo (IV-13) : Mesure de  $\text{pH}$ .**

## 5.2-Mesure de la conductivité électrique :

### 5.2.1-Définition :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes de platine de 1 cm<sup>2</sup> de surface, séparés par une distance de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m).

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro Siemens par centimètre ( $\mu\text{S} / \text{cm}$ ).[38]

### 5.2.2 –Principe :

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles.

### 5.2.3 -Matériel :

- Conductimètre.

### 5.2.4-Mode opératoire :

- ❖ Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, avec de l'eau distillée ;
- ❖ Plonger l'électrode complètement dans un récipient contenant l'eau à analyser ;
- ❖ Agiter l'échantillon afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide, cette agitation permet d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes ;
- ❖ Noter la valeur finale affichée dans le conductimètre.

Le résultat est donné directement en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



**Photo (IV-14) :** Mesure de CE.

## 5.3- Détermination du résidu sec :

### 5.3.1-Principe :

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée

préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes. Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.[38]

### 5.3.2-Matériel :

- Capsule en porcelaine ;
- Balance analytique ;
- Etuve réglable.

### 5.3.3-Mode opératoire :

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement.

Les résultats sont donnés en mg/l.

$$(PP - PV) 10 \times 1000 = \text{mg/l de RS}$$

D'où

PP: est le poids plein de la capsule.

PV: est le poids vide de la capsule.

### Remarque :

Les eaux contenant des matières en suspension (turbides) doivent être filtrées.



**Photo (IV-15) :** Mesure de résidu sec.

### 5.4-La turbidité :

#### 5.4.1-Principe :

La turbidité mesure une propriété optique de l'eau qui résulte de la de l'absorption de la lumière par les particules de matières en suspension présentes dans l'eau [38].

**7.6.2-Mode opératoire :**

- Mettre l'appareil sous tension ;
- Entrer le numéro du programme mémorisé pour la turbidité ;
- Ajuster la longueur d'onde ;
- Placer le blanc (eau distillée) ;
- Ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche "zéro" ;
- Retirer le blanc et placer la prise d'essai de l'échantillon ;
- Appuyer " READ " et le résultat en NTU s'affiche.



**Photo (IV-16) :** Turbidimètre.

**5.5- Dosage des chlorures :****5.5.1-Principe :**

Les chlorures, en présence du thiocyanate mercurique  $[\text{Hg}(\text{SCN})_2]$  et de l'alun ferrique  $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3, \text{NH}_4 24\text{H}_2\text{O}]$  donnent en milieu nitrique acide un complexe coloré orange susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde de 470 nm [38].

**5.5.2- Réactifs :**

- Solution saturée de thiocyanate mercurique ;
- Solution d'alun ferrique ;
- Solution mère de chlorures à 10 g/l ;
- Solutions étalons de  $\text{Cl}^-$ .

**5.5.3- Mode opératoire :**

- On place les PE (5 ml) dans des fioles de 50 ml. Les PE des solutions étalons, le témoin ( $\text{H}_2\text{O}$ ) et les échantillons sont alors traités de manière identique à savoir ;
- On ajoute dans l'ordre 5ml de la solution de thiocyanate mercurique préalablement diluée au 1/3 puis 3 ml de la solution nitrique d'alun ferrique également diluée au 1/6 ;

- On agite vigoureusement les fioles pour uniformiser la coloration qui apparaît et on laisse au repos pendant ½heure ;
- On effectue les lectures au colorimètre à la longueur d'onde de 470nm en réglant le zéro avec le témoin ;

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en chlorures en mg/l.



**Photo (IV-17) : Dosage de chlorure.**

## 5.6- Dosage des sulfates :

### 5.6.1-Principe :

Les sulfates sont précipités sous forme de sulfate de baryum par le chlorure de baryum. Le précipité ainsi obtenu, très fin est stabilisé par la gélatine. On effectue sur le trouble une mesure turbidimétrique à la longueur d'onde de 495 nm [38].

### 5.6.2 -Réactifs :

- Solution de chlorure de baryum et de gélatine
- Solution mère de sulfate a 10 g/l
- Solutions étalons de  $\text{SO}_4^{-2}$ .

### 5.6.3 -Mode opératoire :

- ❖ On place les PE (5ml) dans des fioles de 50ml ;

Les PE des solutions étalons, le témoin ( $\text{H}_2\text{O}$ ) et les échantillons sont alors traités de manière identique à savoir :

- ❖ On ajoute à chaque PE, 5 ml de la solution de  $\text{BaSO}_4$  et de gélatine préalablement diluée 1/6 .Compléter avec l'eau distille Q.S.P 50 ml ;
- ❖ On agite pour uniformiser le trouble et on laisse au repos pendant 20 minutes jusqu'à la mesure. Une nouvelle agitation aurait comme conséquences la formation de bulles d'air et par conséquent une perturbation des mesures ;
- ❖ On effectue les lectures au colorimètre à la longueur d'onde de 495 nm en réglant le zéro avec le témoin.

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en sulfates exprimés en mg/l

## 5.7 -Dosage de l'azote ammoniacal :

### 5.7.1-Principe :

L'ammonium, en milieu alcalin et en présence d'hypochlorite de sodium donne avec le phénol une coloration bleue. On utilise du nitroprussiate de sodium comme catalyseur. La quantité d'hypochlorite doit être ajustée avec soin. Si l'hypochlorite est en défaut, la coloration se développe mal et irrégulièrement. S'il est en excès, il peut attaquer des composés azotés organiques qui peuvent perdre leur groupement NH pour donner des aldéhydes et de l'ammoniac. Il peut causer la chlorination du phénol qui entraîne une perte d'hypochlorite et provoque l'apparition de phénols chlorés insolubles.[38]

### 5.7.2-Réactifs :

- Solution mere d'ammonium a 1 g/l ( $\text{NH}_4^+$ ) ;
- Solution d'ammonium a 10 mg/l ( $\text{NH}_4^+$ ) ;
- Solutions étalons de ( $\text{NH}_4^+$ ) ;
- Solution tampon et compléxante ;
- Solution phénate de sodium ;
- Solution nitroprussiate de sodium ;
- Solution d'hypochlorite de sodium à 2° chlorométrique ;
- Dosage de l'hypochlorite de sodium.

### 5.7.3-Mode opératoire :

La réaction colorimétrique s'effectue en opérant le mélange suivant :

- ❖ PE : 20 ml ;
- ❖ Réactif mélangé : 2 ml ;
- ❖ Hypochlorite à 2° Cl : 0,5 ml.

La coloration bleue se développe à partir du moment. On laisse les flacons à l'obscurité pendant une heure et demie. La coloration reste stable plusieurs heures. On effectue la mesure colorimétrique à 625 nm.

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en azote ammoniacal exprimés en mg/l.

## 5.8 -Dosage des nitrates :

### 5.8.1-Principe :

Les nitrates sont réduits en nitrites par une solution d'hydrazine en milieu alcalin et en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur. Les nitrites obtenus sont alors dosés par colorimétrie: diazotation avec l'acide sulfanilique et copulation avec l' $\alpha$  - Naphtylamine. On mesure la densité du colorant ainsi formé à 520 nm.[38]

**5.8.2-Réactifs :**

- Solution de sulfate de cuivre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) ;
- Solution d'hydrazine ( $\text{NH}_2\text{-NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ ) à 0,1 N ;
- Solution de Soude ( $\text{NaOH}$ ) à 0,05 N ;
- Solution d'acide sulfanilique ( $\text{H}_2\text{N SO}_3$ ) ;
- Solution  $\alpha$  -Naphthylamine ;
- Solution d'E.D.T.A ;
- Solution d'acétate de sodium ( $\text{NaCOO-CH}_3, 3\text{H}_2\text{O}$ ) ;
- Solution mère de nitrate à 1000 mg/l ;
- Solutions étalons de nitrates.

