

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES



DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

Mémoire

De Fin d'Études

En vue d'obtention du Diplôme de Master en Agronomie

Spécialité: Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques

Thème :

**SUIVI TEMPOREL DES PERFORMANCES
EPURATOIRES DE LA STATION
D'ÉPURATION DE BOUMERDÈS**

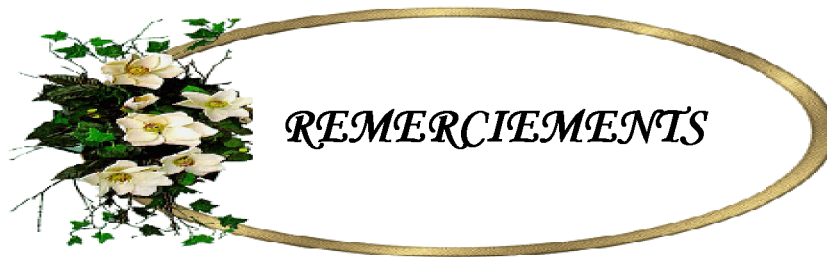
Réalisé par :

- M^{lle} MERABTI Souad

Soutenu publiquement, devant le jury :

- | | | |
|------------------------------------|---------------------|--------------|
| - Mr SI TAYEB Hachimi | MCB à UMMTO | Président |
| - Mr METAHRI Mohammed Saïd | MCA à UMMTO | Promoteur |
| - M ^{me} BERROUANE Naouel | Enseignante à UMMTO | Co-promoteur |
| - Mr BERADJ Omar | MAA à UMMTO | Examineur. |

Soutenu le : 18/07/2016



Avant tout, je remercie ALLAH le tout puissant, de m'avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier Mr METAHRI M.S, pour m'y avoir guidé tout au long de la réalisation de mon travail, qu'il soit assuré de mon respectueuse reconnaissance.

Mes sincères remerciements s'adressent également à ma co-promotrice Mme BERROUANE. N, pour ses précieux conseils sur la manière de rédiger mon mémoire.

Je remercie également Mme BACHATENE.M qui ma aidé afin de finir ce modeste travail.

Je tiens à remercier sincèrement tous les responsables de la station d'épuration de Boumerdes de m'y avoir accepté d'effectuer ce stage pratique au sein de leur station.

Enfin ; je remercie toutes ma famille, particulièrement mes parents pour m'y avoir soutenu sans réserve et jusqu'au bout de mes études. C'est grâce a eux que je suis arrivée jusqu'au la.

Merci





Je dédie ce modeste travaille de fin d'étude à :

Mon chère père et mère que dieu les bénisse et les protège.

Mes chères sœurs : Amel et Meriem

Mes chers frères : Ali et Younes

Mes grands parents

Mes cousins et cousine

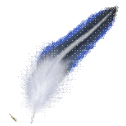
Et à toute la famille MERABTI

A mes meilleures amies qui m'ont vraiment soutenu.

A tous les étudiants de la promotion TVRH 2015/2016

A tous ce qui me connaisse de prés et de loin.

Souad



Liste des abréviations

- %** : pour cent
- BA** : bassin d'aération
- °C** : degré celsius
- CE** : la conductivité électrique
- DBO** : demande biochimique en oxygène
- DBO₅** : demande biochimique en oxygène pendant 5 jours
- DCO** : demande chimique en oxygène
- EH** : équivalent habitant
- IB** : indice de boue
- K** : coefficient de biodégradabilité
- M³/h** : mètre cube par heure
- MES** : matière en suspension
- Mg/l** : milligramme par litre
- MMS** : matière minérale en suspension
- MO** : matière organique
- MVS** : matière volatile en suspension
- NTK** : azote kjeldahl
- NO₂⁻** : nitrite
- NO₃⁻** : nitrate
- OMS** : organisation mondiale de la santé
- ONA** : office national de la santé
- O₂** : oxygène
- PH** : potentiel d'hydrogène
- PO₄⁻³** : orthophosphate
- STEP** : station d'épuration
- T°** : température

Liste des figures

Figure 1 : Proportion des volumes rejetés pour chacune des activités domestiques polluantes 4

Figure 2 : Disque biologique..... 19

Figure 3: Schéma simplifié d'un système à boues activées.....20

Figure 4: Schéma d'un filtre planté à écoulement vertical..... 22

Figure 5: Schéma d'un filtre planté à écoulement horizontal..... 23

Figure 6 : Les étapes de la métabolisation de la pollution azotée.25

Figure 7 : Vue générale de la STEP de Boumerdes32

Figure 8 : Vue satellitaire de la STEP Boumerdes (Google earth, 2016).....32

Figure 9 : Arrivée des eaux usées urbaines (ONA. Boumerdes ,2016).....34

Figure 10 : Dégrilleur mécanique et manuel (ONA. Boumerdes,2016).....35

Figure 11 : Dessableur-dégraisseur (ONA. Boumerdes,2016).....35

Figure 12 : Bassin d'aération en état de marche (ONA. Boumerdes,2016).....36

Figure 13 : Bassin de clarification (ONA. Boumerdes,2016).....37

Figure 14 : Bassin de désinfection (ONA. Boumerdes,2016).....37

Figure 15 : Epaisseur (ONA. Boumerdes,2016).....38

Figure 16 : Filtre a bande (superpress)(ONA. Boumerdes,2016).....38

Figure 17 : Appareille de polymère (ONA. Boumerdes,2016).....39

Figure 18 : Boues déshydratées (ONA. Boumerdes,2016).....39

Figure19 : Variation de la température à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration41

Figure 20 : Variation de potentiel d'hydrogène à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration42

Figure 21 : Variation de la conductivité électrique (CE) à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.....42

Figure 22: Variation des MES a l'entrée et a la sortie de la station d'épuration.....43

Figure 23: Variation de la DCO à l'entrée et à a la sortie de la station d'épuration.....44

Figure 24: Variation de la DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.....44

Figure 25 : Variation de NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- et NTK à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.....45

Figure 26 : Variation des PO_4^{3-} à l'entrée et a la sortie de la station d'épuration46

Figure 27: Evolution de l'indice de boue.....47

Figure 28 : Evolution de la matière sèche et de la matière organique de la boue épaisse.....48

Figure 29 : Evolution de la matière sèche et de la matière organique de la boue déshydratée.....48

