

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Hamma Lakhdar – El Oued



Faculté de technologie

Département d'hydraulique

Et Génie Civil

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vu de l'obtention du Diplôme master (LMD) Professionnel en hydraulique
OPTION : Ouvrages hydraulique

THEME :

*Etude d' épuration des eaux usées par
l'infiltration -percolation sur le sable des dunes
dans la region d'Oued Souf (SE Algerien)*

Dirigé par :

Mr :OUAKOUAK Abdelkader

Présenté par :

DENGOU Latifa

Année Universitaire:2017/2018

Remerciements



Je remercie Dieu . tout puissant de m' avoir accordé la force, le courage et les moyens à fin de pouvoir accomplir ce travail.

Je remercie tout particulièrement mon pondeur Monsieur le docteur Abdelkader OUAKEOUAK pour ces orientations ses conseils et d'aide qu'il m'a donnée.

Je tiens également à remercier les membres du jury.

Je tiens aussi à remercier

L'équipe de la station STEP1 commune de Kouinine pour m' avoir accordée l'accès pour réaliser notre protocole expérimental, surtout

Mr .directeur de L'ONA

Shéf de STEP kiram ala eddine

Mademoiselle khaoula

En fin je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou le loin dans l'élaboration de ce travail, surtout :

Mr.Docteur S.Khachana, Mr. Docteur A.Ghomri , Mr B.Sahraoui.

Ghdier ammar.H, Mr NAMOUSSA. T, MESBAHI. abd.

Remercie encore a tous...

الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو اثبات فعالية تقنية الترشيح بالتوغل عن طريق رمل الكثبان على تنقية المياه المستعملة وذلك من خلال إضافة نسب مختلفة لمادة الفحم النشط:

استعملت في هذه الدراسة مياه المحطة رقم (1) ببلدية كوينين كمياه مستعملة خامة. هناك نجاعة كبيرة على مستوى جميع المعايير الفيزيوكيميائية والبكتولوجية حيث أثبتت الدراسة فعالية كبيرة للترشيح عن طريق الرمال الممزوجة بالفحم من حيث نزع الملوثات والبكتريا الضارة بشكل ملفت للاهتمام. مما يدعونا الى التوجه العميق لدراسة مثل هذه النماذج من الناحية التقنية للتفكير بجدية لتحسينها عبر الواقع وتحقيق غاية استعادة المياه المستعملة لأجل الزراعة والصناعة وغيرها.

الكلمات المفتاحية: تقنية الترشيح بالتوغل - الفحم النشط - المعايير الفيزيوكيميائية والبكتولوجية - استعادة المياه المستعملة

Resume

The objective of this study is to demonstrate the effectiveness of solar technology through dune sand to purify life through the addition of different ratios of active coal:

In this study, the water of Station N° 01 in Kouinine municipality was used as a pure water.

There is great efficiency at the level of all the physico-chemical and bacteriological criteria.

The study proved a great effectiveness for the depth of sand mixed with coal to remove the harmful pollutants and bacteria in an interesting manner.

Which invites us to go deep to study such models technically to think seriously to be reflected through destination and achieve the goal of restoring wastewater for agriculture, industry and others.

key words : Intrusion Filtration Technology - Active charcoal- Physico-chemical and bacteriological criteria- Restoration of wastewater

Resume

L'objectif de cette étude est de démontrer l'efficacité de la technologie solaire à travers le sable dunaire pour purifier la vie par l'ajout de différents ratios de charbon actif:

Dans cette étude, l'eau de la Station N ° 01 de la municipalité de Kouinine a été utilisée comme une eau pure.

Il y a une grande efficacité au niveau de tous les critères physico-chimiques et bactériologiques. L'étude s'est avérée très efficace pour la profondeur du sable mélangé au charbon pour éliminer les polluants nocifs et les bactéries d'une manière intéressante.

Ce qui nous invite à aller en profondeur pour étudier de tels modèles techniquement à penser sérieusement à se refléter à travers la destination et atteindre l'objectif de la restauration des eaux usées pour l'agriculture, l'industrie et d'autres.

mots clés: Intrusion Filtration Technology - Charbon actif - Critères physico-chimiques et bactériologiques - Restauration des eaux usées

Liste des tableaux

Tableau I.1	Moyenne mensuelles interannuelle des précipitations (1989-2014)	06
Tableau I.2	Moyenne mensuelle interannuelle de température	07
Tableau II.1	Concentration moyenne des eaux usées urbaines. (Laurent, 1994)	13
Tableau III.1	Avantages et inconvénients du traitement physico-chimique	29
Tableau III.2	Avantages et inconvénients du traitement biologique par lits bactériens	31
Tableau III.3	Avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées.	32
Tableau III.4	Avantages et inconvénients du traitement biologique par disques biologiques	34
Tableau III.5	Avantages et inconvénients du traitement biologique par filtres planté de roseaux.	35
Tableau III.6	Avantages et inconvénients du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable.	37
Tableau III.7	Avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage.	39
Tableau (V.1)	Cinétique de dégradation de la DBO ₅ dans tous les filtres étudiés.	68
Tableau (V.2)	Évolution de la dégradation de la DCO dans tous les filtres étudiés.	69
Tableau (V.3)	Évolution de la dégradation de MES dans tous les filtres étudiés.	70

Liste des figures

Figure (I.1)	Situation géographique de la zone d'étude	04
Figure (I.2)	Carte topographique de la vallée du Souf (DRE d'El-Oued, 2017).	05
Figure (I.3)	Répartition moyenne mensuelle interannuelle des pluies (1989-2014)	06
Figure (I.4)	Répartition moyenne mensuelle de la température (1989-2014)	08
Figure (III.1)	Schéma d'une chaîne de traitement des eaux usées.	24
Figure (III.2)	Schéma d'un décanteur primaire	28
Figure (III.3)	Schéma du traitement biologique par lit bactérien	31
Figure (III.4)	Schéma du traitement biologique par boues activées.	33
Figure (III.5)	Schéma du traitement biologique par disques biologiques	34
Figure (III.6)	Schéma du traitement biologique par filtres plantés de roseaux	36
Figure (III.7)	Schéma du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable	37
Figure (IV.1)	le différent composant du substrat des différents filtres	46
Figure (V.1)	variation temporelle de pH dans tous les filtres.	64
Figure (V.2)	variation temporelle de la température T(C°) dans tous les filtres	64
Figure (V.3)	variation temporelle d'O ₂ (mg/l) dissous dans tous les filtres.	65
Figure (V.4)	variation de la conductivité (ms/cm) dans tous les filtres étudiés	66
Figure (V.5)	variation de la salinité (g/l) dans tous les filtres étudiés.	67
Figure (V.6)	variation de DBO ₅ (mg/l) dans tous les filtres étudiés	67
Figure (V.7)	variation de DCO(mg/l) dans tous les filtres étudiés.	69
Figure (V.8)	variation de MES(mg/l) dans tous les filtres étudiés.	70
Figure (V.9)	variation de la turbidité (NTU) dans tous les filtres étudiés	71
Figure (V.10)	variation de (a) Nitrate et (b) Nitrite (mg/l) dans tous les filtres étudiés.	72
Figure (V.11)	variation de (a) Nickel et (b) Cyanure (mg/l) dans tous les filtres étudiés.	73
Figure (V.12)	variation temporelle de NH ₄ ⁺ (mg/l)	74

Liste des Photos

Photo (III.1)	Grille manuelle	25
Photo (IV.1)	Dispositif expérimental (Photo original)	46
Photo (IV.2)	Dispositif expérimental (Photo original)	48
Photo (IV.3)	Dispositif expérimental des différents filtres (Photo original)	48
Photo(V.4)	Spectrophotomètre	50
Photo(V.5)	Thermo réacteur (CR 2200).	50
Photo (IV.6)	Réfrigérateur conservant	51
Photo(IV.7)	Etuve chauffée	52
Photo(IV.8)	Dessiccateur.	52
Photo (IV.9)	Balance électrique (TP-303)	53
Photo (IV.10)	Ensemble de filtration	53
Photo (IV.11)	Oxy-mètre(INOLABO-OXI 730 WTW).	54
Photo (IV.12)	Conductimètre (Terminal 740).	55
Photo (IV.13)	pH mètre (pH 510).	56

Liste d'abréviations

ADE	Algérienne d'eaux
CAG	charbon actif granule
DBO5	Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (mg/l).
DCO	demande biochimique en oxygène (mg/l).
EB	Eau brute.
EE	Eau épurée.
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations .
JORA	Journal Officielle de la république algérienne
MES	Matière en suspension (mg/l).
MO	Matière organique (mg/l).
MVS	Matière volatiles en suspension (mg/l).
OMS	Organisation Mondiale de la santé.
ONA	office national de l'assainissement.
pH	Potentiel hydrogène
PVC	Polychlorure de vinyle
STEP	Station d'épuration

Sommaire

Remerciement	
resume	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste de abreviations	
sommaire	
INTRODUCTION GENERALE	
PARTIE I : Bibliographique	
<u>CHAPITRE I: Présentation la zone d'étude</u>	
I.1 Introduction :	03
I.2 Aperçu historique sur la région d'Oued-Souf	03
I.3 Caractéristiques géographiques	03
I.3.1 Situation géographique	03
I.3.2. Situation économique	04
I.3.3 La topographie de la région d'étude :	04
I.4 Le Climat	05
I.4.1.Étude des paramètres climatiques	06
I.4.1.1 La pluviométrie	06
I.4.1.2. La température	07
I.4.1.3 L'humidité	08
I.4.1.4. Le vent	08
I.4.1.5. L'insolation	08
I.5. géologie et hydrogéologie	09
I.6 Conclusion	09
<u>CHAPITRE II: Les eaux usées : Origine et impactes</u>	
II.1. Introduction:	12
II.2. L'origine des eaux usées:	12
II.2.1. Les eaux industrielles:	12
II.2.2. Les eaux agricoles:	12

II.2.3. Les eaux pluviales:	12
II.2.4. Les eaux usées domestiques:	12
II.3. Composition des eaux usées:	12
II.3.1. Éléments microbiologiques:	13
II.3.1.1. Les bactéries	13
II.3.1.2. Les virus	14
II.3.1.3. Les protozoaires	14
II.3.1.4. Les helminthes	14
II.3.2. Matières en suspension MES	14
II.3.3. Substances nutritifs	14
II.3.3.1. L'azote (N)	14
II.3.3.2. Le phosphore (P)	15
II.3.3.3. Le potassium (K ⁺)	15
II.3.3.4. Chlore et sodium	15
II.3.4. Les micropolluants organiques et non organiques:	15
II.3.4.1. Eléments traces:	15
II.3.4.2 Les micropolluants organiques:	16
II.4. La pollution : risque et réglementation:	16
II.4.1. La pollution par les eaux usées:	16
II.4.1.1. Définition:	16
II.4.1.2. Origine et type de la pollution par les eaux usées	16
II.4.1.3. Les différents paramètres de la pollution	17
II.4.2. Risques de la pollution par les eaux usées:	19
II.4.2.1. Risque sur l'environnement	19
II.4.2.2. Risque sur la santé humaine	19
II.4.3. La Règlements:	20
II.4.3.1. Les normes de L'OMS	20
II.4.3.2. Les normes Européenne	20
II.4.3.3. Les normes Algérienne	20
II.5. Conclusion	21
<u>CHAPITRE III: Procédés d'épuration des eaux usées</u>	
III.1. Introduction:	23
III.2. Critères de choix du procédé d'épuration:	23

III.3. Etapes d'épuration des eaux usées:	23
III.3.1. Prétraitement:	24
III.3.1.1. Dégrillage:	25
III.3.1.2. Dessablage:	26
III.3.1.3. Déshuilage- dégraissage:	26
III.3.2. Traitement primaire:	27
III.3.2.1. Décantation primaire:	27
III.3.2.2. Traitement physico-chimique:	28
III.3.3. Traitement secondaire:	29
III.3.3.1. Traitement biologique:	29
III.3.3.2. Décantation secondaire:	39
III.3.4. Traitement tertiaires:	39
III.3.4.1. Elimination de l'azote et de phosphore:	40
III.3.4.2. Adsorption:	41
III.3.4.3. Les procédés de désinfection:	41
III.4. Conclusion	42
PARTIE II : Expérimentale	
CHAPITRE IV : matériels et méthodes	
IV.1 Introduction	45
IV.2 But Principal	45
IV.3 Prélèvement et échantillonnage	46
IV.4 Matérielles d'étude	46
IV.4.1 Matériels de l'essai	46
IV.4.2 Les eaux usées	47
IV.5 Méthode d'étude	47
IV.5.1 Dispositif expérimental	47
IV.5.2 Méthode de dosage des paramètres physicochimique et bactériologiques	49
IV.5.2.1 Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)	49
IV.5.2.2 Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	50
IV.5.2.3 Détermination des matières en suspension (MES)	52
IV.5.2.4 Détermination de l'oxygène dissous	54
IV.5.2.5 Détermination de conductivité électrique	55

IV.5.2.6 Détermination du pH et de la Température	56
IV.5.2.7 Détermination de le nitrite (NO_2^-)	57
IV.5.2.8 Détermination de l'ammonium (NH_4^+)	57
IV.5.2.9. Détermination de la nitrate (NO_3^+)	57
IV.5.2.10 Métaux lourd	58
IV.5.3 Analyses Bactériologique	58
IV.5.3.1. Coliforme totaux	60
IV.5.3.2.Escherichia coli	61
IV.6 Conclusion	61
<u>CHAPITRE V : Résultats et Discussions</u>	
V.1. Introduction	63
V.2. Rendement épuratoire	63
V.3. Résultats et discussions des paramètres analysées	63
V.3.1.Paramètres physiques	63
V.3.1.1.Potentiel d'hydrogène pH	63
V.3.1.2.Température	64
V.3.1.3.Oxygène dissous	65
V.3.1.4.Conductivité électrique	66
V.3.1.5.Salinité	66
V.3.1.6.Demande biochimique en oxygèneDBO5	67
V.3.1.7. Demande chimique en oxygène	68
V.3.1.8. Matières en suspension	69
V.3.1.9. Turbidité	71
V.3.1.10. Nitrates (NO_3^-) et Nitrites (NO_2^-)	71
V.3.1.11. Métaux lourds (Nickel et Cyanure)	72
V.3.1.12 l'ammonium	73
V.3.2 Paramètres bactériologiques :	74
V.3.3Conclusion	74
CONCLUSION GENERALE	
References bibliographique	
Annex	

Introduction générale

L'eau c'est la vie, mais à cause de problème de la pollution de celles-ci et l'accroissement de sa consommation par les individus et industries on doit obligatoirement conserver les sources d'eau contre la pollution et la contamination.

Toutes fois, l'évacuation des eaux usées dans le milieu naturel cause des plusieurs risques environnementaux, ce qui rend obligatoire leur traitement avant d'être rejetées dans la nature. Actuellement, les eaux usées ne sont épurées et rejetées, le plus souvent (le reste), sans traitements et de façon directe dans le milieu naturel.

Pour lutter contre la pollution des eaux naturelles, éviter les maladies d'origine hydrique et protéger le milieu récepteur on a recours à des solutions fiable telle que : la construction des stations d'épuration.

Il y'a plusieurs méthodes et procédés de traitement : parmi elles la filtration biologique en utilisant des substrats tels que le sable (méthode qui a donnée d'assez bon résultat) il y'a en plusieurs travaux sur l'utilisation des sables des dunes, les résultats obtenus ont montré qu'il y avait plusieurs paramètres qui influencent sur ce type de traitement.

L'infiltration-percolation sur sable est un traitement biologique très répandue en raison du faible cout énergétique qu'elle entraîne, du peu de technicité demandée pour son simple entretien et de sa facilité d'intégration au site.

Dans ce contexte, l'objectif d ce travail est d'étudier la possibilité d'améliorer le pouvoir épuratoire des filtres biologiques par combinaison avec un matériau adsorbant. Les filtres proposés sont des filtres à sables de dunes modifiées par l'ajout d'une quantité bien déterminé du charbon actif en grains.

La capacité des filtres étudiés en matière d'élimination de différents polluants tels que les substances organiques et azotées présentes dans l'effluent secondaire entrant à la station d'épuration (STEP1) de la commune de kouinine दौरا d'El-oued. Plusieurs paramètres influant sur la filtration tels que le temps du séjour et le taux du charbon actif introduit seront pris en considération.

Les résultats des eaux traitées pour les filtres étudiées seront comparés aux valeurs obtenus en utilisant un filtre témoin. De plus, nous allons comparer l'ensemble des résultats aux normes algériennes pour les eaux usées épurées.

Notre étude est présentée en 5 chapitres comme suit :

- Présentation de la zone d'étude
- Les eaux usées : Origine et impact
- Procédés d'épuration des eaux usées
- Matériels et méthodes
- Résultats et Discussions

PARTIE
PIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

***PRESENTATION
DE LA ZONE D'ETUDE
GEOLOGE
&
HYDROGEOLOGIE***

I.1 Introduction :

Dans ce premier chapitre, on va donner un aperçu historique sur la région d'étude, puis des quelques informations sur ses différentes composantes climatiques Geologie et hydrogeologie.

I.2 Aperçu historique sur la région d'Oued-Souf :

La vallée du Souf représente une unité de ressource en eau, elle est située au Sud-Est algérien, elle occupe une superficie de 11738 km², représentée administrativement par 18 communes, et englobe un nombre de population de 638910 habitants. Elle possède un réservoir très important en matière des ressources hydriques (DRE/2017).

El Oued : la ville aux mille coupoles, capitale du Souf, l'architecture s'y distingue de celle des autres villes sahariennes. Au lieu des terrasses, ce sont des coupoles qui coiffent les maisons.

Le sol est riche et l'ensoleillement maximal du Souf, jointent leurs vertus à celle du Ghout pour produire des dattes qui, avec celles de la région de Biskra, sont parmi les plus réputées au monde. Nombre de palmeraies jouissant d'une eau douce peuvent se permettre de cultiver la variété "Déгла", exigeante mais lucrative car exportée. La seule connue en Europe est la Déгла-Nour (doigt de lumière).

D'autres variétés, plus rustiques, qui peuvent se contenter d'eau plus salée, alimentent les marchés locaux. Les Dattes-Ghars peuvent être compressées dans des sacs ou dans des jarres et être ainsi conservés très longtemps (jusqu'à 15 ans). Ce qui explique qu'elle est constituée au fil des temps, la base de la nourriture des nomades avec le lait. Au fond de l'entonnoir, le propriétaire réserve un périmètre, irrigué par la Khottara (puits à balancier) pour quelques primeurs (pastèques, melons, poivrons, navets, carottes, etc...).

I.3 Caractéristiques géographiques:

I.3.1 Situation géographique :

El oued est située dans le Sahara algérien, c'est une Wilaya depuis 1984 et couvre une superficie totale de 44586 km², la population est de 846000 habitants, et la densité est de 18.97 habitant par km², se trouve à environ 700 km au Sud- Est d'Alger (Figure I.1) et 350 km à l'Ouest de Gabes (Tunisie). Elle est limitée : (DRE/2017)

- Au Nord par les wilayas de Biskra, Khenchela et Tébessa,
- A l'Est par la Tunisie,
- A l'Ouest par les wilayas Biskra, Djelfa et Ouargla,
- Au Sud par la Wilaya d'Ouargla.

L'aire d'étude représente la vallée du Souf, par 7°E et 33°5N.

La vallée de Souf ce n'est pas un bassin versant mais une unité de ressource en eau qui est délimitée :

- Au Sud par la mer de dunes du grand erg oriental.
- A l'Est par une série de chotts.
- A l'Ouest par l'Oued Right et par la ligne de palmeraie qui court de Biskra à Touggourt.

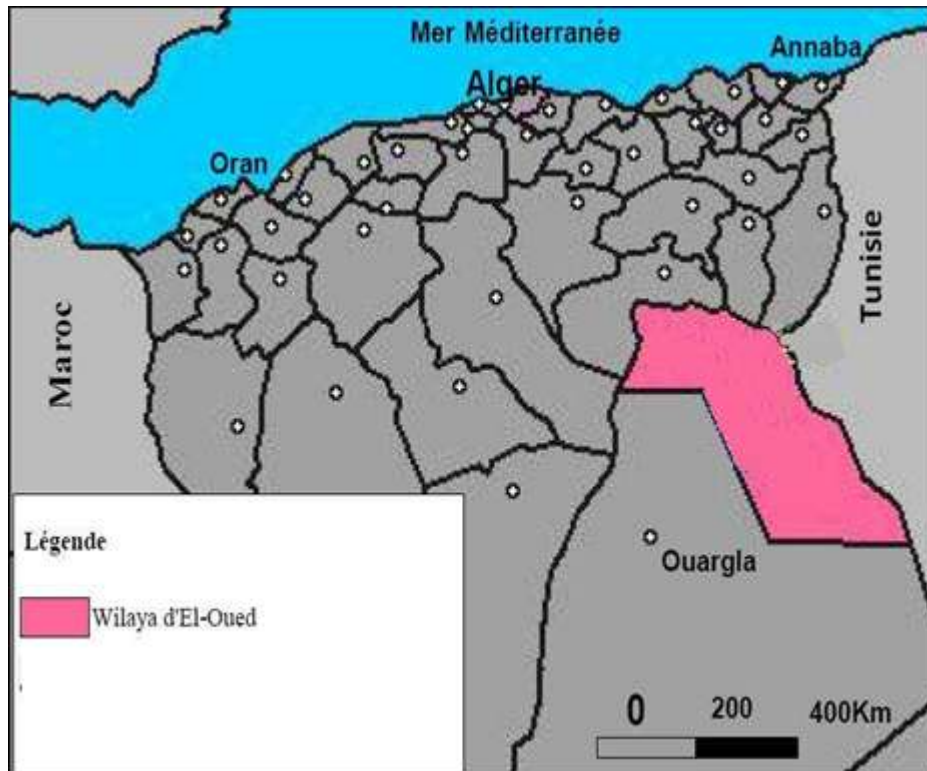


Figure I.1 : Situation géographique de la zone d'étude

I.3.2. Situation économique :

L'agriculture et le commerce représentent les principales activités des habitants de la région. La culture dominante est le palmier dattier viennent après le tabac, les arachides en dernier la pomme de terre et quelques cultures maraîchères. La ville d'El-Oued est un centre d'échange commercial très actif grâce à sa position géographique.

I.3.3 La topographie de la région d'étude :

La région de Oued Souf appelée aussi région du Bas-Sahara caractérisée par une faible altitude au Sud-est du pays. Le point le plus haut se trouve à la côte 125m dans la ville d'Essoualah, alors que le point le plus bas se trouve à la cote -3 m à Foulia commune de Réguiba (ANRH/2017).