**5.8.3-Mode opératoire :**

Effectuer le dosage dans des flacons brun, de préférence. Réaliser le mélange suivant en introduisant dans le flacon :

- Ajouter 1 ml prise d'essai, 5 ml de solution de soude à 0.05 M et 5 ml de mélange réducteur ;
- Agiter après chaque ajoutassions et on laisse repose de 1 heure ;
- Ajouter 40 ml du mélange colorant ;
- Mettre à l'obscurité le mélange préparé pendant  $\frac{1}{4}$  heure ;
- Laisser la coloration se développer dans l'obscurité pendant  $\frac{1}{4}$  heur ;
- Mesurer sa densité à 520 nm.

La courbe d'étalonnage donne directement les teneurs des échantillons de nitrates en mg/l.

**5.9-Dosage des nitrites :****5.9.1-Principe :**

Par diazotation des nitrites avec l'acide sulfanilique à pH 2,5 puis par copulation du composé formé avec l' $\alpha$ -Naphthylamine (réactif de Griess), on obtient un colorant azoïque rouge stable au moins 12 heures dont on mesure l'intensité à 520 nm.[38]

**5.9.2-Réactifs :**

- Solution d'acide sulfanilique ;
- Solution d' $\alpha$ -naphthylamine ;
- Solution tampon d'acétate de sodium ;
- Solution d'E.D.T.A à 5g/l ;
- Solution étalon des nitrites à 100 mg/l.

**5.9.3-Mode opératoire :**

On met dans les flacons :

- 50 ml de prise d'essai ;
- 1 ml de solution d'E.D.T.A ;
- 1 ml d'acide sulfanilique ;
- Agiter et attendre 10 mn ;
- Ajouter ;
- 1 ml d' $\alpha$ -naphtylamine ;
- 1 ml de la solution de tampon acétate ;

Agiter et attendre 30 mn ;

- Effectuer la mesure colorimétrique à 520 nm.

**5.10- Dosage des phosphates ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) :****5.10.1-Principe :**

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium  $\text{MO}_7(\text{NH}_4)4\text{H}_2\text{O}$ , les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développent une coloration bleue pouvant être dosée colorimétriquement à une longueur d'onde de 710 nm [38].

**5.10.2-Réactifs :**

- Solution d'acide ascorbique à 10 g/l ;
- Solution molybdate d'ammonium ;
- Solution mère de phosphate ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) à 1g/l
- Solution de  $\text{PO}_4^{-3}$  à 10mg/l ;
- Solutions étalons de  $\text{PO}_4^{-3}$ .

**5.10.3-Mode opératoire :**

Au moment du dosage mélanger la solution molybdique et la solution d'acide ascorbique dans les proportions suivantes :

- 3 volumes de la solution molybdique ;
- 1 volume de la solution de l'acide ascorbique ;

On ajoute dans des tubes à essai

20 ml prise d'essai

5 ml des réactifs mélangés,

Porter au bain marie à 80°C durant 10 mn,

Laisser refroidir puis mesurer l'absorption à une longueur d'onde de 825 nm ;

### 5.11-Dosage des matières organiques par oxydabilité au permanganate :

L'oxydabilité au permanganate consiste en l'oxydation modérée par le permanganate des matières réductrices dans l'eau. Le permanganate oxyde de préférence les matières organiques d'origines végétales en milieu acide et celles d'origine animale en milieu basique. Or celles-ci sont les plus susceptibles d'indiquer une pollution humaine ou animale, donc une eau dangereuse pour la consommation.

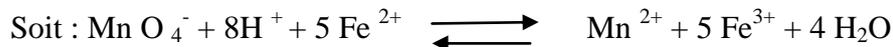
Une eau est suspecte à partir de 2 à 3 mg d'oxygène consommé par litre d'eau en milieu alcalin, ou 3 à 5mg en milieu acide [38].

#### 7.11.1-Principe :

On oxyde l'échantillon par un excès connu de permanganate de potassium, en milieu acide et à chaud :



Le permanganate n'ayant pas réagi est réduit par un excès connu de sulfate ferreux ammoniacal :



L'excédent de sulfate ferreux est titré par le permanganate. la réaction étant incomplète, la reproductibilité des résultats est particulièrement sensible à la rigueur des conditions opératoires. Le degré d'oxydation des matières organiques dépend du rapport des concentrations du permanganate  $\text{MnO}_4^-$  et de sa forme réduite  $\text{Mn}^{2+}$ . on rend ce rapport pratiquement constant en diluant la prise d'essai, de telle sorte que la quantité de permanganate introduite soit en net excès par rapport à celle du permanganate consommé.

L'expérience a montré que le permanganate consommé ne devait pas excéder les 20 % du  $\text{MnO}_4^-$  introduit, pour obtenir des valeurs reproductibles.

#### 5.11.2- Réactifs :

- Solution d'acide sulfurique au 1/2 ;
- Solution de permanganate de potassium N/20 ;
- Solution de permanganate de potassium N/80 ;
- Solution de sulfate ferreux ou sel de MOHR N/80 ;
- Solution de bicarbonate de sodium a 10 %.

#### 5.11.3-Mode opératoire :

- On ajoute dans un erlenmeyer 100ml d'eau à analyser et 10ml d'acide sulfurique au 1/4 ;

- Porter à ébullition pendant 10 minutes et ajouter dans les solutions bouillantes 10 ml de la solution de  $\text{KMnO}_4$  précédemment diluée N/80.
- Refroidir rapidement et ajouter 10 ml de sulfate ferreux ammoniacal N/80
- Doser l'excès de sulfate ferreux par du permanganate du témoin (eau distillée).
- Si on trouve  $\text{O}_2 > 3.5 \text{ mg/l}$ , recommencer en diluant l'échantillon.



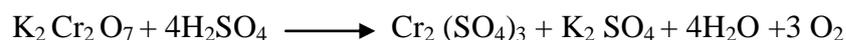
**Photo (IV-18) : Dosage de MO.**

### 5.12 -Détermination de la demande chimique en oxygène :

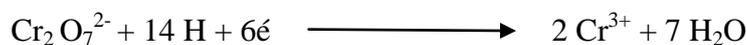
La demande chimique en oxygène (D.C.O) est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation énergétique des matières et minérales présentes dans l'eau. Elle complète la mesure de la D.B.O<sub>5</sub> en tenant compte des matières organiques difficilement dégradables en 5 jours.[38]

#### 5.12.1-Principe :

En milieu acide, le bichromate de potassium oxyde les matières organiques :



On fait agir un excès de bichromate de potassium en milieu acide sur l'échantillon étudié, puis on dose à l'aide de sulfate ferreux l'excès de bichromate.



Pour obtenir une meilleure oxydation de certaines substances organiques, on ajoute un sel d'argent qui joue le rôle de catalyseur.

Pour éviter l'oxydation des chlorures qui ne jouent aucun rôle dans le déficit en oxygène d'une cour d'eau, on ajoute un sel mercurique qui forme du chlorure mercurique stable et très peu oxydable.

**5.12.2-Réactifs :**

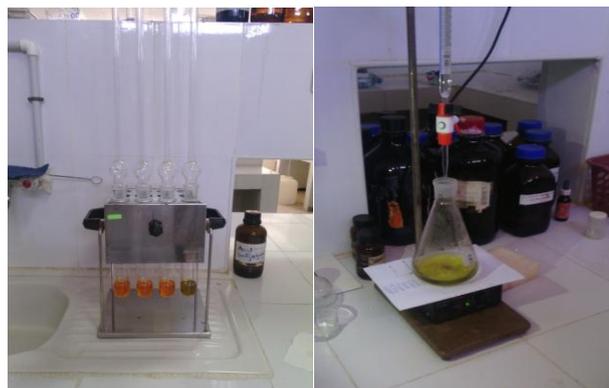
- Solution d'acide sulfurique a 4 mol/l
- Solution de sulfate d'argent à 10 g/l
- Solution de dichromate de potassium 0,04 mol/, contenant du sulfate de mercure (II)
- Solution de sulfate de fer et d'ammonium a 0,12 mol/l
- Solution de ferroïne

**5.12.3-Mode opératoire :**

On met dans le récipient :

- 10ml d'échantillon.
- 5 ml dichromate  $K_2Cr_2O_7$  (0.04mol)
- Quelques régulateurs d'ébullition.
- 15ml d'acide sulfurique contenant sulfate d'argent. En agitant soigneusement le tube.
- Mettre 1 ou 2 gouttes d'acide sulfurique sur le col rode, après l'ébullition de 2 heures, retirer les tubes et Laisser refroidir. Transvaser le contenu du tube dans un erlenmeyer de 250 ml, rincer et diluer avec environ 75 ml d'eau distillée.
- Titrer l'excès de bichromate de potassium avec la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium. En présence d'une ou deux gouttes de ferroïne.