Liste des tableaux

Tableau 1 : Relation entre la conductivité et la minéralisation.....7

Tableau 2 : Germes pathogènes rencontrés dans les eaux usées.....11

Tableau 3 : Normes de rejets appliquées en Algérie.....12

Tableau 4 : Etat physique des boues.....29

Tableau 5 : La charge hydraulique qui arrive à la STEP33

Tableau 6 : Les caractéristiques de l’effluent brut à traiter.....33

Tableau 7 : Caractéristique générale de super- presse.....39

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées

Introduction	3
I-1 La pollution et les eaux usées	3
I-2 Origines des eaux usées	3
I-2- 1 Les Eaux usées domestique	3
I-2-2 Les eaux usées industrielles.....	4
I-2-3 Les eaux pluviales :	4
I-2-4 Les eaux agricoles :	4
I-3 Les différents types de pollution des eaux	4
I-3-1 La pollution chimique	5
I-3-2 La pollution physique	5
I-3-3 La pollution biologique	5
I-4 Les paramètres de qualité des eaux usées.....	5
I-4-1 Les paramètres organoleptiques	6
I-4-1-1 La couleur et l'odeur	6
I-4-1-2 La turbidité :	6
I-4-2 Les paramètres physico-chimiques	6
I-4-2-1 La température:	6
I-4-2-2 Le potentiel hydrogène (PH):	6
I-4-2-3 La conductivité (CE)	7
I-4-2-4 Matière en suspension :	7
I-4-2-4-1 Les matières volatiles en suspension (MVS)	7
I-4-2-4-2 Les matières minérales en suspension (MMS)	8
I-4-2-5 Demande chimique en oxygène DCO :	8
I-4-2-6 Demande biochimique en oxygène DBO:	8

I-4-2-7	l'Azote :	8
I-4-2-8	Phosphore	9
I-4-2-9	Les produits toxiques ou dangereux	9
I-4-2-9	la notion de biodégradabilité	9
I-4-3	Paramètres microbiologique	10
I-5	Estimation des rejets d'eaux usées	11
I-5-1	Equivalent habitant(EH)	11
I-5-2	Valeur de l'équivalent habitant	11
I-5-3	Normes de rejets des eaux usées	12
I-6	La collecte des eaux usées	13
I-6-1	Définition de l'assainissement :	13
I-6-2	Les types de réseaux d'assainissement	13
I-6-2-1	Les réseaux unitaires	13
I-6-2	Systèmes séparatif :	13
I-6-3	Systèmes pseudo séparatif	13
	Conclusion	14

Chapitre II : Epuration des eaux usées

	Introduction	15
II-1	Epuration des eaux usée	15
II-2	Les différentes étapes d'épuration des eaux usées des eaux usée	15
II -2-1	les prétraitements	15
II-2-1-1	Le dégrillage	15
II-2-1-2	Le dessablage	15
II-2-1-3	Le dégraissage-déshuilage	16
II -2-2	Le traitement primaire	16
II-2-2-1	La décantation physique naturelle	16
II-2-2-2	La décantation physico-chimique	16
II-2-2-3	La filtration	17
II -2-3	Le traitement secondaire (traitement biologique)	17
II-2-3-2-1	Les procédés biologiques intensifs	18
II-2-3-2-2	Les procédés biologiques extensifs	21
II-2-4	Le traitement tertiaire	24

II-2-4-1	Elimination de l'azote et le phosphore	24
II-2-4-1-1	L'élimination de l'azote	24
II-4-1-2	l'élimination de phosphore	26
II-4-2	La désinfection	26
II-5	Gestion des boues	27
II-5-1	Origine des boues	28
II-5-2	Caractéristiques des boues	28
II-5-3	Traitement des boues	29
II-5-3-1	filères de traitement et d'élimination des boues :	29
II-5-3-2	Destination principales des boues	30
Conclusion	31

Partie expérimentale

Chapitre I : Description de la station d'épuration de Boumerdès.

Introduction	32	
III-1	Situation géographique	32
III-2	Caractéristiques des eaux	32
III-3	principe et filères de traitement d'eau dans la station.....	33
III-3-1	arrivé de l'eau usée à la STEP	33
III-3-2	Les Prétraitements	34
III-3-2-1	Le dégrillage	34
III-3-2-2	Dessablage-dégraissage	35
III-3-3	Le traitement biologique	36
III-3-4	Traitement des boues	38
III-3-4-1	Epaississement.	38
III-3-4-2	Déshydratation mécanique :	38
III-3-4-3	Destination des boues déshydratées	39

Chapitre II : Matériels et méthodes

Introduction.....	40	
II-1	Objectif du travail	40
II-2	Mode opératoire des analyses physico-chimiques	40
II-2-1	Analyses des eaux	40
II-2-2	Analyses des boues	44

Chapitre III : Résultats et discussion.

Introduction.....	48
IV- Caractérisation des paramètres physico-chimique de la station d'épuration de Boumerdès.....	48
IV-1 Résultats et interprétation des résultats d'analyse des eaux (brutes et traitées)..	48
IV-1-1 La température	48
IV-1-2 Le potentiel d'hydrogène	49
IV-1-3 La conductivité	49
IV-1-4 Les matières en suspension (MES)	50
IV-1-5 La demande chimique en oxygène DCO	50
IV-1-6 La demande biochimique en oxygène DBO ₅	51
IV-1-7 l'Azote ammoniacal(NH ₄ ⁺),les nitrates (NO ₃ ⁻)et les nitrites (NO ₂ ⁻) et l'azote kejdhal (NTK).....	52
IV-1-8 Les orthophosphates PO ₄ ⁻³	53
IV-2 Résultats et interprétation des analyses des boues	53
IV-2-1 Etude des performances de bassin d'aération	54
IV-2-2 Les analyses de la Boue épaisse	54
IV-2-3 Les analyses des boues déshydratées	55
Conclusion générale.....	56
Références bibliographiques	
Annexes	
Glossaire	

Introduction générale

Dans tout l'univers, l'eau ou l'or bleu, est une molécule que l'homme recherche avidement. C'est une ressource vitale pour lui, sa survie, sa santé, son alimentation; est également pour ses activités agricoles et économiques. La qualité de son environnement en dépend étroitement.

Ces dernières décennies, l'homme est de plus en plus conscient de la raréfaction de cette ressource suite à la grande croissance démographique et aux énormes progrès technologiques d'où résulte toute sorte de pollution qui engendre une surconsommation de l'eau.

L'Algérie fait parti des pays affectés par la rareté des ressources en eau, et la mauvaise répartition des précipitations, à laquelle il faut ajouter le problème de pollution.

L'épuration des eaux usées urbaines s'inscrit dans une démarche de protection de notre environnement et de préservation de nos ressources. Elle est concrètement mise en œuvre par les collectivités locales, selon une réglementation abondante et en fonction de critères tenant compte du milieu naturel.

La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, d'éliminer la majeure partie de la pollution hydrocarbonée. Certains procédés permettent même l'élimination de l'azote et du phosphore. Une grande majorité de ces polluants est transférées de la phase liquide vers une phase concentrée boueuse.

