



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences et de la technologie
Département de chimie industrielle

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques
Filière : Génie des procédés
Spécialité : Génie des procédés de l'environnement

Réf. :

Présenté et soutenu par :
Kaddouri mebarka

Le : samedi 6 juillet 2019

Etude expérimentale d'épuration des eaux urbaines par infiltration-percolation

Jury :

Mme. AIDI Amel	M.C.A Université de Biskra	Président
Mr. FADEL Ammar	M.C.A Université de Biskra	Encadreur
Mme. DJEBABRA Sihem	M.C.B Université de Biskra	Examinateur

Année universitaire : 2018 - 2019

Remerciement

Je remercie tout d'abord le bon dieu qui m'a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail, je remercie ma famille.

Ce travail ne serait jamais vu la lumière sans la contribution efficace de tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, par leur appui en acquisition de documents et de matériels nécessaires, en accès à l'information ou par leur soutien moral et encouragements.

A tous, je suis redevable et reconnaissant. Néanmoins, dans ce chemin de reconnaissance, il y a des personnes qu'il faut citer.

*Tout d'abord mon encadreur **Mr FADEL Ammar** pour avoir consacré une partie de son temps pour m'encadrer et pour leur patience.*

*Je voudrais aussi remercier **Dr A. Ouakouak** à l'université d'el-oued pour son soutien pendant la durée de ce travail.*

Je remercie également les membres de jury d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Par la même occasion je remercie: Mes enseignants de filière de Génie des procédés.

Je remercie les personnes de La station de l'épuration des eaux usées (ONA) Batna pour sa contribution à travers les renseignements et les documents de mon étude.

Et Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de ce mémoire.

Dédicace

A mes parents avant tout et pour tout

A mes frères et mon fiancée

A toute ma famille et à mes chers amis chacun en son nom,

*A ceux que j'ai aimé et ceux qui m'ont aimés, à ceux qui
m'ont aidé à réaliser ce modeste travail et pour leurs
encouragements, Ainsi qu'à tous mes enseignants.*

A la promotion 2019,

A chaque personne qui m'a aidé

Je dédie ce mémoire

Mebarka

Abréviation

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (mg/l).

DCO : Demande Chimique en Oxygène (mg/l).

MES : Matière En Suspension (mg/l).

NO₃⁻ : nitrates.

ONA : Office National d'Assainissement.

pH : potentiel Hydrogène.

PO₄⁻³ : phosphates.

FNU : Formazin Néphélométrie Unit.

Liste des Figures

Figure I.1 : Carte de situation géographique de la ville de Biskra	3
Figure I.2 : Principaux ensembles géo-structuraux de l'Algérie	4
Figure I.3 : Les ressources en eau en Algérie	7
Figure III.1 : Le dégrillage	16
Figure III.2 : Dessablage et Déshuilage	17
Figure III.3 : Le procédé d'infiltration-percolation en échelle réelle	18
Figure III.4 : Décantation secondaire	20
Figure IV.1 : Lieu de prélèvement	21
Figure IV.2 : Schéma d'installation expérimentale	23
Figure IV.3 : Turbidimètre	24
Figure IV.4 : DBO mètre	25
Figure IV.5 : Des tubes de DCO	26
Figure IV.6 : pH mètre (Hi 2210)	27
Figure IV.7 : Conductivité mètre	28
Figure V.1 : Variation temporelle de pH dans tous les filtres	31
Figure V.2 : Variation de la conductivité (ms/cm) dans tous les filtres étudiés	32
Figure V.3 : Variation de DBO ₅ (mg/l) dans les filtres étudiés	33
Figure V.4 : Variation de DCO (mg/l) dans les filtres étudiés	34
Figure V.5 : Variation de MES (mg/l) dans les filtres étudiés	35
Figure V.6 : Variation de la turbidité (FNU) dans les filtres étudiés	37
Figure V.7 : Variation de Nitrate (mg/l) dans tous les filtres étudiés	38
Figure V.8 : Variation de phosphate (mg/l) dans les filtres étudiés	39

Liste des Tableaux

Tableau I.1: Précipitations moyennes annuelles, relevées à la station de Biskra	5
Tableau I.2: Températures moyennes mensuelles	5
Tableau I.3: Vitesses moyennes des vents, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).	6
Tableau I.4: Humidités relatives moyennes, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).	6
Tableau II.1: Composants majeurs typique d'eau usée domestique.	10
Tableau II.2: Normes de rejets internationales.	14
Tableau V.1: Cinétique de dégradation de la DBO ₅ dans tous les filtres étudiés.	33
Tableau V.2: Évolution de la dégradation de la DCO dans les filtres étudiés.	35
Tableau V.3: Évolution de la dégradation de MES dans les filtres étudiés.	36
Tableau V.4: Évolution de phosphate dans les filtres étudiés.	39

Sommaire

Remerciement

Dédicace

List des figures

List des tableaux

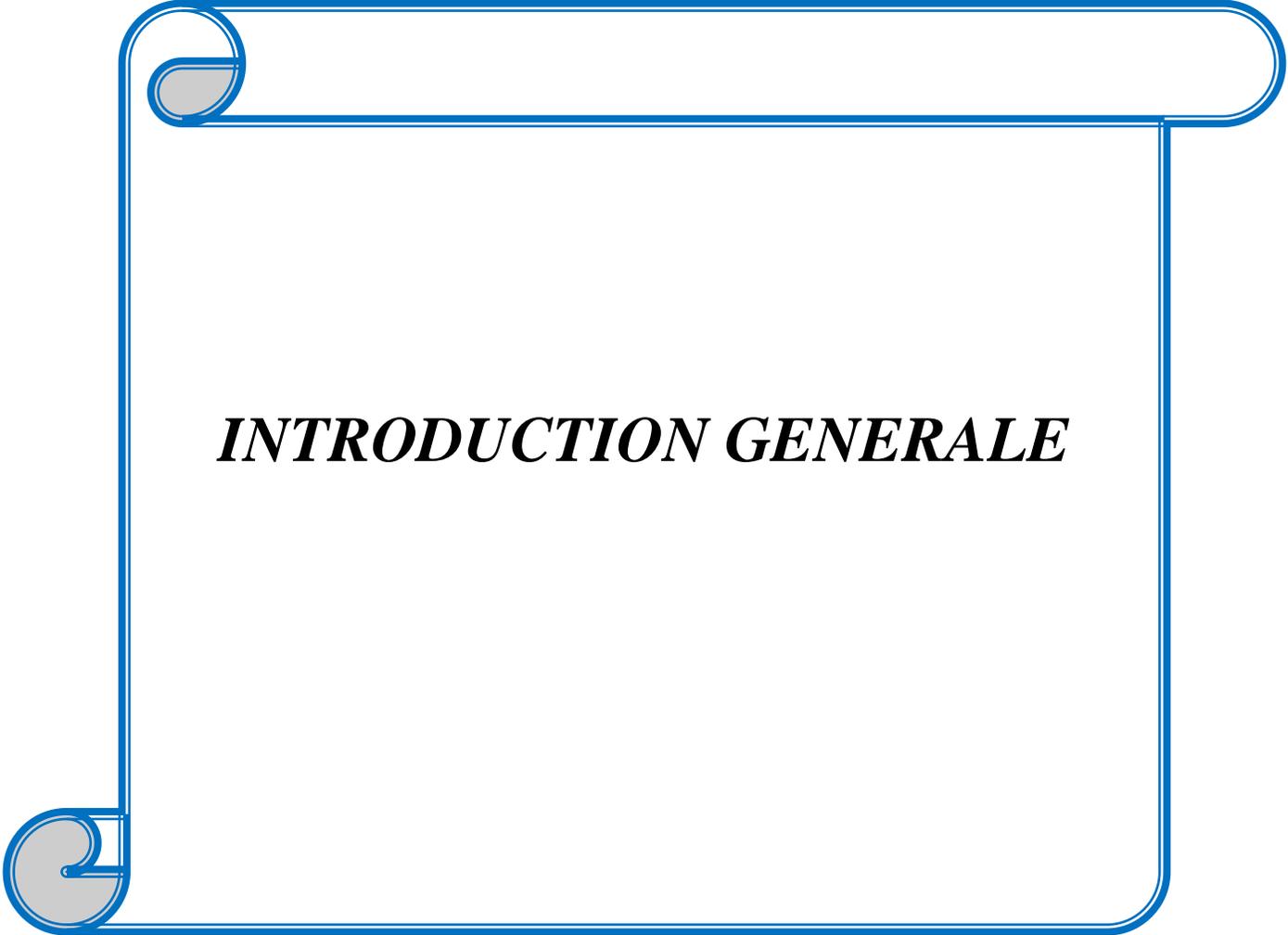
Abréviation

Introduction générale	1
Chapitre I :Présentation de la zone d'étude	
I.1.Situation géographique	3
I.2.Situation Géologique	4
I.3.Paramètres Climatologiques	4
I.3.1.La précipitation	4
I.3.2.Les températures	5
I.3.3.Les Vents	5
I.3.4.L'Humidité	6
I.4.Situation socio-économique	6
I.5.Situation hydrogéologique	7
I.5.1.La nappe phréatique	7
I.5.2.La nappe des sables	8
I.5.3.La nappe des calcaires	8
I.5.4.Le Continental Intercalaire	8
Chapitre II :Les eaux usées : origine et caractérisation	
II.1. Originedes eaux usées	9
II.1.1.Les eaux usées domestiques	9
II.1.2.Les eaux pluviales	9
II.1.3.Les eaux usées industrielles	9

II.1.4. les eaux usées agricole	10
II.2.Composition des eaux usées	10
II.3.Pollution de l'eau	10
II.3.1.Les types de la pollution	10
II.3.1.1.Pollution physique	10
II.3.1.2.Pollution chimique	11
II.3.1.3.Pollution microbiologique	11
II.4.Caractéristiques des eaux usées	12
II.4.1.Caractéristiques physiques-chimiques:	12
II.4.2.Caractéristiques microbiologique	13
II.5. Normes internationales	13
Chapitre III :Procédés d'épuration des eaux usées	
III.1.Normes de choix du procédé d'épuration	15
III.2.Etapes d'épuration des eaux usées	15
III.2.1.Traitement préliminaire	15
III.2.1.1.Dégrillage	16
III.2.1.2.Dessablage	16
III.2.1.3.Déshuilage	16
III.2.2.Traitement primaire	17
III.2.3.Le traitement biologique	17
III.2.3.1.Les procédés biologiques extensifs	18
III.2.3.2.L'infiltration-percolation sur sable	18
III.2.3.3.Les procédés biologiques intensifs	19
III.2.4.Décantation secondaire	19
III.2.5.Le traitement tertiaire et/ou avancé	20
Chapitre IV : Matériels et méthode	

IV.1. But général de la manipulation	21
IV.1.1. Principe de La manipulation	21
IV.2. Prélèvement	21
IV.2.1. Echantillonnage	21
IV.2.2. Lieu de prélèvement	21
IV.3. Dispositif expérimental	22
IV.3.1. Préparation de la colonne	22
IV.4. Méthodes d'analyses et résultats	23
IV.4.1. Détermination de la turbidité	23
IV.4.2. La détermination de la demande biologique en oxygène (DBO5)	24
IV.4.3. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)	25
IV.4.4. Détermination des pH	26
IV.4.5. Détermination des matières en suspension (MES)	27
IV.4.6. Détermination de la conductivité	28
III.4.7. Détermination des nitrates (NO_3^-)	28
III.4.8. Détermination des phosphates (PO_4^{-3})	29
Chapitre V : Résultats et Discussions	
V.1. Rendement épuratoire	30
V.2. Résultats et discussions des paramètres analysées	30
V.2.1. Paramètres physiques	30
V.2.1.1. Potentiel d'hydrogène pH	30
V.2.1.2. Conductivité électrique	31
V.2.1.3. Demande biochimique en oxygène DBO_5	32
V.2.1.4. Demande chimique en oxygène (DCO)	34
V.2.1.5. Matières en suspension	35
V.2.1.6. Turbidité	36

V.2.1.7.Nitrates (NO_3^-)	37
V.2.1.8.phosphate(PO_4^{-3})	38
V.3.Conclusion	40
Conclusion Générale	41
Bibliographiques	



INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'eau est la source de la vie et le vecteur le plus important pour la réalisation du développement durable. La gestion des ressources en eau est parmi les questions soulevée, en particulier dans les pays en développement, L'accès durable aux ressources en eau est une préoccupation majeure qui concerne tous les pays du bassin méditerranéen. Le changement climatique et la croissance urbaine et démographique attendus dans la région, risquent d'aggraver la situation de stress hydrique en Algérie (Djaffar S et Kettab A, 2015).

La pollution de l'eau résulte de la contamination par les matières organiques et chimiques qu'on retrouve dans les déchets humains, animaliers et industriels, ainsi que dans les engrais, les produits phytosanitaires, bactériologiques et même les médicaments. En fait, dans les pays sous-développés, 95% des eaux usées domestiques et 75% des déchets industriels sont évacués dans les rivières, alors que même les pays industrialisés n'échappent pas au blâme, vu qu'un tiers des déchets humains et des millions de tonnes de déchets animaliers sont rejetés dans les champs, soit pour les fertiliser, soit tout simplement pour s'en départir. Ces déchets humains et animaliers contiennent des chlorures et des nitrates qui contaminent les eaux phréatiques,(Economiesolidaire.2014). 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 obtenu sont montré qu'il y avait plusieurs paramètres qui influencent sur ce type de traitement.

L'infiltration-percolation est un procédé d'épuration par filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin (Perera et Baudot, 1991), très répandue en raison du faible cout énergétique qu'elle entraine, du peu de technicité demandée pour son simple entretien et de sa facilité d'intégration au site.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'examiner la possibilité d'améliorer la capacité de filtration des filtres de biocompatibilité avec un matériau absorbant. Les filtres proposés sont des filtres à dunes modifiés en ajoutant une quantité spécifique de granule de charbon actif.