La demande chimique en oxygène (DCO) exprimée en milligrammes d'oxygène par litre



**Photo (IV-19) :** Détermination de DCO.

**5.13-Détermination de la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) :****5.13.1-Définition :**

La demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) est la masse d'oxygène moléculaire dissoute nécessaire aux micro-organismes pour la dégradation par oxydation (mais aussi

pour la transformation) des matières organiques contenus dans l'eau, dans des conditions définies et dans un espace de temps donné.[38]

### **5.13.2-Principe :**

L'oxygène nécessaire à l'oxydation de la matière organique est apporté à l'échantillon par une eau de dilution préalablement aérée et éventuellementensemencée.

La dilution de l'échantillon doit être telle qu'au bout de 5 jours la concentration en oxygène dissous soit encore égale à la moitié de la concentration initiale, ceci afin d'éviter les fermentations anaérobies qui fausseraient les résultats.

Cette dilution est déterminée approximativement par une mesure préalable de l'oxydation au permanganate.

L'eau de dilution doit avoir les caractéristiques suivantes :

-une minéralisation suffisante pour assurer le développement des micro-organismes. On reconstitue à partir d'eau distillée la composition type d'une eau de rivière exempte de pollution en y ajoutant un certain de sel, selon la formule préconisée par L'AFNOR.

-Une teneur en oxygène dissous voisin de saturation.

- Une flore microbienne adaptée aux matières polluantes. L'eau de dilution doit êtreensemencée par une résiduaire exempte de pollution industrielle afin d'éviter l'apport d'éléments toxiques.si l'échantillon provient d'eau d'égout urbain, l'ensemencement est inutile.

Mais certain effluents industriels peuvent contenir des substances non dégradables par des souches banales : dans ce cas, onensemence l'eau de dilution à l'aide d'eau prélevée en aval du point de rejet dans la rivière.[38]

### **5.13.3-Mode opératoire :**

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostatée est mis à incuber en présence d'air.

Prise d'essai dépend de la charge de l'échantillon, celle-ci dépend de l'origine de l'échantillon industrielle ou urbain, de la couleur, de l'odeur et de la charge en matières en suspension.

Voici le volume de l'échantillon d'après la DBO présumée



**Photo (IV-20) :** Mesure de DBO<sub>5</sub>.

**Tableau (IV-1) :** les intervalles de volume de DBO<sub>5</sub> après la détermination de DCO

la charge	DBO présumée (mg/l)	Prise d'essai	Facteur
très faible	0 – 40	432	1
Faible	0 – 80	365	2
Moyenne	0 – 200	250	5
plus que la moyenne	0 – 400	164	10
un peu chargée	0 – 800	97	20
Chargé	0 – 2000	43.5	50
très chargé	0 – 4000	22.7	100

la charge	DBO présumée	Prise d'essai	Facteur
très faible	0 - 35	428	0.1
faible	0 - 70	360	0.2
moyenne	0 - 175	244	0.5
plus que la moyenne	0 - 350	157	1.0
chargée	0 - 700	94	2.0
très chargée	0 - 1400	56	4.0

## V- Résultats et Discussions

### 1- Caractéristique physico-chimique de sol

#### 1.1 Granulométrie

**Tableau (V-1) : Résultats de Granulométrie des échantillons.**

Paramètre	Reganne					wayanna				
	A%	Lf%	Lg%	Sf%	Sg%	A%	Lf%	Lg%	Sf%	Sg%
granulométrie	0.23	0.05	3.00	58.57	38.15	0.82	0.05	1.76	21.33	76.05

Après les résultats des analyses figurant dans le tableau N° (V-1), on remarque que le sable de Reganne et wayanna est un sol sablo.

#### 1.2 pH

**Tableau (V-2) : Résultats de pH.**

Paramètre	Reggane	wayanna
pH	9.24	8.99

A partir de tableau N° (V-2), on peut dire que le sable de région de Reggane est beaucoup plus basique par rapport au sable de wayanna.

#### 1.3- Conductivité électrique CE

**Tableau (V-3) : Résultats de conductivité électrique CE.**

Paramètre	Reggane	Wayanna
CE en ms	0.1	1.2

Les sels présents dans le sable de Wayanna sont supérieur a celle de Rggane, comme conséquence la valeur de conductivité est plus élevé pour l'échantillon de wayanna.

#### 1.4-Teneur en matière organique :

**Tableau (V-4) : Résultats de MO**

Paramètre	Reggane	Wayanna
MO (%)	1.4	1.9

La matière organique est très faible dans les deux échantillons.

**1.5- Phosphore assimilable :****Tableau (V-5) : Résultats de Phosphore assimilable**

Paramètre	Reganne	Wayanna
$P_2O_5$ PPM	12.48	41.6

Le tableau N° (V-5) indique que le sable de Wayanna est très riche avec phosphore par rapport au sable de Reggane.

**2- Caractéristique physico-chimique des eaux filtrées 1<sup>er</sup> échantillon (Reggane) :****Tableau (V-6) : Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées.**

Les échantillons	eau brute	1 <sup>er</sup> filtrat	2eme filtrat	3eme filtrat	4 <sup>eme</sup> filtrat	5 <sup>eme</sup> filtrat	6eme filtrat	7eme filtrat	Norme de rejet
<b>pH</b>	7.75	7.55	7.55	7.59	7.71	8.09	8.15	8.29	6.5-8.5
<b>CE ms/cm</b>	2.40	2.10	2.10	2.22	2.36	3.10	3.12	3.45	-
<b>Turbidité NTU</b>	107	0.27	0.27	0.98	2.21	3.18	3.26	4.1	-
<b>Résidu sec mg/l</b>	1690	1446	1446	1480	1500	-	-	-	-

**2.1 pH**

Selon Rodier et al (2005), le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans des phénomènes complexes avec d'autres paramètres comme la dureté, le dioxyde de carbone, l'alcalinité et la température.[10]

Pour l'eau brute la valeur du pH est de 7.75 ; cette valeur indique que ces eaux proviennent généralement des rejets domestiques (eau du savon, fèces, urine et ordures).

Pour les eaux filtrées les valeurs révèlent une diminution au début de la filtration (7.55 à 7.59) ; après certaine temps, la valeur de pH augmente pour atteindre la valeur de 8.29. Dans les deux phases, les valeurs respectent les normes internationales de rejet des eaux usées. Comme conséquence le pilote de filtration gravitaire sur sable donne des résultats encourageants qui nous conduisons à dire que cette échantillons de sable est utilisable a l'échelle industriel.

## 2.2 Conductivité électrique CE

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plus part des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. [37]

La présente étude montre que la filtration sur sable a un effet sur la diminution aller de 2.4 à 2.10 ms/cm comme valeur minimale de CE.

## 2.3 Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes.[10]

La turbidité de l'eau brute est de 107 NTU, ces eaux contiennent une quantité importante de MES ; après le passage de l'eau usée sur le filtre, la turbidité diminuée jusqu'à 0.27 NTU au début de filtration ; ceci est due à l'efficacité de filtre. Au fur est mesure de filtration, le pilote va être colmaté qui justifie l'augmentation de la turbidité dans les derniers filtrats.

## 2.4 Résidu sec

Le résidu sec représente la minéralisation globale d'une eau ; c.-à-d. la totalité de la matière dissoute et en suspension. Il est évalué en mg/l.