Le procédé d'épuration à boue activée est le procédé le plus utilisé en Algérie pour traiter les eaux usées urbaines ; bien que les performances épuratoires et la fiabilité de ce procédé soient approuvées, plusieurs types de dysfonctionnement peuvent apparaître. Le plus fréquent est le développement excessif de bactéries filamenteuses, susceptibles d'entraîner une dégradation de la décantation des boues ou un moussage stable.

Ce mémoire est structuré en deux parties ; La première partie comporte une recherche bibliographique sur :

- Les eaux et leur pollution ainsi que la caractérisation des paramètres physico-chimiques ;
- Les différents modes et procédés d'épuration ou de traitement des eaux usées urbaines.

La deuxième partie est la partie expérimentale, comporte :

- Une Présentation de la zone d'étude ainsi que le processus d'épuration suivi ;
- Les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux usées traitées au niveau de la STEP de la ville de Boumerdès ainsi que leurs interprétations.

Première partie
Étude bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les eaux usées

Introduction

L'environnement subit de plus en plus les conséquences de la pollution avec le développement industriel et la croissance démographique. La pollution de l'eau qui affecte les rivières, les mers, les nappes phréatiques et les lacs, est le résultat du rejet des eaux usées sans traitement ou traitée insuffisamment. Elle a des effets multiples qui touchent, aussi bien, la santé publique que les organismes aquatiques ainsi que la flore et la faune terrestre. En général, la pollution provoque une dégradation de l'écosystème.

I-1 La pollution et les eaux usées

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

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance. (METAHRI, 2012).

I-2 Origines des eaux usées

Suivant l'origine et la qualité de substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées (METAHRI, 2012).

I-2-1 Les eaux usées domestiques

Elles comprennent les eaux ménagères et les eaux de vannes :

Les eaux ménagères concernent les eaux de cuisine et de salle bain ; elles renferment des matières en suspension et des matières dissoutes organique ou minérales provenant du lavage des sols ou des légumes et elles contiennent les graisses issues de la cuisine ; mais elles sont caractérisées surtout par l'apport de savons et de détergents divers utilisés pour la toilette et la vaisselle.

Les eaux de vannes qui proviennent des toilettes sont constituées par les urines et les matières fécales diluées avec l'eau des chasses (voir figure 1) (BONTOUX, 1983).

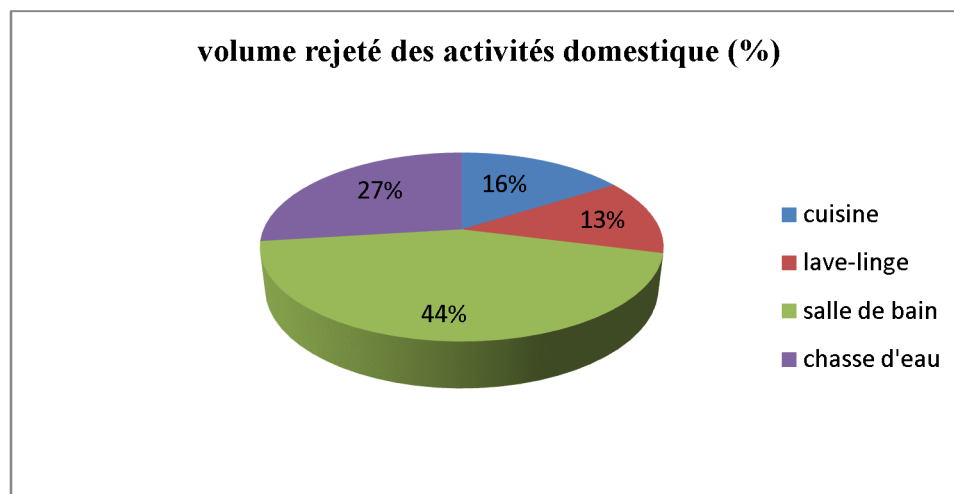


Figure 1 : Proportion des volumes rejetés pour chacune des activités domestiques polluantes (REJSEK, 2002).

I-2-2 Les eaux usées industrielles

Les eaux industrielles véhiculent souvent des produits chimiques toxiques (arsenic, acide sulfurique, du cyanures et divers métaux lourds). Elle posent à l'heure actuelle de multiples problèmes par leurs risques toxiques chez tous les être vivants. Les quantités et les caractéristiques des eaux usées industrielles sont très variées, elles dépendent du type d'industrie et du niveau de traitement subi par les eaux usées avant leur rejet (BOUZIANI, 2000).

I-2-3 Les eaux usées pluviales

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

- le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées ;
- la remise en suspension des dépôts des collecteurs.

Elles peuvent être de même nature que les eaux usées domestiques, avec, en plus des particules de métaux lourds et toxiques (plomb, zinc, hydrocarbures) provenant essentiellement des transports routiers (REJSEK, 2002).

I-2-4 Les eaux usées agricoles

Provenant des fermes ou des cultures, elle se caractérise par :

- de fortes teneurs en sels minéraux (chlore, phosphore, potassium....) provenant des :

- des engrais ;
- des purins et lisiers (élevage).
- La présence de produits chimiques de traitement (pesticides, herbicides...) (GAUJOUS, 1995).

I-3 Les différents types de pollution des eaux

En fonction de sa nature et des effets néfastes qu'elle engendre dans le milieu naturel, la pollution est classée en plusieurs catégories.

I-3-1 La pollution chimique

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements des polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles. Le plus souvent, ces industries rejettent vers le milieu naturel plusieurs catégories de polluant, dont les plus menaçants sont les métaux lourds. L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture, par diverses catégories d'engrais et de pesticides, est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes phréatiques (BOUZIANI, 2000).

I-3-2 La pollution physique

C'est une pollution due aux agents physique (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine industrielle .On peut la répartir en deux classes :

a) La pollution radioactive

Elle peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde), ou d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires), des champs de rayonnements d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des centrales nucléaires.

Les dommages causés par l'accumulation de radioéléments dans l'organisme se présentent sous forme de lésions biologiques (irradiations, brûlures, cancer...) et par des répercussions d'ordre génétique grave, en particulier les malformations congénitales parmi la descendance (BOUZIANI, 2000).

b) Pollution thermique

Ce type de pollution est causé par les rejets d'eaux chaudes provenant des systèmes de refroidissement des centrales nucléaires en particulier. Ces eaux chaudes provoquent la

réduction de la teneur en oxygène dissous de l'eau et peut avoir des actions néfastes sur la faune (MENECEUR. et SAIDJ, 2013).

I-3-3 La pollution biologique

L'eau peut être la source de maladie ou de morbidité, puisqu'elle peut véhiculer des maladies hydriques, qui sont transmises à l'homme suite à la consommation de celle-ci. On peut citer : le cholera, la typhoïde, qui sont le résultat de germes pathogènes transmis par l'eau (DEFRANCESCHI, 1996).