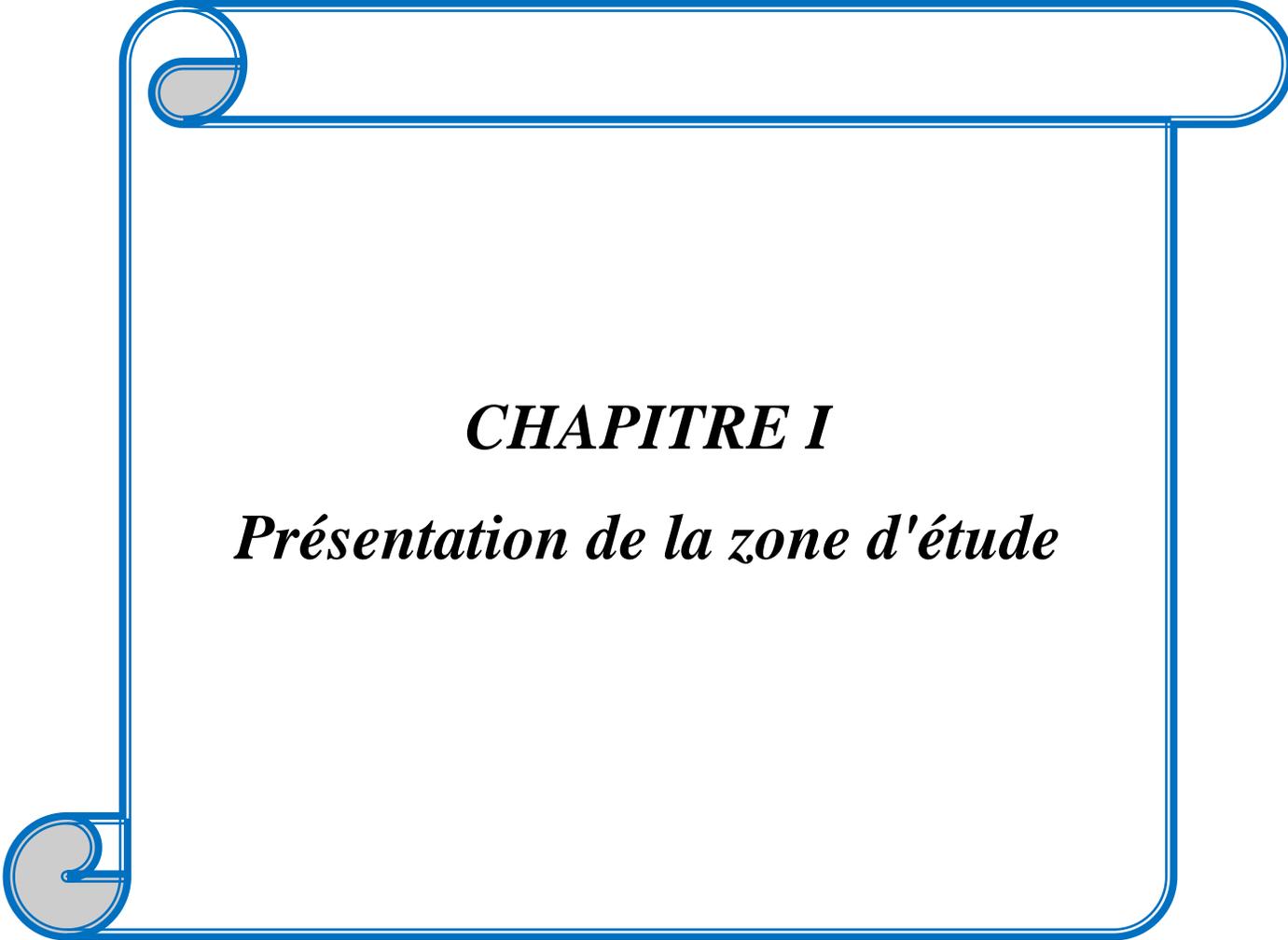
La capacité des filtres étudiés à éliminer divers contaminants tels que les matières organiques et azotées présentes dans les déchets liquides secondaires de la ville de Tolga dans la région de Biskra. Plusieurs facteurs influençant la filtration, tels que le temps de résidence et le taux de charbon actif, ont été pris en compte.

Les résultats d'eau traitée des filtres étudiés seront comparés aux valeurs obtenues avec le filtre de contrôle. De plus, nous comparerons les résultats avec les normes de rejets internationales pour les eaux usées traitées.

Le présent travail est effectué afin d'accomplir les objectifs précités, ce travail se divise en deux parties :

- ❖ la première partie (étude théorique) est divisée en trois chapitres:
 - 1- présentation de la zone d'étude.
 - 2- Les eaux usées : origine et caractérisation.
 - 3- Procédés d'épuration des eaux usées.
- ❖ la deuxième partie, est consacrée à l'étude pratique (expérimentale):
 - 1- Matériels et méthode.
 - 2- Résultats et Discussions.

A La fin de cette étude on termine par une conclusion générale.



CHAPITRE I

Présentation de la zone d'étude

Dans le premier chapitre, on va donner un aperçu historique sur la région d'étude, puis quelques informations sur des composantes climatiques, Géologie et hydrogéologie.

I.1. Situation géographique

La Wilaya de Biskra se situe au Sud-Est de l'Algérie, elle occupe une superficie de 21671 Km², son altitude est de 128 mètres/au niveau de la mer (Meguenni-tani A, 2013).

La wilaya de Biskra est limitée.

Au Nord: par la wilaya de Batna et de M'sila.

Au Sud: par la wilaya de Ouargla et d'El-Oued.

A L'Est: par la wilaya de Khenchela.

A L'Ouest: par la wilaya de Djelfa.

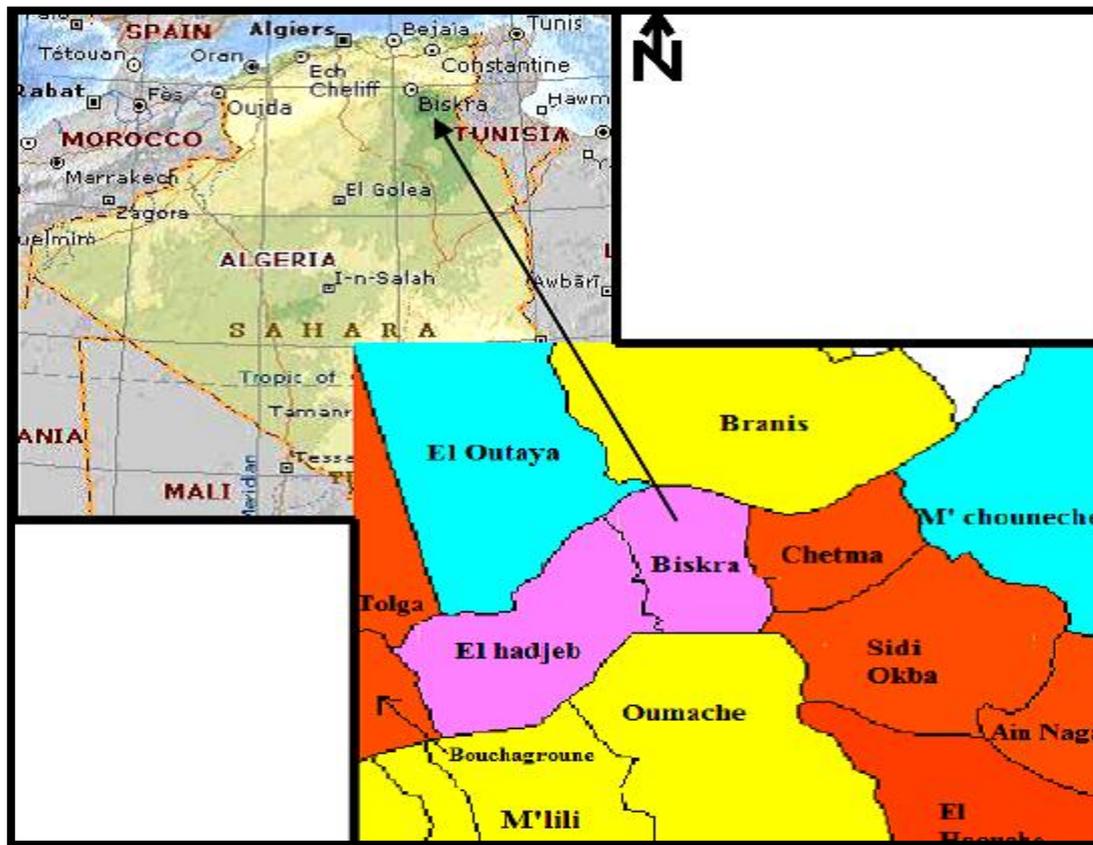


Figure I.1: Carte de situation géographique de la ville de Biskra.

La zone d'étude, circonscrite dans la wilaya de Biskra, est située au Sud-Est de l'Algérie, à environ 480 km au Sud-Est d'Alger.

D'une superficie de 127.55 Km², la ville de Biskra est limitée au Nord, par la commune de Branis, au Nord-Ouest par la commune d'El Outaya, à l'Est par la commune de Chetma, au

Sud-Est par la commune de Sidi Okba, au Sud- Ouest par la commune d'Oumache et à l'Ouest par la commune d'El Hadjeb (**Fig I.1**).

I.2.Situation Géologique

Du point de vue géologique, la région de Biskra représente un pays de transition structurale et sédimentaire, au Nord c'est un pays montagneux, tandis qu'au Sud, c'est un pays effondré, qui fait partie du Sahara Septentrional. Le passage entre ces deux domaines distincts se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de flexures, de plis-failles et de failles, d'orientation Est-Ouest, appelées « accidents sud atlasiques » (FigI.2) (Megueni-tani. A, 2013).

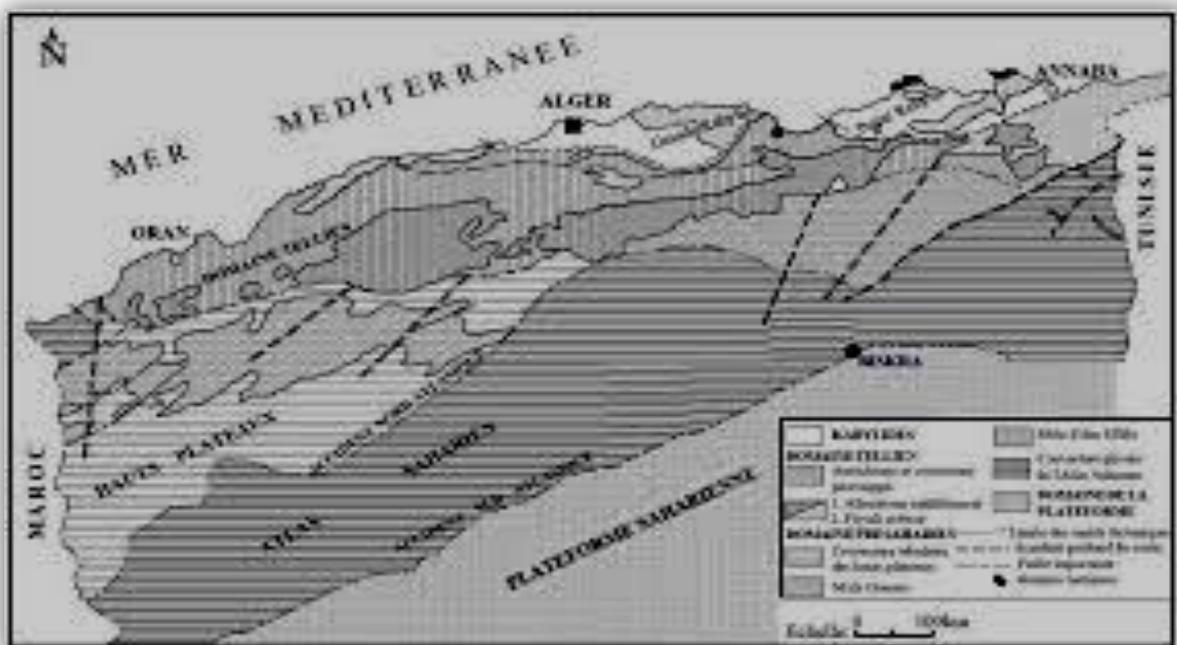


Figure I.2:Principaux ensembles géo-structuraux de l'Algérie.

I.3.Paramètres Climatologiques

I.3.1. La précipitation

Le terme « précipitations» englobe toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, que se soit sous forme liquide (pluie) ou sous forme solide (neige, grêle). Dans notre région d'étude, les précipitations sont faibles.

Années	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
PP(mm)	192.52	297.19	342.69	286.24	292.64	192.05	94.8	193
Années	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PP(mm)	64.5	88.8	47	156.9	294.1	58.5	173	79.3
Années	2008	2009	2010	2011	2012	P MOY(mm)		
PP(mm)	118.4	169.8	185.5	252.3	54.5	173.05		

Tableau I.1: Précipitations moyennes annuelles, relevées à la station de Biskra. (1992-2012).

D'après cette série de 21 ans « 1992-2012 » tableau (I.1), La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée sur cette période est de **173.05 mm**. Toutefois, la pluviométrie annuelle est très variable d'une année à l'autre (Meguenni-taniA, 2013).

I.3.2. Les températures

La température est le second facteur, après la précipitation qui conditionne le climat d'une région, elle permet aussi d'estimer le déficit d'écoulement. La température moyenne annuelle est de 22.57°C. Le tableau (I.2) Donne les températures moyennes mensuelles pour une période de 21 ans (1992-2012).

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	Jui	juil
T(°C)	11.65	13.36	17.18	20.89	26.41	31.55	34.59
Mois	aoù	sept	Oct	nov	déc	Moyenne	
T(°C)	34.15	28.81	23.31	16.49	12.42	22.57	

Tableau I.2: Températures moyennes mensuelles (1992-2012).

I.3.3. Les Vents

Les vents sont fréquents et répartis sur toute l'année, avec des vitesses moyennes mensuelles de 4.31 m/s environ; alors que les vitesses maximales sont enregistrées aux mois d'avril et mai (respectivement 5.71 et 5.35m/s).(Tableau I.3).

Durant la saison sèche, les vents dominants sont de secteur Sud-Est. En effet, Durant cette période arrivent souvent des siroccos, d'une moyenne de 58 jours/an (Meguenni-taniA, 2013). Pendant la saison hivernale, les vents du secteur Nord-Est sont dominants, amenant de l'humidité du Nord.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Vitesse moyenne(m/s)	4.09	4.46	4.87	5.71	5.35	4.26	3.84
Mois	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moyenne annuelle	
Vitesse moyenne(m/s)	3.59	3.93	3.59	3.96	4.03	4.31	

Tableau I.3: Vitesses moyennes des vents, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).

I.3.4. L'Humidité

Ce paramètre est relativement faible dans la zone d'étude; la moyenne est de 42.14%. Cette faible valeur s'explique par l'aridité du climat et la concentration des masses d'air chaud du sahara.

Les valeurs moyennes mensuelles sont insérées dans le tableau(I.4), ci-dessous.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil
Humiditérelative (%)	58.13	49.47	42.33	38.87	33.80	28.20	25.73
Mois	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moyenne annuelle	
Humiditérelative (%)	28.73	39.93	46.67	54.40	59.40	42.14	

Tableau I.4: Humidités relatives moyennes, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).

I.4.Situation socio-économique

Du point de vue humain, Biskra représente la ville la plus importante de la région: la population de la commune est de 194516 habitants (Le chef lieu de Biskra contient un plus que 30% de la population générale qui est de l'ordre de 671932 habitants avec un taux de croissance de 2.7%) selon les chiffres de l'office national des statistiques en 2003.