La valeur de résidu sec de l'eau brute est très grande 1690 mg/l, cette eau est très polluée ; après la filtration la quantité du résidu sec diminue pour atteindre la valeur 1446 mg/l. Le lit de sable dans l'état propre réduit la quantité de matière dissoute et en suspension de l'eau.

## 3-paramètres de pollution :

Les paramètres de pollution des eaux usées brutes et filtrées sont regroupés dans le tableau N° (V-7).

**Tableau (V-7) : les paramètres de pollution de l'eau brute et filtrée**

Les échantillons	L'eau brute	1 <sup>er</sup> filtrat	2eme filtrat	3eme filtrat	4eme filtrat	Normes des rejets
Ammonium $NH_4^+$ mg/l	5.133	0.158	0.158	6.390	6.320	<0.5mg/l
Nitrite $NO_2^-$ mg/l	0.193	0.095	0.095	0.150	0.030	1mg/l
Nitrate $NO_3^-$ mg/l	0.00	104.39	104.39	5.78	0.00	<1mg/l
Phosphate $PO_4^-$ mg/l	35.292	0.450	0.450	0.490	0.610	-
MO mg/l	>a 50	12	14.00	15.00	21.00	-
DCO mg/l $O_2$	366.91	0	258.67	517.3	517.3	<90mg/l
$DBO_5$ mg/l	160.00	180	150	0	900	<30mg/l

### 3.1-Ammonium

l'azote ammoniacal rencontré dans les eaux usées, et dont la présence est anormale, traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation. Cela explique l'élévation des teneurs en  $NH_4^+$  de l'eau usée avant le traitement. [10] Pour l'eau usée la valeur d'ammonium est de 5.133, cette valeur est très élevée. Après la filtration la concentration d'ammonium diminue due au contact de l'eau avec lit de sable.

### 3.2-Nitrite et Nitrate

Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. Les fortes teneurs correspondent à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfito-réducteurs. Elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac [35]

On signale que la concentration de nitrite dans l'eau brute est de 0.193 mg/l, et elle se diminue après la filtration.

### 3.3-Phosphate

Les phosphates font partie des anions fixés par le sol ; leur présence dans les eaux liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. L'eau brute contient une quantité importante de phosphate 35.292 mg/l, la diminution de cette valeur est due à l'efficacité de lit de sable.

### 3.4-Matière organique

A partir de tableau N° (V-7), On remarque que l'eau brute est très chargée en matière organique, après la filtration, la concentration de matière organique diminue à 12 mg/l.

### 3.5-La Demande Chimique en Oxygène (DCO):

La DCO (demande chimique en oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant.

Après notre mesure la valeur de DCO de l'eau brute est très importante, et elle diminue après la filtration.

### 3.6-Demande biochimique en oxygène (DBO5) :

La  $DBO_5$ , ou demande biochimique en oxygène indique la quantité de matières organiques présentes dans les eaux usées. La valeur de  $DBO_5$  de l'eau brute est 166 mg/l donc les eaux usées domestiques sont chargées en matières organiques biodégradables.

### 4- Caractérisation physico-chimique des eaux filtrées sur le 2<sup>ème</sup> échantillon (wayanna) :

**Tableau (V-8) :** les paramètres physico-chimique de l'eau brute et filtrée sur le 2eme échantillon

Les échantillons	L'eau brute	1 <sup>er</sup> filtrat	2eme filtrat	3eme filtrat	4eme filtrat	5eme filtrat	6eme filtrat	7eme filtrat	Norme de rejet
<b>pH</b>	7.68	7.7	7.86	7.94	8.10	8.11	8.35	8.62	6.5-8.5
<b>CE ms/cm</b>	2.40	3.18	3.23	3.62	3.6	3.46	2.94	2.90	-
<b>Turbidité NTU</b>	107	1.49	1.66	1.96	1.10	2.93	3.68	3.71	-
<b>Résidu sec mg/l</b>	1690	1980	1790	2250	2260	-	-	-	-

#### 4.1- pH

On remarque que les valeurs de pH augmentent au fur est mesure l'avancement de la filtration, cette variation retourne à l'alcalinité de sable (sable de wayanna). A cette potentialité le filtrat nécessite un traitement complémentaire pour répondre à la norme de rejet.

#### 4.2-CE

La conductivité électrique de l'eau filtrée augment au cours de la filtration, due au dessouder des sels de sable dans l'eau.

#### 4.3-Turbidité

La turbidité diminue au début de filtration, après un certain moment sa valeur augmente. Le colmatage des pores justifie cette augmentation.

#### 4.4-Résidu sec :

Les résultats montré que l'eau est fortement minéralisée ; ceci est dut à qualité de sable.

#### 5-Paramètres de pollution

**Tableau (V-9) :** les paramètres de pollution de l'eau brute et filtrée de 2<sup>ème</sup> échantillon.

Les échantillons	L'eau brute	1 <sup>er</sup> filtrat	2eme filtrat	3eme filtrat	4eme filtrat	Normes des rejets
Ammonium $NH_4^+$ mg/l	5.133	0.038	3.64	3.33	3.10	<0.5mg/l
Nitrite $NO_2^-$ mg/l	0.193	2.08	0.42	0.08	0.17	1mg/l
Nitrate $NO_3^-$ mg/l	0.00	64.29	137.33	152.59	-	<1mg/l
Phosphate $PO_4^-$ mg/l	35.292	0.07	0.43	0	0.06	-
MO mg/l	> 50	13	23	40	47	-
DCO mg/l $O_2$	366.91	7575.7 6	7575.46	10101. 01	12626.26	<90mg/l
$DBO_5$ mg/l	160.00	6	6	12	30	<30mg/l

#### 5.1-Ammonium

La concentration d'ammonium est élevé a couse de la diminution de la dégradation de matière organique et la teneur d' $O_2$  .

### **5.2-Nitrite et Nitrate**

Pour les eaux filtrées la teneur de nitrite diminue proportionnel au temps de fonctionnement de filtre, au contraire le nitrate est élevé, ceci est due a l'oxydation de nitrite en nitrate en présence de  $O_2$ .

### **5.3-Phosphate**

La décomposition de matière organique de l'eau brute au cours de la filtration engendre La diminution des valeurs de phosphate.

### **5.4-Matière organique**

La teneur de matière organique est diminuée 13 mg/l, a couse de contamination de MO dans le filtre.

### **5.5-La Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

L'augmentation de DCO dans les filtrats est justifie par l'accumulation de matière oxydable (dégradable ou non) dans le filtre.

### **5.6- Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

La valeur de DBO<sub>5</sub> indique que cette eau est riche en matière organique biodégradable, et elle diminue en fonction du temps.

## **6-Conclusion**

A partir de ce chapitre, on peut conclure que la filtration sur sable des eaux usées reste un moyen très efficace dans le domaine de traitement des eaux.les caractéristiques physico-chimiques analysées dans le laboratoire de l'ANRH montre une évolution typique pour l'ensemble des éléments constituant aux eaux. A ce point l'utilisation des sables extraites de région d'étude à l'échelle industriels est très possible.

# CONCLUSION GEGERAL

---

## Conclusion générale

La filtration est un procédé de séparation permettant de séparer les constituants d'un mélange qui possède une phase liquide et une phase solide au travers d'un milieu poreux. La filtration est une technique très utilisée que ce soit dans le domaine de l'agro-alimentaire, de la pharmacie ou par de nombreuses espèces animales, principalement aquatiques.

La filtration sur sable joue un rôle très important dans les traitements des eaux usées grâce à son faible cout, surtout dans les régions où les sables sont disponibles en grades quantités comme les régions Sahariennes.

A travers ce travail, nous avons tenté d'étudier l'influence de la filtration des eaux usées de la ville d'Adrar sur les sables de Wayenna et Reggane, ou les analyses physico-chimiques tels que pH, turbidité, MO et les paramètres de pollution tels que DCO et DBO<sub>5</sub> ont été suivis.