I-4 Les paramètres de qualité des eaux usées

L'évaluation globale de la qualité d'une eau usée s'appuie sur le calcul des paramètres suivants :

I-4-1 Les paramètres organoleptiques

I-4-1-1 La couleur et l'odeur

La couleur est due à la présence de matières organiques colorées en suspension ou à des rejets industriels. Une eau colorée n'est pas rassurante pour les usages domestiques et en particulier pour la boisson. L'odeur est due à la fermentation des matières organiques (KABICHE, 2015).

I-4-1-2 La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présente dans l'eau (METAHRI, 2012).

I-4-2 Les paramètres physico-chimiques

I-4-2-1 La température

La température est un facteur abiotique très important. Sa mesure est nécessaire puisqu'elle joue un rôle dans la solubilité des gaz, la dissociation des sels dissous et la détermination du pH. La température agit aussi comme un facteur physiologie agissant sur le métabolisme de croissance des organismes vivants dans l'eau.

I-4-2-2 Le potentiel hydrogène (PH)

Le pH mesure y la concentration des ions H^+ dans l'eau. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique. La valeur du pH altère la croissance et la reproduction des micro-organismes existant dans une eau, la plupart des bactéries croître dans une Gamme de pH comprise entre 5 et 9, l'optimum est situé entre 6,5 et 8,5 des valeurs de PH inférieur à 5 ou supérieure à 8,5 affectent la croissance et survie de certains micro-organismes aquatiques (CHIBAN, 2011).

I-4-2-3 La conductivité (CE)

La connaissance de la conductivité électrique nous renseigne, avec une bonne approximation sur la salinité d'une eau. Elle est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous et constitue une bonne indication du degré de minéralisation d'une eau (AROUYA, 2011).

Le tableau ci-dessous nous renseigne sur la minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité (voir tableau 1) (ONA, 2013).

Tableau 1 : Relation entre la conductivité et la minéralisation. (ONA, 2013).

Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Appréciation
Conductivité $< 100\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation très faible
$100\mu\text{s}/\text{cm} < \text{conductivité} < 200\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation faible
$200\mu\text{s}/\text{cm} < \text{conductivité} < 333\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
$333\mu\text{s}/\text{cm} < \text{conductivité} < 666\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne
$666\mu\text{s}/\text{cm} < \text{conductivité} < 1000\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation importante
Conductivité $> 1000\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation excessive

I-4-2-4 Matière en suspension

Il s'agit de matières qui sont ni solubilisées ni colloïdales. Elles comportent des matières organiques et des matières minérales. (GAID, 1984). Les MES intègrent toutes les substances dont la taille est comprise entre 0,5 et 40 micromètres qui sont en suspension dans l'eau, ils donnent à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures (CHIBAN, 2011).

a) Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles représentent la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525 °C pendant 2 heures.

La différence de poids entre MES à 105°C et les MES à 525 °C donne « la perte au feu » et correspond à la teneur en MVS (en mg/l) d'une eau.

b) Les matières minérales en suspension (MMS)

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc (METAHRI, 2012).

I-4-2-5 Demande chimique en oxygène DCO

Quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation par voie chimique des matières organiques oxydables contenues dans l'eau. Certaines matières organiques sont très difficilement biodégradables par les micro-organismes et il faut pour oxyder ces matières faire appel à un oxydant chimique fort. La demande chimique en oxygène détermine la quantité globale d'oxygène nécessaire à la dégradation de la pollution organique. La DCO s'exprime aussi en milligrammes d'oxygène par litre (CHIBAN, 2011).

I-4-2-6 Demande biochimique en oxygène DBO

Quantité d'oxygène consommée à 20°C par les microorganismes pour assuré par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradable ou non biodégradable.

La connaissance de cette valeur permet d'évaluer la charge polluante organique contenue dans l'eau usée, elle est exprimée en mg d'oxygène par litre (DEGREMENT, 1995).

I-4-2-7 l'Azote

Pour caractériser un effluent ou suivre l'évolution de l'azote tout au long d'un traitement, il est nécessaire de connaître ses différentes formes.les formes chimiques de l'azote recherchées dans les eaux usées peuvent être réparties en deux grandes familles : les formes réduites et les formes oxydées.

Les formes réduites correspondant principalement à l'azote organique, qui provient notamment des déchets métaboliques (protéines, urée) d'origine humaine et à l'azote ammoniacal (NH_4^+), qui est formé par ammonification des composés organiques azotés. La somme de l'azote organique et ammoniacal peut être évaluée par la mesure de l'azote Kjeldahl (NTK).

$$\text{NTK} = \text{N}_{\text{org}} + \text{N-NH}_4^+$$

Cette grandeur n'inclut pas les composés oxydés de l'azote qui se retrouvent de façon marginale dans les eaux usées : il s'agit des nitrites (NO_2^-) et des nitrates (NO_3^-), produits de la transformation chimique (oxydation) de l'azote réduit. Le suivi des nitrites et surtout des nitrates, en cours de traitement, permet d'obtenir des informations sur le bon fonctionnement des procédés de traitement, en particulier de nitrification et dénitrification (BEHRA, 2013).

I-4-2-8 Phosphore

Comme l'azote, le phosphore se présente sous deux formes : minérales et organique.

a) Le phosphore minéral

Présent principalement sous forme d'orthophosphate (PO_4^{3-}), de diverses combinaisons minérales comme le triphosphate de sodium, le pyrophosphate tétrasodique et l'hexametaphosphate de sodium.

b) Le phosphore organique

Présent dans les combinaisons cellulaires organiques soit en tant qu'élément de base de substances bien déterminées, soit en tant qu'élément mobile du métabolisme (GAID, 1984).

I-4-2-9 Les produits toxiques ou dangereux

Ils sont plus rarement recherchés, ils sont constitués par des grandes familles de composés tel que : les pesticides, les métaux lourds (plomb, chrome, cadmium, etc.), les hydrocarbures et les PCB (SATIN et SELMI, 1999).

I-4-2-10 La notion de biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus de l'épuration biologique des eaux. La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que $K = DCO/DBO_5$.

- Si $K < 1.5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable.
- Si $1.5 < K < 2.5$: les matières oxydables sont moyennement biodégradables ;
- Si $2.5 < K < 3$: les matières oxydables sont peut biodégradables ;
- Si $K > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable, on applique un traitement biologique si non, on applique un traitement physico-chimique (METAHRI, 2012).

I-4-3 Paramètres microbiologique

Les germes microbiens présents dans les eaux usées proviennent essentiellement des matières fécales. Les principales maladies d'origines hydrique étant la conséquence de la contamination fécale de l'eau par l'homme ou l'animale.

Les germes pathogènes présents dans les eaux usées peuvent être classés en quatre groupes principaux :

- Les bactéries pathogènes (salmonelles, shigelles...);
- Les virus (entérovirus, virus de l'hépatite A...);
- Les parasites (vers, amibes, giardia,...);
- Les champignons.