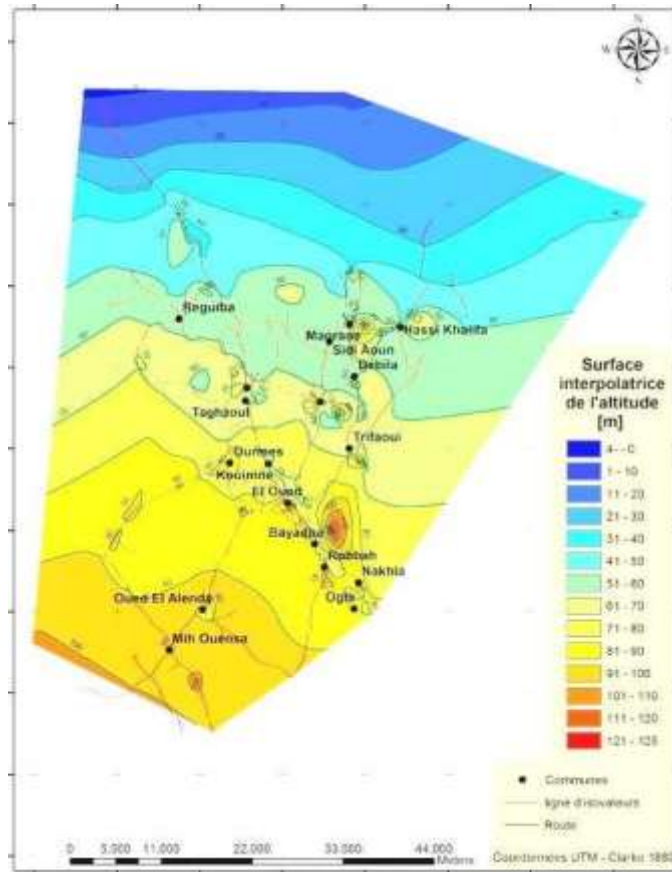


Figure I.2: Carte topographique de la vallée du Souf (DRE d'El-Oued, 2017).

L'altitude moyenne de la région est de 61 m et dénonce une diminution du Sud vers le Nord pour être de 25 m au dessous du niveau de la mer dans la zone des Chotts (ANRH,2017).

I.4 LE CLIMAT :

Le climat joue un rôle important pour tous les études hydrauliques et sur tout l'épuration, Les paramètres principaux : la précipitation, la température, l'humidité, les vents et l'insolation caractérisant le climat.

Le climat algérien est caractérisé par sa grande variabilité des précipitations et des températures annuelles, cette variation est due essentiellement aux irrégularités topographiques et aux influences opposées de la Méditerranée et du Sahara.

Pour analyser les paramètres climatiques, on a sélectionné la station Météorologique de l'ONM (Office National Météorologique) de l'aéroport de Guemar qui représente la seule station existante dans la zone d'étude. Ces données sont choisies durant une période de 25 ans (1989-2014).

Les caractéristiques géographiques de cette station sont : Code A.N.R.H : 13 04 14

Altitude : 64m Longitude : 06°47'E Latitude :33°30 ' N

I.4.1. Étude des paramètres climatiques :

I.4.1.1 La pluviométrie :

La précipitation est un facteur fondamental pour caractériser le climat d'une région. Ce terme précipitation désigne des cristaux de glace ou des gouttelettes d'eau qui, ayant été soumis à des processus de condensation et d'agrégation à l'intérieur des nuages, sont devenus trop lourds pour demeurer en suspension dans l'atmosphère et tombent au sol.

a- Evaluation mensuelle des pluies :

Les évaluations moyennes mensuelles interannuelles des précipitations d'une durée d'observation de 25 ans (1989-2014) sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau I.1 : Moyenne mensuelle interannuelle des précipitations (1989-2014)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
P(mm)	6.96	6.46	6.70	6.80	17.64	2.49	6.83	6.76	5.51	0.81	0.36	2.07	69.39

(ONM, 2017)

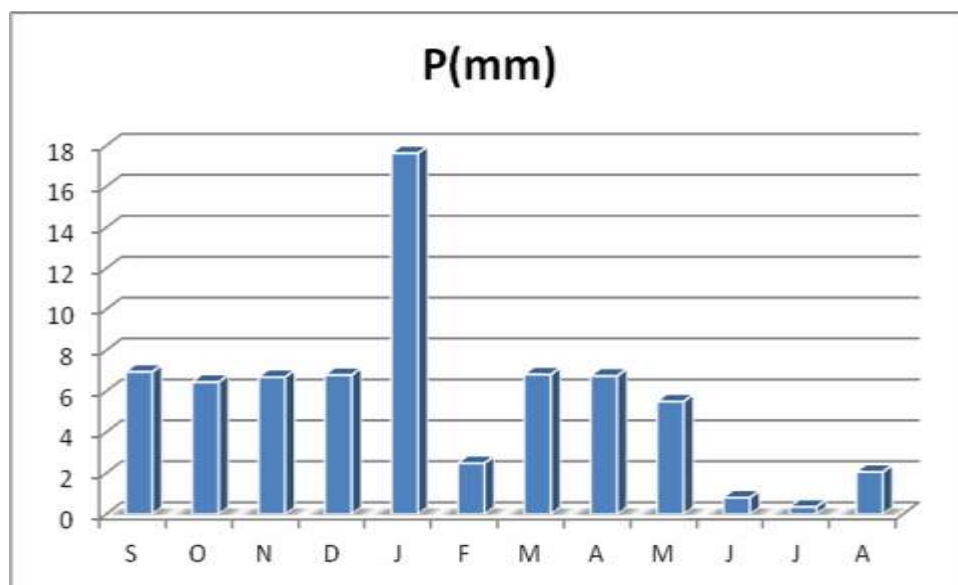


Figure I.3 : Répartition moyenne mensuelle interannuelle des pluies (1989-2014)

Ce graphe montre une variabilité des précipitations dans le temps, d'où la pluviométrie maximale est de l'ordre de 17.64mm enregistré pendant le mois de janvier, et le minimum est de l'ordre de 0.36mm enregistré pendant le mois de juillet, la précipitation annuelle est 69,39mm .

b- Evaluation moyenne annuelle des pluies :

Afin de mieux visualiser l'année la plus pluvieuse durant la période d'observation, nous avons calculé les précipitations moyennes annuelles dont les résultats sont regroupés dans le tableau I.4. La répartition annuelle de précipitation est schématisée en figure I.5.

L'analyse de la courbe de répartition moyenne annuelle, permet de tirer les particularités suivantes :

Les modules pluviométriques généralement sont faibles, ils varient entre 22.9 mm (en 2012/2013) à 193 mm (en 2009/2010).

La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 69.39mm, la station de Guemar a enregistré 10 années des précipitations supérieures à la moyenne et 15 années au dessous de la moyenne.

L'allure de la courbe de répartition interannuelle est pratiquement identique.

D'après DUBIFE, 1963, les régimes des précipitations sont différents et ce selon les saisons : durant l'été elles sont dues aux dépressions de Mousson, en hiver leur provenance est due aux dépressions accompagnants la migration vers le sud des fronts polaires, alors que pendant la période intermédiaire, ces précipitations sont dues aux dépressions Soudano- Sahariennes du sud vers le nord.

I.4.1.2. La température :*- les températures moyennes mensuelles :*

La région se caractérise par des écarts des températures, aussi bien à l'échelle diurne qu'à l'échelle mensuelle, pouvant atteindre parfois 21.47°C. Le tableau I.2 représente la répartition moyenne mensuelle de la température.

Tableau I.2 : Moyenne mensuelle interannuelle de temperature

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
T(°C)	10.42	12.43	16.50	20.35	25.23	29.95	32.74	32.28	27.94	22.65	15.74	11.45	21.47

(ONM, 2017)

Ce tableau montre une variabilité de température dans le temps sur une période de 25 ans : La période qui s'étale du mois de novembre au mois d'avril correspond à la période froide avec un minimum durant le mois de janvier 10.42°C, alors que la période chaude commence à partir du mois de mai jusqu'au mois de octobre avec un maximum de température relevé pendant le mois de août 32.74°C, la moyenne annuelle est de l'ordre de 21.47°C.

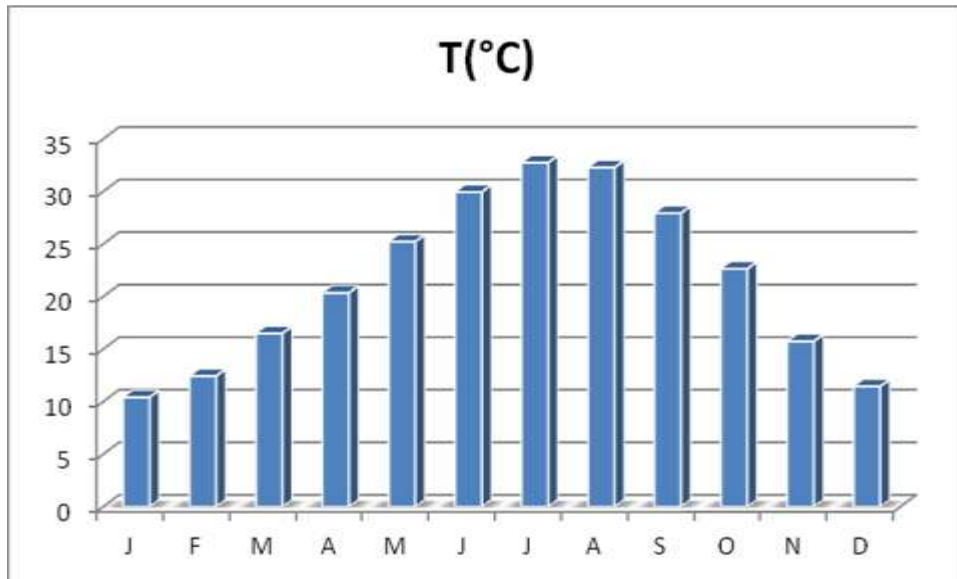


Figure I.4 : Répartition moyenne mensuelle de la température (1989-2014)

I.4.1.3 L'humidité :

L'humidité est un état de climat qui représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère, elle a des effets sur les altérations chimiques telles que l'oxydation.

L'humidité moyenne de la région représentée dans le tableau ci-dessous, où on remarque un minimum enregistré pendant le mois de juillet avec une valeur de l'ordre de 29.91 %, c'est la saison d'été, et un maximum enregistré pendant le mois de janvier avec une valeur de 64.24 %, c'est la saison d'hiver.

I.4.1.4. Le vent :

Les vents sont fréquents, les plus violents se situent au printemps. La direction dominante est Nord-Est, à l'exception des mois d'hivers dont la direction est Sud Ouest.

Le sirocco (Chihili) présente le vent caractérisant la saison d'été souffle fréquemment dans la région, prenant un sens Sud-Nord et jeter des courants d'air chaud parfois avoisiner des vagues de sables. Il faut aussi parler des vents de sables qui ont leurs saisons de prédilection entre février et avril (durant le printemps). Mais heureusement, les véritables tempêtes restent très rares.

I.4.1.5. L'insolation :

On appelle insolation ou radiation solaire globale la période durant laquelle le soleil peut briller; on la détermine par des mesures directes ou par dépouillement des bandes héliographiques.

Au niveau de la station d'El Oued (Guemar), nous possédons une série des données de (1989- 2000.)

La durée moyenne d'insolation annuelle est de 268 heures ;

Le maximum est enregistré en juillet avec 345.20 heures ;

Le minimum apparaît en décembre avec 214.23 heures.

I.5. géologie et hydrogéologie :

La géologie est un moyen d'investigation très utile en hydrogéologie car elle permet de la détermination des horizons susceptibles être aquifères.

La région d'étude est exactement dans la partie Nord de la plateforme saharienne caractérisée par des formations détritiques particulièrement sableuses, elles apparaissent sous forme de dunes et anti dunes. Car le sous-sol de la région étant sableux et assurant l'infiltration et la circulation souterraines des eaux, est essentiellement représenté par des formations sablo-gréseuses du Continental Intercalaire, et des accumulations sableuses Fulvio- lacustres de tertiaire continental.

Sur l'ensemble de la région d'El-Oued, les formations Mio-pliocènes sont recouvertes par une considérable épaisseur de dépôts Quaternaires présentés sous forme de dunes donnant naissance à un immense Erg qui lui-même fait partie de l'extension du grand Erg oriental.

A partir de cette étude, nous constatons que la région a une particularité spécifique de point de vue géologique, ainsi que les conditions tectoniques et paléogéographiques ont permis la mise en place d'une série sédimentaire avec une lithologie variée dans le temps, régulière et homogène dans l'espace.

Ces conditions ont favorisé la formation dans le Souf et dans tout le bas Sahara de plusieurs formations aquifères à comportement hydrodynamique variable en fonction de leurs faciès. La stratigraphie de la région est caractérisée par des séries sédimentaires allant de Crétacé inférieur jusqu'aux dépôts de Quaternaire

Les formations du Quaternaire récentes forment l'aquifère détritique de la nappe phréatique, il est surtout sableux à gréseux avec parfois du gypse et des argiles localisées particulièrement dans la partie Nord-Est où il se termine par une croûte gypseuse, son substratum est argileux imperméable parfois très peu sableux à son sommet ou alors gypsifère en totalité.

I.6 Conclusion :

La wilaya d'el Oued englobe les vallées du Souf et d'Oued Righ. Elle est considérée comme l'une des régions les plus touristiques en Algérie et plus particulièrement au Sahara central. Ses palmeraies, appelées « Ghitanes », ses mosquées, ses Zaouiates, ses ruelles ombragées et ses dunes de sables blancs, enserrant de minuscules palmeraies sur des immenses étendues de sables, ont fait du Souf et d'Oued Righ l'une des plus belles régions d'Algérie.

L'analyse climatique a permis de ressortir les résultats suivants :

La précipitation mensuelle interannuelle est de l'ordre de 72.38mm. La température moyenne mensuelle est de l'ordre 22.56C°.

Le mois le plus humide est Décembre (moyenne interannuelle 64.24%) et d'un faible rayonnement solaire (moyenne de 214.23 heures).

Le mois le plus sec est Juillet caractérisé par une faible humidité (moyenne de 29.91%).

La brillance de soleil est très élevée (moyenne de 345.20 heures) ce qui traduit un pouvoir évaporant excessif.

Le système aquifère est constitué de trois nappes : nappe libre (phréatique), et deux nappes captives (nappe de complexe terminal et nappe de continentale intercalaire).

CHAPITRE II

LES EAUX USEES *ORIGINE ET* *IMPACTES*

II.1. Introduction:

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, agricole, ou pluviale . Ils constituent donc un effluent pollué, et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout vers le milieu naturel.

Dans ce chapitre nous allons donner un aperçu sur l'origine des eaux usées et leurs composition, et puis nous décrirons le problème de la pollution des ces eaux, ainsi les différents paramètres et leur impactes sur l'écosystème, et puis la réglementation relative à les eaux usées.

II.2. L'origine des eaux usées:

Suivant l'origine des substances polluantes on distingue quatre catégories d'eaux usées :

II.2.1. Les eaux industrielles:

Elles sont très différentes des eaux usées domestique. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques ou des hydrocarbures.

II.2.2. Les eaux agricoles:

L'agriculture est une source de pollution des eaux car elle apporte les engrais et les pesticides (Boumediene, 2013).

II.2.3. Les eaux pluviales:

Le rôle des eaux pluviales est également important dans les transferts de pollution .Les eaux de ruissellement peuvent être polluées par lessivage des sols, des surfaces imperméabilisées. Les eaux pluviales peuvent contenir de ce fait des métaux lourds et des toxiques : plomb, zinc, hydrocarbures,...etc. (Achouri, 2003).

II.2.4. Les eaux usées domestiques:

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques,... etc.et en eaux 'vannes' sont les rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (Boumediene,2013).

II.3. Composition des eaux usées:

La composition des eaux usées, est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique,...etc.). Le tableau suivant présente la concentration moyennes des ces eaux :

Tableau II.1 : Concentration moyenne des eaux usées urbaines. (Laurent, 1994)

Concentration moyennes			
Paramètres		Echelle de variation	Fraction décantables
pH		7,5 à 8,5	
MES totales	(mg/l)	100 à 400	50 à 60 %
DBO ₅	(mg/l)	150 à 500	25 à 30 %
DCO	(mg/l)	300 à 1000	30 %
COT	(mg/l)	100 à 300	30 %
NTK	(mg/l)	30 à 100	< 10 %
N-NH ₄ ⁺	(mg/l)	20 à 80	0 %
N-NO ₂ ⁻	(mg/l)	< 1	0 %
N-NO ₃ ⁻	(mg/l)	< 1	0 %
P total	(mg/l)		

Selon Faby, (1997), la composition des eaux résiduaires urbaines brutes dépend essentiellement de:

-L'activité humaine (eaux ménagères et eaux de vannes).

-La composition des eaux d'alimentation en eau potable et, accessoirement, de la constitution des canalisations d'eau, pour les composés chimiques.

-La nature et de la quantité des effluents industriels éventuellement rejetés dans le réseau urbain. Les eaux usées urbaines contiennent des matières solides, des nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute et des micro-organismes. Ces substances peuvent être classées en quatre groupes:

II.3.1. Éléments microbiologiques:

Les eaux usées contiennent tous les microbiologiques 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 : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes.

II.3.1.1. Les bactéries:

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau, leur taille est comprise entre 0,1 et 10 µm. Elles se multiplient dans les eaux usées et les boues résiduaires. L'exposition à celles-ci provient surtout de l'inhalation des aérosols qu'elles utilisent comme vecteurs leur transport ou encore, de la contamination du système gastro-intestinal par le contact des mains à la bouche (Djeddi, 2007).

II.3.1.2. Les virus:

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Certains virus se multiplient dans le système digestif humain ou animal et sont excrétés dans les matières fécales lors d'une infection. Ils ne se reproduisent pas une fois à l'extérieur du corps. On peut retrouver plus de 150 types de virus dans les eaux usées. L'hépatite A est une maladie causée par un virus.

II.3.1.3. 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.

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, **Giardia lamblia**. Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires (Faby, 1997).

II.3.1.4. Les helminthes:

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites.

Une grande variété de ces vers parasites et leurs œufs peuvent se retrouver dans les eaux usées et dans les boues sanitaires. Ils peuvent être la cause de vers intestinaux chez les humains exposés (Djeddi, 2007).

II.3.2. Matières en suspension MES:

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des micro-organismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Les particules en suspension, plus lourdes que l'eau, sont éliminées par décantation, c'est une étape simple dans la réduction de la charge organique des eaux usées et de la teneur en germes pathogènes. Toutefois, un traitement beaucoup plus poussé est généralement requis pour faire face aux risques sanitaires (Faby, 1999).

II.3.3. Substances nutritifs:

Parmi ces éléments présents dans l'eau, deux sont très importants parce qu'ils sont indispensables à la synthèse des micro-organismes dans le milieu aquatique. Il s'agit de l'azote N et du phosphore P assimilés généralement par les plantes sous forme de nitrates NO_3^- et de phosphates PO_4^{3-} (Faby, 1999).

II.3.3.1. L'azote (N):

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

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^- : nitrification par Nitrosomonas
- NO_2^- à NO_3^- : nitrification par Nitrobacter (Chellé et al, 2005).

II.3.3.2. Le phosphore (P):

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l. 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 (Asano, 1998).

II.3.3.3. Le potassium (K^+):

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 (Faby, 1999).

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 (FAO, 2002).

II.3.3.4. Chlore et sodium:

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres (Faby, 1997).

Leur origine est :

- Humaine (10 à 15g/l Na Cl dans les urines/j).
- Naturelle (mer : 27g/l Na Cl, et terrains salés).
- Industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire) (Faby, 1997).

II.3.4. Les micropolluants organiques et non organiques:

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. Certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées (Djeddi, 2007).

II.3.4.1. Eléments traces:

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présent 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 réseaux unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels» (Cauchi, 1996).

II.3.4.2 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. (Djeddi, 2007).

II.4. La pollution : risque et réglementation:

Le rejet direct des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Pour lutter contre cette pollution et éviter les maladies d'origine hydrique, plusieurs normes de réglementation ont été établies au niveau national et international.

II.4.1. La pollution par les eaux usées:

II.4.1.1. Définition:

On appelle pollution de l'eau, toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants qui la consomment. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée ou l'utilisent (en irrigation par exemple), il y a en général des conséquences sérieuses pour leur santé (Haouti, 2005).

II.4.1.2. Origine et type de la pollution par les eaux usées:

a- Origine de pollution:

La pollution de l'eau peut être d'origine naturelle, ou provenir d'activités humaines. Suivant l'origine des substances polluantes on distingue : la pollution d'origine domestique, industrielle, agricole et pluviale.

b- Types de la pollution:

Il plusieurs types de pollution parmi lesquelles on distingue:

➤ La pollution chimique:

Due à la présence de substances chimique dissoutes dans l'eau. Cette pollution est due essentiellement au déversement de polluants organiques et des sels de métaux lourd qui sont les plus menaçants rejetés souvent par les unités industrielles.

➤ La pollution organique:

Cette forme de pollution peut considérer comme résultats de diverses activités (urbaines, industriels, artisanales et rurales). On distingue, pour les eaux usées urbaines, les matières organique banale "protides, glucides, lipides", les détergents, les huiles et goudron.

➤ La pollution microbienne:

Les eaux d'égout contiennent une multitude d'organismes vivants apportés par les excréments d'origine humaine ou animale. L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (virus,

bactéries, parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau.

➤ **La pollution thermique:**

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); ont une température de l'ordre de (70 à 80°C.) Elle diminue jusqu'à (40 à 45°C) lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène.

➤ **La pollution par hydrocarbures:**

La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marées noires) (*Boumediene, 2013*).

II.4.1.3. Les différents paramètres de la pollution:

La première manifestation de la pollution par les eaux usées est due aux matières organiques, qui provoquent un prélèvement important de l'oxygène dissous par les micro-organismes qui prolifèrent dans les milieux pollués.

a- Les paramètres physiques:

❖ **La température:**

La température est un paramètre important pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration dans la mesure où il peut influencer de différentes manières sur la solubilité des sels et des gaz. Il est établi que la solubilité d'un gaz diminue avec l'augmentation de la température. Ce phénomène est particulièrement important dans le cas de l'oxygène dissous. Aussi, plus l'eau est chaude, plus la concentration de saturation de l'oxygène devra diminuer, ce qui conduit à la diminution de la réserve d'oxygène mis à la disposition des micro-organismes intervenants dans les processus d'auto-épuration, la multiplication des micro-organismes.

❖ **La conductivité:**

La conductivité donne une idée sur la salinité de l'eau. Des variations de cette dernière peuvent influencer le traitement biologique et la décantation, elle s'exprime en ms/cm. (*Haouati, 2005*).

❖ **Salinité:**

La salinité désigne la quantité de sels dissous dans un liquide, notamment l'eau qui est un puissant solvant pour de nombreux minéraux. Il ne faut pas confondre la salinité avec la dureté de l'eau qui est relative à son dosage en calcium et magnésium. Ces derniers officiellement mesurée à partir de la conductivité électrique. La salinité n'est plus présentée comme un rapport de masse (*Faby, 1997*).

❖ **Les Matières en suspension (MES):**

Elles représentent la partie solide de la pollution, les matières en suspension est la pollution non dissoute, la plus facile à éliminer.

❖ Les matières volatiles sèches (MVS):

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles constituent environ 70-80 % des matières en suspension.

❖ La couleur et l'odeur:

Dans les eaux usées brutes la couleur est due à la présence de matières organiques dissoutes ou colloïdes et par des composés chimiques solubles qui sont colorés. L'odeur est due à une fermentation des matières organiques.

❖ La turbidité:

La turbidité tient compte de la présence plus ou moins importante des matières en suspension d'origine minérale ou organique.

b- Les paramètres chimiques:**❖ Le pH (potentiel hydrogène):**

Le pH joue un rôle capital dans le traitement biologique, il exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. Ce paramètre joue un rôle primordial :

-Dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) ;

-Dans les processus biologiques, dont certains exigent des limites de pH très étroites se situant entre 6,5 et 8,5.