Dans la région de Biskra, comme dans beaucoup d'autres au Sahara les principales activités économiques sont liées aux cultures du palmier dattier et à l'élevage(Sedrati N, 2011).

I.5. Situation hydrogéologique

La détermination des caractéristiques hydrogéologiques est une opération indispensable pour la et l'identification des aquifères. Cependant, elle reste tributaire de l'existence et de la disponibilité de l'information. .

La plaine de Biskra présente des ressources en eau souterraines importantes, représentées par quatre unités aquifères:

- ✚ Nappe phréatique du Quaternaire.
- ✚ Nappe des Sables du Mio-pliocène.
- ✚ Nappe des calcaires de l'Eocène inférieur et du Sénonien.
- ✚ Nappe des grès du continental Intercalaire.

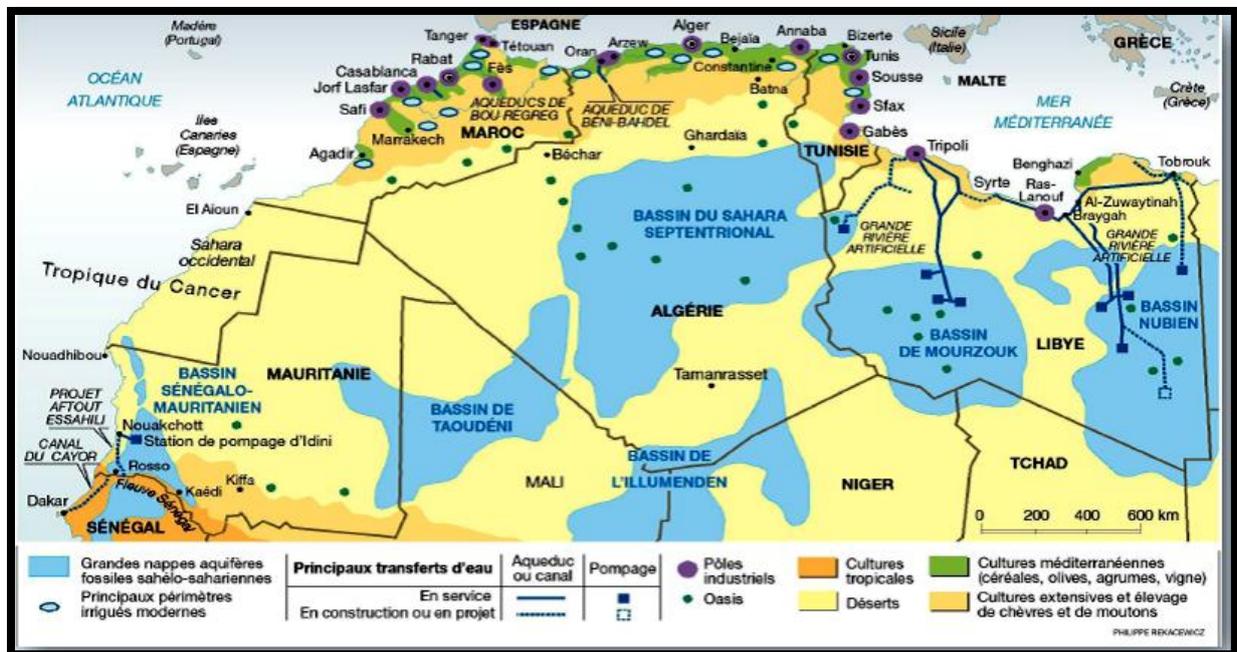


Figure I.3: Les ressources en eau en Algérie(Djaffar S. et Kettab A, 2015).

I.5.1.La nappe phréatique

Cette nappe se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires, elle est alimentée essentiellement par les eaux des précipitations, d'infiltration des Oueds et des eaux d'irrigation.

Cette nappe est trop sollicitée dans la ville de Biskra, elle est utilisée pour l'alimentation en eau potable. Sa profondeur est comprise entre 20m et 150 m, avec un débit oscillant entre 05L/s et 20 L/s et une qualité chimique qui se situe de bonne à mauvaise, selon les zones (Megueni-taniA, 2013).

I.5.2. La nappe des sables

L'aquifère est constituée par une alternance de niveaux d'Argiles, Sables, et Cailloutis d'âge mio-pliocène, elle couvre une grande superficie de la wilaya. La profondeur de cette nappe varie de 100m à 300 m, avec un débit moyen de 15 L/s (Meguenni-taniA, 2013).

A l'Est de la wilaya de Biskra, cette nappe se subdivise en deux aquifères, séparés par une épaisse couche d'argile et d'argile sableuse, l'un profond désigné sous le nom du Pontien et l'autre moyennement profond qui est la nappe du Mio-Pliocène, connue dans cette région.

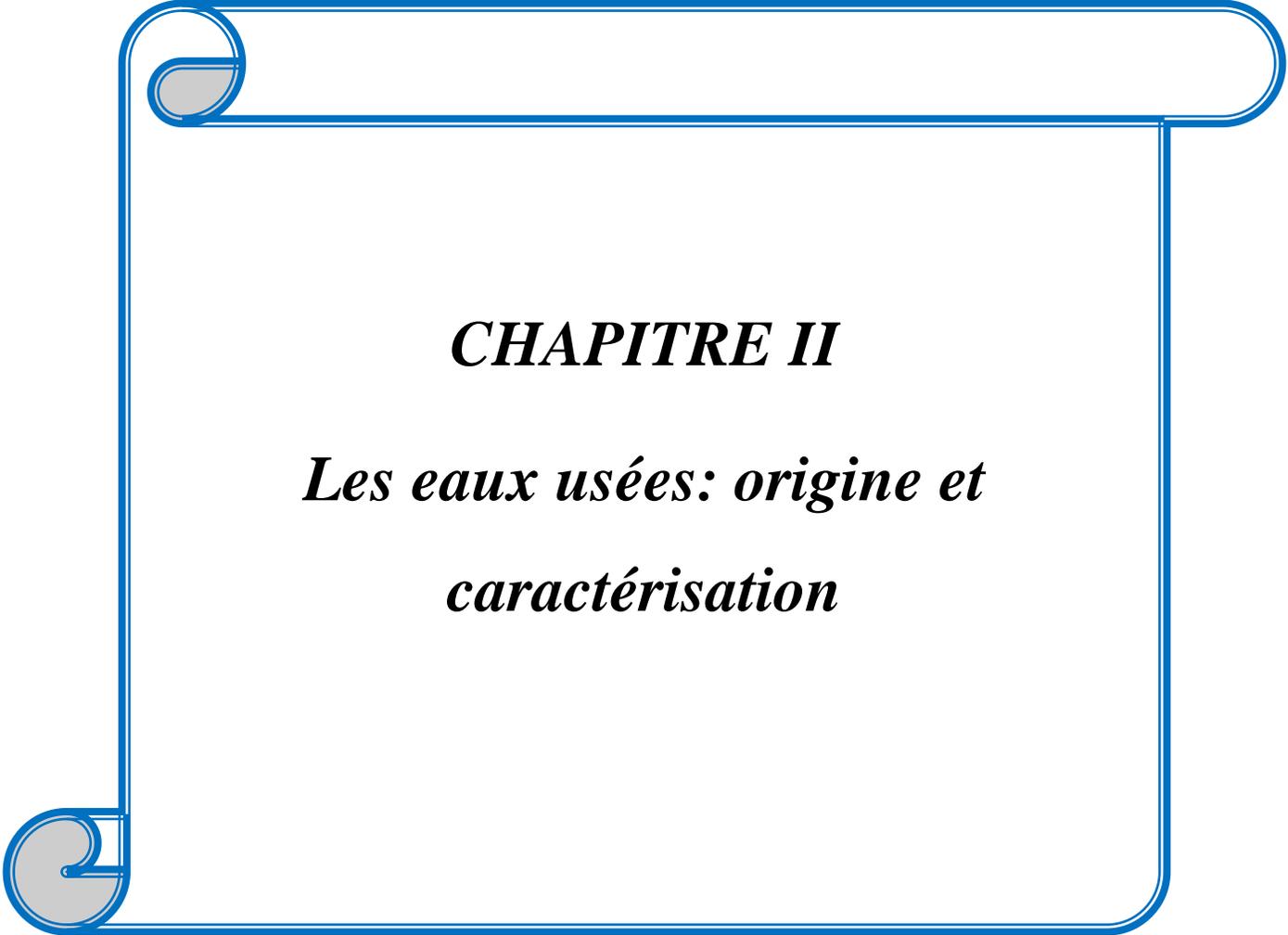
I.5.3. La nappe des calcaires

Cette nappe est constituée essentiellement de calcaires fissurés, d'âge Eocène inférieur, elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Zibans, cette dernière est appelée « Nappe de Tolga ». La profondeur de cette nappe varie de 100 m dans la zone de Tolga, à 500 m dans la zone de Lioua, le débit de cette nappe varie de 10 L/s jusqu'à 30 L/s, jaillissant dans les zones d'Ourlal et Lioua .

Au Nord et au Nord Est de la wilaya de Biskra, cette nappe est représentée par un aquifère très important qui est le Maestrichtien et le Campanien, d'une profondeur comprise entre 200m et 900 m et d'une bonne qualité chimique d'eau(Meguenni-taniA, 2013).

I.5.4. Le Continental Intercalaire

C'est un réservoir très important, constitué essentiellement de Grés et de marnes d'âge Albien et Barrémien, son exploitation est très coûteuse, en raison de sa profondeur qui dépasse 2000 m, la température de l'eau peut dépasser les 60°C(Meguenni-taniA, 2013). Cette nappe est représentée dans la wilaya, par des sources hydro thermales qui sont les sources de Hammame Essalhines, dans la commune de Biskra et de Hammam Sidi El- Hadj, dans la commune d'El-Outaya. (Chabour N, 2006).



CHAPITRE II

***Les eaux usées: origine et
caractérisation***

En parlant de l'eau usée il semble important d'avoir une idée sur sa définition, son origine et ses caractéristiques, ainsi que les différentes méthodes utilisées pour son épuration.

II.1. Origines des eaux usées

On distingue 3 origines des eaux usées :

II.1.1. 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, et en eaux vannes ; il s'agit des rejets des toilettes chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (Gomella, Cet al, 1978)

II.1.2. Les eaux pluviales

Elles peuvent aussi constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses.

L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, ...).

En outre, lorsque le système d'assainissement est dit "unitaire", les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques (Libes Y, 2010).

II.1.3. Les eaux usées industrielles

L'eau résiduaire industrielle désigne l'eau qui provient des activités industrielles. Elle est différente des eaux usées domestiques et ses caractéristiques varient d'une industrie à une autre.

Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, elles sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épuration (Libes Y, 2010).

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement (Baumont et al. 2004),

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

II.1.4. Les eaux usées agricole

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole (Grosclaude, 1999)

II.2. Composition des eaux usées

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes (Tableau I.1).

Constituants	Concentration (mg/l)		
	Fort	Moyen	Faible
Solides totaux	1200	700	350
Solides dissous(TDS)	850	500	250
Solides suspendus	350	200	100
Azote (en N)	85	40	20
Phosphore (en P)	20	10	6
Chlore	100	50	30
Alcalinité(en CaCO₃)	200	100	50
Graisses	150	100	50
DBO₅	300	200	100

Tableau II.1: Composants majeurs typique d'eau usée domestique. (M.S.ZEGHOUD, 2014)
En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les matières en suspension, les micro-organismes, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives (Zeghoud M S, 2014).

II.3. Pollution de l'eau

II.3.1. Les types de la pollution

II.3.1.1. Pollution physique

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs.

Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution atomique (retombées de radioéléments

issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires)(Bouassaba. F, 2013).

II.3.1.2. Pollution chimique

Elle est due au déversement des rejets industriels apportant de grandes quantités de substances chimiques dont certaines sont non dégradables (Bouassaba. F, 2013).

On trouve aussi dans les eaux usées domestiques diverses substances chimiques plus ou moins nocives. Ces substances proviennent des différents produits que nous utilisons.

On répertorie sur le marché 100.000 substances chimiques différentes, en quantité très faible, mais en nombre de molécules important. Ces produits combinés les uns aux autres constituent de véritables « cocktail » de molécules à effets inconnus. Les seuils de toxicité définis par la réglementation s'appliquent aux substances isolées, mais ne prennent pas en compte ces effets du cocktail (Mr Rahou K B, 2014)

II.3.1.3. Pollution microbiologique

Les paramètres microbiologiques font références à la présence et la quantité des organismes biologiques pathogènes, principalement l'Escherichia Coli, les streptocoques, lessalmonelles, les virus, et les parasites. Ces paramètres doivent être tenu en compte et éliminés, afin d'assurer la désinfection des eaux, et limiter ainsi un danger pour la santépublique(AmselemA,2013).

Vu leur rôle dans le processus, il nous a paru utile l'étude de quelques bactéries les plus rencontrées :

➤ Les virus

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

Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination), soit chez un individu infecté accidentellement (Sante.gouv.fr, 2016).

➤ Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 µm. La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries/g (Asano T, 1998).

➤ 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.

Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées (Asano T, 1998).

II.4. Caractéristiques des eaux usées

II.4.1. Caractéristiques physiques-chimique :

Il existe de nombreuses caractéristiques et comprises suivantes :

a) Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension sont exprimées en mg/l. Ce sont les matières non dissoutes contenues dans l'eau. Elles comportent à la fois des éléments minéraux et organiques. La plus grande partie des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées, est associée aux MES (F.A.O, 2003).

b) Matières décantables

Les matières décantables se composent des MES qui sédimentent en deux heures dans des conditions statiques. Et les matières non décantables sont celles qui restent dans l'eau et qui vont être dirigées vers les procédés biologiques (Gaid. A, 1984).

c) Demande biologique en oxygène (DBO5)

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu, Elle représente la demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (Chekroun. A, 2013).

d) Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent.

Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales) (Chekroun. A, 2013).

e) Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau, les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.

Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (Rodier J, 2009).

f) pH

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau (Rodier J, 2005).

g) Température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique 'pollution thermique'. Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32 °C par contre, elle est fortement diminuée pour de températures variant de 12 à 15 °C et elle s'arrête pour des températures inférieurs à 5°C(Rodier J, 2005).

h) Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes, la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement, la mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Rodier J, 2005).

i) Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organiques ou minérale (Rejsek F, 2005).