La recherche directe des germes pathogènes dans l'eau est une opération onéreuse et longue à effectuer, ce qui conduit, au concept des indicateurs bactériens dont la présence en concentration élevée, témoigne d'une éventuelle présence des germes pathogènes.

Trois groupes principaux sont couramment utilisés dans ce but (germes test de la pollution fécale) : les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux (voir tableau 2) (CHIBAN, 2011).

Tableau 2: Germes pathogènes rencontrés dans les eaux usées (ILILLE et GUERFI, 2010).

Germes	Organismes	Maladies
Les bactéries pathogènes	- Salmonelles - Shigelles	- Typhoïde - Dysenterie
Entérobactéries vibrions	- Colibacilles - Leptospires - Mycobactéries - Vibrion coma	- Tuberculose - Choléra
Les virus	- Entérovirus - Réovirus - Adénovirus - Rota virus	- Poliomyélite - méningite - Affections respiratoires - Diarrhées
Les parasites Les champignons	- Tænia, ascaris	- Lésion viscérales, Eczémas, maladies de la peau

I-5 Estimation des rejets d'eaux usées

I-5-1 Equivalent habitant(EH)

Un équivalent habitant correspond à la pollution quotidienne que génère un individu. Chacun est sensé utiliser entre 180 à 300 l d'eau par jour, la quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90g de matière en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4g de matière phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml (MEATAHRI ,2012).

I-5-2 Valeur de l'équivalent habitant

En Europe, l'équivalent habitant correspond à une pollution de 54g DBO₅/j pour une eau brute et 35g DBO₅/j pour une eau décantée.

Pour l'Algérie, la valeur de l'équivalent habitant n'est pas encore déterminée, de ce fait pour concevoir une station d'épuration d'eaux usées, on se base sur les normes européennes ou au mieux on procède à l'analyse des effluents à traiter.

I-5-3 Normes de rejets

On entend par normes de rejets, les valeurs admissibles des paramètres de pollution qui réglementent le rejet des effluents dans le milieu naturel.

Les normes qui varient d'un pays à un autre sont en fonction de :

- a) l'état de l'environnement :
 - potentialité matérielles et humaines, techniques, scientifiques... ;
 - flux de la pollution déversée ;
 - nature de la pollution.
- b) niveau de conscience écologique des autorités concernées par la mise en œuvre de la législation, promulgation des lois et de leurs applications (MESSAOUDENE et SOUIKI ,2008).

Les normes de rejets appliquées en Algérie sont celle de l'OMS, elles sont indiquées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Normes de rejets appliquées en Algérie (MESSAOUDENE et SOUIKI ,2008).

Paramètres	Unités	Normes
T°	C°	30
pH	/	6.5-8.5
O ₂	mg/l	05
DBO ₅	mg/l	30
DCO	mg/l	90
MES	mg/l	30
Zinc	mg/l	02
Chrome	mg/l	0,1
Azote total	mg/l	50
Phosphates	mg/l	02
Détergent	mg/l	01
Hydrocarbures	mg/l	10
Huiles et graisses	mg/l	20

I-6 La collecte des eaux usées

I-6-1 Définition de l'assainissement

L'assainissement des eaux constitue l'ensemble des dispositions relatives à l'évacuation des effluents d'une agglomération et à leur traitement, de manière à ce qu'ils ne puissent provoquer aucune nuisance pour l'hygiène publique (BOUZIANI, 2000).

I-6-2 Les types de réseaux d'assainissement

Les principaux systèmes de collecte utilisés en assainissement sont

I-6-2-1 Les réseaux unitaires

Les eaux usées domestiques, les eaux pluviales, et sous certaines conditions les effluents industriels sont évacués par un collecteur unique. En cour de réseau, ou avant la station d'épuration, sont intercalés des déversoirs d'orage. la fonction de ces déversoir est d'assurer par temps de pluie ou deorage la dérivation vers le milieu naturel d'une partie des effluents, eaux usées/diluées par les eaux pluviales.

I-6-2 Systèmes séparatif

Dans le système séparatif, les eaux usées domestiques, et sous certaines conditions les effluents industriels, sont évacuées vers la station d'épuration par un premier collecteur. Un second collecteur assure le transport vers le milieu naturel des seules eaux pluviales (TABEAUD, 2000).

I-6-3 Systèmes pseudo séparatif

Le système pseudo séparatif s'applique aux réseaux recevant les eaux usées, et tout ou partie des eaux de ruissellement en provenance directe des propriétés riveraines, tandis que les eaux de ruissellement en provenance des chaussées sont évacuées par les caniveaux et, éventuellement, par quelque tronçons d'ouvrages pluvieux.

L'avantage de ce système est qu'il n'y a pas lieu de séparer les eaux de ruissellement et les eaux usées en provenance d'un même immeuble (GOMELLA et GUERREE ,1986).

Conclusion

Les conséquences de la pollution des eaux sont multiples, que se soit pour l'homme ou son environnement. Dans un souci de l'efficacité et pour atteindre les objectifs fixés pour la protection des ressources en eaux et le cadre de vie, il est indispensable d'apprécier et de caractériser les paramètres de qualités de l'eau usées brute.

L'épuration des eaux usées s'est donc imposé pour diminuer les concentrations en polluants et de protéger le milieu naturel.

Chapitre II

Épuration des eaux usées

Introduction

Les eaux usées quelle que soit leur origine, sont généralement chargées en différents polluants, qui selon leur quantité et selon leur composition, représentent un danger réel pour les milieux récepteurs ou leur utilisateurs. La dépollution des eaux usées exige de concevoir une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques, l'épuration doit permettre, au minimum, l'élimination de la majeure partie de la pollution carbonée.

II- 1 Epuration des eaux usées

L'épuration des eaux usées consiste à réduire la charge polluante qu'elles véhiculent, afin de rendre au milieu aquatique qui est le milieu récepteur une eau de qualité, respectueuses des équilibres naturels et de ses usages futurs (MEKHALIF, 2009).

II-2 Les différentes étapes d'épuration des eaux usées**II -2-1 Les prétraitements**

Les collecteurs urbains d'eaux usées véhiculent des matières hétérogènes et souvent volumineuses, spécialement sur des réseaux unitaires. Un prétraitement est nécessaire de manière à protéger le relèvement des eaux contre l'abrasion, et plus généralement pour éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs (DEGREMONT ,2005).

II-2-1-1 Le dégrillage

A l'entrée de la station d'épuration, les effluents bruts doivent subir un dégrillage pour retenir les matières volumineuses au travers des grilles. Cette opération est toujours effectuées avant la station de relevage, afin, de protéger les pompes à vis d'Archimède et de ne pas gêner le fonctionnement des étapes ultérieures du traitement, on constate :

- Le Pré dégrillage : les barreaux des grilles sont espacés de 30 à 100 mm ;
- Le dégrillage moyen : de 10 à 30 mm ;
- Le Dégrillage fin : de moins de 10 mm. (SELMi et SATIN, 1999).