❖ Demande biologique en oxygène en 5 jours (DBO₅):

C'est la quantité d'oxygène consommée en 5 jours par les micro-organismes. La valeur obtenue, représente environ 80% de la pollution biodégradable total.

❖ Demande chimique en oxygène (DCO):

Elle traduit la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement les matières organiques contenues dans l'effluent, elle s'exprime en mg/l.

❖ Relation entre DCO et DBO₅:

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

-Si DCO / DBO₅ < ou = 2 : Le traitement se fait biologiquement.

-Si $2 < \text{DCO} / \text{DBO}_5 < 3$: Traitement biologique avec adaptation de souches.

-Si DCO / DBO₅ > 3 : Traitement physico-chimique. L'eau est pratiquement non traitable par voie biologique.

c-Eléments toxiques:

La présence des métaux lourds (plomb, mercure,) et des substances toxiques (phénols) dans l'eau usée peut la rendre toxique, ils sont évalués par les tests biologiques.

d- Les nutriments (Azote, phosphore):

Le phosphore est présent dans les eaux usées sous forme de sels minéraux (ortho et poly phosphates) provenant surtout des poudres à lessives, et sous forme organique provenant des matières fécales (Haouati, 2005).

II.4.2. Risques de la pollution par les eaux usées:

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique et l'environnement. Elle peut concerner les eaux superficielles ou souterraines, aussi il est risqué sur la santé publique.

II.4.2.1. Risque sur l'environnement:

- ✓ Diminution de la teneur en oxygène dissous.
- ✓ Présence de produits toxiques.
- ✓ Prolifération d'algues.
- ✓ Modification physique du milieu récepteur.
- ✓ Présence de bactéries ou virus dangereux (Yahiaoui, 2015).

a- Effets sur le sol:

Ces impacts sont d'importance particulière pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes prévus au niveau du sol sont :

- La salinisation,
- L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol,
- L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques,
- L'accumulation de nutriments (FAO, 2003).

b- Effets sur les eaux souterraines:

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible par l'infiltration des ces dernières. (FAO, 2003)

c- Effet sur les eaux superficielles:

Les rejets directs des eaux non épurées posent des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, de qualité de l'eau destinée à la production d'eau potable et de contamination microbiologique des zones de conchyliculture (Baumont et al 2004).

II.4.2.2. Risque sur la santé humaine:

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), et des éléments toxiques. Ils sont dangereux pour la santé humaine.

L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : des dizaines, voire des centaines de millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement, et l'élaboration des normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue pas un risque pour la santé (OMS, 2005).

II.4.3. La Règlementation:

La réglementation exige des niveaux de qualité pour les eaux usées épurées, déterminés par les taux de concentration des divers composants de ces eaux.

II.4.3.1. Les normes de L'OMS:

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) est considérée comme la plus haute autorité dans le domaine de la santé et donne des recommandations au niveau mondial en 1989. Elle propose des normes sanitaires depuis des décennies et elle est en passe de les modifier pour les rendre plus sévères et diminuer les risques sanitaires. Pourtant, ces normes sont aujourd'hui extrêmement loin d'être appliquées en monde.

Les normes concernent uniquement les quantités de micro-organismes. Les protozoaires ne sont pas inclus directement car il est considéré qu'ils sont éliminés en même proportion que les helminthes. Les virus ne sont pas considérés non plus, leur présence étant difficile à détecter lors des contrôles de routine. Ces normes sont destinées à une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement (Rotbardt, 2011).

II.4.3.2. Les normes Européenne:

La directive européenne du 19 mars 1991, relative au traitement des eaux résiduaires, impose la collecte et le traitement de la globalité des eaux urbaines résiduaires dans des délais qui s'échelonnent entre fin 1998 et fin 2005.

- Le traitement correspond à un traitement biologique :

DBO₅: 25 mg/L ou 70 à 90 % de réduction **DCO** : 125 mg/L ou 75 % de réduction **MES** : 35 mg/L ou 90 % de réduction.

Les niveaux de rejet ou les pourcentages de réduction sont à respecter 95 % du temps. La transcription de cette directive européenne en droit français a été prise en compte dans les arrêtés du 22 décembre 1994 et du 12 mai 1995 (Gaïd,2007)

II.4.3.3. Les normes Algérienne:

La réglementation algérienne est assez succincte concernant des eaux usées épurées. Les caractéristiques techniques des systèmes d'épuration des eaux usées sont fixées par voie réglementaire en prenant en compte notamment les critères relatifs aux agglomérations, aux possibilités d'utilisation des eaux épurées, aux risques de contamination et de pollution.

L'eau est le fluide vital de la vie sur terre et constitue un aliment fondamentale, assez rare dans notre pays, qu'il faut protéger contre toute forme de pollution. La préservation de

ce facteur exige un contrôle continu pour le comparer avec les normes nationales ((Djeddi, 2007).

II.5. Conclusion:

Les eaux usées urbaines peuvent être rejetés directement dans le milieu naturel aboutissant à des stations d'épuration dont ils ne doivent pas perturber le fonctionnement. Pour cela on est appelé à préciser des normes de rejet pour protégé l'environnement contre impacts négative. Les normes doivent tenir compte des sensibilités des méthodes de dosage et des possibilités techniques de traitement. La connaissance de la composition des eaux résiduaires et leur paramètre essentiel pour assurer la pertinence du choix et du dimensionnement des filières de traitement appropriées. Bien que les gammes de concentrations des paramètres typiques des eaux usées soient globalement connues.

CHAPITRE III

PROCEDES D'EPURATION DES EAUX USEES

III.1. Introduction:

Les eaux usées sont chargées des matières minérales ou organiques, pouvant être en solution ou en suspension, et dont certaines sont toxiques, alors pour éviter toute pollution on doit les épurer avant leur évacuation.

L'épuration des eaux usées a pour objectif de rejeter dans le milieu naturel des eaux d'une qualité suffisante que pour protéger le moins possible le milieu récepteur. Les procédés d'épuration des eaux usées sont nombreux et très différents l'un par rapport à l'autre, ce chapitre vise essentiellement à définir les divers procédés d'épuration des eaux usées. Le principe de fonctionnement, les avantages et les inconvénients de chaque procédé sont également illustrés.

III.2. Critères de choix du procédé d'épuration:

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration souhaité. Le choix d'un procédé par rapport à un autre repose sur:

- Le degré de pollution et nature des eaux à traiter (DCO, DBO₅, MES....)
- La facilité d'exploitation, de gestion et d'entretien.
- La disponibilité du terrain et du site récepteur, la nature du sol, les facteurs climatologiques....
- Le coût d'investissement, et d'exploitation
- Qualification du personnel d'exploitation.
- Le rapport DCO/ DBO₅ est une indication très importante pour le choix du procédé de traitement à effectuer.

Le rapport DCO/ DBO₅ donne une estimation de la biodégradabilité des matières présentes dans l'eau usée, (la biodégradabilité est la capacité d'une substance, ou son aptitude à être décomposée par les bactéries).

III.3. Etapes d'épuration des eaux usées:

Les eaux usées peuvent être traitées par divers procédés qui reposent sur des processus physique, chimique et biologique. D'une façon générale, une station d'épuration des eaux usées comprend les étapes suivantes:

- Prétraitements;
- Traitements primaire;
- Traitements secondaire;
- Traitements tertiaires ou de finition.

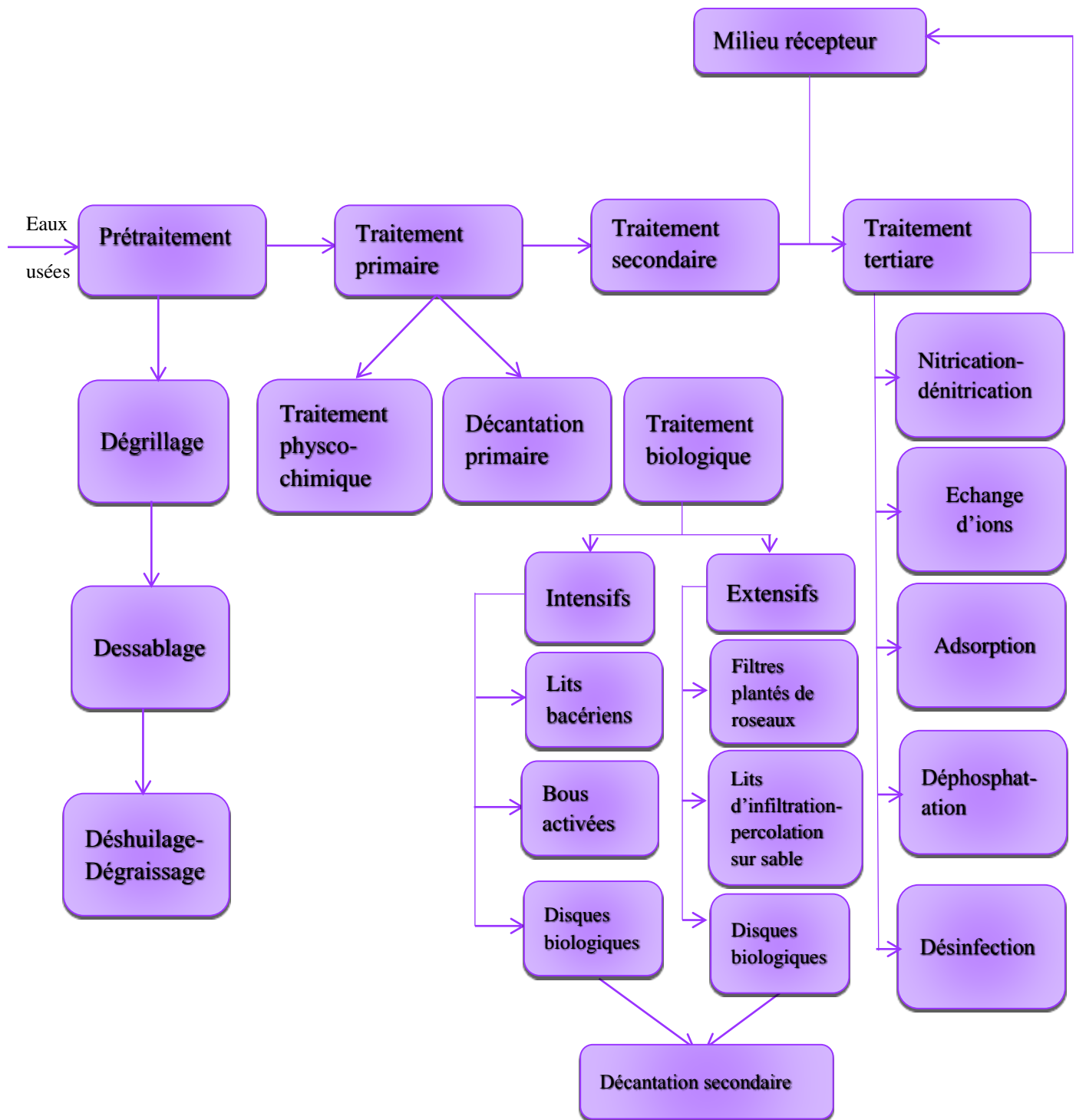


Figure III.1: Schéma d'une chaîne de traitement des eaux usées.

III.3.1. Prétraitement:

Tout traitement de dépollution doit comporter ce qu'il est convenu d'appeler un « prétraitement » qui consiste en un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne ultérieurement. Ces opérations sont : le dégrillage, le dessablage, et le déshuilage-dégraissage.

III.3.1.1. Dégrillage:

Le dégrillage consiste à débarrasser l'effluent des matières les plus volumineuses, et amener des risques de bouchage dans les différentes unités de l'installation. L'eau brute passe à travers d'une grille composée de barreaux placés verticalement ou inclinés à un angle sur l'horizontale. La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s (Gaïd, 2007). Selon l'espacement entre les barreaux de la grille on distingue :

- **Un pré dégrillage:** l'espacement des barreaux varie de 30 à 100mm.
- **Un dégrillage moyen:** l'espacement des barreaux varie de 10 à 25mm.
- **Un dégrillage fin:** l'espacement des barreaux varie de 3 à 10mm.

Il existe différents types de grilles selon la conception des fabricants, la nature de l'effluent à traiter et le mode de nettoyage des grilles. On cite :

a)-Grilles manuelles:

Grilles manuelles composées par de barreaux droits en acier. Elles peuvent être verticales mais le plus souvent inclinées de 60 à 80° sur l'horizontale. Dans les petites stations d'épuration rurales, les grilles sont quelquefois remplacées par des paniers perforés relevables, lorsque les collecteurs d'arrivée sont très enterrés (Laurent, 1994). Elles sont réservées à la petite station.



photo (III.1): Grille manuelle.

b)-Grilles mécaniques:

Cette mécanisation est indispensable afin d'éviter un colmatage rapide des canalisations. Elles se classent en deux catégories :

- **Grille droite:** elle est inclinée à 80° sur l'horizontale, et qui sont conçues avec différents dispositifs de nettoyage tels que : râteau alternatif à commande par crémaillère pour hauteur moyenne de relèvement des débris, râteau ou 5 grappin alternatif, à commande par câbles. Permettant d'obtenir une grande hauteur de relèvement des débris, brosses montées sur chaînes sans fin pour dégrillage fin (Laurent, 1994).

➤ **Grille courbes:** Ce type de grille est très bien adapté aux stations de petite ou moyenne importance. Ces grilles très robustes sont installées sur des collecteurs peu enterrés, prévues pour des profondeurs d'installation inférieures à 2 m par rapport au sol, leur largeur peut atteindre jusqu'à 3 m (*Laurent, 1994*).

III.3.1.2. Dessablage:

Le dessablage c'est un procédé consiste à l'élimination des sable présents dans l'effluent brute est indispensable pour protéger les conduites et les pompes contre l'érosion et le colmatage.

Le dessablage s'effectue sur des particules de dimensions supérieures à 200 µm, la vitesse de sédimentation se calcule par la loi de Stokes (chute libre). La section du dessableur calculée de manière que la vitesse de l'eau ne descende pas au-dessous de 0,30 à 0,20 m/s, et éviter ainsi que les matières organiques se déposent en même temps que les sables (*Gaïd, 2007*).

Les types des dessableurs à prévoir pour obtenir une vitesse d'écoulement de 0,30 m/s sont :

- **Les dessableurs couloirs**, dont la vitesse d'écoulement est variable ou constante.
- **Les dessableurs circulaires**, à alimentation tangentielle ou à brassage mécanique ou à insufflation d'air.
- **Les dessableurs rectangulaires** à insufflation d'air. L'insufflation de l'air provoque une rotation de liquide et crée une vitesse constante de balayage du fond, perpendiculaire à la vitesse du transit (*Gaïd, 2007*).

Le sable est extrait soit mécaniquement par raclage vers un poste de réception, puis repris par pompage, soit directement par pompe suceuse montée sur pont roulant.

III.3.1.3. Déshuilage- dégraissage:

Les graisses et les huiles étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau issues non seulement des habitations, mais aussi des restaurants, des garages, des chaussées, des usines,...etc.

Le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières s'estiment par la mesure des «matières extractibles par solvants». La teneur des eaux usées en matières extractibles est de l'ordre de 30 à 75 mg/L. Le temps de séjour dans cet ouvrage est de 5 à 12 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,2 m³/h (*Gaïd, 2007*).

Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage conçus suivant la nature de l'eau à traiter parmi lesquels :

➤ **Dégraisseur-déshuileur aéré:** Ce type d'ouvrage comprend une zone aérée (avec insufflation par le bas) suivi d'un compartiment de sédimentation latéral calculé pour une vitesse ascensionnelle de 15 à 20m/h (*Boumediene, 2013*).

➤ **Déshuileur longitudinal:** C'est un bassin de forme rectangulaire équipé de racleur de surface de fond. L'ouvrage est calculé pour :

-une vitesse d'écoulement horizontal de 20 à 50 m/h;

-une longueur de 2 à 6 m;

-une hauteur d'eau de 1 à 3 m (*Boumediene, 2013*).

Le plus souvent, les fonctions de dessablage et de déshuilage sont combinées dans un même ouvrage qui met en œuvre les principes de fonctionnement cités précédemment.

III.3.2. Traitement primaire:

III.3.2.1. Décantation primaire:

La décantation primaire a pour objet de parfaire la qualité des prétraitements notamment par la capture des matières en suspension 'MES' naturellement décantables et par élimination poussée des flottants (huile et graisse) (*Aouabed, 2009*).

Elle consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur, les matières solides se déposent dans le fond d'un ouvrage appelé **décanteur** pour former les boues primaire.

En moyenne elle élimine jusqu'à 80% de MES et 30% à 40% de la DBO₅. La décantation primaire s'impose généralement pour les stations d'épuration des grandes agglomérations (*Aouabed, 2009*).

Pour avoir une bonne qualité d'eau décantée, une sédimentation efficace et un épaissement correct des boues, différentes zones horizontales de l'ouvrage sont déterminées : la zone d'eau claire est comprise entre 0,5 et 1 m de haut, la zone de sédimentation entre 1,5 et 2,5 m et enfin la zone d'épaissement entre 0,5 et 1,5 m (*Gaïd, 2007*).

Il y a plusieurs types de décantation parmi lesquels on distingue :

➤ **Décantation classique:**

Le paramètre de dimensionnement pour les ouvrages de décantation classique est essentiellement la vitesse ascensionnelle V (m/s). Il existe de nombreux types de décanteurs classiques, selon le sens d'écoulement des eaux et, d'après les dispositions adoptées pour l'évacuation des boues on trouve (*Gaïd, 2007*):

- décanteur horizontal avec raclage des boues ;
- décanteur cylindro-conique ordinaire ;

- décanteur circulaire avec raclage des boues.

➤ **Décantation lamellaire:**

De conception plus moderne, le principe de la décantation lamellaire consiste à utiliser des plaques proches les unes des autres pour accroître la surface de décantation disponible par volume d'ouvrage. Afin d'assurer l'évacuation des boues, les plaques sont inclinées d'un angle par rapport à l'horizontale (Gaïd, 2007).

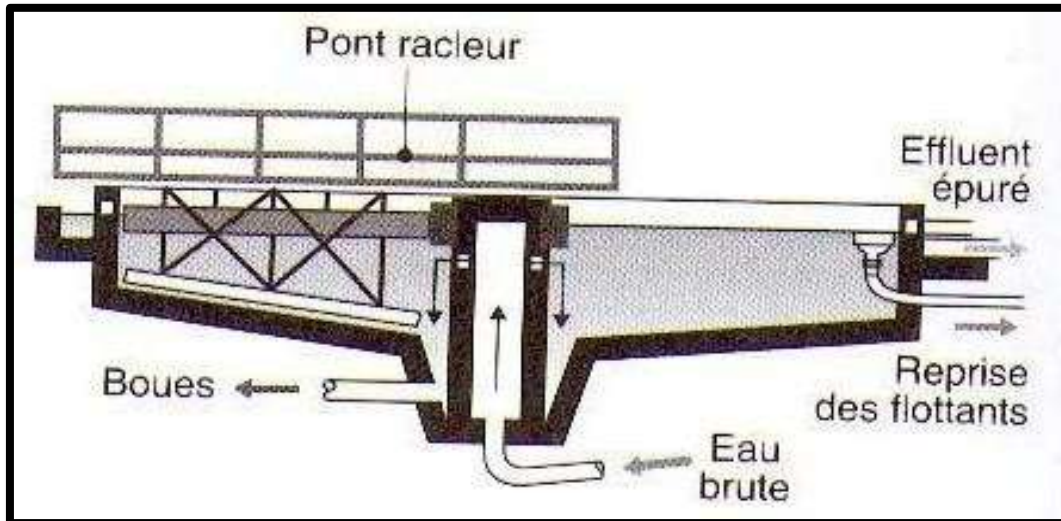


Figure (III.2) : Schéma d'un décanteur primaire (LAURENT, 1994).

III.3.2.2. Traitement physico-chimique:

Dans certains cas, afin d'améliorer le rendement de la sédimentation, un traitement physico-chimique est également réalisé.

Le traitement physico-chimique a pour objectif d'éliminer en plus des matières en suspension une fraction importante de la pollution colloïdale. Ils mettent en œuvre une coagulation- floculation par adjonction de réactifs minéraux et organiques suivie d'une décantation ou une flottation permettant d'éliminer une fraction importante des matières en suspension et colloïdales. Ces procédés assurent un rendement épuratoire variant de 50 à 70 % de la DBO5 et 80 à 90 % des MES (D'ornano et Mehaignerie, 1979).

Ce traitement consiste à enlever leur stabilité aux matières colloïdales présentes dans l'eau en provoquant la neutralisation de leurs charges électriques superficielles et l'agglomération de ces particules pour former un flocon volumineux décantable appelé flocc (Gaïd, 2007).

Le traitement se déroule en 4 phases sont:

- 1- La coagulation qui consiste en un ajout de coagulant (chlorure ferrique, sulfate ferreux, ...) annulant les forces de répulsion entre les matières colloïdales, c'est la déstabilisation des particules colloïdales ;
- 2- La floculation qui consiste en un ajout de polymère qui permet agglomération les particules déstabilisées ;
- 3- La neutralisation, qui consiste à optimiser le pH des réactions précédentes par ajout d'une base ou d'un acide ;
- 4- La décantation qui permet la séparation des phases solide/liquide.

Une coagulation-floculation, suivie d'une décantation appliquée sur une eau domestique, permet d'éliminer jusqu'à plus de 90 % des matières en suspension et de 40 à 65 % de la DBO₅ (Gaïd, 2007). Ce traitement est indispensable dans l'épuration des eaux résiduaires industrielles.

Le tableau III.1 qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement physico-chimique.

Tableau III.1: Avantages et inconvénients du traitement physico-chimique.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Bonne élimination des MES et du Phosphore - Adapté aux variations de charges (zone touristique, industriels) - Insensible au non biodégradabilité des effluents 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts d'exploitation élevés (réactifs) - Élimination incomplète de la pollution organique et de l'azote - Plus grande quantité de boues produites

III.3.3. Traitement secondaire:

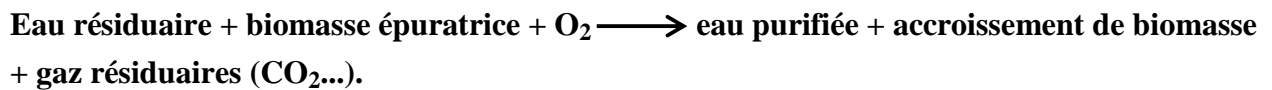
III.3.3.1. Traitement biologique:

L'épuration biologique a pour but d'éliminer les matières polluantes biodégradables (essentiellement les matières organiques) contenue dans l'eau usée en la transformant en matières en suspension : micro-organismes et leurs déchets, plus facilement récupérables.

La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'O₂) ou anaérobie (en l'absence d'O₂). Dans ce dernier cas, où les réactions s'effectuent à l'abri de l'air, le carbone organique, après dégradation se retrouve sous forme de CO₂, méthane et biomasse.

Ce type de traitement appelé « digestion anaérobie » n'est utilisé que pour des effluents très concentrés en pollution carbonée, de type industriel (brasserie, sucrerie, conserverie...). Le traitement biologique classique des eaux domestiques s'effectue par voie aérobie.