II.4.2. Caractéristiques microbiologique

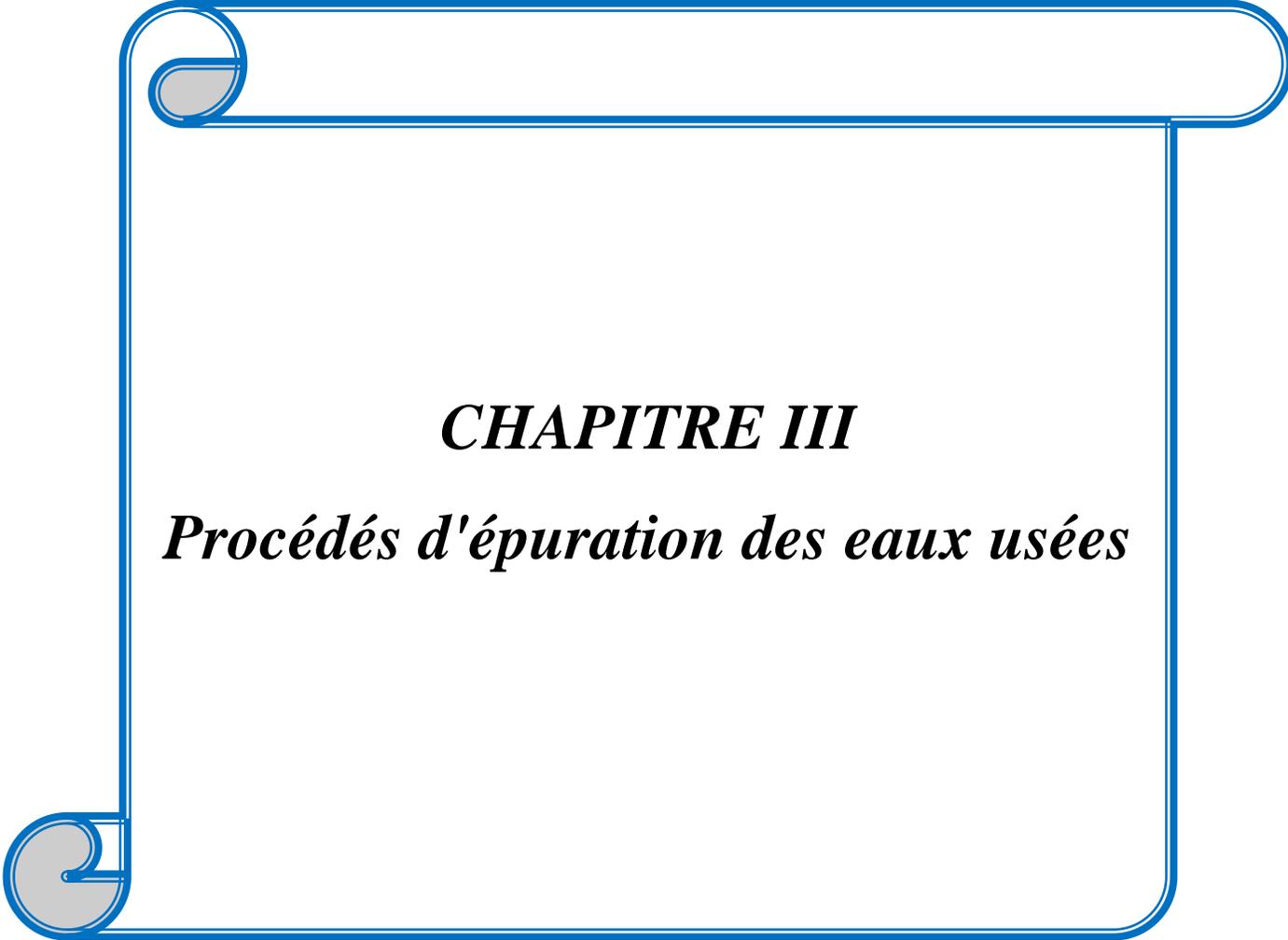
Les eaux usées domestiques sont fortement chargées en contaminants biologiques divers, les concentrations de ces derniers sont variables d'un micro-organisme à l'autre, certains sont pathogènes, d'autres non. Dans ce cadre on traite ceux qui sont pathogènes et qui présentent des dangers sanitaires (Vandermeersch S, 2006).

II.5. Normes internationales

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau suivant (CSHPF, 1995).

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

Tableau II.2 :Normes de rejets internationales.



CHAPITRE III

Procédés d'épuration des eaux usées

L'objectif d'épuration des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictés par la législation, et pouvant par suite être évacuée sans danger du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.

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 désiré.

Au cours de ce chapitre nous nous sommes intéressés à l'étude des différents procédés d'épuration de effluents avant les rejets dans le milieu naturel.

III.1. Normes de choix du procédé d'épuration

Chaque procédé possède des avantages et des inconvénients qu'il faut ensuite opposer aux contraintes particulières de chaque projet :

- Nature physico-chimique des eaux usées à traiter
- Contraintes sur la qualité de l'effluent rejeté
- Taille, topologie et nature géotechnique du terrain disponible
- Possibilité technique d'évacuer les boues
- Possibilité de valoriser tel ou tel sous produit d'épuration
- Nature des matériaux de construction disponibles
- Adaptabilité du procédé au climat
- Connaissances techniques disponibles
- Coût de revient et d'exploitation (palvamar.net/station).

III.2. Etapes d'épuration des eaux usées

Les stations d'épuration sont des petites usines qui traitent les eaux usées en par les étapes suivantes :

III.2.1. Traitement préliminaire

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 (Gaïd A. 2008).

III.2.1.1. Dégrillage

L'opération de dégrillage permet de protéger la station contre l'arrivée des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages au niveau de différentes unités de l'installation et d'éliminer les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements ultérieurs.

En fonction de l'espacement des barreaux on peut distinguer :

- Le dégrillage fin : écartement de 3 à 10 mm
- Le dégrillage moyen : écartement de 10 à 45 mm
- Le dégrillage grossier : écartement de 50 à 100 mm

Les dégrillages peuvent être verticaux; ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontale (Mimeche L, 2014).



Figure III.1: Le dégrillage.

III.2.1.2. Dessablage

Le dessablage consiste à retirer de l'effluent les sables et les particules minérales plus ou moins fines, afin de protéger les conduites et les pompes contre la corrosion et éviter même le colmatage des canalisations par les dépôts à la cour de traitement, la technique classique du dessableur consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une

vitesse d'environ de 0.3m/s qui permet le dépôt d'une grande partie des sables (Haoua A, 2007)

III.2.1.3. Déshuilage

C'est généralement le principe de la flottation qui est utilisé pour l'élimination des huiles. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes).

Leur élimination se fait ensuite par raclage de la surface. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages, notamment des canalisations (Bonnin J, 1977).



Figure III.2 : Dessablage et Déshuilage

III.2.2. Traitement primaire

Le traitement primaire élimine plus de la moitié des matières en suspension et constitue une pré-épuration non négligeable quoique insuffisante pour garantir la qualité du rejet en milieu naturel. Il fait appel à différents procédés physiques ou chimiques. Les matières en suspension se déposent au fond par différence en raison d'une densité supérieure à celle de l'eau, La décantation classique est possible lorsque les eaux prétraitées séjournent en eaux calmes dans le bassin de décantation primaire. Les matières en suspension, Les eaux usées et leur épuration organiques ou non, se déposent dans le fond du bassin simplement par gravité, elles y sont raclées et évacuées formant ainsi les boues primaires(LibesY,2010).

À la fin de ce traitement, la décantation de l'eau a permis de supprimer environ 60 % des matières en suspension, environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30% de la demande chimique en oxygène (DCO). Cette part de DBO₅ supprimée était induite par les matières en suspension. La charge organique restant à traiter est allégée d'autant. Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé boues primaires (Bontaux J, 1994).

III.2.3. Le traitement biologique

Le traitement secondaire est un traitement purement biologique des eaux usées et a pour objet de réduire la teneur en matière organique présentes dans ces eaux et leur dégradation biologique par les micro-organiques(Haoua A,2007), La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (en l'absence d'oxygène).

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

III.2.3.1. 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 :

- **Cultures fixées :** Infiltration-percolation ; Filtre planté à écoulement vertical ; Filtre planté à écoulement horizontal.
- **Cultures libres :** Lagunage naturel ; Lagunage à macrophyte ; Lagunage aéré. (Perera et Baudot, 1991).

III.2.3.2. L'infiltration-percolation sursable :

L'infiltration-percolation 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. Les charges hydrauliques sont de plusieurs centaines de litres par mètre carré de massif filtrant et par jour. L'eau à traiter est uniformément répartie à la surface du filtre qui n'est pas recouvert. La plage de distribution des eaux est maintenue à l'air libre et visible. Une autre variante intéressante de l'épuration par le sol est constituée par les filtres à sable horizontaux ou verticaux enterrés. Ces techniques utilisées, avant tout, pour les situations relevant de l'assainissement autonome restent intéressantes pour l'assainissement autonome regroupé concernant quelques centaines d'équivalents-habitants. Pour un filtre à sable vertical enterré, un dimensionnement de $3,5 \text{ m}^2/\text{hab.}$ est nécessaire et une alimentation basse pression recommandée (Perera et Baudot, 1991).



Figure III.3: le procédé d'infiltration-percolation en échelle réelle.

➤ **Avantage**

- Excellents résultats sur la DBO5, la DCO, les MES.
- Nitrification poussée.
- Superficie nécessaire bien moindre que pour un lagunage naturel.
- Capacité de décontamination intéressante.

➤ **Inconvénient**

- Nécessité d'un ouvrage de décantation primaire efficace.
- Risque de colmatage à gérer (d'où l'importance de l'emploi d'un sable "lavé" et de bonne granulométrie).
- Nécessité d'avoir à disposition de grandes quantités de sable, ce qui peut engendrer des investissements importants s'il n'y en a pas de disponible à proximité.
- Adaptation limitée aux surcharges hydrauliques.

III.2.3.3. 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.

Trois grands types de procédés sont utilisés :

1- Les lits bactériens et disques biologiques.

2- Les boues activées.

3- Les techniques de biofiltration ou filtration biologique accélérée. (Perera et Baudot, 1991).

III.2.4. Décantation secondaire

La décantation secondaire, également appelée clarification, intervient après un traitement biologique ou chimique, afin d'éliminer les floes issus des traitements biologiques ou chimiques. Lors d'une phase de décantation, la liqueur mixte maintenue en suspension dans le bassin d'aération, passe dans un bassin de clarification de forme circulaire pour y être clarifiée.

Le floe se sépare dans l'eau interstitielle et se dépose sur le radier de l'ouvrage de clarification, tandis que l'eau clarifiée est évacuée par surverse dans une rigole périphérique (Baumont et al, 2004)



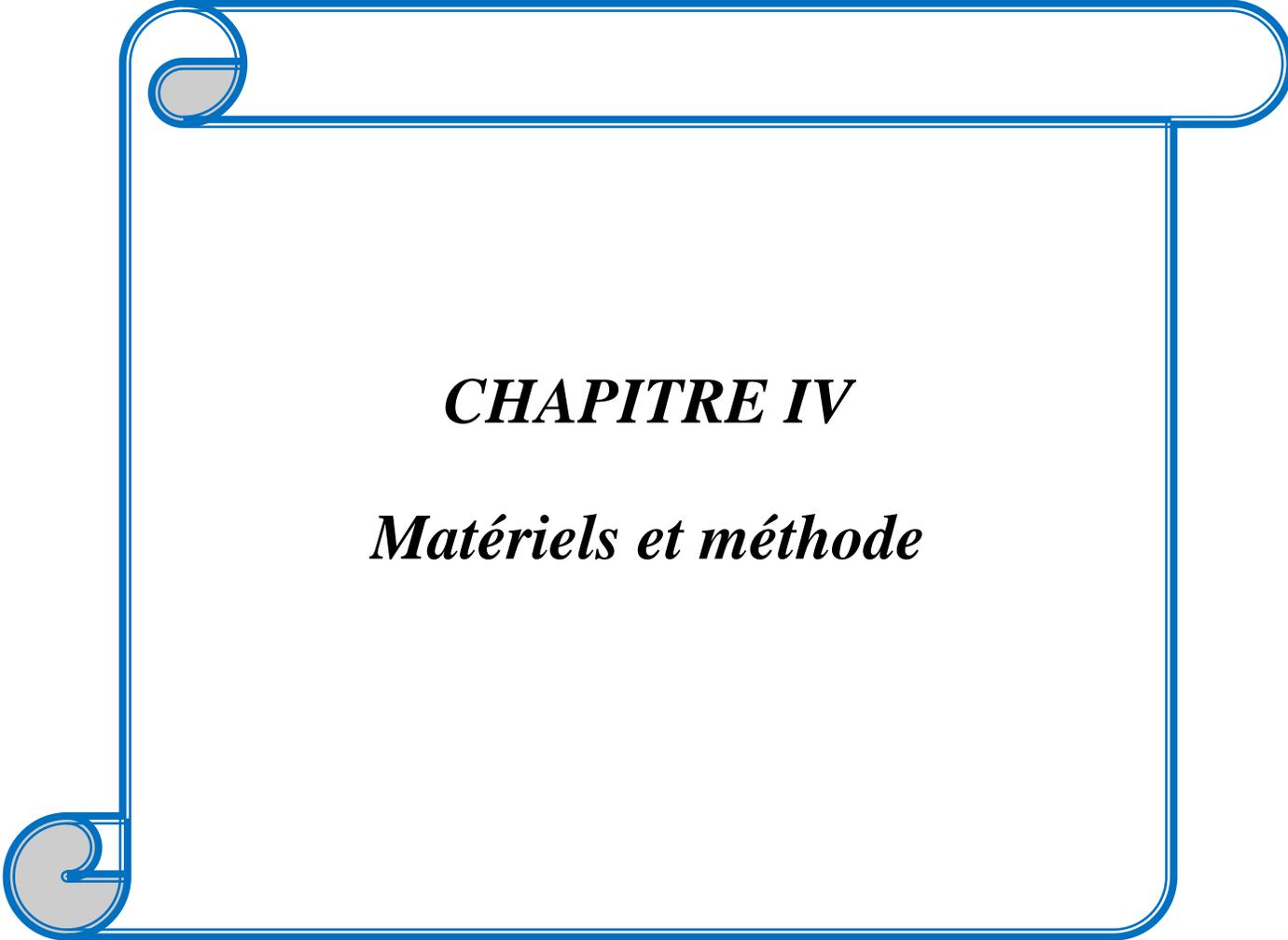
Figure III.4 :Décantation secondaire.