II-2-1-2 Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines de diamètres supérieurs à 0.2 mm environ. Pour éviter les dépôts dans les canaux et conduites, et protéger les pompes et autres appareils contre

l'abrasion, et aussi pour éviter de perturber les stades de traitement suivants (BALASKA, 2005).

II-2-1-3 Dégraissage-déshuilage

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent en une séparation des huiles et graisses, et des produits de densité légèrement inférieure à l'eau de l'effluent brut.

Le dégraissage est une opération de séparation liquide-solide réalisant un compromis entre une rétention maximale de graisses et un dépôt minimal de boues.

Le déshuilage est une opération de séparation liquide réservée habituellement à l'élimination des huiles présentes dans les eaux résiduaires industrielles.

L'élimination des huiles et des graisses s'effectue par écumage manuel ou mécanisé (SATIN et SELMI, 2006).

II -2-2 Le traitement primaire

Après les prétraitements, il reste dans l'eau une charge polluante dissoute et des matières en suspension. Les traitements primaires ne portent que sur les matières qui peuvent décanter par voie physique ou physico-chimique et qui a pour but d'extraire le maximum de matière en suspension et de matières organiques facilement décantables.

II-2-2-1 La décantation physique naturelle

La décantation est un procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux usées son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels la grosseur et densité des particules (DES JARDINS, 1999).

II-2-2-2 La décantation physico-chimique

Les procédés physico-chimiques de décantation consistent à alourdir les particules en suspension, ils font appel aux techniques de coagulation ou de floculation-clarification brutes.

Les processus de coagulation et floculation sont employés pour séparer les solides en suspension de l'eau, lorsque la vitesse de décantation naturelle est trop lente pour obtenir une clarification efficace (SATIN et SELMI, 1999).

II-2-2-3 La filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension, en le faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension, ainsi retenus par le milieu poreux, s'y accumulent ; il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue intermittente.

La filtration, habituellement précédée des traitements de coagulation-floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs (DES JARDINS, 1990).

II -2-3 Le traitement secondaire (traitement biologique)

Les prétraitements permettent d'éliminer les fractions solides grossières des eaux usées, et sont sans action sur la partie non décantable. Les traitements physico-chimiques permettent, en plus, d'éliminer une partie de la fraction soluble. Seuls les traitements biologiques permettent, de façon acceptable sur le plan technico-économique, d'éliminer de façon très poussée la fraction soluble et organique de la pollution.

En effet, les bactéries en raison de leur taille très réduite (et de leur capacité d'échange membranaire), de leur forte densité, de leur capacité d'adaptation (forte capacité de dissémination en général) et de leur fort taux de développement, sont les plus capables d'épurer efficacement les eaux usées. Il existe de très nombreux procédés permettant de dégrader la matière organique par voie biologique, qui peuvent être classées en procédés aérobies et anaérobies (BOUKREDIMI et BERRAHAL, 2014).

II-2-3-1 Traitements anaérobies

Les traitements anaérobies font appel à des bactéries n'utilisant pas de l'oxygène, en particulier, aux bactéries méthanogènes qui conduisent, à la formation du méthane à partir de la matière organique, et à un degré moindre du CO₂.

Ce type de fermentation est appelé digestion en hydrologie ; c'est une opération délicate qui demande une surveillance importante. Car, la température doit être maintenue à un niveau très stable et suffisamment élevé. Il faut aussi éviter les écarts brutaux de pH et les substances inhibitrices du développement bactérien comme : les cyanures, les sels de métaux et les phénols. (METAHRI, 2012).

II-2-3-2 Traitements aérobies

Les procédés aérobies mettent en œuvre des bactéries hétérotrophes qui ont besoin de matière organique pour vivre et qui consomment de l'oxygène. Elles s'activent avec la température et transforment la matière organique soluble en énergie et en matière organique de synthèse en consommant O₂. A signaler que certains hétérotrophes peuvent se dispenser d'oxygène et utiliser les nitrates, elles sont alors dénitrifiantes dans une zone dite d'anoxie. L'épuration aérobie est le mode de traitement biologique le plus employé (BOUKREDIMI et BERRAHAL, 2014).

II-2-3-2-1 les procédés biologiques intensifs

Les procédés intensifs sont des techniques qui réalisent l'épuration à l'aide de cultures fixées sur support fin ou encore à l'aide de cultures libres mais nécessitant un apport artificiel d'énergie très important (CHIBAN, 2011).

II.3.2.1.1 les cultures fixes

➤ Lits bactériens

Dans le procédé utilisant les lits bactériens, l'eau usée percole sur une masse de matériaux qui servent de support aux micro-organismes. Le lit bactérien est constitué d'un ouvrage en béton rempli d'un matériau immergé dans l'eau à traiter. Ce matériau permet la fixation bactérienne et la filtration des matières en suspension. Les matériaux utilisés peuvent être d'origine naturelle (argile) ou synthétique (polystyrène) (CHIBAN, 2011).

Une aération est pratiquée, le plus souvent par tirage naturel et quelque fois, par ventilation forcé. Cette aération a pour but d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. 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. Ce film se détache en lambeau et les matériaux poreux se trouvent dénudés, l'épaisseur du film se reconstitue automatiquement après trois semaines (SATIN et SELMI, 1999).

➤ Les disques biologiques

Dans une installation à disque biologique, l'effluent préalablement décanté, est admis dans un bassin où des disques sont partiellement immergés. Ceux-ci sont fixés sur des axes de rotation horizontaux et tournent lentement (quelques tours par minute) pour que la biomasse bactérienne fixée sur la surface des disques soit ainsi alternativement mouillée par les eaux résiduaires et aérée par l'air ambiant.

Dans ce procédé, les micro-organismes sont fixés sur des disques tournant lentement autour d'un axe horizontal et baignant en parti dans l'eau à traiter. De par la rotation, la biomasse se trouve alternativement au contact avec l'eau à traiter et avec l'oxygène de l'air ambiant (voir figure 2) (CHIBAN, 2011).



Figure 2 : Disque biologique (BOUKREDIMI et BERRAHAL, 2014)

II-3-2-1-2 Les culture libre (boues activées)

Les boues activées constituent un traitement biologique très couramment utilisé. Le procédé consiste à mettre en contact des floc bactériens maintenu en suspension au sein d'un réacteur biologique brassé et aérée en même temps que l'eau usées. Le processus de dégradation des molécules est aérobie, donc la présence de l'oxygène est nécessaire pour oxyder les matières organiques solubles et colloïdales en CO_2 et H_2O . Cet oxygène est apporté par un système d'aération installé à l'intérieur du réacteur biologique.