Les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques de ces sables montrent que sont de type sablo, pauvre en matière organique et riche en phosphore.

Au terme de noter l'étude, et selon les résultats obtenus, nous avons vu que les paramètres physico-chimique des eaux filtrées a travers les deux sables, respectent normes internationale de rejet, ce qui donne un avantage pour ce type de traitement non couteux.

## **Les références bibliographie:**

- [1]: "FICHE DE PRESENTATION DU LABORATOIRE REGIONAL SUD OUEST D'ANALYSES DES SOLS ET DE L'EAU D'IRRIGATION A ADRAR".
- [2]: **RAHAOUI. F**, "Etude de la mobilité de certains ETM dans un sol en domaine routier, approche expérimentale et théorique", Mémoire de magister, Université de Tlemcen 2009.
- [3] **MEKHALIF. F**, "Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement", Mémoire de Magister, Université du 20 Août 1955 Skikda, 2009.
- [4]: **MADREF. D**, "l'analyse des sols un outil incontournable de gestion de la fertilité de sol", juin 2002.
- [5]: **ATTAB. S**, "Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration HAUD BERKAOUI par l'utilisation d'un filtre à sable local" Mémoire de Magister, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2011.
- [6]: **Mimeche. L**, "Etude de faisabilité de l'installation de station d'épuration des rejets urbains par les filtres plantés en milieu aride-Application à la région de Biskra" Thèse de Doctorat, Université Mohamed Khider – Biskra, 2014.
- [7]: **BESSEDIK. M**, "traitement de l'eau". mabessedik@yahoo.fr m\_bessedik@mail.univ-tlemcen.dz,369p.
- [8]: "Guide d'analyse de sol botanix".4p
- [9]: Archive de commune de Reggane.
- [10]: **DJIDDI. H**, "Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation d'essence foristeire urbaine", Mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine, 2006/2007.
- [11]: **DAHOU. M**, valorisation de la masse à des fins énergétique : production de biogaz à partir des bous de la station de lagunage de la ville d'Adrar, mémoire de magister, université KASDI MERBAH OUARGLA, 2011.
- [12]: **SAMUEL. B**, "Réutilisation des eaux usées épurées : risque sanitaires et faisabilité en ile de France". stagiaire, École nationale supérieure agronomique de Toulouse (ENSAT), Jean-Philippe CAMARD, Agnès LEFRANC, chargés d'études à l'ORS et Antoine FRANCONI, chargé d'études à l'IAURIF , 176p.
- [13]: **METAHRI M .S**, "Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphate des eaux usées traitées par des procédés mixtes", thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri, 2012.

- [14]: **Haouati. H** ; "Etude de réhabilitation et d'extension de la station d'épuration de la ville de Djelfa", Mémoire d'ingénieur. Ecole nationale supérieure de l'hydraulique Abdallah arbaoui, 2005.
- [16] : **SALMI .A, MERAIR. N** ; "Etude de la biodégradation des eaux usées dans le réacteur à batch séquentiel et l'impact du solvant furfural dans le traitement biologique", Mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf D'oran, 2014.
- [17] : **Makhloufi, N''** ; Etude des performances épuratoires du lagunage naturel et l'impact du cadmium sur ces performances", Ecole nationale supérieure de l'hydraulique Abdallah Arbaoui, 2006.
- [19] : **KAFI .N** ; "Traitement des eaux usées de Touggourt par l'argile de Bildet Omar", Mémoire magister académique, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA 25/06/2013.
- [20] : **BOUKHALFA A, KAFI Kh** ; "Conséquences de l'utilisation de deux types d'eau d'irrigation sur les paramètres physico-chimique d'un sol de la station d'épuration de Ouargla", Mémoire Master académique, Université Kasdi Merbah Ouargla, 16/06/2013.
- [21] : **AMADOU.H** ; "La filtration lente sur sable étudiée sur une installation pilote ", école polytechnique fédérale de Lausanne institut du génie de l'environnement (Suisse), Lausanne, octobre 1983.
- [22] : "le carbone organique (méthode Anne simplifiée)", Manuel de laboratoire\_LSV, v1.0\_09-2007.
- [23] : "Traitement de potabilisation des eaux de surface filtration", eau de paris, Société Anonyme de Gestion des eaux de paris, Conf2006/66.
- [24] : **Yamina GHERAIRI**, "Contribution à l'étude de l'efficacité de la filtration biologique sur sables de dunes filtration biologique sur sables de dunes", Mémoire de Magister, Université Kasdi Merbah Ouargla, 21/02/2008.
- [25] : **Belnasra. K, boulahya. KH** ; "Etude, analyse physico-chimique des eaux usées après la filtration par sable d'erg cas : bouda et mimoun" mémoire de licence université d'Adrar, juin, 2014.
- [27] : " Le traitement du fer et du manganèse dans les eaux minérales", Ministère de l'économie de Finances et de l'industrie, mars 1999.
- [28] : "La filtration sur sable", GCI 720 - Conception : usine de traitement des eaux potables Automne 2015.

[29] : **EMMANUEL.J** "la production et le traitement des eaux destinées alimentation et à la préparation de denrées alimentaires", AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE, Direction des Bocage Normands 1. Rue de pompe 14200 Hérouville – Saint – Clair.34p.

[30] : **NAFSSI. M Salah**,La filtraion biologique sur sable de dune étude des filtres en multicouches , Mémoire de magister, université Kasdi Merbah Ouargla, Avril,2012.

[31] : **Melle hadjar asma**, La filtration biologique sur sable, mémoire de magister, université Kasdi Merbah Ouargla, 2010.

[32] : **FATHALLAH. Z<sup>1</sup>et ol**,"Etude physico-chimique des eaux usées de l'unité industrielle papetière (CDM) a SIDI YAHIA EL GHARB (MAROC)", Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°20, Décembre2014, pp. 69p.

[33] : **Ben Chehem. M, Bouazza. H et Labbaz. L**, "Inventaire des études scientifiques relatives à la réutilisation des eaux usées dans le domaine piscicole ", Mémoire de Licence, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2013.

[34] : **MENOUER. S et TAIBI. S**, Étude de la qualité des rejets liquides industriels en aval du complexe GL1/Z, Diplôme de Master, Département de Chimie Organique Industrielle, Université Mohamed Boudiaf- d'Oran, 2013/2014.

[35] : **BELGHITIM.L.<sup>1</sup>, CHAHLAOUIA.<sup>1</sup>, BENGOUIMI D. <sup>2</sup>, EL MOUSTAINE R. <sup>1</sup>** "Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc), Université Moulay Ismail, Juin2013.

[37] : Analyse physico-chimique cette fiché a été rédigée par l'équipe technique des RéFEA

[38] : Mode opératoire de l'A.N.R.H.

[39] : **ALBERT. T**, la granulométrie. ALIAPUR - Recherche & Développement 71, cours Albert Thomas - 69003 Lyon – France, Février 2007.

#### **Webgraphie:**

[15] :**THESE ABA AAKI**

[http://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/9598/THESE\\_ABA%20AAKI.pdf?sequence=1](http://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/9598/THESE_ABA%20AAKI.pdf?sequence=1)

[18] : "**Les eaux usées urbaines et leur épuration**" [http://www4.ac-nancy-metz.fr/ia54-circos/ienstmax/sites/ienstmax/IMG/pdf\\_pdf\\_Les\\_eaux\\_usees\\_et\\_leur\\_epuration.pdf](http://www4.ac-nancy-metz.fr/ia54-circos/ienstmax/sites/ienstmax/IMG/pdf_pdf_Les_eaux_usees_et_leur_epuration.pdf)

[26] :**Filtration ;**

[http://eduscol.education.fr/rnchimie/gen\\_chim/triboulet/rtf/filtration.pdf](http://eduscol.education.fr/rnchimie/gen_chim/triboulet/rtf/filtration.pdf)

[36]:**BEN GOUGA. K** " chapitre 1 les eaux usées" université biskra.2010

[.https://www.google.dz/#q=%22+chapitre+1+les+eaux+us%C3%A9es](https://www.google.dz/#q=%22+chapitre+1+les+eaux+us%C3%A9es)

MINISTERE DE L'AGRICULTURE  
ET DU DEVELOPPEMENT RURAL

Institut National des Sols  
de l'Irrigation et du Drainage

Laboratoire d'analyses Sol et Eau  
Région Sud Ouest Adrar



وزارة الفلاحة والتنمية الريفية

المعهد الوطني للأراضي والسقي  
وصرف المياه

رقم :

Date: 31/01/2016

Client: BEKKARI Meryam+KERROUM Siham

Type d'échantillon: sol.