Le traitement consiste à dégrader les impuretés grâce à l'action d'une biomasse épuratrice, à laquelle doit être fourni l'oxygène nécessaire à son développement. En simplifiant, on peut décrire ce processus par l'équation :



La biomasse utilisée dans le traitement des eaux usées constitue un écosystème très simplifié, ne faisant appel qu'à des **micro-organismes**. Elle est constituée d'êtres vivants de petite taille, inférieure au millimètre, microflore de bactéries et microfaune d'animaux, protozoaires et métazoaires proches des vers.

Le traitement biologique peut être, soit libre, c'est-à-dire intimement mêlée au milieu aqueux à épurer (boues activées, lagunage), soit fixée ; elle est alors accrochée sur un support solide à la surface duquel percole l'eau à traiter (lits bactériens, disques biologiques) (Gaïd, 2007).

Plusieurs procédés existent à ce stade du traitement biologique parmi lesquels, on distingue les procédés biologiques extensifs et les procédés biologiques intensifs.

a. Les procédés biologiques intensifs:

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel (Perera et Baudot, 1991). Parmi ces procédés on distingue :

a.1. Procédé de lit bactérien:

L'utilisation des lits bactériens en traitement des eaux usées est très ancienne, les premiers systèmes étant apparus en Grande-Bretagne il y a plus d'un siècle, le procédé a fait l'objet de nombreuses adaptations technologiques (Alexandre et al, 1997).

➤ Principe de fonctionnement:

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Un lit bactérien se présente comme une colonne

circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteur. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs.

Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. (Perera et Baudot, 1991).

Le tableau III.2 qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par lits bactériens.

Tableau III.2: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lits bactériens.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées. - Faible consommation d'énergie. -Bonne décantabilité des boues. -L'exploitation d'une station à lits bactériens reste très simple. 	<ul style="list-style-type: none"> -Coûts d'investissement assez élevés. -Source de développement d'insectes et d'odeurs. -Sensibilité au colmatage et au froid. -Boues fermentescibles.

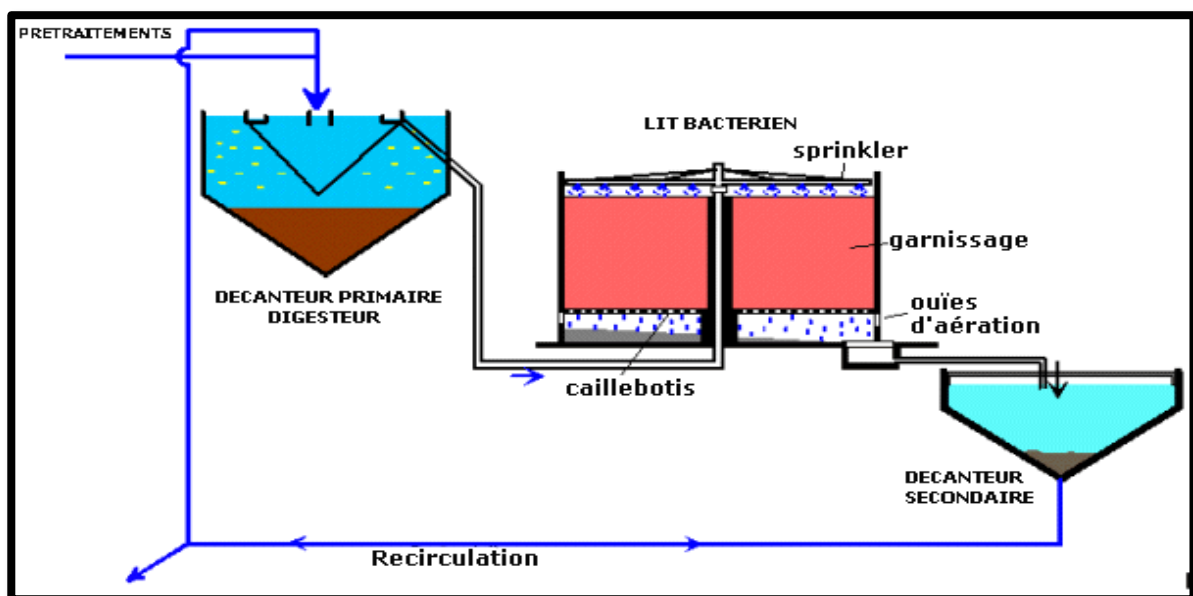


Figure (III.3): Schéma du traitement biologique par lit bactérien (Perera et Baudot, 1991).

a.2. Procédé de boues activées:

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester. Les boues activées constituent la référence des traitements biologiques aérobies en cultures libres.

➤ **Principe de fonctionnement:**

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'auto-épuration que l'on rencontre dans les milieux naturels. Le procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'activation).

Afin d'éviter la décantation des floes dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante.

Le bassin d'activation peut être précédé d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières décantables et suivi d'un clarificateur pour la séparation de l'effluent épuré et des boues, une partie des boues est renvoyée dans l'aérateur pour le réensemencement permanent ou réinjectée en tête de station, l'autre en excès, est éliminée et doit faire l'objet d'un traitement séparé (Boeglin, 1998).

Le tableau III.3 qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par boues activées.

Tableau III.3: Avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées.

Avantages	Inconvénients
-Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO ₅ , N par nitrification et dénitrification). Adapté pour toute taille de collectivité (sauf les très petites). -Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles -Boues légèrement stabilisées	-Décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser -Consommation énergétique importante -Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière -Sensibilité aux surcharges hydrauliques

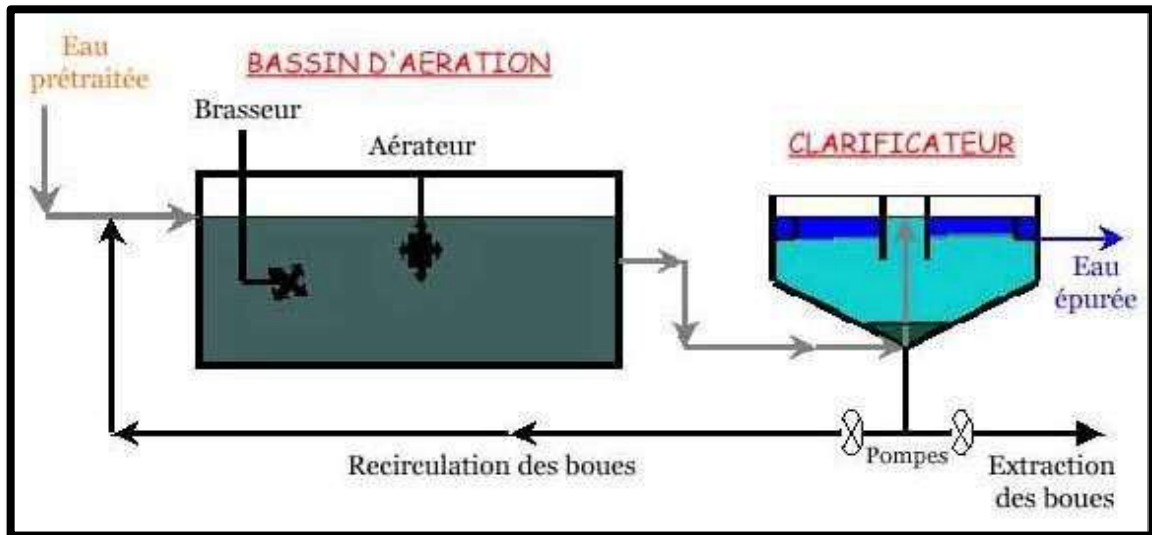


Figure (III.4): Schéma du traitement biologique par boues activées.

a.3. Procédé de disques biologiques:

Les disques biologiques ou biodisques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation, ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr.mn^{-1} (Dhaouadi, 2008). Les disques biologiques c'est un procédé biologique à cultures fixées.

➤ Principe de fonctionnement:

Ce procédé consiste à alimenter en eau, préalablement décantée, un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration et lors de l'immersion, elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent.

Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées (Aouabed, 2009)

Le tableau III.4 qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par disques biologiques.

Tableau III.4: Avantages et inconvénients du traitement biologique par disques biologiques.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -Résistance au froid (les disques sont - toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment). -L'exploitation de ce procédé est relativement simple ne nécessitant pas de recyclage. -Généralement adaptés pour les petites collectivités. -Faible consommation d'énergie. 	<ul style="list-style-type: none"> -Très sensibles à la qualité des eaux à traiter. -La sensibilité au gel et aux huiles et graisses. -Coûts d'investissement assez élevés. -Ce procédé pose des problèmes dans la construction.

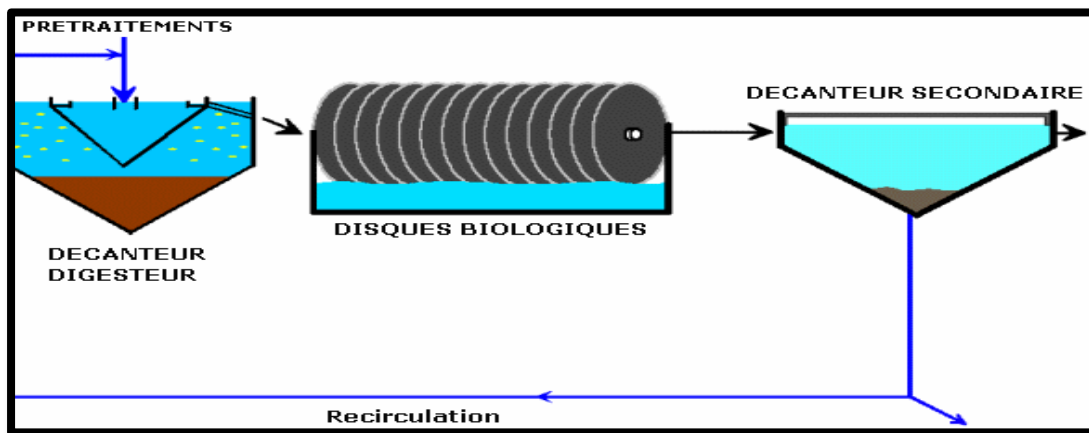


Figure (III.5): Schéma du traitement biologique par disques biologiques
(Perera et Baudot, 1991).

b. Les procédés biologiques extensifs:

Les procédés extensifs sont souvent préférés aux traitements conventionnels pour assurer l'épuration des eaux usées des petites et moyennes collectivités. La raison de cette préférence est leur fiabilité, la simplicité de leur gestion et la modestie des coûts de fonctionnement. Parmi ces procédés on distingue :

b.1. Procédé des filtres plantés de roseaux:

Les filtres plantés de roseaux c'est un procédé biologique à cultures fixées sur supports fins (gravier, sable), rapportés et alimentés à l'air libre. Les filtres sont des excavations, étanchées du sol, remplies de couches successives de gravier ou de sable de granulométrie variable selon la qualité des eaux usées à traiter (Perera et Baudot, 1991).

➤ **Principe de fonctionnement:**

Le principe épuratoire repose sur le développement d'une biomasse aérobie fixée sur un sol reconstitué. L'oxygène est apporté par convection et diffusion. L'apport d'oxygène par les racelles des plantes est, ici, négligeable par rapport aux besoins.

La vitesse d'alimentation en eaux usées brutes doit être supérieure à la vitesse d'infiltration pour bien répartir l'effluent. Théoriquement, plusieurs espèces de plantes peuvent être utilisées, mais les roseaux (de type *Phragmites australis*), par leur résistance aux conditions rencontrées, et la rapide croissance du chevelu de racines et rhizomes, sont les plus souvent utilisés dans les climats tempérés (*Perera et Baudot, 1991*).

La caractéristique principale des "Filtres plantés de roseaux" réside dans le fait que les filtres du **1^{er} étage** de traitement, dont le massif filtrant actif est constitué de graviers fins, peuvent être alimentés directement avec des eaux usées brutes (sans décantation préalable).

Les processus épuratoires sont bien sûr assurés par des micro-organismes fixés, présents dans les massifs filtrants mais aussi dans la couche superficielle de boues retenues sur la plage d'infiltration.

Les filtres du **2^{ème} étage**, dont le massif filtrant est majoritairement à base de sable, complètent le traitement de la fraction carbonée de la matière organique, essentiellement dissoute, ainsi que l'oxydation des composés azotés (*Alexandre et al, 1997*). Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par filtres plantés de roseaux sont cités dans le tableau suivant (tableau III.5):

Tableau III.5: Avantages et inconvénients du traitement biologique par filtres plantés de roseaux.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -Facilité et faible coût d'exploitation. -Aucune consommation énergétique si la topographie est suffisante -Possibilité de traiter des eaux usées domestiques brutes. -Gestion réduite au minimum des boues. -Bonne adaptation aux variations saisonnières de population. 	<ul style="list-style-type: none"> -Risque de présence d'insectes ou de rongeurs. -Exploitation régulière, fauchage annuel de la partie aérienne des roseaux -Désherbage manuel avant la prédominance des roseaux. -Nécessité d'un dessaleur en tête sur réseau unitaire.

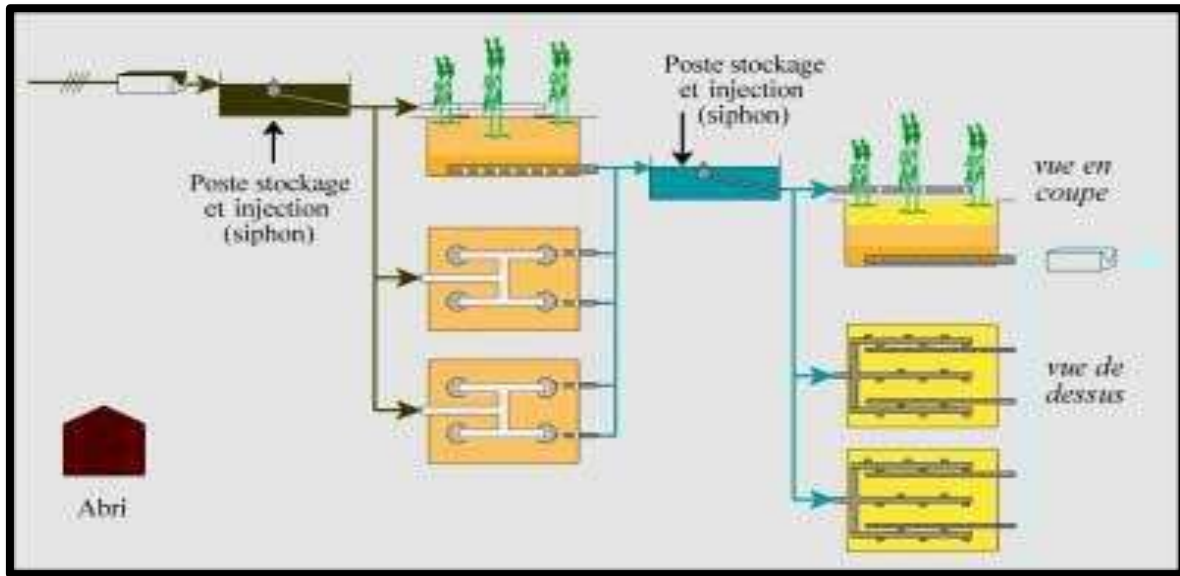


Figure (III.6): Schéma du traitement biologique par filtres plantés de roseaux
(Alexandre et al, 1997).

b.2. Procédé des lits d'infiltration-percolation sur sable:

Les lits d'infiltration-percolation sur sable d'eaux usées est un procédé d'épuration par filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin. L'eau est successivement distribuée sur plusieurs unités d'infiltration. (Perera et Baudot, 1991).

➤ Principe de fonctionnement:

L'infiltration-percolation consiste à infiltrer les eaux usées issues de traitements primaires ou secondaires dans des bassins de faible profondeur creusés dans le sol en place ou remplis de massifs sableux rapportés. Les matières en suspension sont arrêtées à la surface du massif filtrant, leur accumulation entraînant un colmatage qui doit être géré en alternant phases d'infiltration et phases de séchage. L'épuration nécessite une infiltration en milieu poreux non saturé et le renouvellement de la phase gazeuse par l'air atmosphérique qui apporte l'oxygène indispensable à l'oxydation des matières organiques et de l'azote (Faby, 1999).

Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable, sont cités dans le tableau suivant (tableau III.6):

Tableau III.6: Avantages et inconvénients du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -Procédé simple à gérer en alimentation gravitaire (pas d'éléments électromécaniques). -Rendements importants sur la dégradation de la matière organique : 90 à 95 % sur DCO, DBO₅ et MES. -Capacité de décontamination intéressante -Nitrification importante des composés azotés. -Superficie nécessaire bien moindre que pour un lagunage naturel. 	<ul style="list-style-type: none"> -Nécessité d'un ouvrage de décantation primaire efficace. -Risque de colmatage à gérer. -Nécessité d'avoir à disposition de grandes quantités de sable, ce qui peut engendrer des investissements importants. -Adaptation limitée aux surcharges hydrauliques.

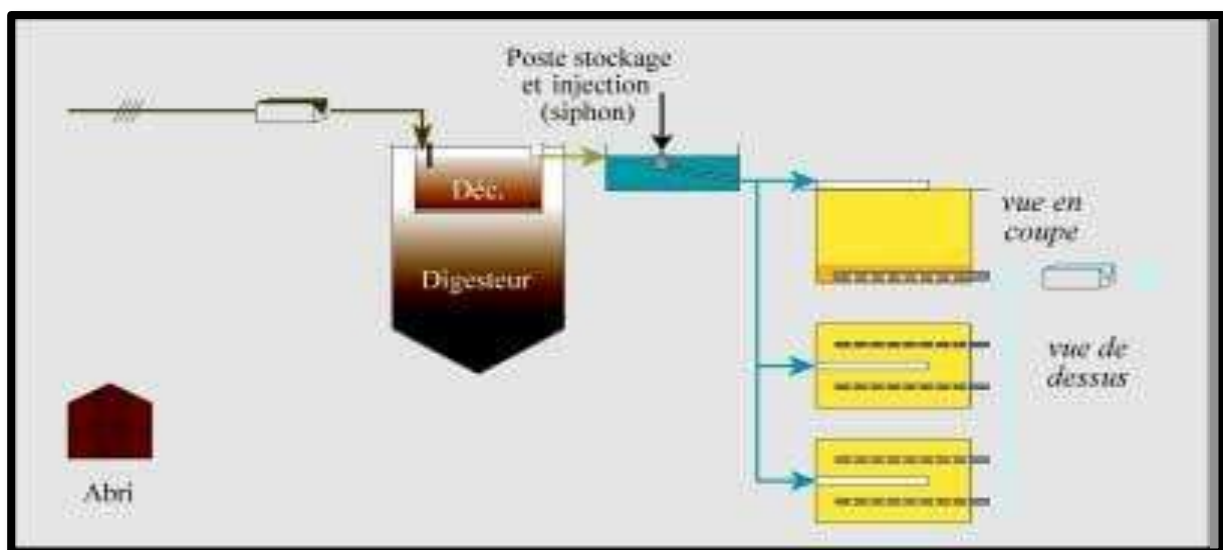


Figure (III.7):Schéma du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable (*Alexandre et al, 1997*).

b.3. Procédé de lagunage:

Le lagunage est un procédé de traitement biologique, en cultures libres. Les procédés par lagunage sont les méthodes de traitement les plus communes lorsque on dispose de grandes surfaces de terrain, et lorsqu'on ne désire pas assurer en permanence une haute qualité de l'effluent.

➤ **Principe de fonctionnement:**

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur.

Le principe général consiste à recréer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques.

Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène.

Les bactéries assurent la part prépondérante de l'épuration et la microfaune contribue à l'éclaircissement du milieu par ingestion directe des populations algales et des bactéries (*Dhaouadi, 2008.*) Il y a plusieurs types de lagunage parmi lesquels on distingue :

b.3.1 Le lagunage aéré:

Le lagunage aéré est un procédé de traitement biologique principalement aérobie, en cultures libres qui se différencie des boues activées par l'absence de recirculation de la culture bactérienne séparée par décantation avant rejet des eaux traitées. (*Alexandre et al, 1997.*)

En fournissant l'oxygène par un moyen mécanique (aérateurs de surface), on réduit les volumes nécessaires et on peut accroître la profondeur de la lagune. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel (*Dhaouadi, 2008.*)

b.3.2 Le lagunage naturel:

Le lagunage naturel est un procédé rustique de traitement des eaux usées domestiques. Les effluents sont dirigés dans des bassins étanches, à l'air libre (*Gaïd, 2007.*)

L'épuration par lagunage naturel repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux (*Alexandre et al, 1997.*)

Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par lagunage sont cités dans le tableau suivant (tableau III.7):

Tableau III.7: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage.

Avantages	Inconvénients
-Fiabilité et facilité d'exploitation Bonne adaptation aux à-coups des flux polluants -Investissement modéré si l'on dispose de surfaces en terrains importantes dont la nature, la structure et la topographie sont adaptées -Coût d'exploitation limité et ne nécessite pas la qualification du personnel.	-Nécessité de surfaces importantes en terrains. -Contraintes de sous-sol : terrains imperméables (protection de la nappe). -Risques de prolifération de moustiques et d'odeurs (pour les bassins anaérobies). -Curage périodique indispensable.

III.3.3.2. Décantation secondaire:

A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel.

Les boues récupérées en fond d'ouvrage sont pour partie renvoyées vers le bassin d'aération pour y maintenir la concentration voulue en micro-organismes épuratoires et, pour partie, extraites et envoyées sur la ligne de traitement des boues (lits de séchage, silos) (*Boumediene, 2013*).

Le bon fonctionnement de cet ouvrage implique le respect des règles de conception, une gestion rationnelle de la production de boue ainsi que la maîtrise de sa décantabilité.

III.3.4. Traitement tertiaires:

L'expression « traitement tertiaire » peut désigner plusieurs types de traitements ou différentes fonctions en vue d'atteindre un niveau de traitement de qualité supérieure à ce que l'on pourrait normalement attendre d'un traitement secondaire.

Les traitements tertiaires souvent considérés comme facultatif ou complémentaire permettent d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. De telles opérations sont nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie.

Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires ou tertiaires doivent être mis en place. On y distingue généralement les opérations suivantes :

III.3.4.1. Elimination de l'azote et de phosphore:

A. Elimination de l'azote:

Les stations d'épuration classiques, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote présent dans les eaux usées. L'élimination de l'azote est, le plus souvent, des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification" ou par échange d'ions (traitements physico-chimiques).

A.1. Nitrification-dénitrification:

➤ Nitrification:

La nitrification consiste en la transformation (l'oxydation) de l'ammoniaque en nitrite puis en nitrate, elle est réalisée de façon biologique par les bactéries nitrifiantes. Le temps de rétention des eaux dans le bassin d'aération doit donc être assez long (Servais, 2006).

La nitrification s'effectue en deux stades par micro-organismes autotrophes :

-Nitritation : Oxydation de (NH_4^+) en (NO_2^-) par les bactéries des germes Nitrosomonas,

-Nitratation : Oxydation de (NO_2^-) en (NO_3^-) par les bactéries aux germes Nitrobacter.

➤ Dénitrification:

La dénitrification est le processus par lequel les bactéries dénitrifiantes anaérobies convertissent le nitrate en azote gazeux (N_2).