III.2.5. Traitement tertiaire et/ou avancé

Le traitement tertiaire peut être à la fois biologique et physico-chimique. En effet, ce traitement est réalisé après le traitement primaire et secondaire et regroupe un ensemble de techniques destinées à réduire la concentration des éléments nutritifs résiduels (comme le phosphore et l'azote), polluants organiques résistants et des éléments traces métalliques. C'est pour cela que les traitements tertiaires sont classés comme des traitements complémentaires qui deviennent nécessaires, pour assurer une meilleure réduction de ces substances dans les milieux naturels. On distingue différents types de traitements :

- ✓ Filtration biologique par la technique d'affinage (pour l'élimination des MES ou la DBO5).
- ✓ Déphosphatation chimique.
- ✓ Elimination de la DCO.
- ✓ Désinfection (traitement par UV ou ozone).

L'eau est passée par différents réservoirs avec des bactéries et dans des conditions différentes. Ensuite, les boues sont récupérées lors d'un nouveau passage dans un clarificateur. Le traitement en UV est utilisé pour dénaturiser les molécules non traitées qui sont sensibles à ces rayons (Khaoulani S, 2015).



CHAPITRE IV

Matériels et méthode

IV. Introduction

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée afin de déterminer les différents paramètres physicochimique et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement. L'objectif principal de ce travail est de faire les analyses des eaux usées de la région de Biskra pour connaître les paramètres des eaux usées de cette zone et connaître le système infiltration percolation en faveur ou non dans la zone d'étude.

IV.1. But général de la manipulation

Faire des analyses physico-chimiques de l'eau usée de la région de Biskra.

IV.1.1. Principe de La manipulation

- ✓ La détermination de la demande chimique en oxygène (DCO).
- ✓ La détermination de la demande biologique en oxygène pendant cinq jours (DBO₅).
- ✓ La détermination de la turbidité.
- ✓ La détermination de pH.
- ✓ La détermination de nitrate.
- ✓ La détermination de phosphate.
- ✓ La détermination de MES.
- ✓ La détermination de conductivité.

IV.2. Prélèvement**IV.2.1. Echantillonnage**

Les échantillons doivent être placés dans des récipients en plastique bien lavés à l'eau et conservés à basse température.

IV.2.2. Lieu de prélèvement

Nous avons pris l'échantillon de la région en le point de rejet de réseau d'assainissement de la ville de Tolga (sud ouest Biskra).



Figure IV.1: Lieu de prélèvement.

IV.3. Dispositif expérimental

IV.3.1. Préparation de la colonne

L'étude expérimentale du procédé d'infiltration-percolation est réalisée en utilisant une colonne en PVC de 110 mm de diamètre et 60 cm de hauteur. Afin de déterminer le meilleur rapport de combinaison sable / activé du charbon de bois qui permettrait une purification optimale de l'eau, quatre colonnes séparées ont été utilisées et codées F, FC1, FC2 et FC3 en fonction de la proportion relative de l'activation charbon de bois à poncer dans une colonne de laboratoire. F contient seulement du sable, les systèmes de filtration étaient FC1, FC2 et FC3 à mélange de sable et de charbon actif dans différents les proportions **5%, 10%, 20%** respectivement.

Les ratios de combinaison de sable et de charbon actif étaient mélangés et soigneusement emballés dans des colonnes cylindriques, Une couche de gravier grossier de 10 cm d'épaisseur a été placée au fond de chaque colonne d'infiltration-percolation à drainer l'eau traitée. L'épaisseur de chaque lit filtrant était 40 cm La configuration expérimentale est illustrée à la Fig. (IV.2).

Nous avons effectué des tests d'infiltration en utilisant eaux usées de la ville de Tolga (sud ouest Biskra), Les eaux usées ont été appliquées selon un trois jours de fonctionnement programme de séchage de trois jours. Séchage périodes permettent de réguler la biomasse accumulée dans le filtrer par la respiration endogène, évitant ainsi une colmatage possible du milieu poreux.

Toutes les expériences étaient conduites avec le même type d'effluent avant de tester, Les colonnes ont été lavées plusieurs fois avec de l'eau distillée pour éliminer les impuretés et assurer la fermeture, résoudre les particules de charbon actif et le sable dans éviter les canaux lors du transit des effluents à travers les canaux de filtrage. Filtre de lit autorisé pour bien drainer avant de charger les eaux usées. Effluents liquides et eau filtrée à travers chaque filtre le système a été analysé pour la demande biologique en oxygène (DBO), les demandes en oxygène (DCO), les solides en suspension (SS), et la turbidité, nitrates (NO_3^-), phosphates (PO_4^{3-}), le pH, la turbidité et la conductivité électrique ont été mesurés. Les mesures ont été transportées selon les normes. Une étude comparative sur la qualité des effluents obtenus à partir des différentes colonnes emballées était menée.



Figure IV.2 : Schéma d'installation expérimentale.

IV.4. Méthodes d'analyses et résultats

L'analyse physico-chimique de l'échantillon a été effectuée dans laboratoire de l'ONA (Batna) et laboratoires de Recherche Scientifique – Université de Biskra.

IV.4.1. Détermination de la turbidité

*** Définition**

Réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute.

*** Appareil**

Turbidimètre (Turbe 550).

*** Mode opératoire**

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

*** Expression des résultats**

La mesure est obtenue directement en NTU.



Figure IV.3 : Turbidimètre (Turbe 550)

IV.4.2. La détermination de la demande biologique en oxygène (DBO₅)*** Réactifs**

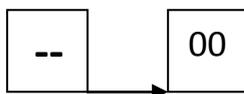
- Inhibiteur.
- Les pastilles de soude NaOH.

*** Mode opératoire**

- Rincer le flacon avec l'échantillon (163 eau brut / eau traite).
- Mesurer exactement la quantité souhaitée d'échantillon saturé en oxygène (homogénéiser avec précaution).
- Mettre le barreau magnétique dans le flacon.
- Ajouter 3 gout de l'ATU.
- Insérer 02 pastilles de soude dans le godet caoutchouc à l'aide d'une pince.
- Visser l'Oxi Top directement sur le flacon échantillon (de manière étanche).



- Appuyer sur S et M simultanément jusqu'à ce que l'afficheur indique 00



- Maintenir le flacon de mesure avec l'Oxi top à 20 °C pendant 05 jours (par ex dans un incubateur).
- L'échantillon est agité en continu pendant 05 jours. Pour connaître la valeur courante,
- Appuyer sur la touche M.
- Lecture des valeurs mémorisées à la fin des 05 jours.



Figure IV.4: DBO mètre.

IV.4.3.Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

*Réactifs

- Acide sulfurique H_2SO_4 + sulfate d'argent Ag_2SO_4 .
- Solution de dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$: concentration 0.040 M (1/1).
- Solution de dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$: concentration 0.040 M (1/10).

*** Appareillages**

- Réacteur DCO.
- Spectrophotomètre.

*** Mode opératoire**

- L'échantillon doit être homogénéisé par agitation du flacon.

Dans un tube de DCO, on introduit :

- 2.5 d'eau à analyser.
- 1.5 ml de $K_2Cr_2O_7$: concentration (1/1) dans l'eau brute et (1/10) dans l'eau traitée.
- On ajoute lentement et avec précaution 3.5 ml d'acide sulfurique.
- On agite le tube soigneusement.
- Placer le tube bouché dans le réacteur **DCO** et chauffer deux heures à 150 °C.
- Lire la **DCO** directement avec Spectrophotomètre.



Figure IV.5 : Des tubes de DCO.

IV.4.4. Détermination des pH :

*** Appareil :** pH Mètre (HI 2210)

*** Electrode:** Electrode de pH combinée

*** Mode opératoire:**

- Prendre environ ≈ 100 ml d'eau à analyser.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment. Puis noter le pH.



Figure IV.6 : pH mètre (Hi 2210)

IV.4.5. Détermination des matières en suspension (MES)

* Appareil

- Etuve chauffé.
- Température : 105 °C.
- Matériels: Fiole, capsules, filtres, rampe de filtration, dessiccateur, balance électrique.

* Mode opératoire

- Dans des eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres.
- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée.
- Mettre dans l'étuve pendant quelques minutes.
- Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- Puis peser le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable.
- Prendre une fiole de 100 ml, laver abondamment avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée.
- Prendre une prise d'essai de 100 ml, placer le filtre dans la rampe de filtration.
- Verser le volume d'eau (100 ml) jusqu'à filtration complète.
- Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 105 °C pendant 2 heures.
- Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total.
- Peser le filtre.

Formule : $M.E.S = (P1 - P2) \times 1000000 / 100 = (P1 - P2) \times 10000$.

Avec :

P1 : Poids de filtre en vide.

P2 : Poids de filtre en plein.

IV.4.6. Détermination de la conductivité

* Matériel

Conductimètre (Terminal 740).

* Mode opératoire

D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée.

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soit complètement immergée, agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

* Expression des résultats

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



Figure IV.7: Conductivité mètre.

III.4.7. Détermination des nitrates (NO_3^-)

* Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 0.5%.
- Solution d'hydroxyde de sodium à 30 %.
- Solution d'hydroxyde de sodium et tartrate double de sodium potassium
- Acide sulfurique concentré H_2SO_4 .

*** Mode opératoire**

- Prendre 10 ml d'eau brute.
- Prendre 05 ml d'eau traitée + 05 ml d'eau distillée.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium
- Evaporer dans l'étuve à une température de 75-80°C.
- (Ne pas surchauffer ni surcharger très longtemps) laisser refroidir pendant 2 min.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

*** Matériel**

- L'étuve.
- Spectrophotomètre UV-Visible.

III.4.8. Détermination des phosphates (PO_4^{-3})*** Réactifs**

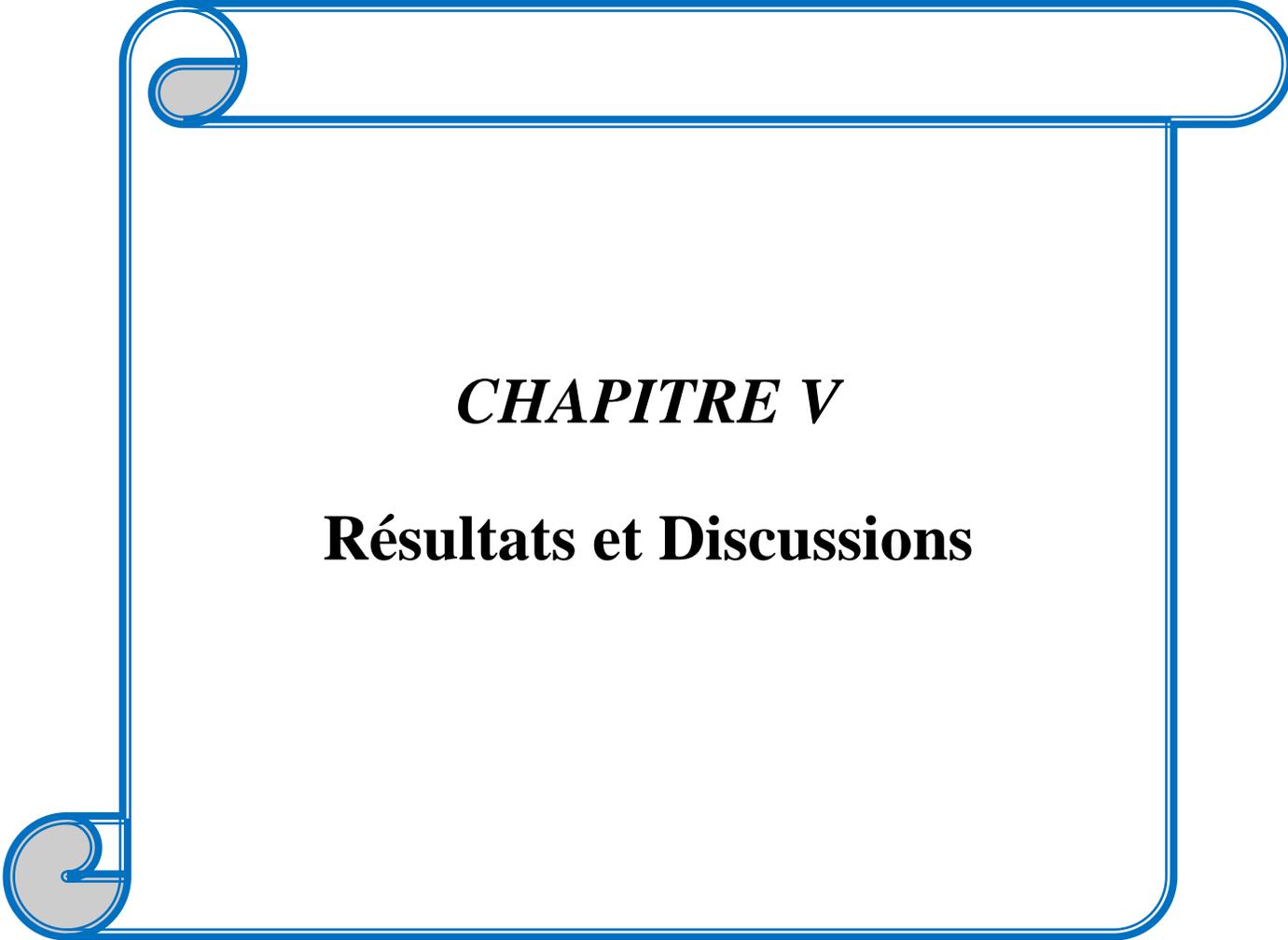
- Solution de Molybdate acide.
- Acide sulfurique à 10 %.

*** Mode opératoire**

- 30 ml d'eau distillée + 10 ml d'eau brute.
- 35 ml d'eau distillée + 05 ml d'eau traitée.
- 1 ml d'acide ascorbique.
- 2 ml de molybdate.
- Attendre 35 mn le développement de la couleur.

*** Matériel**

- Spectrophotomètre UV-Visible



CHAPITRE V

Résultats et Discussions

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 de dunes. L'amélioration de la capacité épuratoire du procédé de filtration a été proposée en dopant 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.1. Rendement épuratoire

L'évaluation du pouvoir épuratoire des filtres étudiés et l'interprétation des résultats obtenus sont basés 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.2. Résultats et discussions des paramètres analysés

V.2.1. Paramètres physiques

V.2.1.1. 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 varie entre 6,5 et 8,5. Les valeurs du pH dans le filtre nu (témoin) F0%CA sont entre 7,46 et 7,82, les résultats du pH dans le filtre F5%CA varient entre 7,7 et 8,08. Les résultats du pH dans le filtre F10%CA varient entre 7,55 et 7,89, Les résultats du pH dans le filtre F20%CA varient entre 7,44 et 8,08.