Echantillon		1	2			
Localisation:		reggane	ouaina			
Code		H512	H513			
Granulométrie	A (%)	0.23	0.82			
	L f(%)	0.05	0.05			
	Lg(%)	3.00	1.76			
	Sf(%)	58.57	21.33			
	Sg (%)	38.15	76.05			
Elements grossiers (%)						
pF 2,5						
pF 4,2						
Densité apparente						
Densité réelle						
pHeau 1/2.5		9.24	8.99			
pH <sub>kcl</sub>						
Conductivité électrique 1/5		0.1	1.2			
Calcaire total (%)						
Calcaire actif (%)						
Gypse (%)						
Capacité d'échange cationique (meq/100g)						
Bases échangeables (meq/100g)	Calcium					
	Magnésium					
	Potassium					
	Sodium					
Sulfate (%)						
Chlorure (%)						
Carbonate (%)						
Bicarbonat (%)						
Phosphore assimilable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm) Joret-Hebert		12.48	41.6			
Potassium assimilable (méq/100g)						
Matiere organique (%)						
cobalt (ppm)						
Zinc (ppm)						
Cuivre (ppm)						

N.B: le prélèvement a été fait par le demandeur

Le responsable

يوسف عبد الرحمن  
مسؤول المختبر بالنيابة

Amj



MINISTRE DE L'AGRICULTURE  
ET DU DEVELOPPEMENT RURAL

Institut National des Sols  
de l'Irrigation et du Drainage

Laboratoire d'analyses Sol et Eau  
Région Sud Ouest Adrar



وزارة الفلاحة والتنمية الريفية

المعهد الوطني للأراضي والسقي  
وصرف المياه

رقم :

### Montant des analyses du sol et eau

Date: 12 MAI 2015

Client: BEKKARI Meryam+KERROUM Siham

sol :

Type d'analyses	Nombre des échantillons	coût unitaire (DA)	coût Total
			(DA))
Broyage, tamisage	2	100	200
Granulométrie	2	500	1000
pH eau	2	150	300
Humidité	0	100	0
Conductivité électrique	2	150	300
Calcaire total	0	200	0
Calcaire actif	0	200	0
Gypse	0	300	0
Bases échangeables	0	500	0
Bilan ionique	0	1000	0
CEC	0	400	0
Matière organique	0	400	0
Azote total	0	300	0
Phosphore assimilable	2	300	600
Potassium assimilable	0	300	0
Oligoéléments	0	300	0
			2400 DA

Montant total en lettres : Deux Mille Quatre Cents Dinars Algériens .

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

BUDGET DES SERVICES CIVILS

Institut National des Sols  
de l'Irrigation et du Drainage

AVIS D'EMISSION DE TITRE DE PERCEPTION

EXERCICE 2016 Recettes

N° d'ordre 73

(à rappeler sur le récépissé)

M. <sup>Sihan</sup>elles KARROUM MERYAM + BEKKARI MERYAM

est requis de verser au Trésor pour imputation à la ligne

Autres Recettes

La somme dont l'indication suit, pour les motifs ci-après énoncés:

Motifs du versement	Montant du versement
Analyses des échantillons sol	
TOTAL	2400,00

Arrêté le présent avis d'émission à la somme de Deux mille quatre cents dinars algériens



Fait à Alger, le 12/01/2016

ADRAR



وزارة الموارد المائية  
MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAU

الوكالة الوطنية للموارد المائية  
AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

Créée par décret N° 81 / 167 du 25 juillet 1981

Antenne Régionale Sud Ouest

الفرع الجهوي للجنوب الغربي

Demandeur : ETUDIANT  
Analyse demandée : A.F  
Date de réception : 06/03/2016  
N° de laboratoire : 4173  
Designation : EAUX USEES  
APREE 1  
FILTRE

### RESULTATS D'ANALYSES

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE	MINERALISATION GLOBALE	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE
PH	7,55	$\geq 6,5$ et $\leq 9$	Calcium Ca++ mg/l	88	200,00
Conductivité ms/cm	2,10	2,80	Magnes. Mg++ mg/l	58	150,00
Turbidité eau brute NTU	0,27	5,00	Sodium Na+ mg/l	342	200,00
Turbidité eau déc. NTU	0,00		Potass. k+ mg/l	37	12,00
Residu sec à 110° C mg/l	1446,00	1500,00	Chlorure Cl- mg/l	451	500,00
temperature °C	-	25,00	Sulfate SO4-- mg/l	329	400,00
PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS		Bicarbon. HCO3- mg/l	156	-
			Carbonate CO3-- mg/l	0	-
Oxygène Dissous mg/l	-		Silice SiO2 mg/l	-	-
Ammonium NH4+ mg/l	0,158	0,50	TH °F	45	-
Nitrite NO2- mg/l	0,095	0,20	TAC °F	13	-
Nitrate NO3- mg/l	104,39	50,00	TA °F	0	-
O.phosphate PO4- mg/l	0,450	0,50	Minéralisation mg/l	1302	-
Mat. Ox.(mil. Ac.) mg/l O2	12,00	5,00	Somme des ions mg/l	1564	-
DCO EN mg/l O2	366,91	-	DBO EN mg/l O2	160,00	-

### INTERPRETATION :

Eau minéralisée de qualité physico-chimique moyenne

Le prélèvement a été fait par le demandeur

CHEF DU LABORATOIRE



Demandeur : ETUDIANT  
Analyse demandée : A.F  
Date de réception : 06/03/2016  
N° de laboratoire : 4174  
Designation : EAUX USEES  
APREE 2  
FILTRE

### RESULTATS D'ANALYSES

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE	MINERALISATION GLOBALE	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE
PH	7,55	$\geq 6,5$ et $\leq 9$	Calcium Ca++ mg/l	88	200,00
Conductivité ms/cm	2,10	2,80	Magnes. Mg++ mg/l	58	150,00
Turbidité eau brute NTU	0,27	5,00	Sodium Na+ mg/l	342	200,00
Turbidité eau déc. NTU	0,00		Potass. k+ mg/l	37	12,00
Residu sec à 110° C mg/l	1446,00	1500,00	Chlorure Cl- mg/l	451	500,00
temperature °C	-	25,00	Sulfate SO4-- mg/l	329	400,00
PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS		Bicarbon. HCO3- mg/l	156	-
			Carbonate CO3-- mg/l	0	-
Oxygène Dissous mg/l	-		Silice SiO2 mg/l	-	-
Ammonium NH4+ mg/l	0,158	0,50	TH °F	45	-
Nitrite NO2- mg/l	0,095	0,20	TAC °F	13	-
Nitrate NO3- mg/l	104,39	50,00	TA °F	0	-
Orthophosphate PO4- mg/l	0,450	0,50	Minéralisation mg/l	1302	-
Chlor. Ox.(mil. Ac.) mg/l O2	14,00	5,00	Somme des ions mg/l	1564	-
CO2 EN mg/l O2	366,91	-	DBO EN mg/l O2	160,00	-

### INTERPRETATION :

l'eau minéralisée de qualité physico-chimique moyenne

le prélèvement a été fait par le demandeur

CHEF DU LABORATOIRE



وزارة الموارد المائية  
MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAU

الوكالة الوطنية للموارد المائية  
AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