Cette relation est réalisée par le fait que, en absence d'oxygène, ces bactéries sont capables d'utiliser immédiatement l'oxygène des nitrates comme un oxydant. En pratique, cette étape sera réalisée grâce à un bassin tertiaire anaérobie (Servais, 2006).

a.2. Les résine échangeuses d'ions:

Cette technique s'applique aux formes minérales de l'azote et du phosphore, et la présence de M.O dans l'eau rend complexe l'utilisation des résines. En effet une partie de ces résines tend à se fixée irréversiblement sur les résines et à diminuer progressivement leur capacité d'adsorption, il importe donc de les éliminer avant le passage de l'effluent sur les résines (Boumediene, 2013).

b. Elimination de phosphore:

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par voies physico- chimiques ou biologiques.

b.1. La déphosphoration biologique:

Repose sur l'accumulation de phosphore à l'intérieur des bactéries, qui, sont évacuées avec les boues en excès. La biomasse est exposée à une alternance de conditions anaérobies et aérobie.

Les bactéries déphosphatantes sont des bactéries aérobies strictes obtenant l'énergie seulement à partir de l'oxygène, ou bien des bactéries aérobies facultatives, tirant l'énergie en priorité de l'oxygène, puis des nitrates en absence d'oxygène. Les mécanismes de la déphosphatation biologique relativement complexe (Boumediene, 2013).

b.2. La déphosphoration physico-chimique :

C'est la voie d'élimination du phosphore la plus pratiquée. Il s'agit d'une précipitation des phosphates par des sels de fer ou d'aluminium, ou encore par de la chaux. L'injection des réactifs peut s'opérer de plusieurs manières. Facilement mise en œuvre et ne nécessitant pas de surveillance particulière, la déphosphoration physico-chimique est une technique fiable et les rendements obtenus sont supérieurs à 80 % (Boumediene, 2013).

III.3.4.2. Adsorption:

L'adsorption est le processus où des molécules d'une espèce appelée adsorbat (gaz ou liquide) viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant.

L'adsorption est largement utilisée pour la dépollution et la purification dans des domaines très variés, par exemple les industries pétrolières, pétrochimiques et chimiques, aux applications environnementales et pharmaceutiques.

Le charbon actif est souvent utilisé comme adsorbant, c'est un matériau obtenu par pyrolyse du bois, noix de coco, charbon, lignine, et en général tout composé organique. L'utilisation de filtres à charbon actif en grains dans les installations de traitement à été mis en œuvre dans le but de retenir, par adsorption, une partie de la pollution organique qui n'a pas pu être éliminée par les premières étapes de traitement.

III.3.4.3. Les procédés de désinfection:

Pour les zones sensibles, il est primordial de rejeter une eau épurée ne contenant pas de concentration élevée en pathogènes. C'est pourquoi un traitement supplémentaire est parfois réalisé : la désinfection. Cette dernière peut s'effectuer par différentes méthodes, notamment par la chloration, les rayons ultraviolets et l'ozonation.

a. La chloration:

Le chlore est un oxydant puissant, leur utilisation est plus ancienne mais elle présente des contraintes de transport et de manutention. Pour agir correctement, le chlore impose d'une part que l'eau soit préalablement bien épurée et, d'autre part, qu'un temps de contact de 30 min soit respecté. Le chlore se combine à l'ammoniac contenu dans l'eau pour former des chloramines qui deviennent alors l'agent désinfectant.

b. L'ozonation:

L'ozone est un procédé de désinfection utilisé aux quelque pays, il est très efficace dans l'élimination des micro-organismes.

L'ozone offre un large spectre d'action. Il est efficace aussi bien contre les virus que contre les bactéries et agit avec un temps de contact de courte durée (10 min). Produit sur site, il nécessite pour son exploitation du personnel qualifié. (Gaïd, 2007).

c. Les rayons ultraviolets:

Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement aux flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux micro-organismes (Metahri, 2012).

Le principe d'action des UV repose sur le fait que les rayons ultraviolets sont des ondes électromagnétiques qui correspondent à une gamme de longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm. L'absorption de ces rayons par les micro-organismes provoque une modification de leur ADN qui bloque toute répllication du matériel génétique et engendre leur mort (Gaïd, 2007).

➤ A côté de ces procédés, le traitement tertiaire pouvant comporter autres procédés pour élimine et traite les boues final (mise en décharge, valorisation) et les odeurs (La technique le plus souvent appliquée utilise l'absorption gaz liquide).

III.4. Conclusion:

A partir d'une eau usée et grâce aux procédés de l'épuration, il est possible d'obtenir toute une gamme des eaux de qualités différentes. Il y a plusieurs procédés de traitements des eaux usées qui sont très différents au principe de fonctionnement, mais tout fait le même objectif de protéger le milieu récepteur par réduire les concentrations de toutes les charges polluantes, à des niveaux qui sont actuellement considérés comme non dangereux.

PARTIE
EXPERIMENTAL

CHAPITRE IV

MATERIELS

&

METHODES

IV.1 Introduction :

L'objectif principale de notre mémoire consiste en l'analyse expérimentale durant l'étude de l'évolution des performances des filtres à sable utilisées. En tenant compte du changement du taux du charbon actif.

Les filtres ont été alimentés pendant toute la période des essais les mêmes eaux usées suivant un mode de 3/2/3.

(3 jours d'alimentation- 2 jours de report- 03 jours d'alimentation).

Cela pour éviter la formation d'une couche de boue trop épaisse qui peut empêcher la filtration (colmatage) et pénétration de O₂.

La réalisation d'une série d'analyses au laboratoire, des eaux usées est faite avant et après l'alimentation des filtres au niveau de la station d'épuration.

L'eau usée testée au cours de notre étude expérimentale provient de la station d'épuration (STEP1) de la commune de Kouinine Daïra d'El oued qui se gère par l'office national d'assainissement (ONA) de la wilaya.

Les analyses ont été réalisées, aux sein des laboratoires de (ONA), ADE, l'Hôpital d'El oued et FATILAB (préve).

Nos mesures ont porté sur les paramètres physico-chimiques suivants : T, pH, Cond, Sal, MES, DCO, DBO₅, O₂, Turbidité, (NH₄⁺) Ammonium, Nitrite (NO₂⁻) Nitrate (NO₃⁺), des métaux lourds (CN, NI), et analyse bactériologique: coliforme totaux, coliforme fécaux (Escherichia coli) Germe totaux, streptocoques fécaux staphylocoque.

Salmonelles, enterobacter, clostridium sulfite réducteurs.

IV.2 But Principal :

le but principal de ces essais est de suivre l'évolution des performances des filtres, l'objectif principal de ce travail est de mettre en évidence les potentialités des filtres composés essentiellement de sable du d'une modifiés par d'autres matériaux (charbon actif à éliminer la pollution surtout d'organique des eaux usées résiduelles.

L'épuration de ces eau est assurée à travers un substrat de sable et grâce à la prolifération des bactéries soient se trouvant au niveaux des eaux usées ou bien dans le massif filtrant.

Nous allons présenter également dans ce Travail les analyses des eaux usées brutes à travers desquels on testera le pouvoir épuratoire des filtres étudiés. Les résultats obtenus. Après filtration seront discutés avec un examen de leur conformité vis-à-vis de différentes normes de rejet.

IV.3 Prélèvement et échantillonnage :

Cette étape nécessite des précautions particulières. Elle conditionne les résultats d'analyses et donc les conclusions de démarches techniques et scientifiques.

Pour les différentes étapes d'une opération d'échantillonnage : l'homogénéisation mécanique la nature et le nettoyage des matériaux, spécifiques, les blancs de prélèvement, l'utilisation d'échantillonneurs automatiques déjà en place.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu. Sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matière en suspension, etc...)

Les objectifs de cette étape sont :

- ❖ Assurer la représentativité de l'échantillonnage.
- ❖ Préserver l'intégrité de l'échantillon et éviter la contamination.
- ❖ Assurer la fiabilité de l'opération et réduire les aléas.
- ❖ Assurer la comparabilité des résultats dans les temps et l'espace.
- ❖ Diminuer au maximum les erreurs et les incertitudes.

IV.4 Matérielles d'étude :

Dans cette expérience nous avons utilisé le matériel suivant :

IV.4.1 Matériels de l'essai :

- ❖ **Tubes en PVC** : Nous avons utilisé 4 tubes en PVC de 110 mm de diamètre d'une hauteur de 2m.
- ❖ **Robinets** : Ce sont des robinets en plastique à 4 cm du fond de la conduite pour l'évacuation de l'eau épurée.
- ❖ **Les filtres** : on a utilisé
 - ✓ Gravier de moyen tailles après leur lavage.
 - ✓ Sable des dunes.
 - ✓ Charbon actif.



Gravier de moyen tailles



Sable des dunes



Charbon actif en grain

Photo (IV.1) : Dispositif expérimental (Photo original)

IV.4.2 Les eaux usées :

Les eaux usées d'origine domestiques utilisées dans cette expérience proviennent de la (STEP1)

IV.5 Méthode d'étude :

IV.5.1 Dispositif expérimental :

Le dispositif utilisé pour nos essais porte sur une série de conduite en PVC de 110mm comportant une filtre comme suit : (figure IV.1)

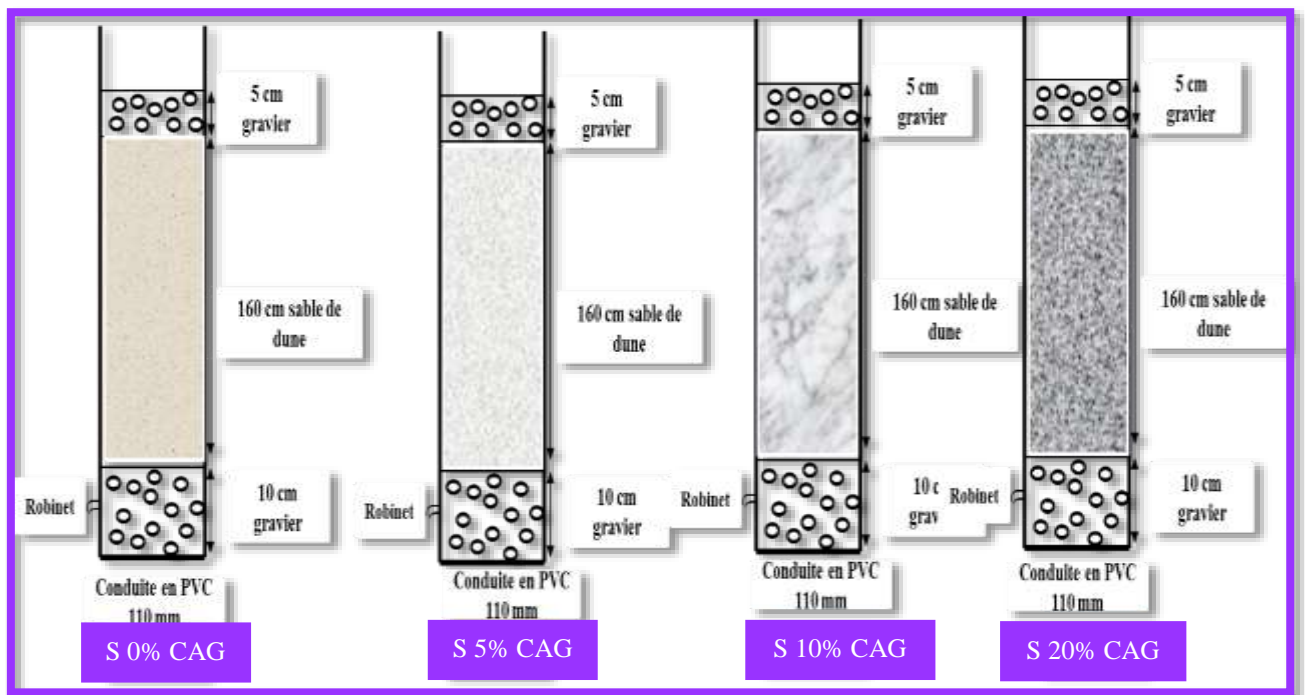


Figure (IV.1) : le différent composant du substrat des différents filtres

1^{er} filtre : 10 cm gravier au fond du tube, 160cm sable et 0% (volume) charbon actif en grain

2^{ème} filtre : 10 cm gravier au fond du tube, 160cm sable et 5% (volume) charbon actif en grain

3^{ème} filtre : 10 cm gravier au fond du tube, 160cm sable et 10% (volume) charbon actif en grain

4^{ème} filtre : 10 cm gravier au fond du tube, 160cm sable et 20% (volume) charbon actif en grain



Photo (IV.2) : Dispositif expérimental (Photo original)



Photo (IV.3) : Dispositif expérimental des différents filtres (Photo original)

Les filtres ont été alimentés pendant toute la période des essais par les mêmes eaux usées suivant un mode 3/2/3 (3 jours d'alimentation- 2 jours de report- 03 jours d'alimentation).

Cela pour éviter la formation d'une couche de boue. Trop épaisse qui peut empêcher la filtration (colmatage) et pénétration de O₂

- L'alimentation de ces filtres a été faite à partir de 7 :00 à 13 :00 (temps de séjour 6 heures).
- Cette opération a été effectuée quotidiennement 8 jours y compris 02 jours repos.

IV.5.2 Méthode de dosage des paramètres physicochimique

Afin de déterminer la qualité des effluents à traiter, des analyses seront effectuées à l'entrée et sortie de la station, les paramètres considérés sont les suivants :

- ✓ turbidité
- ✓ Température et le potentiel hydrique (pH) de l'eau.
- ✓ La conductivité électrique.
- ✓ Salinité (SAL%)
- ✓ L'oxygène dissous (O₂).
- ✓ Les matières en suspension (MES).
- ✓ Demande biochimique en oxygène (DBO₅).
- ✓ Demande chimique en oxygène (DCO).
- ✓ L'ammonium (NH₄⁺)
- ✓ Nitrate (NO₃)
- ✓ Nitrite (NO₂⁻)
- ✓ Cyanure (CN⁻)
- ✓ Nickel (NI)

IV.5.2.1 Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO):

a. Principe:

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par le dichromate de potassium, (K₂Cr₂O₇) en milieu acide et en présence de sulfate d'argent (Ag⁺) comme catalyseurs d'oxydation et de sulfate de mercure (Hg²⁺) permettant de complexer les ions chlorures. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium car la quantité de matière oxydable est proportionnelle à la quantité de dichromate réduit.

b. Matériel utilisé :

- Thermo réacteur (CR 2200).
- Spectrophotomètre.
- Réactifs: Produit chimie de la DCO sur une bouteille (tube de réactif DCO).



Photo(V.4): Spectrophotomètre.



Photo(V.5): Thermo réacteur (CR 2200).

c. Mode opératoire :

- Agiter le tube à essai pour amener le résidu en suspension.
- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO.
- Boucher hermétiquement le tube avec le bouchon fileté.
- Mélanger énergiquement le contenu de tube. Toujours saisir le tube par son bouchon.
- Chauffer le tube pendant 120 minutes à 148°C dans le thermo réacteur portoir.
- Retirer le tube brulant du thermo réacteur et le laisser refroidir dans un portoir.
- Au but de 10 minutes, agiter le tube et le remettre dans le portoir jusqu'à refroidissement à température ambiante (temps de refroidissement au moins 30 minutes).
- Ne pas refroidir à l'eau froide ;
- Mesurer l'échantillon dans le photomètre (la valeur mesuré est longtemps stable).

IV.5.2.2 Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

a. Principe:

L'échantillon est placé sous agitation dans un flacon incubateur hermétiquement relie à manomètre à mercure. Lors de la biodégradation des matières organiques. Les micros organismes consomment l'oxygène de l'aire contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au-dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une OXI TOP.

b. Matériel utilise :

- Réfrigérateur conservant à une température de 20C°;

- Flacons d'incubation à bouchons rodés de 510ml;
- Barrou-magnétique
- Pastilles de KOH.



Photo (IV.6):Réfrigérateur conservant.

c. Mode opératoire :

- Mettre le Barrou-magnétique dans la bouteille de DBO.
- Mettre le volume (V) dans la bouteille de DBO.
- Mettre le support d'alcalin (caoutchoute) sur la bouteille.
- Ajouté 3 ou 4 pastilles de KOH sur le support d'alcalin en évitant la chute d'une masse de KOH dans l'eau a analysée.
- Fermé bien la bouteille par DBO sensor. Régler la DBO sensor à partir de la gamme.
- Appuyer sur le bouton (A) et (B) au même temps pour changer le programme.
- Appuyer sur le bouton (A) pour régler la gamme.
- Appuyer sur bouton (B) jusqu'à l'affichage de (00).

d. Expression des résultants: Lecteur de la valeur après 5 jours.

- DBO_5 (mg/l) = Lecteur \times Facteur.

IV.5.2.3 Détermination des matières en suspension (MES) :

a. Principe:

L'eau est filtrée, la vaporisation de l'échantillon à une température de 150° pendant 2 heures, détermination des matières en suspension par pesée différentielle. Dans les eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres.

b. Matériel utilise :

- Papier filtre en verre diamètre 47 mm ;
- Rampe de filtration sous vide ;
- Pompe à vide ;
- Etuve chauffé (105°C) ;
- Balance (0.001 g de précision);
- Le dessiccateur.



Photo(IV.7) : Etuve chauffée.



Photo(IV.8): Dessiccateur.

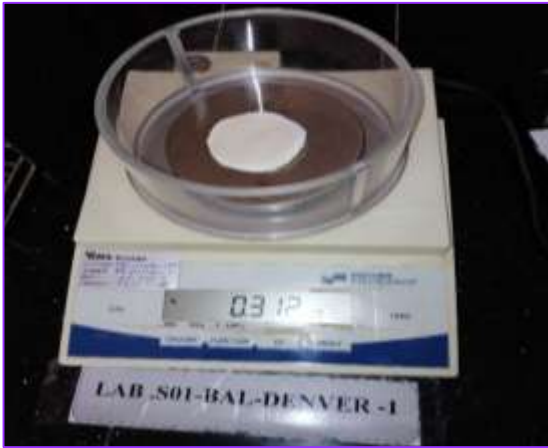


Photo (IV.9): Balance électrique (TP-303).



Photo (IV.10): Ensemble de filtration

c. Mode opératoire :

- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée ;
- Mettre le filtre pendant quelque minute dans l'étuve chauffée à 105°C préalablement ;
- Laisser refroidir les filtres dans dessiccateur quelque minute après l'étape précédent ;
- Peser le filtre sur la balance (soit P_0 en mg) ;
- Placer le filtre dans la rampe de filtration et la connecter à pompe à vide;
- Filtrer un volume (V ml) de l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée avec environ 20 ml d'eau distillée, et rincer les parois internes de l'entonnoir avec un autre volume de 20 ml d'eau distillée ;
- Retirer avec précaution de filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités pltes.si nécessaire. Le filtre peut être pile ;
- Placer le filtre dans l'étuve à $(105+2)$ °C pendant 2 heures ;
- Laisser s'équilibrer à température ambiante dans le dessiccateur sans le contaminer et le peser comme précédemment (soit P_i en mg).

d. Expression des résultats:

On calcule la teneur de la Matière En Suspension d'après l'expression :

$$\text{MES (mg/l)} = (P_i - P_0 / V) * 1000$$

Ou: P_0 : Poids du filtre sec avant filtration (en mg).

P_i : Poids du filtre sec après filtration (en mg).

$P_i - P_0$: Poids de la matière retenue par le filtre sec.

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

IV.5.2.4 Détermination de l'oxygène dissous :

a. Principe:

La concentration réelle en oxygène dépend en outre de la température, de la pression de l'air, à des processus microbiologique de décomposition ou une production d'oxygène, par exemple, les algues. Actuellement, la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différentes normes pour déterminer la concentration en oxygène des eaux.

b. L'appareil utilisé :Oxy-mètre INOLABO-OXI 730 WTW.



Photo (IV.11) : Oxy-mètre(INOLABO-OXI 730 WTW).

c. Mode opératoire :

- Allumer l'oxymétrie;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée;
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser;
- Tremper l'électrode dans le bécher;
- Laisser stabiliser un moment;
- Lire la concentration de l'oxygène dissous;
 - Rincer bien l'électrode après chaque usage avec l'eau distillée.

d. Expression des résultants: Le résultat est donné directement en mg/l.

IV.5.2.5 Détermination de conductivité électrique :

a. Principe :

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 température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

b. L'appareil utilisé : Conductimètre terminal 740 WTW.



Photo (IV.12): Conductimètre (Terminal 740).

c. Mode opératoire :

- Vérifier le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci-jointe;
- Plonger l'électrode dans la solution à analyser;
- Lire la conductivité et la salinité et la température des stabilise de celle-ci;
- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée.

d. Expression des résultats : La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil en milli-siemens par centimètre (mS/cm).

IV.5.2.6 Détermination du pH et de la Température :

a. Principe :

La température influence sur la décomposition de la matière organique, le développement des parasites responsables de certaines maladies, et la prolifération d'algues bleues qui libèrent des toxines.

Le potentiel hydrogéné (pH) est en relation avec la concentration des ions hydrogéné présent dans l'eau ou les solutions.

b. L'appareil utilisé : PH mètre EUTECH pH 510.



Photo (IV.13): pH mètre (pH 510).

C. Mode opératoire :

- Pendre environ = 100 ml d'eau à analyser;
- Allumer le pH mètre;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée;
- Tremper l'électrode de pile dans la solution tampon pH=7;
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard;
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée. Etalonner dans la même manière avec les solutions tampon pH=10 ou pH=4.

d. Expression des résultants : La valeur est lire directement sur l'écran de l'appareil.

IV.5.2.7 Détermination de le nitrite (NO_2^-)

Appareil

- Spectrophotomètre HACK (R5000 mg)
- Pipetes 2 ml

Réactifs

- Réactifs nitrite (LCK 341) gamme (2 à 20 mg/l) pour les faibles concentrations.
- Réactifs nitrite (LCK 142) gamme (0.05 à 2.0 mg/l) pour les fortes concentrations.

Expression des résultats : Les résultats sont donnés directement en mg/l.

IV.5.2.8 Détermination de l'ammonium (NH_4^+)

Appareil

- Spectrophotomètre HACK
- Pipetes 2 ml

Réactifs

- Réactifs ammonium (LCK 302) gamme (60 à 167 mg/l) pour les faibles concentrations.
- Réactifs ammonium (LCK 303) gamme (2.5 à 60.0 mg/l) pour les fortes concentrations.

Expression des résultats : Les résultats sont donnés directement en mg/l.

IV.5.2.9. Détermination de la nitrate (NO_3^+)

Appareil

- Spectrophotomètre HACK
- Pipete

Réactifs

- Réactifs nitrate (LCK 339) gamme (1 à 60 mg/l)

Expression des résultats : Les résultats sont donnés directement en mg/l.

IV.5.2.10 Métaux lourds:

On a utilisé la méthode de test en tube pour toutes les analyses de métaux lourds des eaux usées de la STEP 1.

❖ **Cyanure (CN)(mg/l):** l'argent de chlorocynure qui réagit avec l'acide diméthyl -1-3-barbiturique en donnant un colorant violet, nous permis de doser CN par photométrie.