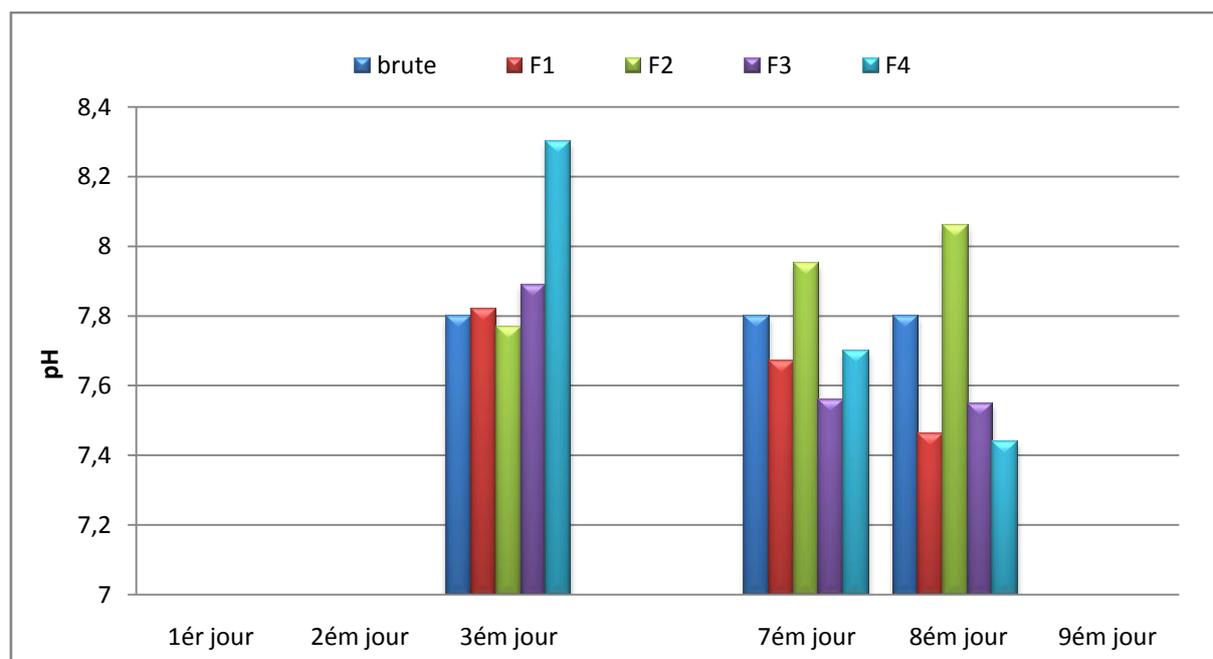


Figure V.1 : variation temporelle de pH dans tous les filtres.

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.2.1.2. Conductivité électrique

La figure (V.2) 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 3,64 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Nous avons constaté que la conductivité électrique des eaux usées récupérées des filtres suit une légère évolution croissante de filtre F0%CA vers le filtre F20%CA durant la période de nos essais.

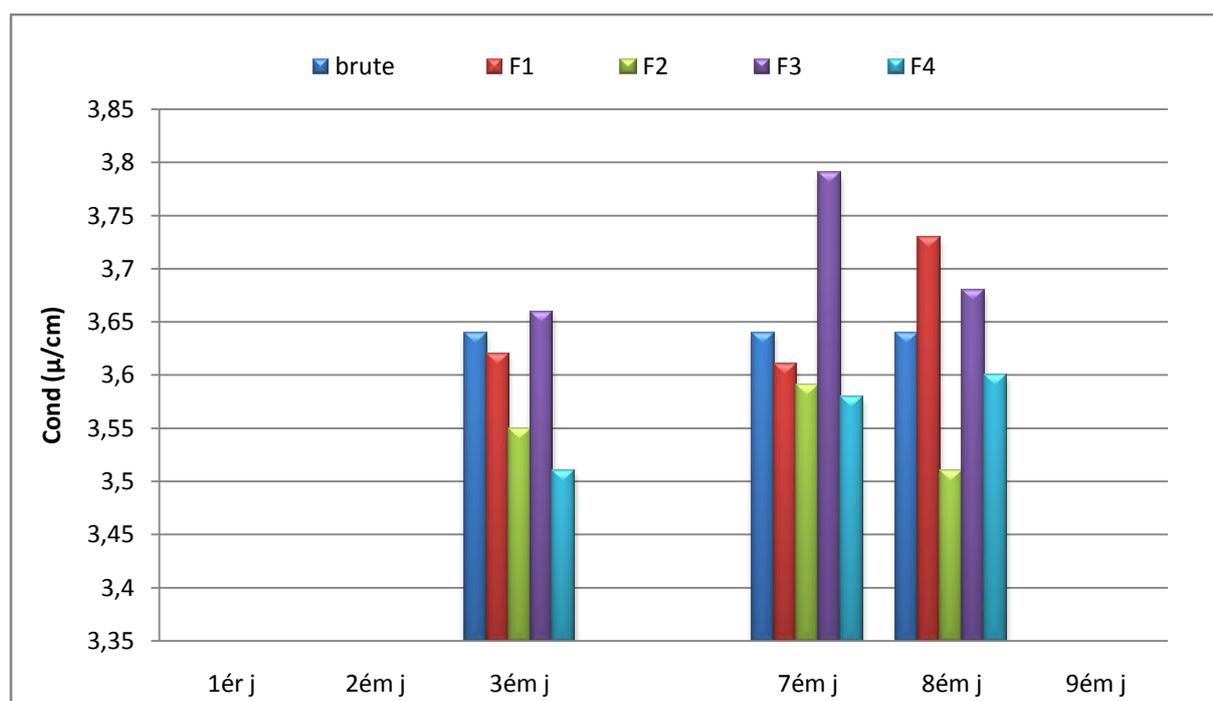


Figure V.2: variation de la conductivité (ms/cm) dans les filtres étudiés.

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 3.79 ms/cm, ce qui est enregistré au niveau du filtre F10% 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.2.1.3. Demande biochimique en oxygène DBO_5

La demande biochimique en oxygène exprime la fraction biodégradable de la matière organique. La figure (V.3) 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 (F0% CA). Les résultats obtenus pour le changement de DBO_5 sont présentés à la figure (V.3). L'analyse de ces paramètres a été limitée à deux jours (1^{er} et 2^{ème} jours) en raison du manque de réactifs utilisés.

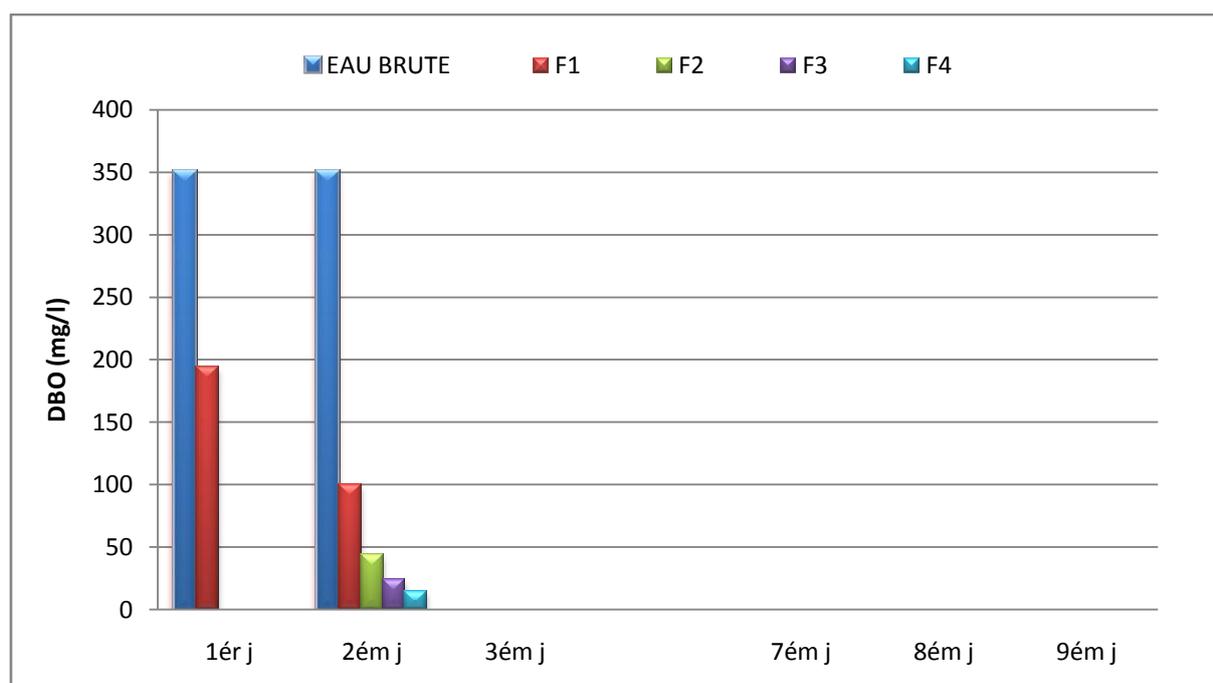


Figure V.3: variation de DBO₅(mg/l) dans les filtres étudiés.

Au niveau de tous les filtres, les concentrations de la DBO₅ enregistrées après filtration des eaux usées sont conformes aux normes de rejets internationales admises pour les eaux épurées utilisées à des fins d'irrigations (30 mg/l), ce qui est enregistré au niveau du filtre F20%CA. La cinétique d'élimination de la DBO₅ pour chaque filtre est résumée dans le tableau suivant :

Filtre	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	Repos (3jrs)	7 ^{ème} jour	8 ^{ème} jour	9 ^{ème} jour
F0% CA	44.57%	71.42%	/	/	/	/	/
F5%CA	/	87.42%	/	/	/	/	/
F10%CA	/	93.14%	/	/	/	/	/
F20%CA	/	95.71%	/	/	/	/	/

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

Nous avons pu constater de très bons résultats de l'efficacité du traitement de l'effluent étudié. Ceci peut être interprété par une diminution de la masse bactérienne qui empêche la pénétration d'oxygène dans le massif filtrant.

De tous ces résultats, nous avons remarqué 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.2.1.4. Demande chimique en oxygène (DCO)

Les résultats présentés dans la figure (V.4) 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 (910 mg/l) ce qui indique que l'effluent étudié est chargé en matière organique. Les résultats obtenus pour le changement de DCO sont présentés à la figure (V.4). L'analyse de ces paramètres a été limitée à deux jours (premier et dernier jours) en raison du manque de réactifs utilisés.

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.

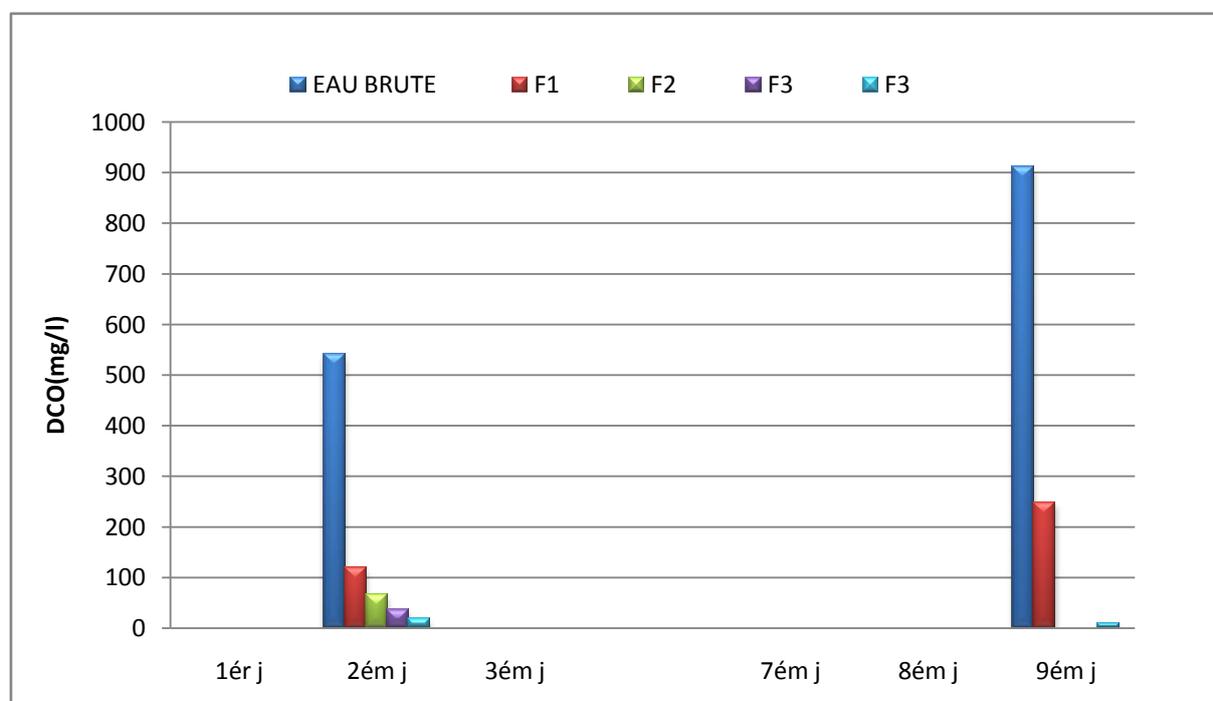


Figure V.4: variation de DCO(mg/l) dans les filtres étudiés.

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

Filtre	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	Repos (3jrs)	7 ^{ème} jour	8 ^{ème} jour	9 ^{ème} jour
F0% CA	/	77.81%	/	/	/	/	72.63%
F5%CA	/	87.61%	/	/	/	/	/
F10%CA	/	93.34%	/	/	/	/	/
F20%CA	/	96.48%	/	/	/	/	98.79%

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

Les données d'analyse montrent que toutes les concentrations de DCO dans les eaux usées traitées vont de 67 mg / L à 11 mg / L et que ces valeurs correspondent dans une large mesure aux normes de rejets internationales utilisée pour l'irrigation inférieur de (90 mg / l).

V.2.1.5. Matières en suspension

Les analyses de la matière en suspension de l'eau brute est de l'ordre de 321 mg/l, ceci indique que l'effluent secondaire est reste 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 12 et 0 mg/l, ces valeurs sont largement conformes aux normes des eaux épurées destinées à l'irrigation (30 mg/l).