Créée par décret N° 81 / 167 du 25 juillet 1981

Antenne Régionale Sud Ouest

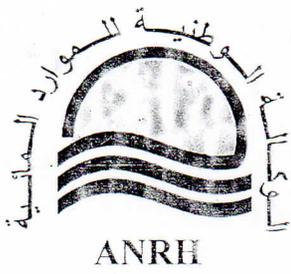
الفرع الجهوي للجنوب الغربي

Demandeur : ETUDIANT  
Analyse demandée : A.F  
Date de réception : 06/03/2016  
N° de laboratoire : 4175  
EAUX USEES  
APREE 3  
FILTRE

**RESULTATS D'ANALYSES**

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE	MINERALISATION GLOBALE	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE
PH	7,59	≥ 6,5 et ≤ 9	Calcium Ca++ mg/l	44	200,00
Conductivité ms/cm	2,22	2,80	Magnes. Mg++ mg/l	70	150,00
Turbidité eau brute NTU	0,98	5,00	Sodium Na+ mg/l	315	200,00
Turbidité eau déc. NTU	0,00		Potass. k+ mg/l	95	12,00
Residu sec à 110° C mg/l	1480,00	1500,00	Chlorure Cl- mg/l	280	500,00
Temperature °C	-	25,00	Sulfate SO4-- mg/l	300	400,00
PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS		Bicarbon. HCO3- mg/l	683	-
			Carbonate CO3-- mg/l	0	-
Oxygène Dissous mg/l	-		Silice SiO2 mg/l	-	-
Ammonium NH4+ mg/l	6,390	0,50	TH ° F	39	-
Nitrite NO2- mg/l	0,150	0,20	TAC ° F	56	-
Nitrate NO3- mg/l	5,78	50,00	TA ° F	0	-
O.phosphate PO4- mg/l	0,490	0,50	Minéralisation mg/l	1376	-
Mat. Ox.(mil. Ac.) mg/l O2	15,00	5,00	Somme des ions mg/l	1793	-
DCO EN mg/l O2	366,91	-	DBO EN mg/l O2	160,00	-

**CHEF DU LABORATOIRE**



وزارة الموارد المائية  
MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAU

الوكالة الوطنية للموارد المائية  
AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES  
Créée par décret N° 81 / 167 du 25 juillet 1981

Antenne Régionale Sud Ouest

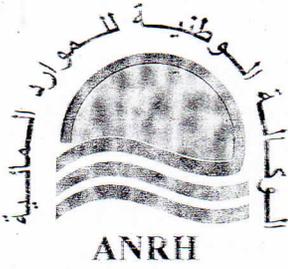
الفرع الجهوي للجنوب الغربي

Demandeur : ETUDIANT  
Analyse demandée : A.F  
Date de réception : 06/03/2016  
N° de laboratoire : 4176  
Designation : EAUX USEES  
APREE 4  
FILTRE

### RESULTATS D'ANALYSES

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE	MINERALISATION GLOBALE	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE
PH	7,71	≥ 6,5 et ≤ 9	Calcium Ca++ mg/l	92	200,00
Conductivité ms/cm	2,36	2,80	Magnes. Mg++ mg/l	48	150,00
Turbidité eau brute NTU	2,21	5,00	Sodium Na+ mg/l	336	200,00
Turbidité eau déc. NTU	0,00		Potass. k+ mg/l	97	12,00
Residu sec à 110° C mg/l	1677,00	1500,00	Chlorure Cl- mg/l	380	500,00
Temperature °C	-	25,00	Sulfate SO4-- mg/l	360	400,00
PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS		Bicarbon. HCO3- mg/l	543	-
			Carbonate CO3-- mg/l	0	-
Oxygène Dissous mg/l	-		Silice SiO2 mg/l	-	-
Ammonium NH4+ mg/l	6,320	0,50	TH ° F	42	-
Nitrite NO2- mg/l	0,030	0,20	TAC ° F	45	-
Nitrate NO3- mg/l	0,00	50,00	TA ° F	0	-
O.phosphate PO4- mg/l	0,610	0,50	Minéralisation mg/l	1463	-
Mat. Ox.(mil. Ac.) mg/l O2	21,00	5,00	Somme des ions mg/l	1855	-
DCO EN mg/l O2	366,91	-	DBO EN mg/l O2	160,00	-

CHEF DU LABORATOIRE



# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة الموارد المائية  
MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAU

الوكالة الوطنية للموارد المائية  
AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

Créée par décret N° 81 / 167 du 25 juillet 1981 - Compte Trésorerie d'Alger N° 00198000065 clé 59

Antenne Régionale Sud Ouest

الفرع الجهوي للجنوب الغربي

Demandeur : ETUDIANT  
Analyse demandée : A.F  
Date de réception : 09/05/2016  
N° de laboratoire : 4336  
Designation : EAUX USEES  
APREE 1  
FILTRE

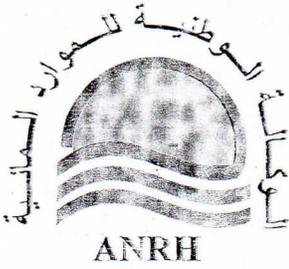
## RESULTATS D'ANALYSES

PARAMETRES	RESULTATS	NORMES	MINERALISATION	RESULTATS	NORMES
PHYSICO-CHIMIQUES		DE POTABILITE	GLOBALE		DE POTABILITE
PH	7,90	≥ 6,5 et ≤ 9	Calcium Ca++ mg/l	280	200,00
Conductivité ms/cm	3,18	2,80	Magnes. Mg++ mg/l	75	150,00
Turbidité eau brute NTU	0,18	5,00	Sodium Na+ mg/l	260	200,00
Turbidité eau déc. NTU	0,00		Potass. k+ mg/l	22	12,00
Residu sec à 110° C mg/l	1980,00	1500,00	Chlorure Cl- mg/l	530	500,00
Temperature °C	-	25,00	Sulfate SO4-- mg/l	610	400,00
PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS		Bicarbon. HCO3- mg/l	85	-
Oxygène Dissous mg/l	-		Carbonate CO3-- mg/l	0	-
Ammonium NH4+ mg/l	0,337	0,50	Silice SiO2 mg/l	-	-
Nitrite NO2- mg/l	2,080	0,20	TH °F	100	-
Nitrate NO3- mg/l	64,29	50,00	TAC °F	7	-
O.phosphate PO4- mg/l	0,070	0,50	TA °F	0	-
Mat. Ox.(mil. Ac.) mg/l O2	13,00	5,00	Minéralisation mg/l	1972	-
DCO EN mg/l O2		-	Somme des ions mg/l	1927	-
			DBO EN mg/l O2		-

### INTERPRETATION :

Eau fortement minéralisée de qualité physico - chimique mauvaise  
le prélèvement a été fait par le demandeur

CHEF DU LABORATOIRE



# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة الموارد المائية  
MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAU

الوكالة الوطنية للموارد المائية  
AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

Créée par décret N° 81 / 167 du 25 juillet 1981 - Compte Trésorerie d'Alger N° 00198000065 clé 59

Antenne Régionale Sud Ouest

الفرع الجهوي للجنوب الغربي

Demander : ETUDIANT  
Analyse demandée : A.F  
Date de réception : 09/05/2016  
N° de laboratoire : 4337  
Designation : EAUX USEES  
APREE 2  
FILTRE