Nickel (Ni) (mg/l): après une oxydation des ions de Ni par de l'iode, puis une transformation par diméthyl-glyoxime dans une solution ammoniacale en **un complexe** rouge brun, nous avons dosé cet élément par photométrie selon la méthode **appliquée pour** cette analyse qui est analogue à US standard méthodes 3500-NiE

IV.5.3 Analyses Bactériologique

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence de bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, elle consiste en la recherche et la numération des germes de la flore totale de l'eau .

Cette flore est composée de micro-organismes banaux et de germes pathogènes. Ces derniers sont d'origine fécale dont le dénombrement est facilité par l'utilisation de germes indicateurs de pollution. Ceux ci sont régis par quatre facteurs : la spécificité, la sensibilité et l'importance quantitative ainsi que la résistance.

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérilisé, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle , correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

Dans la plus part des examens usuels, l'analyse bactériologique n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative. Dans ce cas, pour donner lieu à une interprétation satisfaisante des résultats.

❖ **Recherche des germes de contamination fécale**

Dans le cas des rejets domestiques, d'une masse importante de matières organiques. La mise en évidence d'une telle pollution implique une contamination fécale certaine. Cette contamination est caractérisée par une charge microbienne importante. Ce sont surtout des bactéries vivants normalement dans l'intestin de l'homme et des animaux.

Toute présence de ces micro-organismes impliquerait dans certains cas la présence de germes pathogènes plus dangereux.

Parmi les micro-organismes recherchés, on distingue :

- Les coliformes, les coliformes fécaux (E.Coli)

Sous la dénomination des coliformes est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae.

Certains coliformes sont des hôtes habituels du sol et des eaux mais d'autres ne peuvent vivre que dans le seul habitat fécal. Escherichia-coli est un coliforme d'habitat fécal. Sa présence dans l'eau témoigne d'une pollution récente par la matière fécale.

- Les Streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux presque au même titre que E-coli sont des témoins de contamination fécale et ça quelque soit: l'espèce mise en évidence.

Les Streptocoques appartiennent à la famille des Lactobactériaceae qui sont des bactéries Gram-négatif, aérobies ou anaérobies facultatifs. La méthode utilisée est la numération indirecte après culture sur milieu liquide ou sur milieu solide.

- Les Clostridium sulfito-réducteurs .

En dehors des Streptocoques fécaux et E-coli qui sont des indices de contamination fécale récente, du fait que leur survie dans l'eau peut être très courte, les clostridium sulfito- réducteurs représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne.

Ils sont résistants aux conditions défavorables grâce à la sporulation. Ils sont des bactéries anaérobies strictes, sporulés, Gram+positif, réduisent les sulfites en sulfures et dont la plus part des espèces est mobile.

Clostridium perfringens est un germe très résistant aux sulfites et dont l'activité Sulfito - réductrice est la plus forte. Il peut être d'origine fécale et aussi d'origine tellurique et sa présence dans une eau ne constitue pas à elle seule une preuve de contamination fécale, tout au plus elle permet d'envisager la possibilité.

❖ Recherche des germes pathogènes

Certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par une eau contenant des micro-organismes pathogènes.

Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles, responsables de la fièvre typhoïde , et le vibron cholérique, responsable du choléra.

- Salmonelles

Les salmonelles sont des microorganismes de la famille des Enterobacteriaceae, dont les principales caractéristiques sont :

- Anaérobies facultatifs,

- Bacilles Gram négatif,
- Réduisent les nitrates en nitrites.
- Catalase + et oxydase -
- Lactose —

Ce sont des bactéries parasites et pathogènes de l'intestin de l'homme et des animaux. Elles se trouvent également dans le sol et dans les eaux contaminées par des excréments, surtout de sujets malades. Ce sont surtout les Salmonella typhi, qui sont responsables de la fièvre typhoïde.

Ces bactéries pathogènes provoquent des maladies consécutives à un manque d'hygiène générale ou à une contamination alimentaire. Ces germes sont recherchés dans l'eau lorsqu'une épidémie est à craindre par la suite d'une infiltration d'eau usées.

La méthode utilisée pour le dénombrement est celle de la numération indirecte en milieu liquide.

- **Vibron cholérique**

Le vibron cholérique appartient à la famille des Vibrionaceae qui sont des bâtonnets Gram négatif. Ce sont des germes d'habitat fécale, on distingue deux variétés responsables du choléra, il s'agit de Vibrio cholerae cholerae et Vibrio cholerae el Tor,

Agent causal du choléra, le vibron cholérique est souvent recherché lors d'épidémies.' La recherche du point de vue pratique des vibrions, consiste en l'enrichissement et l'isolement de ces germes pathogènes sur des milieux sélectifs.

Transformation par diméthyl-glyoxime dans une solution ammoniacale en un complexe rouge brun, nous avons dosé cet élément par photométrie selon la méthode appliquée pour cette analyse qui est analogue à US standard méthodes 35 - iE.

IV.5.3.1. Coliforme totaux :

• **Mode opératoire :**

On Prélève 10 ml de l'eau épurée de chaque plante, puis on pose dans tube épreuve, il contient un solution bouillon pourpre de bromocresol (BCPL D/C), laisser a durée 48 h.

• **Composition de réactif :**

Solution bouillon pourpre de bromocresol BCLP S/C (10 ml + cloche /tube) Bouillon lactose au pourpre de bromocresol milieu non sélectif, utilisée pour la détection de bactéries coliforme dans l'eau.

• **Expression des résultats :**

Flotté de cloche donc il y a coliforme totaux.

IV.5.3.2. Escherichia coli :**• Mode opératoire :**

On prend 1 ml des échantillons qui mesurée déjà dans coliforme totaux pour chaque plante puis passer au étuve à 44°, laisser à durer 24 Puis on ajdute quelques gouttes de kovacs, et agiter jusqu' à l'apparition du cercle :

- Si jaune donc, elle indique la présence des coliformes totaux.
- Si rouge donc, elle indique la présence d'Escherichia coli.

• Expression des résultats :

Si un cercle rouge apparait donc, ceci indique la présence d'Escherichia coli.

IV.6 Conclusion :

Dans ce chapitre il a été présente les matériels et méthode permettant l'analyse expérimentale du pouvoir épurative des quatre tubes des filtres, ces filtres sont composée du substat du gravier et sable des dunes modifier par le taux du charbon actif, l'étude a été effectuée pour 8 jour (3 jours d'alimentation- 2 jours de repos- 03 jours d'alimentation).

CHAPITRE V

RESULTATS

&

DISCUSSIONS

V.1. Introduction

Plusieurs travaux ont montré que le procédé d'infiltration-percolation a une bonne capacité d'éliminer la charge organique des eaux usées urbaines et industrielles. Dans ce chapitre, nous allons étudier la purification d'un rejet secondaire d'origine urbain (à dominance domestique). Les filtres étudiés sont des filtres composés essentiellement du sable des dunes. L'amélioration de la capacité épuratoire du procédé de filtration a été proposée en dépend les filtres à sable par un matériau adsorbant à savoir le charbon actif granulé.

La cinétique d'élimination de la charge polluante a été évaluée pour plusieurs colonnes de filtration en comparant les résultats obtenus avec un filtre témoin.

V.2. Rendement épuratoire

L'évaluation du pouvoir épuratoire des filtres étudiés et l'interprétation des résultats obtenus sont basé essentiellement sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et sur le calcul du rendement d'élimination de la charge polluante. Le pourcentage d'abattement de la pollution (R %) est donné par la relation suivante :

$$R \% = \left(\frac{C_0 - C_f}{C_0} \right) \times 100$$

avec:

C_0 : Concentration du paramètre considéré dans l'eau usée brute (à l'entrée du filtre).

C_f : Concentration du paramètre considéré dans l'eau traitée (eau sortante du filtre).

V.3. Résultats et discussions des paramètres analysés

V.3.1. Paramètres physiques

V.3.1.1. Potentiel d'hydrogène pH

Les résultats de la valeur de pH des eaux usées brutes et traitées sont présentés sur la figure (V.1). D'une façon générale, le pH des eaux usées brutes varient entre 6,5 et 8,5. Les valeurs du pH dans le filtre nu (témoin) *S0%CA* sont entre 6,16 et 7,5, les résultats du pH dans le filtre *S5%CA* varient entre 7,21 et 8,52. Les résultats du pH dans le filtre *S10%CA* varient entre 7,21 et 8,52, Les résultats du pH dans le filtre *S20%CA* varient entre 7,21 et 8,52.

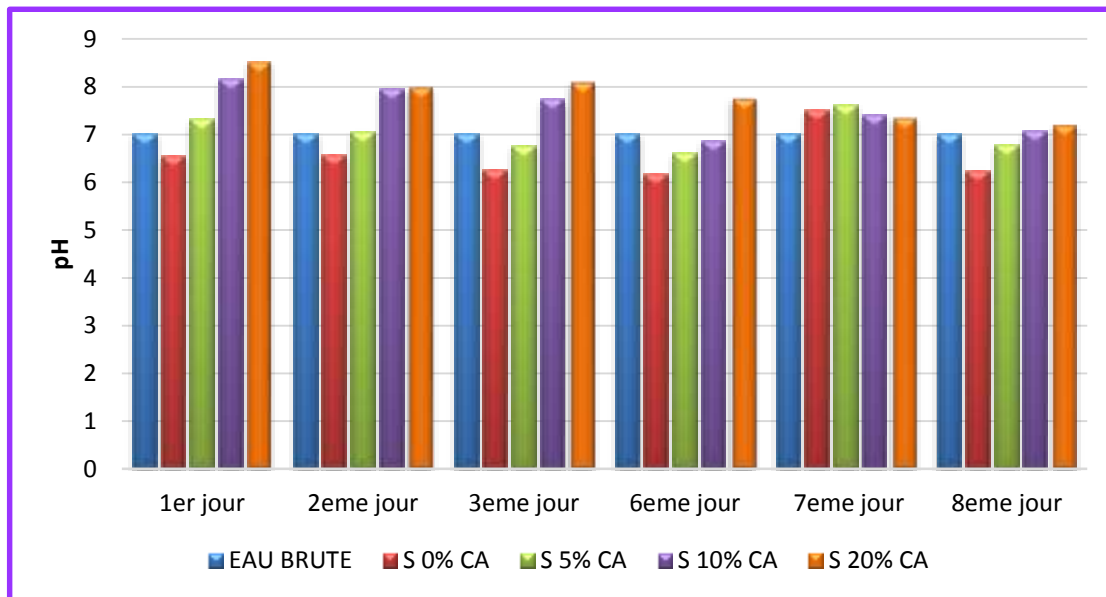


Figure (V.1) : variation temporelle de pH dans tous les filtres.

Le pH de tous les prélèvements est assez proche de la neutralité que ce soit pour l'eau brute ou l'eau traitée. Toutes les valeurs de pH sont conformes aux normes algériennes du rejet (entre 6,5 et 8,5).

V.3.1.2. Température

La variation de la température des eaux usées (brutes et filtrées) a été donnée par la figure (V.2). D'une façon générale, la variation de la n'est pas trop significative dans tous les filtres étudiées. Nous avons enregistré une valeur minimale de 8,9 C° dans le filtre témoin (S0% CA), et une valeur maximale de 21 C°.

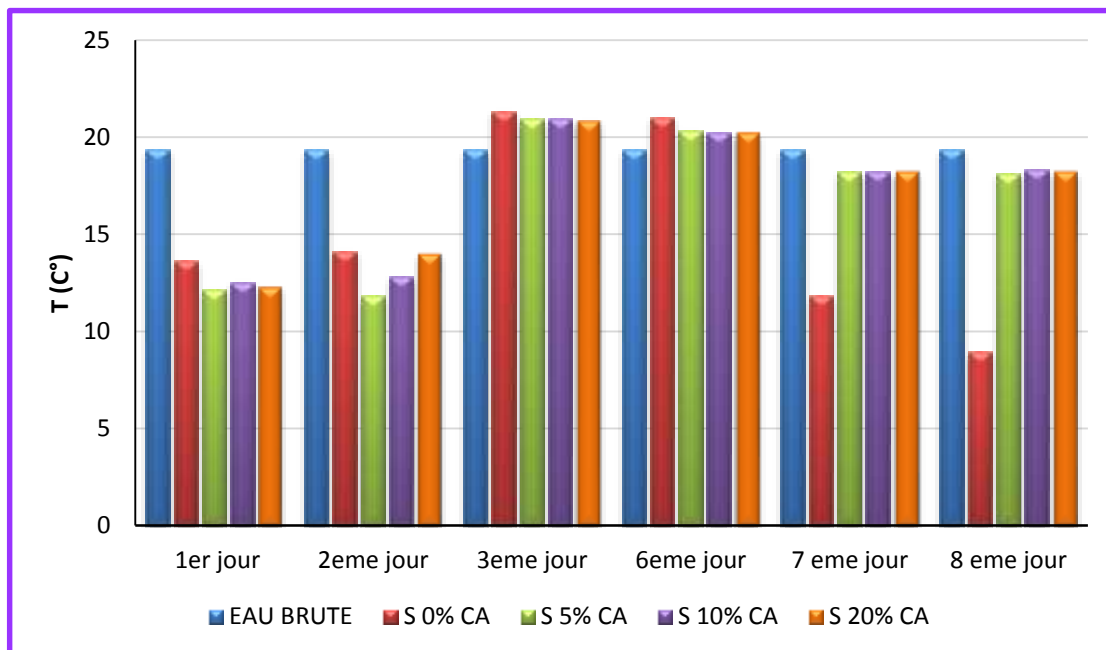


Figure (V.2) : variation temporelle de la température T(C°) dans tous les filtres.

Nous pouvons remarquer une légère augmentation de la température d'un jour à l'autre, mais d'une façon générale toutes les valeurs enregistrées sont conformes à la norme algérienne des eaux rejetées (de l'ordre de 30 C°).

V.3.1.3. Oxygène dissous

Les résultats de la figure (V.3) indiquent que les concentrations en oxygène dissous des eaux filtrées dépassent largement la concentration de l'eau brute. La teneur en oxygène est très importante dans les filtres dopés par le charbon actif en grains (CAG) comparativement avec le filtre témoin, ce qui indique le rôle important du CAG dans le processus de purification de l'eau usée.

Nous pouvons également marquer une augmentation de la teneur en oxygène dans tous les filtres après deux jours de repos des filtres surtout le filtre témoin (S0% CA).

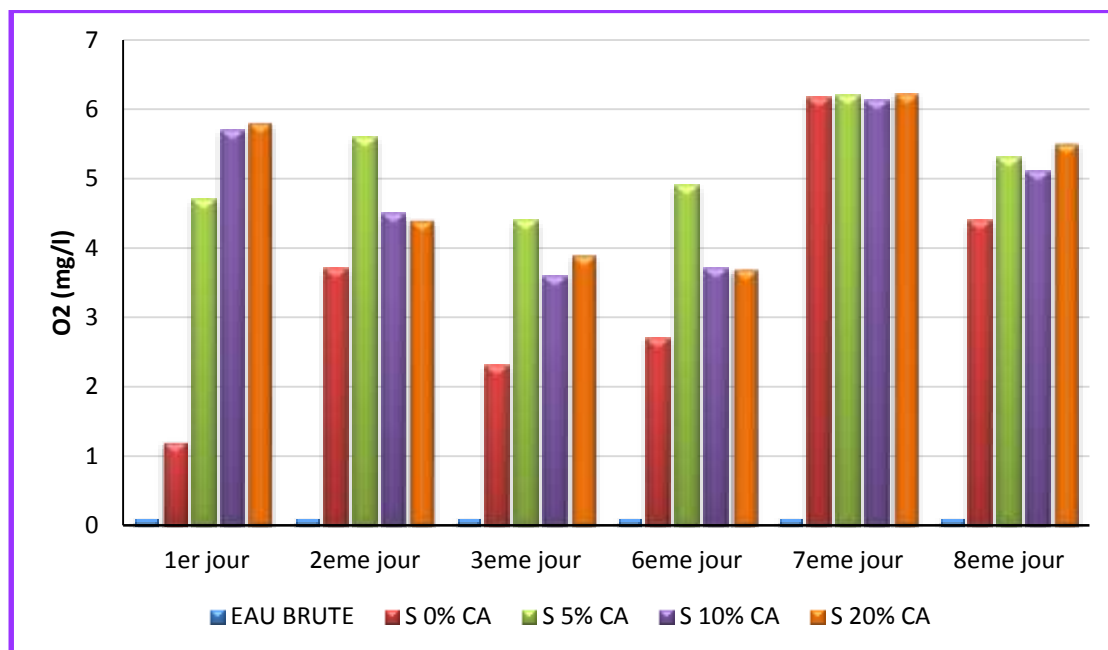


Figure (V.3) : variation temporelle d'O₂ (mg/l) dissous dans tous les filtres.

Les résultats obtenus montrent que la valeur d'O₂ peut atteindre les valeurs suivantes: 6,18 mg/l (S0%CA), 6,2 mg/l (S5%CA), 6,13mg/l (S10%CA) et 6,22 mg/l (S20%CA). D'une manière générale, les valeurs obtenues durant toute la période des essais pour les eaux traitées sont variées entre 1,2 mg/l et 6,22 mg/l. La plupart des valeurs d'O₂ des eaux filtrées sont importantes, ce qui confirme d'une part l'efficacité des processus de traitement et d'assurer une autoépuration complète de l'effluent traité après leur rejet dans le milieu récepteur d'autre part.

V.3.1.4. Conductivité électrique

La figure (V.4) résume la variation de la conductivité électrique pour les filtres étudiés. D'après les résultats obtenus, la valeur de la conductivité électrique enregistrée pour l'eau brute est de 5,69 ms/cm. Nous avons constaté que la conductivité électrique des eaux usées récupérées des filtres suit une légère évolution croissante de filtre **S0%CA** vers le filtre **S20%CA** durant la période de nos essais.

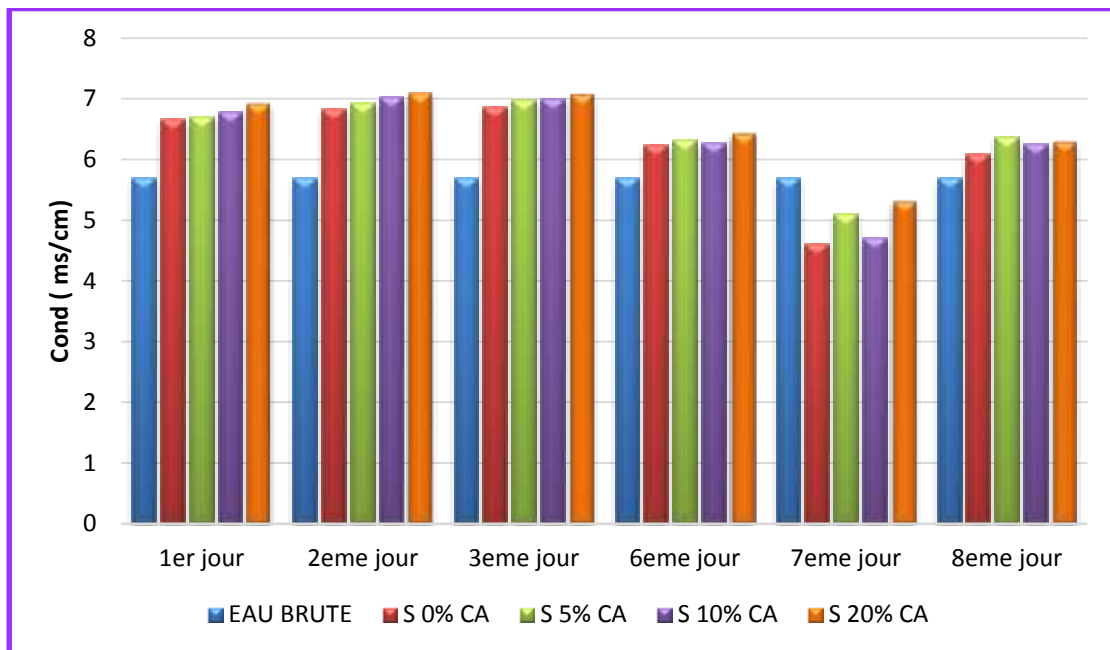


Figure (V.4) : variation de la conductivité (ms/cm) dans tous les filtres étudiés.

L'évolution de la conductivité peut être interprétée par l'augmentation du taux des sels dissous provenant de la minéralisation d'une fraction importante de la matière organique par les bactéries. La valeur maximale de la conductivité électrique est de 7,08 ms/cm, ce qui est enregistré au niveau du filtre **S20% CA**. Nous pouvons dire d'une manière générale que les colonnes de filtration favorisent la transformation de la matière organique (biodégradable) en matière minérale par les bactéries.

V.3.1.5. Salinité

Les résultats de la figure (V.5) présentent la fluctuation des valeurs de la salinité pour l'eau brute et les eaux traitées. Ces résultats ont montré que la valeur de la salinité oscille entre un minimum de 3,3 g/l à un maximum de 3,9 g/l pour les eaux traitées.

D'autre part pour l'eau brute la valeur de la salinité est de l'ordre de 3,1%. Ceci indique également que pour la concentration des sels dissous dans les eaux traitées est toujours supérieur à celle de l'eau brute.

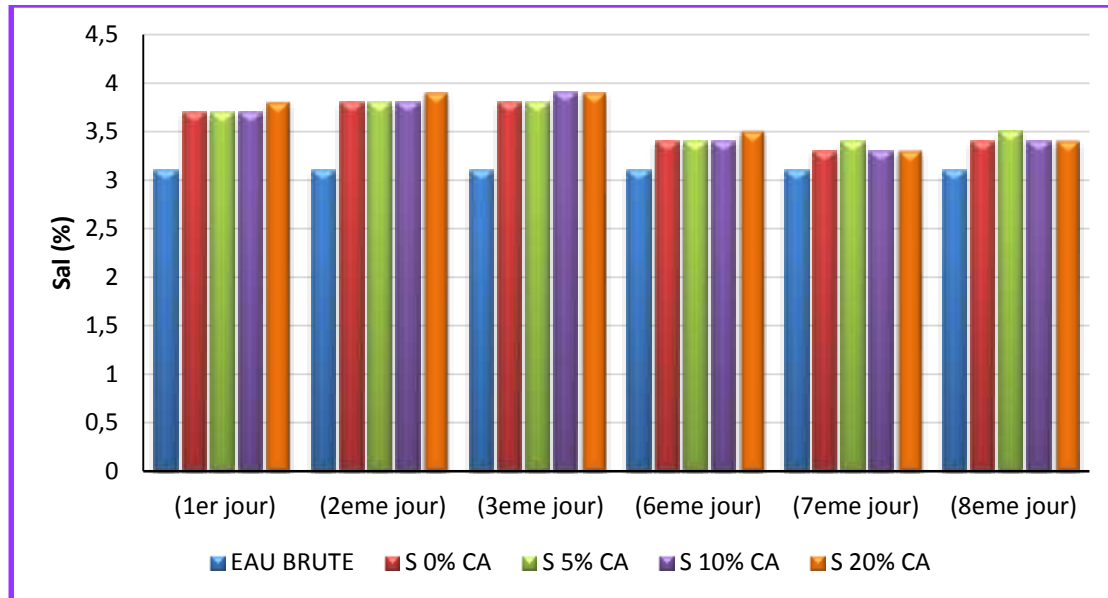


Figure (V.5): variation de la salinité (g/l) dans tous les filtres étudiés.