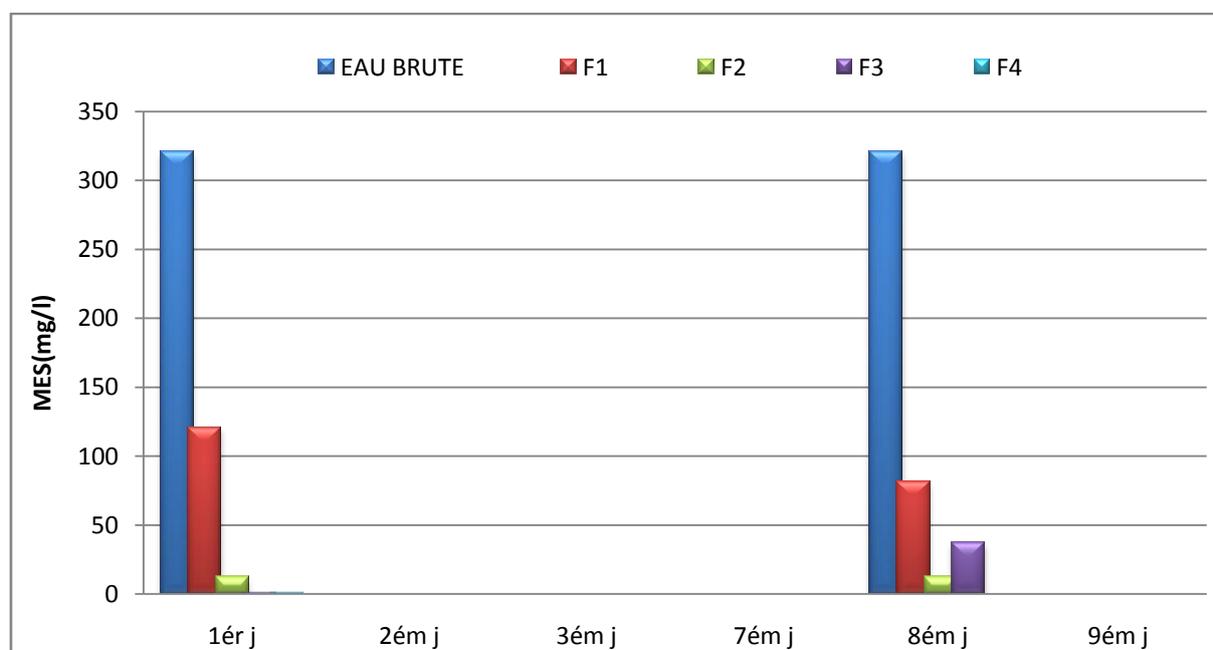


Figure V.5 : variation de MES(mg/l) dans les filtres étudiés.

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.

Filtre	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	Repos (3jrs)	7 ^{ème} jour	8 ^{ème} jour	9 ^{ème} jour
S0% CA	62.30%	/	/	/	/	74.76%	/
S5%CA	96.26%	/	/	/	/	96.26%	/
S10%CA	100%	/	/	/	/	88.47%	/
S20%CA	100%	/	/	/	/	100%	/

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

Les données d'analyses montrent 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. Les résultats montrent que ce processus est légèrement affecté par la quantité du charbon introduite.

V.2.1.6. Turbidité

Les résultats des analyses de la turbidité sont représentés dans la figure (V.6). Ces résultats ont indiqué que la turbidité de l'effluent brute (effluent secondaire) est élevée (de l'ordre de 157 FNU).

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

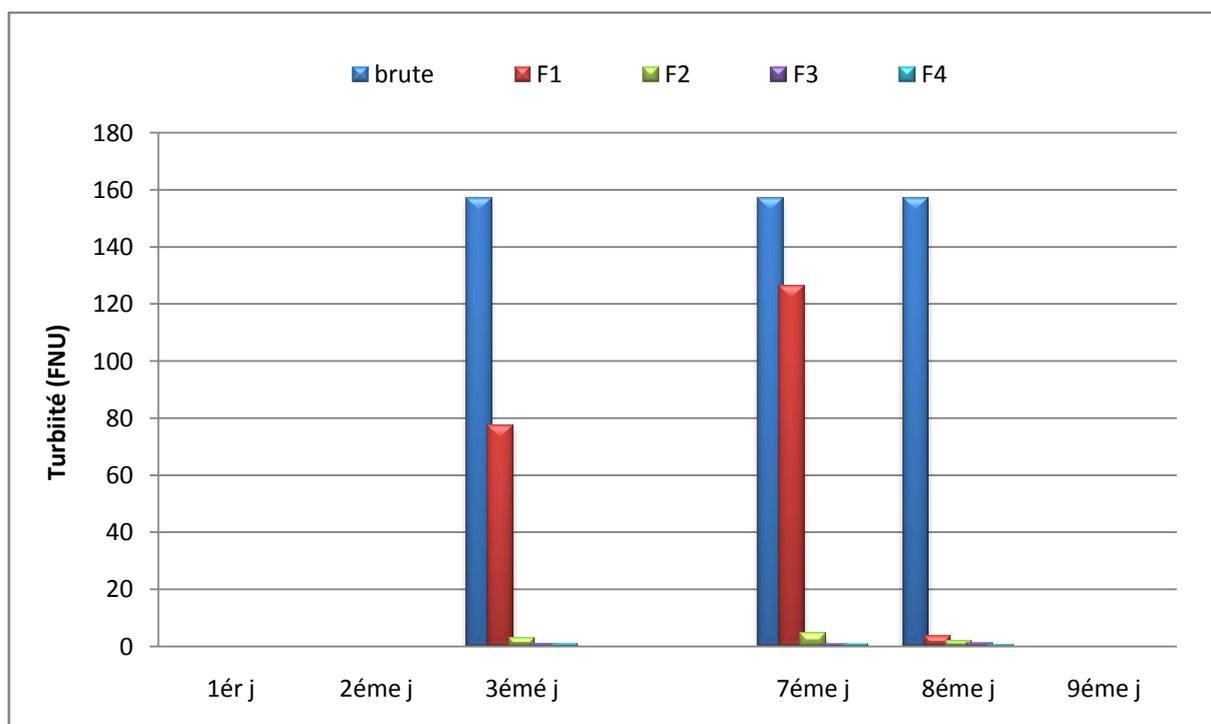


Figure V.6 : variation de la turbidité (FNU) dans les filtres étudiés.

Nos résultats ont indiqué que les valeurs la turbidité de l'eau traitée oscillent entre 0,70 et 4,69 FNU. Nous pouvons distinguer le grande 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 FNU).

V.2.1.7. Nitrates (NO_3^-)

De ces résultats, nous pouvons distinguer une légère augmentation des taux des nitrates, tandis que nous remarquons une diminution de ce paramètre au dernier jour.

L'augmentation des taux de NO_3^- peut s'expliquer par une forte dégradation de la matière organique azoté. La réduction des nitrates est du probablement à l'apparition des bactéries anaérobies qui participent à la transformation des formes réduites de l'azote en azote gazeux (dénitrification).

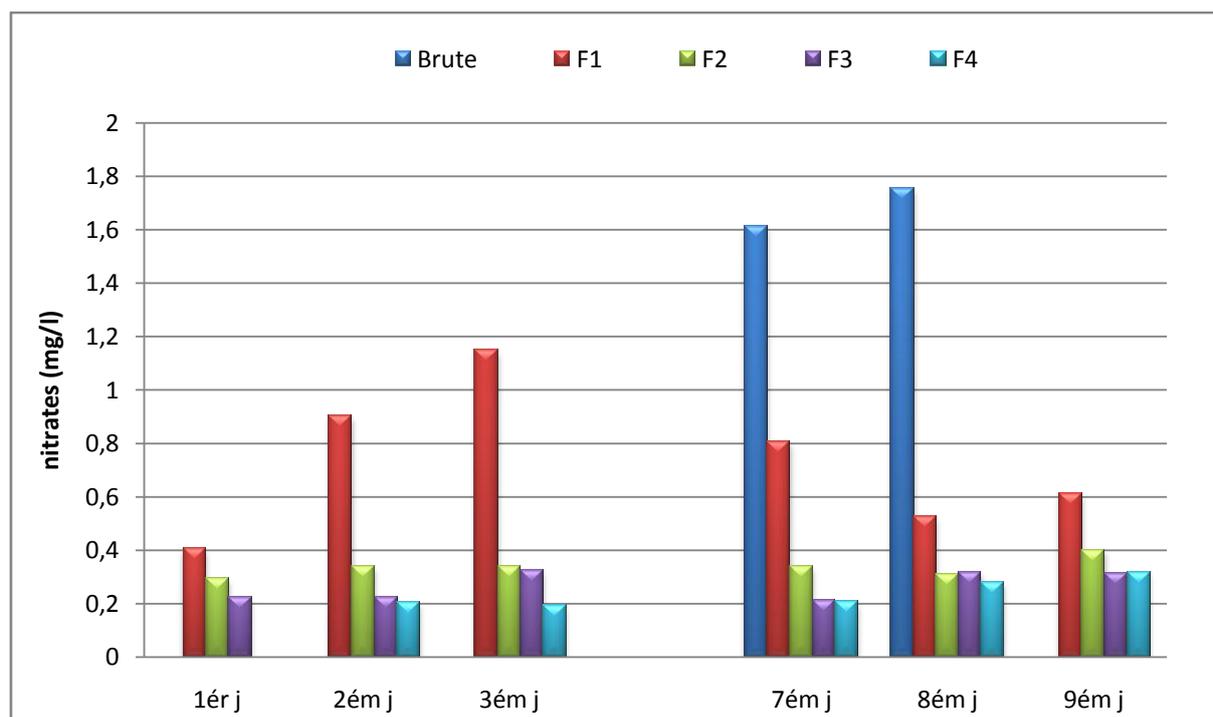


Figure V.7: variation de Nitrates (mg/l) dans tous les filtres étudiés.

De tous ces résultats, nous pouvons conclure que les teneurs en nitrates (0,192 mg/l) répondent aux valeurs limites des eaux épurées et destinées à l'irrigation.

V.2.1.8. Phosphate (PO_4^{-3})

Les résultats de la valeur de Phosphate des eaux usées brutes et traitées sont présentés sur la figure (V.8). D'une façon générale, le Phosphate des eaux usées brutes varie entre 6,3 et 8,31 mg/l. Les valeurs du Phosphate dans le filtre nu (témoin) F0%CA sont entre 1,6 et 2,85 mg/l, les résultats du Phosphate dans le filtre F5%CA varient entre 0,96 et 2,28 mg/l. Les résultats du Phosphate dans le filtre F10%CA varient entre 0,91 et 2,1 mg/l, Les résultats du Phosphate dans le filtre F20%CA varient entre 0,7 et 1,82 mg/l.

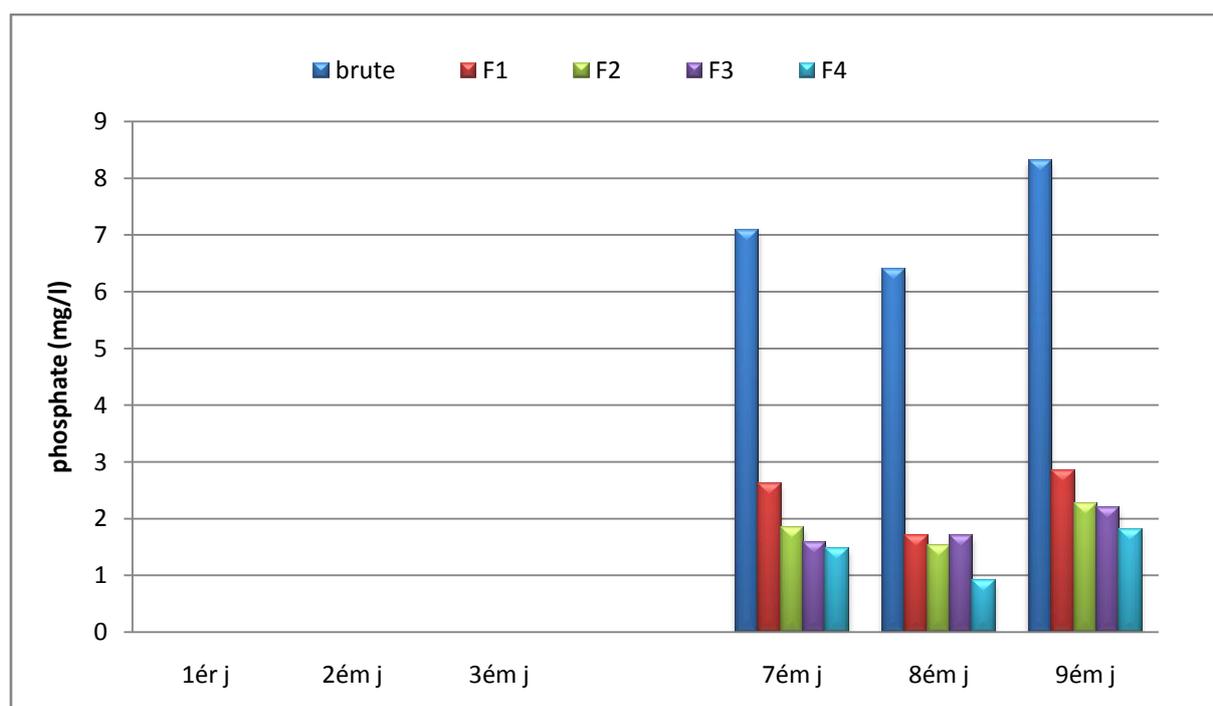


Figure V.8: variation de phosphate (mg/l) dans les filtres étudiés.