## RESULTATS D'ANALYSES

PARAMETRES	RESULTATS	NORMES	MINERALISATION	RESULTATS	NORMES
PHYSICO-CHIMIQUES		DE POTABILITE	GLOBALE		DE POTABILITE
PH	7,86	$\geq 6,5$ et $\leq 9$	Calcium Ca++ mg/l	160	200,00
Conductivité ms/cm	2,88	2,80	Magnes. Mg++ mg/l	113	150,00
Turbidité eau brute NTU	0,26	5,00	Sodium Na+ mg/l	260	200,00
Turbidité eau déc. NTU	0,00		Potass. k+ mg/l	20	12,00
Residu sec à 110° C mg/l	1790,00	1500,00	Chlorure Cl- mg/l	420	500,00
Temperature °C	-	25,00	Sulfate SO4-- mg/l	400	400,00
PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS		Bicarbon. HCO3- mg/l	296	-
Oxygène Dissous mg/l	-		Carbonate CO3-- mg/l	0	-
Ammonium NH4+ mg/l	3,640	0,50	Silice SiO2 mg/l	-	-
Nitrite NO2- mg/l	0,420	0,20	TH °F	85	-
Nitrate NO3- mg/l	137,33	50,00	TAC °F	24	-
O.phosphate PO4- mg/l	0,430	0,50	TA °F	0	-
Mat. Ox.(mil. Ac.) mg/l O2	23,00	5,00	Minéralisation mg/l	1786	-
DCO EN mg/l O2		-	Somme des ions mg/l	1806	-
			DBO EN mg/l O2		-

### INTERPRETATION :

Eau fortement minéralisée de qualité physico - chimique mauvaise  
le prélèvement a été fait par le demandeur

CHEF DU LABORATOIRE



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة الموارد المائية  
MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAU  
الوكالة الوطنية للموارد المائية  
AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

Créée par décret N° 81 / 167 du 25 juillet 1981 - Compte Trésorerie d'Alger N° 00198000065 cié 59

Antenne Régionale Sud Ouest

الفرع الجهوي للجنوب الغربي

Demander : ETUDIANT  
Analyse demandée : A.F  
Date de réception : 09/05/2016  
N° de laboratoire : 4338  
Designation : EAUX USEES  
APREE 3  
FILTRE

### RESULTATS D'ANALYSES

PARAMETRES	RESULTATS	NORMES	MINERALISATION	RESULTATS	NORMES
PHYSICO-CHIMIQUES		DE POTABILITE	GLOBALE		DE POTABILITE
PH	7,94	≥ 6,5 et ≤ 9	Calcium Ca++ mg/l	120	200,00
Conductivité ms/cm	3,62	2,80	Magnes. Mg++ mg/l	225	150,00
Turbidité eau brute NTU	0,28	5,00	Sodium Na+ mg/l	310	200,00
Turbidité eau déc. NTU	0,00		Potass. k+ mg/l	20	12,00
Residu sec à 110° C mg/l	2250,00	1500,00	Chlorure Cl- mg/l	566	500,00
Temperature °C	-	25,00	Sulfate SO4-- mg/l	700	400,00
PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS		Bicarbon. HCO3- mg/l	168	-
			Carbonate CO3-- mg/l	0	-
Oxygène Dissous mg/l	-		Silice SiO2 mg/l	-	-
Ammonium NH4+ mg/l	3,330	0,50	TH °F	120	-
Nitrite NO2- mg/l	0,080	0,20	TAC °F	14	-
Nitrate NO3- mg/l	152,59	50,00	TA °F	0	-
O.phosphate PO4- mg/l	0,000	0,50	Minéralisation mg/l	2244	-
Mat. Ox.(mil. Ac.) mg/l O2	40,00	5,00	Somme des ions mg/l	2261	-
DCO EN mg/l O2		-	DBO EN mg/l O2		-

#### INTERPRETATION :

Eau fortement minéralisée de qualité physico chimique mouvaise  
le prélèvement a été fait par le demandeur

CHEF DU LABORATOIRE



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة الموارد المائية  
MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAU

الوكالة الوطنية للموارد المائية  
AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

Crée par décret N° 81 / 167 du 25 juillet 1981 - Compte Trésorerie d'Alger N° 00198000065 clé 59

Antenne Régionale Sud Ouest

الفرع الجهوي للجنوب الغربي

ETUDIANT

Demandeur :  
Analyse demandée :  
Date de réception :  
N° de laboratoire :

A.F  
09/05/2016  
4339

EAUX USEES  
APREE 4  
FILTRE

Désignation :

RESULTATS D'ANALYSES

PARAMETRES	RESULTATS	NORMES	MINERALISATION	RESULTATS	NORMES
PHYSICO-CHIMIQUES		DE POTABILITE	GLOBALE		DE POTABILITE
pH	8,10	≥ 6,5 et ≤ 9	Calcium Ca++ mg/l	160	200,00
Conductivité - ms/cm	3,64	2,80	Magnes. Mg++ mg/l	120	150,00
Turbidité eau brute NTU	0,56	5,00	Sodium Na+ mg/l	285	200,00
Turbidité eau déc. NTU	0,00		Potass. k+ mg/l	31	12,00
Pesidu sec à 110° C mg/l	2260,00	1500,00	Chlorure Cl- mg/l	478	500,00
Température °C	-	25,00	Sulfate SO4-- mg/l	600	400,00
PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS		Bicarbon. HCO3- mg/l	397	-
			Carbonate CO3-- mg/l	0	-
Oxygène Dissous mg/l	-		Silice SiO2 mg/l	-	-
Ammonium NH4+ mg/l	3,100	0,50	TH °F	88	-
Nitrite NO2- mg/l	0,170	0,20	TAC °F	33	-
Nitrate NO3- mg/l	0,00	50,00	TA °F	0	-
Orthophosphate PO4- mg/l	0,060	0,50	Minéralisation mg/l	2257	-
Chlor. Ox.(mil. Ac.) mg/l O2	47,00	5,00	Somme des ions mg/l	2071	-
DCO EN mg/l O2		-	DBO EN mg/l O2		-

**INTERPRETATION :**

Eau fortement minéralisée de qualité physico chimique moyenne

Le prélèvement a été fait par le demandeur

**CHEF DU LABORATOIRE**

## Résumé

Ce travail de recherche porte sur l'étude de l'influence de la filtration des eaux usées de ville d'Adrar sur deux échantillons de sable de la wilaya d'Adrar, dont le but est le traitement de ces eaux usées d'une part, et la détermination de l'efficacité de sable utilisé d'autre part.

L'étude de caractéristique de sable avant la filtration indiquent principalement que le sable de Reganne est composé 58.78 % de sable fin, 12.48 ppm de phosphore et quantité très faible de MO. Tandis que, le sable de wayanna contient 21.33 % de sable fin, et quantité important de phosphore 41.6 ppm. Ces variations en caractéristique influencé sur les résultats d'analyse.

Les résultats d'analyse des paramètres physico chimique d'eau filtrée (PH, turbidité, CE et résidu sec) montrent que la filtration était efficace au début pour les deux échantillons, et ça a été remarqué même pour les paramètres de pollution ou ils ont respectés les normes de rejets. Après quelques heures de filtration, les résultats montrent qu'il y a une augmentation en teneur de DCO et DBO en fin de l'étude.

**Mots clés :** Eaux usées, Traitement, Filtration sur sable.

## ملخص

هذا العمل يتمحور حول دراسة تأثير تصفية مياه الصرف الصحي لمدينة أدرار على عينتين من رمل الولاية، بهدف معالجة هذه المياه من جهة وتحديد فعالية الرمل المستعمل من جهة أخرى. دراسة خصائص الرمل قبل التصفية بينت أساسا أن رمل رقان يتكون من 58.78% من الرمل الناعم و 12.48 جزء من المليون من الفسفور وكمية قليلة من المادة العضوية. بينما رمل واينة تحتوي 21.33% من الرمل الناعم وكمية مهمة من الفسفور 41.6 جزء من المليون، هذه التغيرات في الخصائص تؤثر على نتائج التحليل. نتائج التحليل المعايير الفيزيو- كيميائية للماء المعالج ( pH، العكارة، والناقلية والبقايا الجافة) تؤكد أن التصفية فعالية في البداية بالنسبة للعينتين وهذا نلاحظه أيضا بالنسبة للمعايير التلوث التي تحترم مقاييس التفريغ. بعد ساعات من التصفية، النتائج أكدت بوجود ارتفاع في نسبة الطلب الكيميائي على الأوكسجين والطلب البيوكيميائي على الأوكسجين في نهاية الدراسة. الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، المعالجة، التصفية على الرمل.