Après un temps de contact, le mélange (floc + eau épuré), appelé « liqueur mixte », arrive dans un clarificateur, destiné à séparer l'eau épurée des floes. Les floes, du fait de leur densité supérieure à celle de l'eau, sédimentent dans le fond du clarificateur pour former les boues. L'eau épurée sort à la surface du clarificateur, par surverse, et est en règle générale rejetée dans le milieu naturel.

La majeure partie des boues épaissies au fond du décanteur, est envoyée ou recirculée dans le bassin aéré pour y maintenir une concentration optimale en boues. L'excédent de boues est extrait du système de boues activées pour être envoyé en traitement des boues (voir figure 3) (REJSEK, 2002).

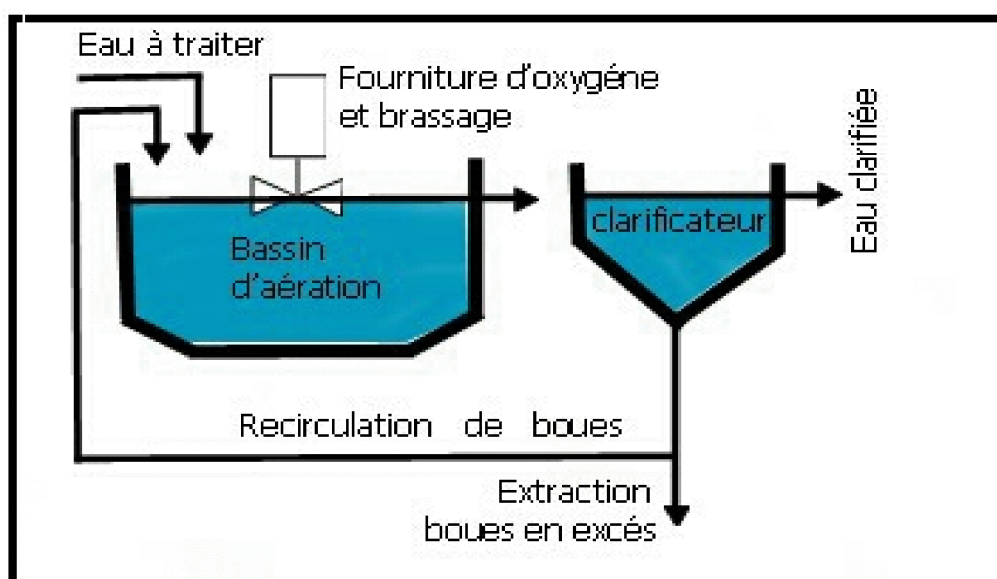


Figure 3 : Schéma simplifié d'un système à boues activées (REJSEK, 2002).

Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas :

- Un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice ;
- Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation d'eau épurée et de la culture bactérienne ;
- Un dispositif de recirculation des boues assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologique récupérer dans le clarificateur, cela permet de maintenir la quantité de microorganisme constante pour assurer le niveau d'épuration recherché ;
- Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération ;

- Un dispositif de brassage afin d'assurer au mieux le contact entre le microorganisme et la nourriture, éviter les dépôts de favoriser la diffusion de l'oxygène (DEGREMENT, 1989).

II-2-3-2-2 Les procédés biologiques extensifs

Les procédés extensifs nécessitent de grandes surfaces et sont basés sur des techniques qui réalisent l'épuration à l'aide de culture fixées sur support fin ; ou encore à l'aide de culture libre mais utilisant l'énergie solaire pour produire de l'oxygène. (CHIBAN, 2011).

II-2-3-2-2-1 Les cultures fixées

➤ L'infiltration- percolation

L'infiltration –percolation d'eau usée est un procédé d'épuration par filtration biologique aérobie qui consiste à faire passer l'effluent à traiter à travers un milieu granulaire fin, inondé à raison de quelques centaines de litres par mètre au carré et par jour, pendant plusieurs jour ou plusieurs semaines.

Les phénomènes physiques, chimiques et biologiques mis en jeu pour l'épuration sont :

- La filtration et la sédimentation des particules au niveau des pores du sol ;
- L'échange ionique, l'adsorption et la précipitation de sels dissous ;
- La biodégradation de la matière organique.

Après sa percolation à travers quelque mètre de sol dans lesquelles s'opère le traitement, l'eau épurée peut être récupérée par drainage ou bien par pompage si elle rejoint un système aquifère sous-jacent (recharge nappe) (NATHALIE, 1993).

➤ Les filtres plantés de roseaux (ou filtres plantés)

✓ Les filtres plantés à écoulement vertical

Le procédé de traitement par massifs filtrant plantés à écoulement vertical est un procédé assez proche des lits d'infiltration-percolation sur sable. Il se distingue par sa capacité à recevoir les eaux usées prédégrillées sans décantation primaire et il est composé de deux étages de massifs filtrants en série (le premier étage comprend trois massifs en parallèle et est composé de graviers, et le second étage comprend deux massifs en parallèle et est composé de sable fins). Il est alimenté par bâchées, en alternant l'alimentation des massifs filtrants (un massif en

alimentation et deux massifs au repos pour le premier étage; un massif en alimentation et un massif au repos pour le second étage). Sa particularité peut être associée aux bonnes performances, à la simplicité du procédé, et à la pérennité de la capacité d'infiltration (voir figure 4) (BEHRA, 2013).

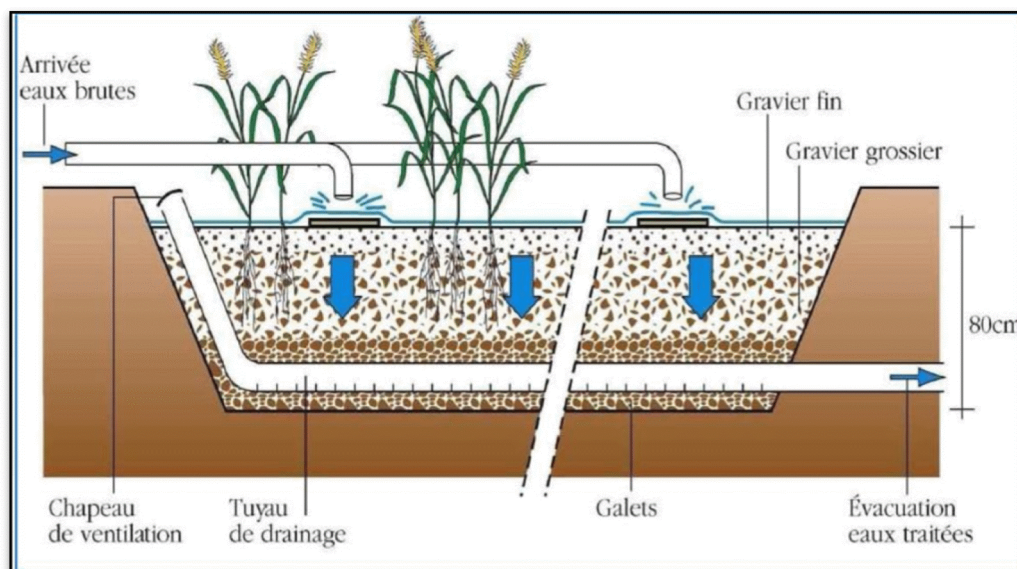


Figure 4 : Schéma d'un filtre planté à écoulement vertical (BADIA-GONARD, 2003).