V.3.1.6. Demande biochimique en oxygène DBO_5

La demande biochimique en oxygène exprime la fraction biodégradable de la matière organique. La figure (V.6) montre clairement que les valeurs de DBO_5 pour les eaux usées récupérées après filtration sont toujours inférieures à celles de l'eau usée brute. De plus, nous avons pu remarquer une nette amélioration du taux d'abattement de DBO_5 dans les filtres contenant du charbon actif comparativement au filtre témoin (S0% CA).

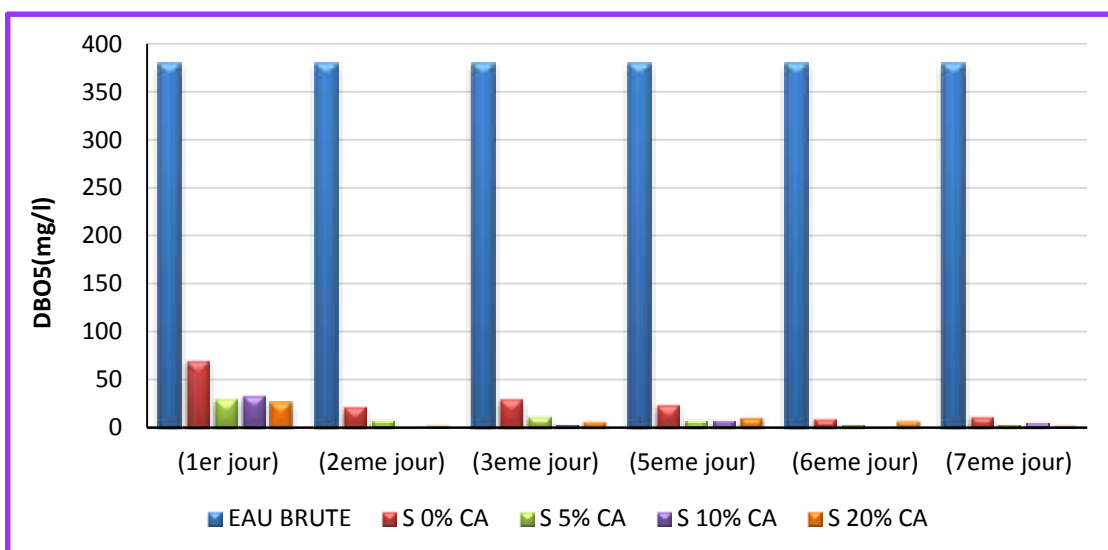


Figure (V.6): variation de DBO_5 (mg/l) dans tous les filtres étudiés.

Au niveau de tous les filtres, les concentrations de la DBO₅ enregistrées après filtration des eaux usées sont conformes aux normes algériennes admises pour les eaux épurées utilisées à des fins d'irrigations (30 mg/l) (JORA, 2012). La cinétique d'élimination de la DBO₅ pour chaque filtre est résumée dans le tableau suivant :

Tableau (V.1): Cinétique de dégradation de la DBO₅ dans tous les filtres étudiés.

Filtre	1 ^{er} jour	2 ^{eme} jour	3 ^{eme} jour	Repos (2jrs)	6 ^{eme} jour	7 ^{eme} jour	8 ^{eme} jour
S0% CA	81,42%	94,21%	92,10%	/	93,68%	97,36%	96,84%
S5% CA	91,94%	97,89%	96,84%	/	97,89%	98,94%	98,94%
S10% CA	91,05%	99,47%	98,94%	/	97,89%	99,47%	98,42%
S20% CA	93,15%	99,47%	98,42	/	97,36%	98,29%	99,47%

Nous avons pu constater de très bons résultats de l'efficacité du traitement de l'effluent étudié lors du deuxième cycle d'infiltration (après deux jours de repos), ceci peut être interprété par une régénération des filtres et une diminution de la masse bactérienne qui empêchent la pénétration d'oxygène dans le massif filtrant.

De tous ces résultats, nous avons marqué que le système d'infiltration -percolation par le sable de dunes doté par le charbon actif en grains permet une réduction quasi totale de la DBO₅. Les processus de dégradation de la matière organique pourraient s'effectuer via trois différents processus :

- Séparation physique (filtration par le sable)
- Dégradation biologique de la matière organique biodégradable par les bactéries.
- Adsorption d'une fraction des molécules de composés organiques par adsorption sur le charbon actif en grains.

V.3.1.7. Demande chimique en oxygène

Les résultats présentés dans la figure (V.7) résument la comparaison des teneurs en DCO des eaux brutes et filtrés dans les différents tubes. Nous notons que la valeur de la DCO des eaux usées brutes est très élevée (690 mg/l) ce qui indique que l'effluent étudié est chargé en matière organique.

Les valeurs de DCO après filtration ont montré une très bonne diminution de la charge organique totale (biodégradable et non biodégradable) pour la totalité des prélèvements, s'explique essentiellement par l'élimination d'une grande quantité de la matière

organique. Nous pouvons constater que les filtres modifiés par le CAG donnent de meilleurs résultats par rapport au filtre témoin. De plus, l'efficacité du traitement est améliorée avec l'augmentation du taux de CAG, les meilleurs résultats ont été obtenus après les deux jours de repos des filtres.

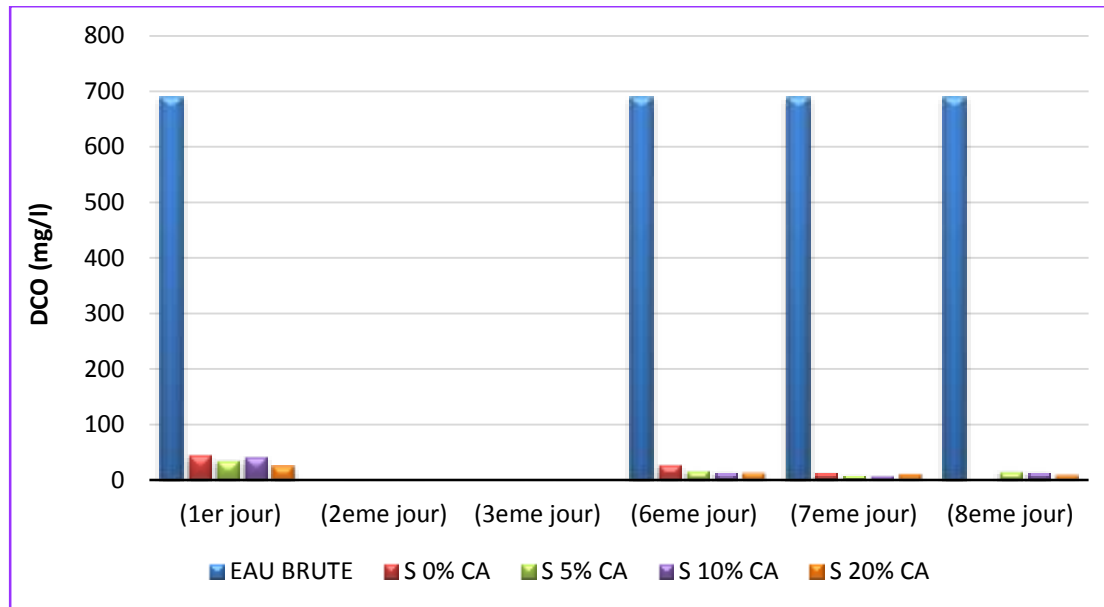


Figure (V.7): variation de DCO(mg/l) dans tous les filtres étudiés.

L'évolution de la concentration en DCO dans les filtres étudiés est récapitulée dans le tableau suivant :

Tableau (V.2):Évolution de la dégradation de la DCO dans tous les filtres étudiés.

Filtre	1 ^{er} jour	2 ^{eme} jour	3 ^{eme} jour	Repos (2jrs)	6 ^{eme} jour	7 ^{eme} jour	8 ^{eme} jour
S0% CA	93,37%			/	95,94%	98,11%	
S5%CA	94,84%			/	97,53%	98,47%	97,68%
S10%CA	93,85%			/	97,82%	98,81%	97,92%
S20%CA	96,42%			/	98,20%	98,50%	98,69%

Les données d'analyses montrent que toutes les concentrations de la DCO des eaux épurées oscillent entre 45,7 mg/l et 8,16 mg/l, ces valeurs respectent largement les normes algériennes admises pour les eaux épurées utilisées à des fins d'irrigations (90 mg/l)(JORA, 2012).

V.3.1.8. Matières en suspension

Les analyses de la matière en suspension de l'eau brute est de l'ordre de 340 mg/l, ceci indique que l'effluent secondaire est resté encore chargé en MES. Néanmoins, nous observons que les résultats obtenus à la sortie des filtres mettent en évidence une bonne diminution de

MES. Les valeurs obtenues pour les eaux traitées varient entre de 1,11 et 21,8 mg/l, ces valeurs sont largement conformes aux normes des eaux épurées destinées à l'irrigation (30 mg/l)(JORA, 2012).

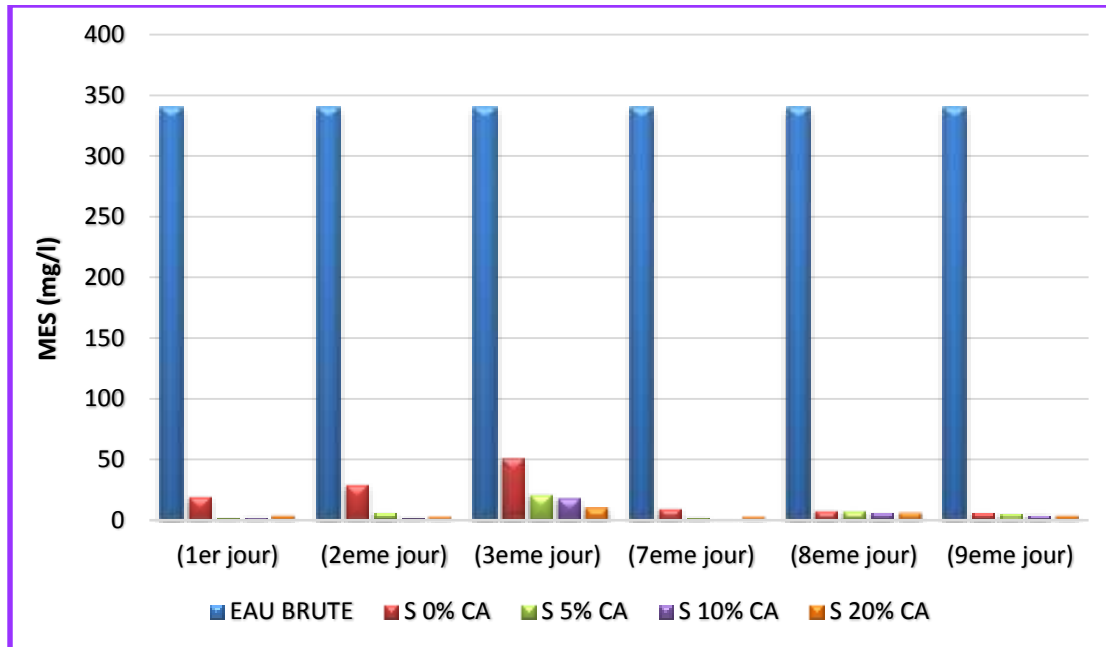


Figure (V.8) : variation de MES(mg/l) dans tous les filtres étudiés.

Les résultats que nous avons obtenu nous ont permis de constater que la concentration de MES des prélèvements effectués diminue progressivement en allant du premier jour des essais vers le dernier jour.

Tableau (V.3):Évolution de la dégradation de MES dans tous les filtres étudiés.

Filtre	1 ^{er} jour	2 ^{eme} jour	3 ^{eme} jour	Repos (2jrs)	6 ^{eme} jour	7 ^{eme} jour	8 ^{eme} jour
S0% CA	94,11%	91,17%	84,7%	/	97,05%	97,55%	98,04%
S5%CA	99,34%	98,04%	93,58%	/	99,2%	97,73%	98,28%
S10%CA	99,02%	99,26%	94,47%	/	99,67%	98,04%	98,52%
S20%CA	99,02%	99,26%	97,05%	/	99,20%	98,28%	99,02%

En général, nous pouvons marquer que les pourcentages d'élimination de la MES de l'eau usée brute après filtration sont très élevés. Cette élimination est due à la rétention des matières solubles par le substrat (sable et charbon actif). La percolation verticale des eaux usées à travers le substrat permet une rétention physique des solides en suspension (Tanner et al., 1995). Les résultats montrent que ce processus est légèrement affecté par la quantité du charbon introduite.

V.3.1.9. Turbidité

Les résultats des analyses de la turbidité sont représentés dans la figure (V.10). Ces résultats ont indiqué que la turbidité de l'effluent brute (effluent secondaire) est élevée (de l'ordre de 200 NTU).

Les résultats que nous avons obtenus ont indiqué une très bonne efficacité de la clarification des eaux à travers les filtres étudiés.

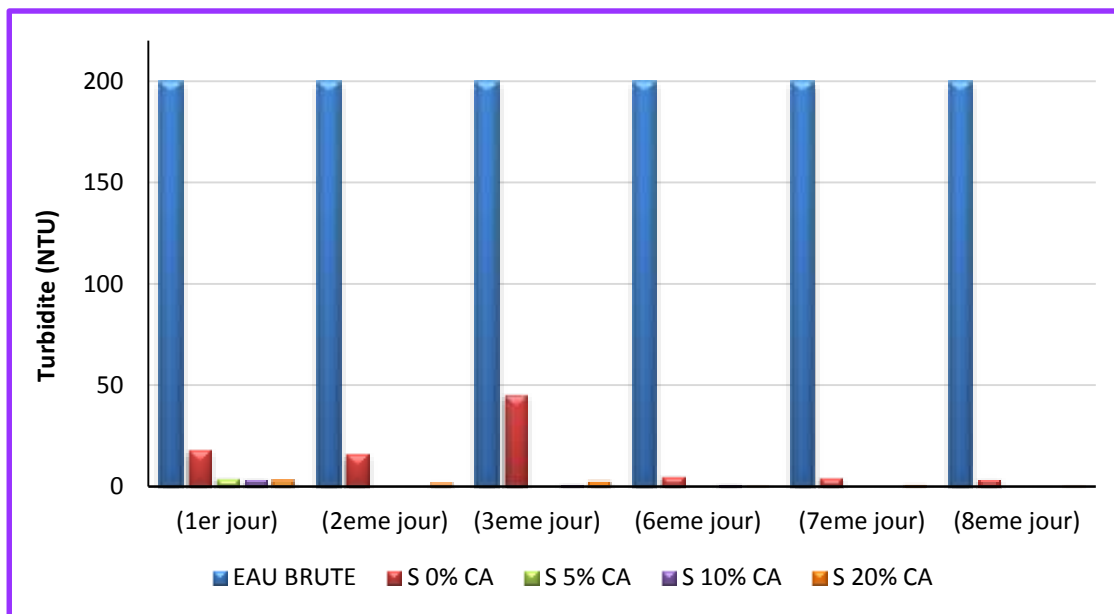


Figure (V.9) : variation de la turbidité (NTU) dans tous les filtres étudiés.

Nos résultats ont indiqué que les valeurs la turbidité de l'eau traitée oscillent entre 0,167 et 4,26 NTU. Nous pouvons distinguer une petite amélioration de l'élimination de la turbidité pour les filtres contenant du CAG. D'une façon générale, nous pouvons dire que les valeurs de la turbidité sont largement conformes aux normes des eaux usées épurées (20 NTU).

V.3.1.10. Nitrates (NO_3^-) et Nitrites (NO_2^-)

Les résultats obtenus concernant la variation des teneurs des éléments nutritifs (nitrates et nitrites) sont données par la figure 1. L'analyse de ces deux paramètres a été limitée à deux jours (premier et dernier jour) à cause du manque des réactifs utilisés.

De ces résultats, nous pouvons distinguer une légère augmentation des taux des nitrates et des nitrites au cours du premier jour, tandis que nous remarquons une diminution de ces deux paramètres au dernier jour. L'augmentation des taux de NO_3^- et NO_2^- peut s'expliquer par une forte dégradation d'une forte dégradation de la matière organique azoté. La réduction des nitrates et nitrites est dus probablement à l'apparition des bactéries anaérobies qui participent à la transformation des formes réduites de l'azote en azote gazeux (dénitrification).

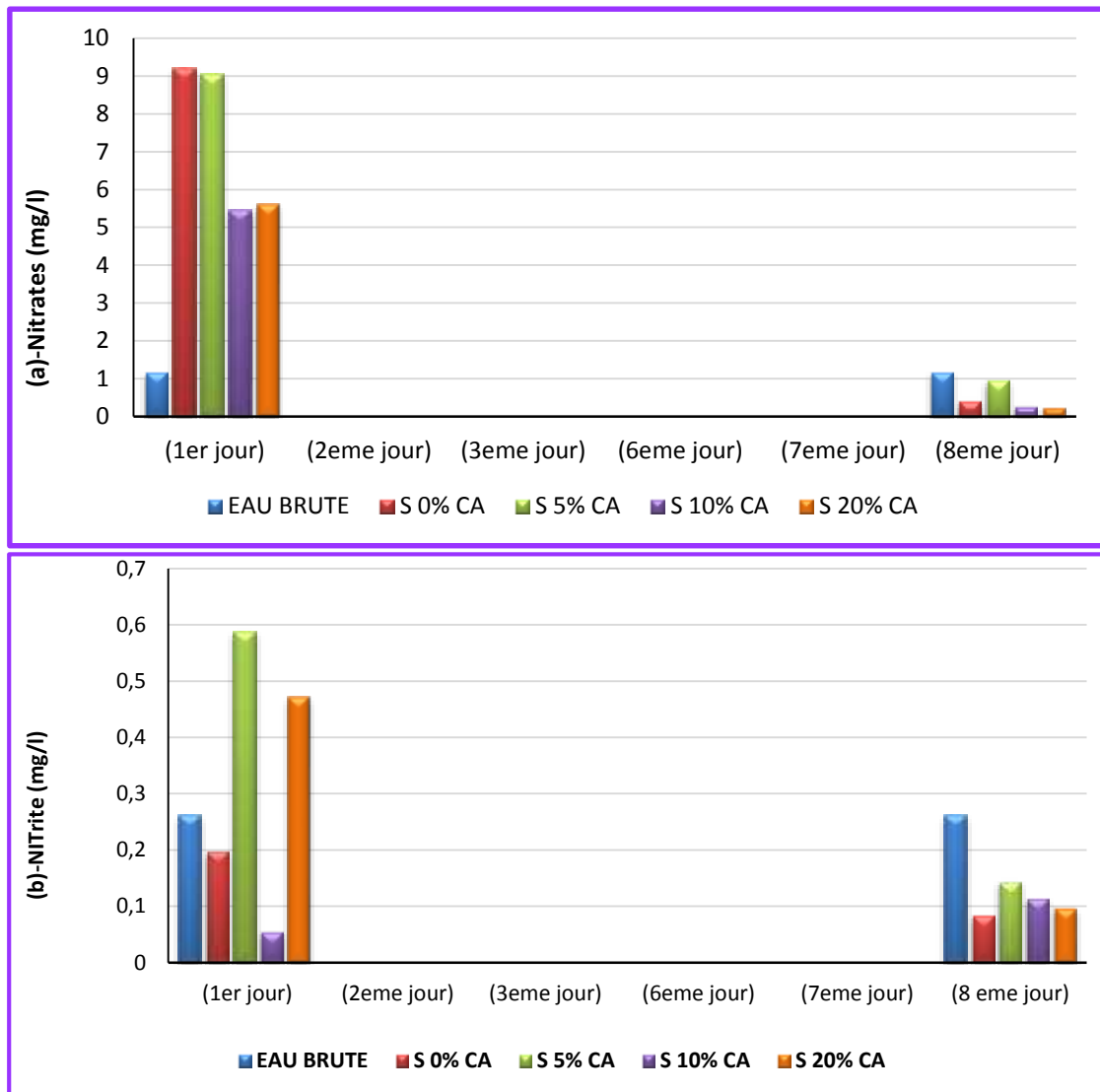


Figure (V.10): variation de (a) Nitrate et (b) Nitrite (mg/l) dans tous les filtres étudiés.

De tous ces résultats, nous pouvons conclure que les teneurs en nitrates et en nitrites (0,1 mg/l pour les nitrates et 30 mg/l pour les nitrates) répondent aux valeurs limites des eaux épurées et destinées à l'irrigation.

V.3.1.11. Métaux lourds (Nickel et Cyanure)

Dans notre travail, nous avons pris en considération deux métaux lourds (Nickel et Cyanure). Pour ces deux éléments on a limité les analyses à deux jours (premier et dernier jour). Les résultats de la variation des teneurs de Nickel et Cyanure sont donnés par la figure 12.

Les résultats ont montré qu'il y a une bonne efficacité de la filtration de l'effluent étudié. Les concentrations de ces deux métaux dans l'eau brute est de l'ordre de CN=0,089 mg/l (Cyanure) et 1,18 mg/l (Nickel).

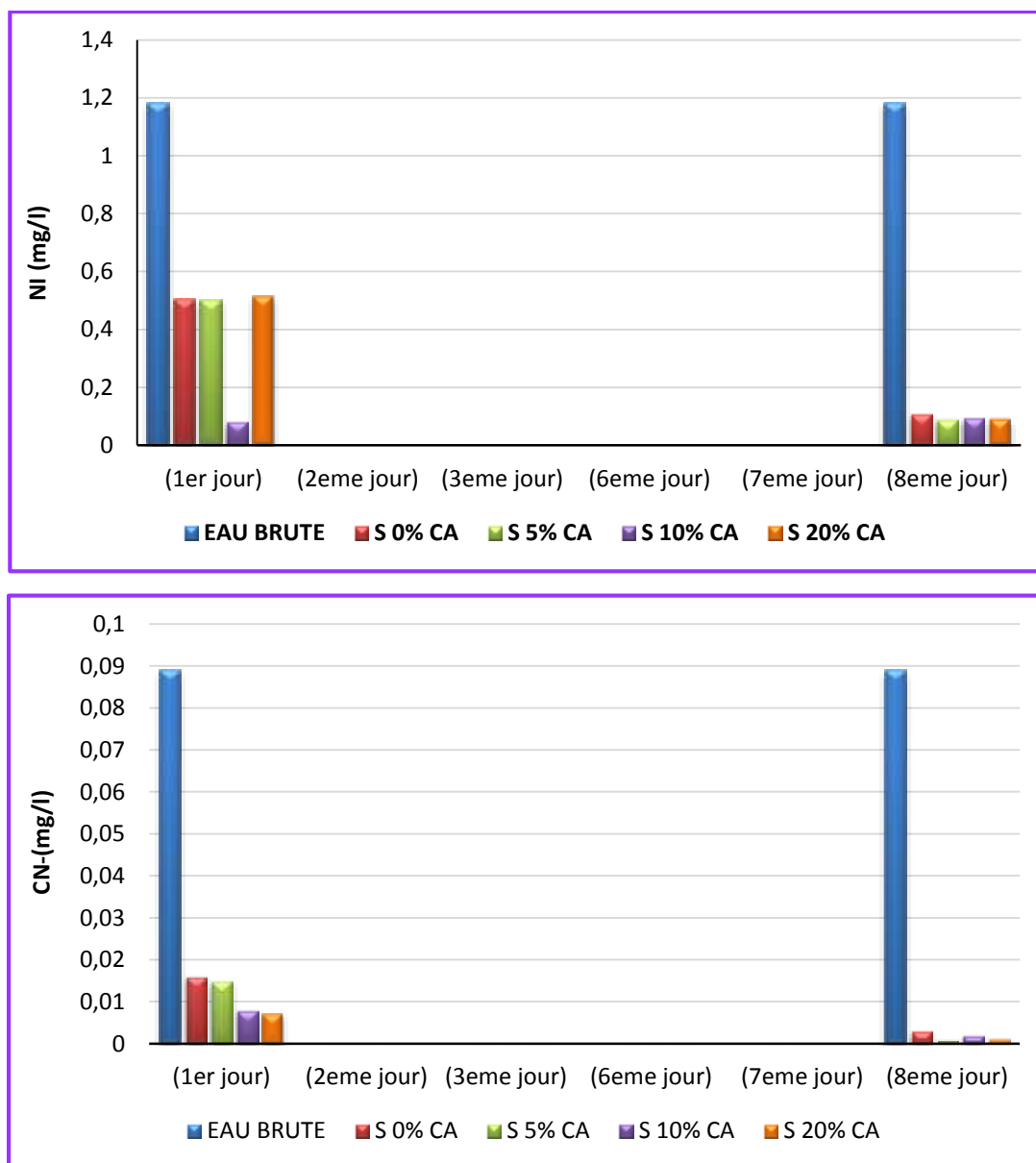


Figure (V.11) : variation de (a) Nickel et (b) Cyanure (mg/l) dans tous les filtres étudiés.