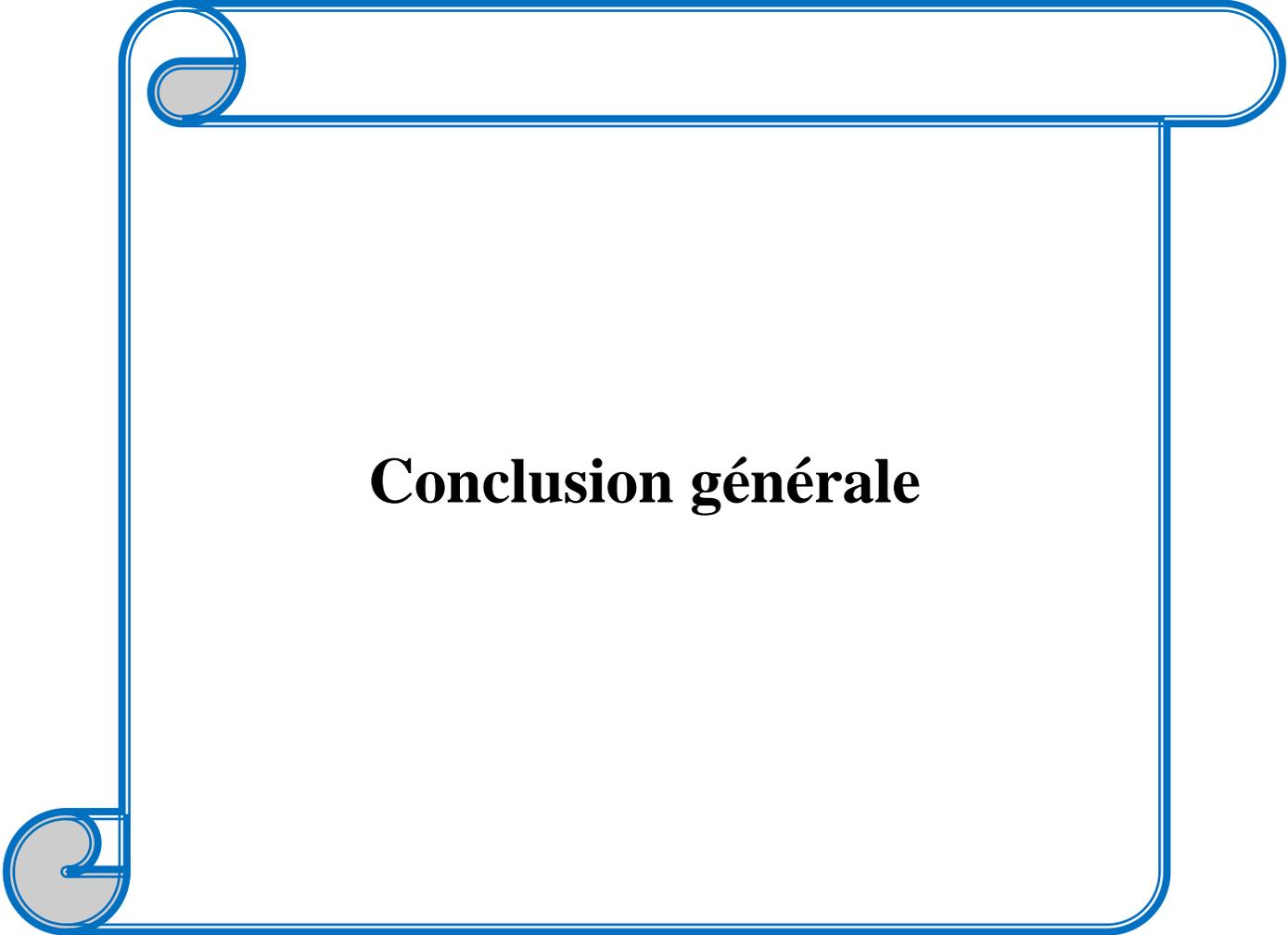
Filtre	1 ^{er} jour	2 ^{em} jour	3 ^{em} jour	Repos (3jrs)	7 ^{em} jour	8 ^{em} jour	9 ^{em} jour
S0% CA	/	/	/	/	63.18%	73.47%	65.66%
S5%CA	/	/	/	/	73.94%	76.14%	72.56%
S10%CA	/	/	/	/	77.64%	73.47%	73.58%
S20%CA	/	/	/	/	79.20%	85.68%	78.06%

Tableau V.4 :Évolution de phosphate dans les filtres étudiés.

Tout au long de la période expérimentale, les effluents Les concentrations de phosphore ont fortement fluctué systèmes de filtration Figure (V.12). Performance moyenne en $PO_4\text{-P}$ était mieux éliminée dans les filtres assemblés par un mélange granules de grès et de carbone le filtre ne contient que du sable. Taux d'élimination moyen de S, SC1, SC2 et SC3 étaient 73,4, 76,14, 77,64 et 85,68% respectivement tableau (V. 4), $PO_4\text{-P}$ a été retiré relativement moyen, l'adsorption est principe de suppression du mécanisme de $PO_4\text{-P}$ dans les filtres à sable, Il semble enrichir le sable avec du charbon activé .Nous pouvons voir que les filtres modifiés par AGC donnent de meilleurs résultats que les filtres de contrôle.

V.3.Conclusion

L'objectif principal de ce chapitre, est de mettre en évidence les potentialités des filtres à sable du dune modifier par le CA à éliminer la pollution, surtout l'organique des eaux usées résiduaire, l'éliminer l'épuration de ces eaux par les filtres à sable est assurée par la présence des CA, et grâce à la prolifération des bactéries soient des CA se trouvant au niveau des eaux usées ou bien aux niveaux des massif filtrant, Nous pouvons conclure d'après l'ensemble des résultats obtenus que l'utilisation très remarquables et Satisfaisants .



Conclusion générale

Conclusion générale

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.

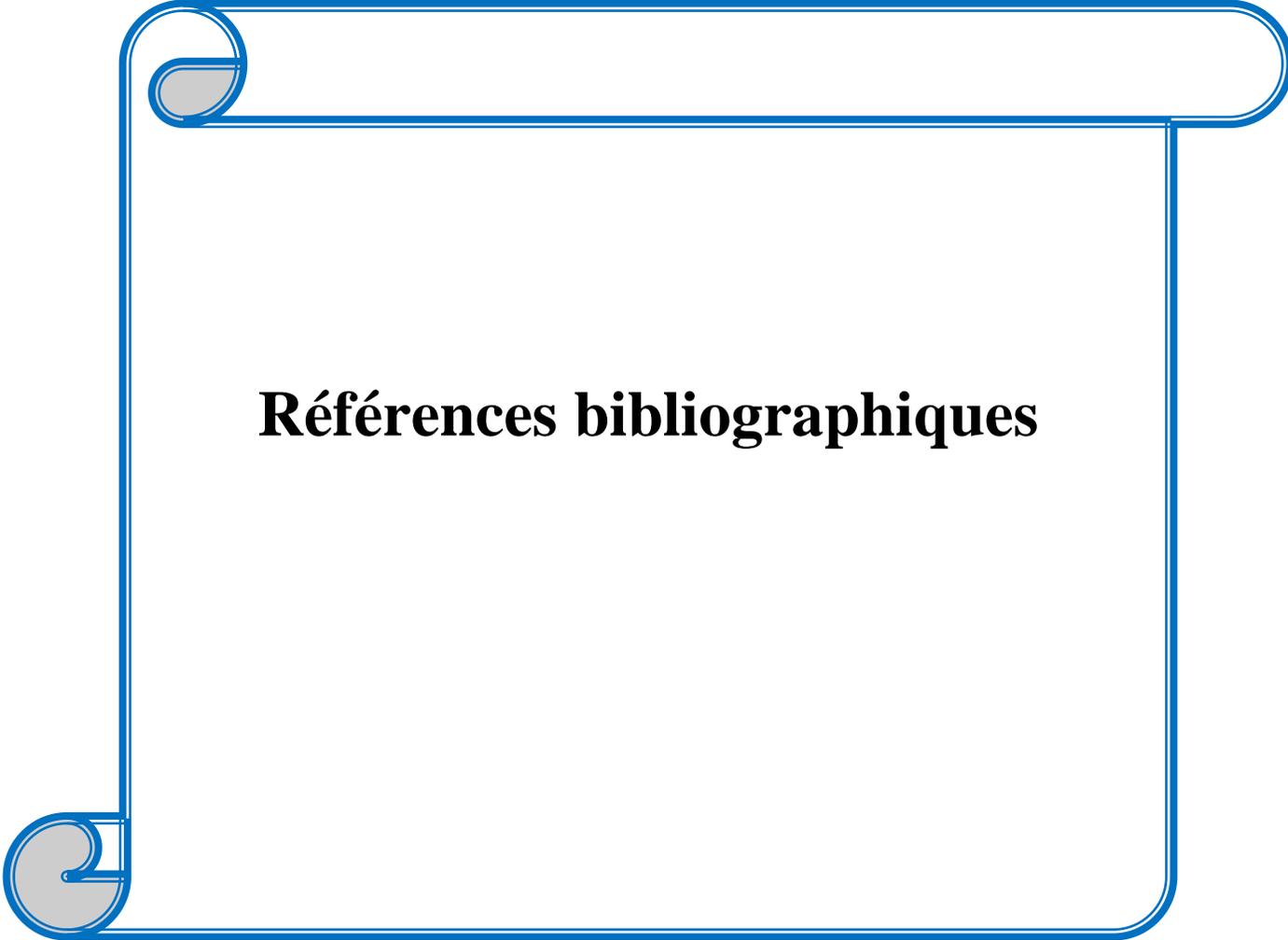
De ce fait, le mode est purement naturel ou les agents actifs dans le processus sont les bactéries fixées sur le substrat comme support (le sable est de plus en plus utilisé). Cette technique plus écologique a beaucoup d'avantages (fiabilité, faible cout et ne demande pas une grande technicité).

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).
- ✓ 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 de élimination 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 0 et 12 mg/l.
- ✓ Les valeurs de la turbidité de l'eau traitée oscillent entre 0,70 et 4,69 FNU, ce qui indique que le rendement de clarification de l'effluent traité est très important.
- ✓ Les valeurs de nitrate de l'eau traitée (0,192 mg/l), nous remarquons une diminution de ce paramètre.
- ✓ Les pourcentages de élimination de Phosphate des eaux traitées oscillent entre 63.18% et 85.68% a été retiré relativement moyen.

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

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

Références bibliographiques

Amselem A, (2013), « Étude des effets de la minimalisation des boues sur la méthanisation par digestion anaérobique », mémoire présenté à l'école de technologie supérieure, université du Québec, Montréal.

Asano T, (1998), Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library.

Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconie A, (2004), Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS.

Bouassaba. F, (2013), « Etude et dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées de l'agglomération urbaine de Sfisif (wilaya de Sidi Bel Abbas) », Mémoire de master en hydraulique, université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen.

Bonnin J, (1977), « Hydraulique urbain », 5^{ème} édition Eyrolle Paris, 228p.

Bontaux J, (1994), « Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielle », 2^{ème} édition Lavoisier technique et documentation, 225p.

Chabour N. (2006), « Hydrogéologie des domaines de transition, entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne, à l'Est de l'Algérie », Thèse doct (option: géologie), Univ. Mentouri - Constantine. 176 p.

Chekroun A, (2013), « Etude et conception d'une station d'épuration des eaux usées domestiques par lits de roseaux pour de petites agglomérations : Cas de Fraouna (Commune de Terny) ». Mémoire de master en hydraulique, université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen.

CSHPPF, (1995), « Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines », conseil supérieur d'hygiène publique de France section des eaux.

Djaffar S. et Kettab A, (2015), Simulation Stratégique, Politique des Ressources en Eau En Algérie A l'horizon 2030.

F.A.O, (2003), Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, « L'irrigation avec les eaux usées traitées : Manuel d'utilisation ».

Gaid A. (1984), « Epuration biologique des eaux usées urbaines ». Tome I, édition OPU, Alger, 261p.

Références bibliographiques

Gaïd A , (2008), Traitement des eaux résiduaires, Techniques de l'Ingénieur l'expertisetechmique et scientifique de référence.

Gomella C et Guerre H, (1978), «Le traitement des eaux publiques, industrielles et Privées», Ed. Eyrolles, Paris, 262 p.

Grosclaude, (1999),«L'eau: usage et polluant», Tome II. 4^{ème} Edition. INRA, Paris.

Haoua. A, (2007), « Modélisation de séchage solaire sous serre des boues de station d'épuration urbains », thèse de doctorat, université Louis Pasteur- Strasbourg I Discipline: Sciences pour l'ingénieur.

Khaoulani S, (2015),« Traitement d'eaux usées par adsorption sur des polymères de cyclodextrine et développement de capteurs chimiques à base de membranes de verres de chalcogénures destinées à la détection des ions Hg^{2+} », thèse de doctorat, l'Université du Littoral Côte d'Opale : chimie environnementale .

Libes Y, (2010), «Les eaux usées et leur épuration».

Meguenni-tani A, (2013), « Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe du mio-plio-quadernaire de la région sud de la ville de Biskra, Algérie», mémoire de magistère, université Abou bekr belkaid-Tlemcen, département des sciences de la terre et de l'univers.

Mimeche L, (2014), Etude de faisabilité de l'installation de station d'épuration des rejetsurbains par les filtres plantés en milieu aride-Application à la région de Biskra,Thèse dedoctorat, d'état Hydraulique, Université Mohamed Khider – Biskra.

Mr Rahou K B,(2014), Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'El-kerma ORAN, mémoire de master, département de génie chimie, université d'Oran.

Perera et Baudot, (1991), Guide procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petits et moyennes collectivités.

Rodier J, (2009), L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition dunond, Paris.

Rodier J, (2005), L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires eaux de mer ,8^{ème} Edition, Dunond technique, Paris.

Rejesk F,(2005), « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques », centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.

Références bibliographiques

Sedrati N, (2011), « Origines et caractéristiques physiques-chimique des eaux de la wilaya de Biskra-sud est Algérien», thèse de Doctorat, université Badji mokhtar-Annaba.

Vandermeersch S, (2006), «Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes», Mémoire de master gestion de l'environnement.

Zeghoud M S, (2014), « Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de méghibra», mémoire de magistère, université d'el –oued département des sciences et technologie.

Site graphiques

www.economiesolidaire.com/2011/04/30/consequences-de-la-pollution-de-leau-sur-la-sante-et-lenvironnement/ .

www.palvamar.net/station.html.

www.sante.gouv.fr/dossiers/cshpf/re_1095_desinfection.htm, consulté le (24/01/2016).

Résumé :

L'objectif de cette étude est de prouver l'efficacité des filtres à sable des dunes de sable modifiés par divers pourcentages de charbon actif pour éliminer la pollution, en particulier les eaux usées organiques: Le premier filtre ne contient que du sable, Alors que le second filtre contient 5% de charbon actif, Le troisième filtre est actif à environ 10% Alors que le quatrième filtre contient 20% du charbon actif. Dans cette étude, les eaux usées ont été utilisées pour la municipalité de Toulga-Biskra, Il y a une grande efficacité au niveau de tous les critères physico-chimiques où l'étude a démontré une grande efficacité de la profondeur du sable mélangé avec du charbon provenant de l'élimination des polluants de manière intéressante. Ce qui nous invite à approfondir l'étude technique de ces modèles et à réfléchir sérieusement à leur actualisation et à la réalisation de l'objectif de restauration des eaux usées pour l'agriculture, l'industrie et autres.

المخلص :

الهدف من هذه الدراسة هو اثبات فعالية مرشحات رمال الكثبان الرملية المعدلة بواسطة نسب مختلفة بمادة الفحم النشط للقضاء على التلوث وخاصة مياه الصرف العضوية : يحتوي المرشح الأول على الرمل فقط ، بينما يحتوي المرشح الثاني عن 5% من الفحم النشط والمرشح الثالث عن 10% النشط، بينما يحتوي المرشح الرابع عن 20% من الفحم النشط. استعملت في هذه الدراسة مياه الصرف الصحي لبلدية طولقة-بسكرة. هناك نجاعة كبيرة على مستوى جميع المعايير الفيزيوكيميائية حيث اثبتت الدراسة فعالية كبيرة لعمق الرمال الممزوجة بالفحم من نزع الملوثات بشكل ملفت للاهتمام. مما يدعونا إلى التوجه العميق لدراسة مثل هذه النماذج من الناحية التقنية للتفكير بجدية لتجسيدها في الواقع وتحقيق غاية استعادة المياه المستعملة لأجل الزراعة والصناعة وغيرها.