À partir des résultats obtenus, nous pouvons constater que les filtres étudiés nous ont donné de très bons résultats dans le dernier jour. Les valeurs obtenues pour les filtres modifiés par le CAG sont très proches à ceux obtenus en utilisant le filtre témoin.

D'une façon générale, les concentrations du Nickel et de cyanures sont conformes aux normes des eaux traitées et destinées à l'irrigation (0,5 mg/l pour cyanures et 2 mg/l pour le nickel).

V.3.1.12. l'ammonium

Le meilleur rendement d'alimentation des NH_4^+ est obtenue au niveau de filtre S 20% CA (R% Max= 98,93%)

D'après les résultats obtenues, nous pouvons remarque une très grande éliminationdes tous NH_4^+ dans tous les filtres, De plus, l'efficacité des filtres est s'amélioré d'une jour à l'autre, Toutes les valeurs des NH_4^+ pour les eaux épurées sont inferieurs à 2,7 mg/l,

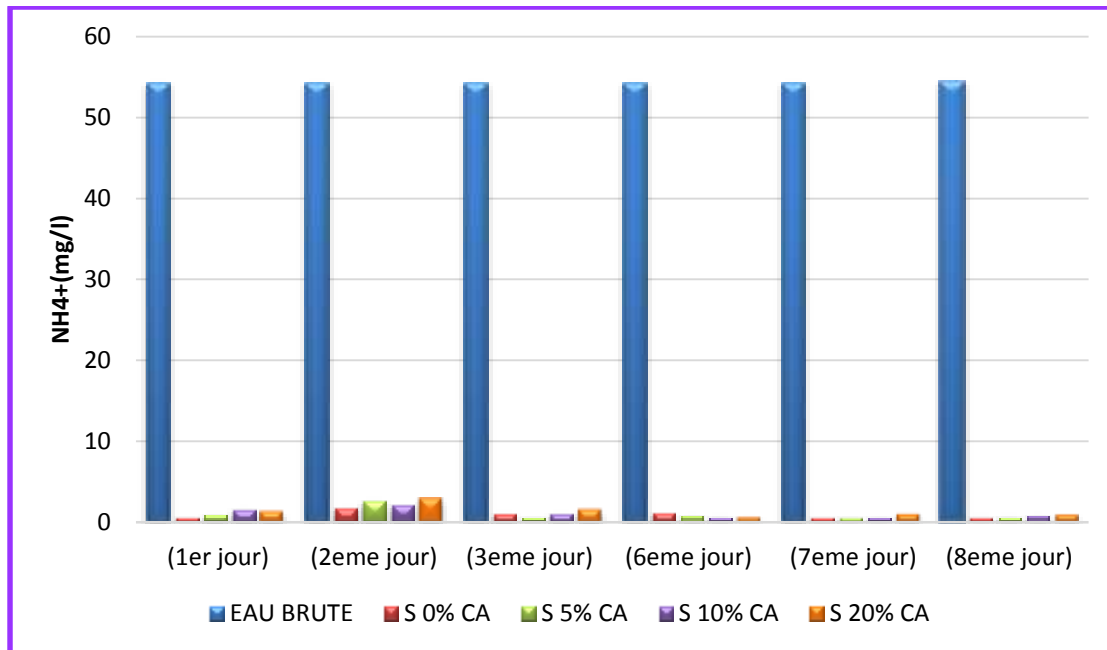


Figure (V.12) : variation temporelle de NH_4^+ (mg/l)

V.3.2 Paramètres bactériologiques :

Les procédés expérimental utilisés dans notre étude indiquent,

L'existence des germes (entérobactérie) colistridiumsulfite-réducteurs,

D'après les analyses bactériologiques effectuées et expliquées précédemment dans le chapitre V, nous avons obtenu les résultats suivants :

- Enterobacter :
Dans le filtre (S 0% CA) il y a indication de la présence de l'entérobactérie,
- Clostridium sulfite réducteurs :
L'indication de la présence de Clostridium sulfite réducteurs dans tous les filtres (S 0% CAG)+ (S 5% CAG)+ (S 10% CAG) (S 20% CAG).

V.4. Conclusion

L'objectif principal de ce chapitre est de mettre en évidence les potentialités des filtres à sable des dunes modifiés par le CAG à éliminer la pollution, surtout l'organique des eaux usées résiduelles. L'élimination épuratoire de ces eaux par les filtres à sable est assurée par la présence des CAG et grâce à la prolifération des bactéries. Les CAG se trouvent aux niveaux des eaux usées ou bien aux niveaux des massifs filtrants.

Nous pouvons conclure d'après l'ensemble des résultats obtenus que l'élimination est très remarquable, satisfaisante et encourageante.

Conclusion général

L'épuration des eaux usée par les filtres à sable apparait comme technique incontournable pour le développement durable des stratégies de traitement des eaux usées.

De ce fait, le mode est purement naturel ou les agents actifs dans le processus sont les bactéries fixées sur le substrat comme support (le sable est de plus en plus utilisé). Cette technique plus écologique a beaucoup d'avantages (fiabilité, faible cout et ne demande pas une grande technicité).

Le but de ce travail était d'étudier la filtration des eaux usées d'un effluent secondaire par des colonnes d'infiltration-percolation par le sable de dunes avec examen de la possibilité d'amélioration du pouvoir épuratoire des filtres par un matériau adsorbant comme le charbon granulé.

Les résultats décrits dans ce travail expérimental, montrent généralement une grande performance des filtres à sable utilisée et l'intérêt de l'introduction du charbon actif dans le massif filtrant, les données obtenues permettent de tire les conclusions suivantes :

- Le pH de tous les prélèvements est assez proche de la neutralité que ce soit pour l'eau brute ou l'eau traitée (entre 6,5 et 8,5).
- La teneur en oxygène est très importante dans les filtres dopés par le charbon actif en grains (CAG) comparativement avec le filtre témoin.
- La concentration des sels dissous dans les eaux traitées est toujours supérieure à celle de l'eau brute.
- Les valeurs de DCO après filtration ont montré une très bonne diminution de la charge organique totale (biodégradable et non biodégradable). De plus, les filtres modifiés par le CAG donnent de meilleurs résultats par rapport au filtre témoin, l'efficacité du traitement est améliorée avec l'augmentation du taux de CAG.
- Les pourcentages d'élimentation de la matière en suspension présentes dans l'eau usée brute après filtration sont très élevés est remarquable, les valeurs de MES obtenues pour les eaux traitées varient entre de 1,11 et 21,8 mg/l.
- Les valeurs de la turbidité de l'eau traitée oscillent entre 0,167 et 4,26 NTU, ce qui indique que le rendement de clarification de l'effluent traité est très important.
- Une diminution remarquable de l'azote total dans les filtres à sable montre que les filtres étudiés adsorbent essentiellement de l'azote inorganique sous forme de nitrates (NO_3^-) et ammonium (NH_4^+).

- Les filtres choisis sont très efficace pour adsorber les métaux lourds : le sable et le CAG jouent le rôle d'un adsorbant et retient des métaux lourds.

D'une façon générale, nous pouvons dire que toutes les valeurs des paramètres étudiés sont largement conformes aux normes algériennes admises pour les eaux épurées utilisées à des fins d'irrigations (JORA, 2012).

Finalement, les résultats de ce travail confirment que la technologie étudiée semble très efficace et pratique pour résoudre le problème de dépollution des eaux usées notamment pour les zones industrielles et les petites collectivités.

Références Bibliographiques

- د. نصر حايك: تلوث المياه وتنقيتها، جامعة قسنطينة، الجزائر، 1989.

1. **Achouri F:** Mémoire d'Etude des performances épuratoires de la station d'épuration par lagunage naturel de l'oued Béni-Messous W. d'Alger en vue de L'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Alger (2003).
2. **ADE** "tizi-ouzou": control des parameters physico-chimique et Bactériologiques d'une eau de consommation.
3. **Alexandre O., Boutin C., Duchène P., Lagrange C., Lakel A., Liénard A., Orditz D.:**Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités (1997).
4. **Aouabed:** Les différents procédés de traitement des eaux usées, (2009)
5. **Asano T:** Wastewater réclamation and reuse. Water quality management library, (1998).
6. **Boeglin J.C:** Traitements biologiques des eaux résiduaires (1998).
7. **Boumediene M.A:** Mémoire Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues actives : Cas de la step Ain el Houtz, Diplôme de licence en hydraulique, Tlemcen (2013).
8. **Cauchi. Dossier:** la réutilisation des eaux usées après épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2 : 81-118, (1996)
9. **Chellé F., Dellale M., Dewachter M., Mapakou F., Vermey L:** L'épuration des eaux :pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, (2005).
10. **D.R.E:** (Direction des ressources hydriques Wilaya d'El-Oued) (2017), Enquête sur l'exploitation et le besoin en AEP de Wilaya d'El-Oued.
11. **Dhaouadi H:** Etude Traitement des eaux usées urbaines (les procédés biologiques d'épuration) Tunis, (2008).
12. **Djeddi H:** Mémoire d'Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, diplôme de Magistère en Ecologie et Environnement, (2007)
13. **D'ornano M., Mehaignerie P:** Lagunage naturel et lagunage aéré procédés d'épuration des petites collectivités (Juin, 1979).
14. **Faby J.A et Brissaud:** L'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau, (1997).
15. **Faby J.A:** l'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau,(1999)

16. **FAO**: Etude L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage papier, (2003).
17. **Gaid.A**: Traitement des eaux usées urbaines, France (2007).
18. **GASMI. I**: Etude de faisabilité de l'épuration des eaux usées par un lagunage naturel (Cas de la région de M'rara), Juin 2015.
19. **GHEDEIR AMAR. H**: Suivi Des Performances De Fonctionnement D'une Station D'epuration (Cas Step 01), 2016.
20. **Haouti H**: Mémoire Etude de réhabilitation et d'extension de la station d'épuration de la ville Djelfa, diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Djelfa (2005)
21. **KHECHANA. S**: Etude de la gestion intégrée des ressources en eaux dans la vallée d'Oued-Souf, Mémoire de Magister en hydrogéologie. Université d'Annaba, (2007)
22. **Laurent J.L**: L'assainissement des agglomérations: Technique d'épuration actuelles et évolutions, France, (Avril 1994).
23. **ONM**: (Office National Météorologique), station de Guemar, données climatiques, (1976-2008)
24. **Perera P et Baudot B**: Procédés extensifs d'épuration des eaux usées, France (mai,1991
25. **SAHRAOUI. B**: Diagnostic et rehabilitation D'un forage du complexe Terminal et ses équipements Cas du forage de Guemar Est.(2016).
26. **ZAIZ ISSAM**: mémoire de magister, étude qualitative des eaux de la nappe du complexe terminal dans la vallée d'oued-Souf (sud-est algérien).
27. **Zoubiedi.A**: Etude de pouvoir epuratoire des eaux usées par filter planté de macrophyte, (2016).

➤ **Quelques sites web pertinents:**

1. <http://www.cieau.com/les-eaux-usees/les-origines-des-eaux-usees>.
2. <http://www.degremont.com>
3. <http://www.oieau.fr>
4. <http://www.scitrav.com>
5. https://fr.wikipedia.org/wiki/Eaux_us.
6. <https://www.safewater.org>.

Annex (01) : Evolution journalières du déferent paramètre physico-chimique

PH

<i>Les filtres</i>	<i>BRUTE</i>	<i>S 0% CA</i>	<i>S 5% CA</i>	<i>S 10% CA</i>	<i>S 20% CA</i>
<i>(1^{er} jour)</i>	7.01	6.55	7.31	8.15	8.52
<i>(2^{eme} jour)</i>	7.01	6.56	7.04	7.95	7.99
<i>(3^{eme} jour)</i>	7.01	6.26	6.76	7.73	8.09
<i>(6^{eme} jour)</i>	7.01	6.16	6.6	6.87	7.75
<i>(7^{eme} jour)</i>	7.01	7.5	7.61	7.41	7.35
<i>(8^{eme} jour)</i>	7.01	6.24	6.77	7.06	7.21

T (C°)

<i>Les filtres</i>	<i>BRUTE</i>	<i>S 0% CA</i>	<i>S 5% CA</i>	<i>S 10% CA</i>	<i>S 20% CA</i>
<i>(1^{er} jour)</i>	19.3	13.6	12.1	12.5	12.3
<i>(2^{eme} jour)</i>	19.3	14.1	11.8	12.8	14
<i>(3^{eme} jour)</i>	19.3	21.3	20.9	20.9	20.8
<i>(6^{eme} jour)</i>	19.3	21	20.3	20.2	20.2
<i>(7^{eme} jour)</i>	19.3	11.8	18.2	18.2	18.2
<i>(8^{eme} jour)</i>	19.3	8.9	18.1	18.3	18.2

O2 (mg/l)

<i>Les filtres</i>	<i>BRUTE</i>	<i>S 0% CA</i>	<i>S 5% CA</i>	<i>S 10% CA</i>	<i>S 20% CA</i>
<i>(1^{er} jour)</i>	0.1	1.2	4.7	5.7	5.8
<i>(2^{eme} jour)</i>	0.1	3.7	5.6	4.5	4.4
<i>(3^{eme} jour)</i>	0.1	2.3	4.4	3.6	3.9
<i>(6^{eme} jour)</i>	0.1	2.7	4.9	3.7	3.7
<i>(7^{eme} jour)</i>	0.1	6.18	6.2	6.13	6.22
<i>(8^{eme} jour)</i>	0.1	4.4	5.3	5.1	5.5

Cond (ms/cm)

<i>Les filtres</i>	<i>BRUTE</i>	<i>S 0% CA</i>	<i>S 5% CA</i>	<i>S 10% CA</i>	<i>S 20% CA</i>
<i>(1^{er} jour)</i>	5.69	6.66	6.69	6.78	6.9
<i>(2^{eme} jour)</i>	5.69	6.82	6.93	7.02	7.08
<i>(3^{eme} jour)</i>	5.69	6.87	6.98	7	7.06
<i>(6^{eme} jour)</i>	5.69	6.24	6.31	6.27	6.41
<i>(7^{eme} jour)</i>	5.69	4.6	5.1	4.7	5.3
<i>(8^{eme} jour)</i>	5.69	6.08	6.37	6.25	6.28

Sal (%)

<i>Les filtres</i>	<i>BRUTE</i>	<i>S 0% CA</i>	<i>S 5% CA</i>	<i>S 10% CA</i>	<i>S 20% CA</i>
<i>(1^{er} jour)</i>	3.1	3.7	3.7	3.7	3.8
<i>(2^{eme} jour)</i>	3.1	3.8	3.8	3.8	3.9
<i>(3^{eme} jour)</i>	3.1	3.8	3.8	3.9	3.9
<i>(6^{eme} jour)</i>	3.1	3.4	3.4	3.4	3.5
<i>(7^{eme} jour)</i>	3.1	3.3	3.4	3.3	3.3
<i>(8^{eme} jour)</i>	3.1	3.4	3.5	3.4	3.4

DBO₅(mg/l)

<i>Les filtres</i>	<i>BRUTE</i>	<i>S 0% CA</i>	<i>S 5% CA</i>	<i>S 10% CA</i>	<i>S 20% CA</i>
<i>(1^{er} jour)</i>	380	70.6	30.6	34	26
<i>(2^{eme} jour)</i>	380	22	08	2	2
<i>(3^{eme} jour)</i>	380	30	12	4	6
<i>(6^{eme} jour)</i>	380	24	8	8	10
<i>(7^{eme} jour)</i>	380	10	4	2	6.5
<i>(8^{eme} jour)</i>	380	12	4	6	2

DCO (mg/l)

<i>Les filtres</i>	<i>BRUTE</i>	<i>S 0% CA</i>	<i>S 5% CA</i>	<i>S 10% CA</i>	<i>S 20% CA</i>
<i>(1^{er} jour)</i>	690	45.7	35.6	42.4	24.7
<i>(2^{eme} jour)</i>	690	/	/	/	/
<i>(3^{eme} jour)</i>	690	/	/	/	/
<i>(6^{eme} jour)</i>	690	28	17	15	12.4
<i>(7^{eme} jour)</i>	690	13	10.5	8.16	10.3
<i>(8^{eme} jour)</i>	690	/	16	14.3	9.01

MES (mg/l)

<i>Les filtres</i>	<i>BRUTE</i>	<i>S 0% CA</i>	<i>S 5% CA</i>	<i>S 10% CA</i>	<i>S 20% CA</i>
<i>(1^{er} jour)</i>	340	20	2.22	3.33	3.33
<i>(2^{eme} jour)</i>	340	30	6.66	2.5	2.5
<i>(3^{eme} jour)</i>	340	52	21.8	18.8	10
<i>(6^{eme} jour)</i>	340	10	2.7	1.11	2.7
<i>(7^{eme} jour)</i>	340	8.3	7.7	6.66	5.83
<i>(8^{eme} jour)</i>	340	6.66	5.83	5	3.33

CN⁻(mg/l)

<i>Les filtres</i>	BRUTE	S 0% CA	S 5% CA	S 10% CA	S 20% CA
<i>(1^{er} jour)</i>	0.089	0.016	0.015	0.008	0.007
<i>(2^{eme} jour)</i>	0.089	/	/	/	/
<i>(3^{eme} jour)</i>	0.089	/	/	/	/
<i>(6^{eme} jour)</i>	0.089	/	/	/	/
<i>(7^{eme} jour)</i>	0.089	/	/	/	/
<i>(8^{eme} jour)</i>	0.089	0.003	0.001	0.002	0.001

Turbidite (NTU)

<i>Les filtres</i>	BRUTE	S 0% CA	S 5% CA	S 10% CA	S 20% CA
<i>(1^{er} jour)</i>	200	18.3	4.26	3.84	3.23
<i>(2^{eme} jour)</i>	200	16.3	0.194	0.314	1.8
<i>(3^{eme} jour)</i>	200	45.6	0.507	1.5	2.35
<i>(6^{eme} jour)</i>	200	5.37	0.507	1.62	0.308
<i>(7^{eme} jour)</i>	200	4.57	0.167	0.232	0.896
<i>(8^{eme} jour)</i>	200	4.09	0.457	0.308	0.297

NITRATE (mg/l)

<i>Les filtres</i>	BRUTE	S 0% CA	S 5% CA	S 10% CA	S 20% CA
<i>(1^{er} jour)</i>	1.18	9.21	9.05	5.46	5.61
<i>(2^{eme} jour)</i>	1.18	/	/	/	/
<i>(3^{eme} jour)</i>	1.18	/	/	/	/
<i>(6^{eme} jour)</i>	1.18	/	/	/	/
<i>(7^{eme} jour)</i>	1.18	/	/	/	/
<i>(8^{eme} jour)</i>	1.18	0.421	0.972	0.275	0.235

NITRITE (mg/l)

<i>Les filtres</i>	BRUTE	S 0% CA	S 5% CA	S 10% CA	S 20% CA
<i>(1^{er} jour)</i>	0.261	0.198	0.587	0.055	0.471
<i>(2^{eme} jour)</i>	0.261	/	/	/	/
<i>(3^{eme} jour)</i>	0.261	/	/	/	/
<i>(6^{eme} jour)</i>	0.261	/	/	/	/
<i>(7^{eme} jour)</i>	0.261	/	/	/	/
<i>(8^{eme} jour)</i>	0.261	0.084	0.144	0.114	0.097

NI (mg/l)

<i>Les filtres</i>	<i>BRUTE</i>	<i>S 0% CA</i>	<i>S 5% CA</i>	<i>S 10% CA</i>	<i>S 20% CA</i>
<i>(1^{er} jour)</i>	1.18	0.505	0.5	0.081	0.514
<i>(2^{eme} jour)</i>	1.18	/	/	/	/
<i>(3^{eme} jour)</i>	1.18	/	/	/	/
<i>(6^{eme} jour)</i>	1.18	/	/	/	/
<i>(7^{eme} jour)</i>	1.18	/	/	/	/
<i>(8^{eme} jour)</i>	1.18	0.110	0.09	0.095	0.091

NH₄⁺(mg/l)

<i>Les filtres</i>	<i>BRUTE</i>	<i>S 0% CA</i>	<i>S 5% CA</i>	<i>S 10% CA</i>	<i>S 20% CA</i>
<i>(1^{er} jour)</i>	54.3	0.657	0.992	1.598	1.336
<i>(2^{eme} jour)</i>	54.3	1.796	2.7	2.202	2.948
<i>(3^{eme} jour)</i>	54.3	1.072	0.672	1.104	1.564
<i>(6^{eme} jour)</i>	54.3	1.208	0.824	0.756	0.582
<i>(7^{eme} jour)</i>	54.3	0.652	0.647	0.665	0.982
<i>(8^{eme} jour)</i>	54.3	0.618	0.725	0.829	0.89

Annex (02) : Spécification des eaux usée épurées utilisées a des fins d'irrigation

ANNEXE

**SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES
UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION**

I. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES

	PARAMETRES	UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = 0 - 3 CE	ds/m	0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12		0.5
12 - 20	1.3		
	20 - 40	3	
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercuré	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
Zinc	mg/l	10.0	

(*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.

Annex (03) : valeurs limites maximale de la teneur en substances nocives des eaux usée autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration.

ANNEXE

Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration

PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0,1
Arsenic	0,1
Bérylium	0,05
Cadmium	0,1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexavalent	0,1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0,1
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	500
Demande chimique en oxygène (DCO)	1000
Etain	0,1
Fer	1
Fluorures	10
Hydrocarbures totaux	10
Matières en suspension	600
Magnésium	300
Mercurure	0,01
Nickel	2
Nitrites	0,1
Phosphore total	50
Phénol	1
Plomb	0,5
Sulfures	1
Sulfates	400
Zinc et composés	2

* Température : inférieure ou égale à 30° C

* PH : compris entre 5,5 et 8,5