✓ Les filtres plantés à écoulement horizontal

Le Procédé de traitement par massif plantés à écoulement horizontal présente cependant des capacités de traitement susceptibles de compléter celles des filtres à écoulement vertical, notamment en ce qui concerne la dénitrification. Après un prédégrillage et une décantation primaire, l'effluent est réparti sur toute la largeur et la hauteur du massif grâce à des gabions (galets de grande granulométrie) situés à l'entrée du massif. L'effluent s'écoule dans un sens horizontal dans le massif, qui est particulièrement ou totalement saturé. L'alimentation se fait en continue, la récupération de l'eau traité et filtré se fait à l'extrémité opposée, par l'intermédiaire d'un drain positionné dans des gabions et relié à un siphon dont la hauteur de surverse est réglable (voir la figure (voir figure 5) (BEHRA, 2013).

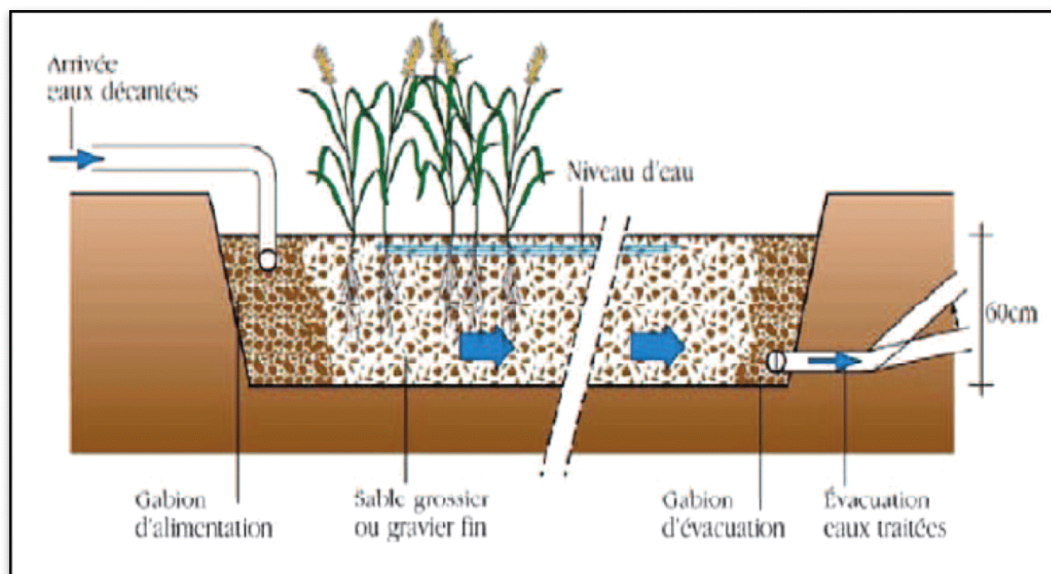


Figure 5: Schéma d'un filtre planté à écoulement horizontal (BADIA-GONARD, 2003).

II-2-3-2-2 Les cultures libres

➤ Le lagunage

Le lagunage est un système biologique d'épuration extensive, qui consiste à rejeter les eaux brutes dans des lagunes dans lesquelles est favorisée une biodégradation naturelle faisant intervenir la biomasse qui transforme la matière organique. La lumière, la température, les bactéries, les algues et surtout le temps de séjour sont les facteurs essentiels de ce traitement (CHIBAN, 2011).

On distingue principalement deux types de lagunage :

- Le lagunage naturel ;
- Le lagunage aéré.

✓ Lagunage naturel

L'épuration des eaux usées est assurée grâce à un long séjour, dans plusieurs bassins étanches disposés en série, dont le nombre minimum est de trois bassins.

Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse ; la tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière, ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et au maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carbonique

formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux bactéries de se multiplier.

Au fond du bassin, où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique. Un dégagement de gaz carbonique et de méthane se produit à ce niveau (MENECEUR et SAIDJ ,2013)

✓ **lagunage aérés (artificiel)**

Les lagunes aérés sont constitués de bassins dans lesquels l'oxygénation est réalisée au moyen de diffuseurs d'air installés au fond des bassins ou d'aérateurs de surface. Les étangs sont en condition de mélange partiel, c'est à dire que l'énergie de brassage est insuffisante pour éviter des dépôts. Seule une partie des matières solides est maintenue en suspension. L'autre partie des matières en suspension décante au fond des bassins, ou elles constituent les boues qui entrent dans le digesteur anaérobie. Les charges organiques appliquées et les matières organiques solubles provenant de la digestion des boues sont oxydées dans les zones supérieures aérobies. Pour obtenir un effluent clarifié, il est nécessaire de prévoir une zone sans apport d'air à la fin du dernier lagune ou un dernier étang non aéré (BALASKA, 2005).

II-2-4 le traitement tertiaire

On appelle traitement tertiaire ou mieux complémentaire tout traitement sur une eau déjà épurée par voie biologique, il peut être envisagé en raison :

- soit de l'insuffisance des procédés biologiques (cas de quelques effluents industriels insuffisamment biodégradable).
- soit pour les effluents domestique a cause de la nécessité d'une protection accrue du milieu récepteur : zones balnéaires ou touristiques, ou pour la de réutilisation de l'effluent (injection, eau industrielle) (VALIRON, 1989).

II-2-4-1 Elimination de l'azote et le phosphore

II-2-4-1-1 L'élimination de l'azote

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification- dénitrification. Pour satisfaire les normes de rejet en zones sensibles, des procédés physiques et physico-chimiques complémentaires permettent l'élimination de l'azote (électrodialyse, résines échangeuses d'ions), mais ces traitement ne sont pas applicables en traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de

rendement et de leurs couts prohibitifs. Les procédés biologiques sont les plus adaptés au traitement de l'azote des eaux résiduaires en raison de leur facilité de mise en œuvre et de leur cout modéré (ATTAB, 2011).

➤ **Principe d'élimination de l'azote par voie biologique**

L'azote est essentiellement présent sous forme organique et ammoniacale. Dans une station conçue pour éliminer l'azote par voie biologique, l'ensemble des réactions peut être schématisé de la façon suivante (voir figure 6).

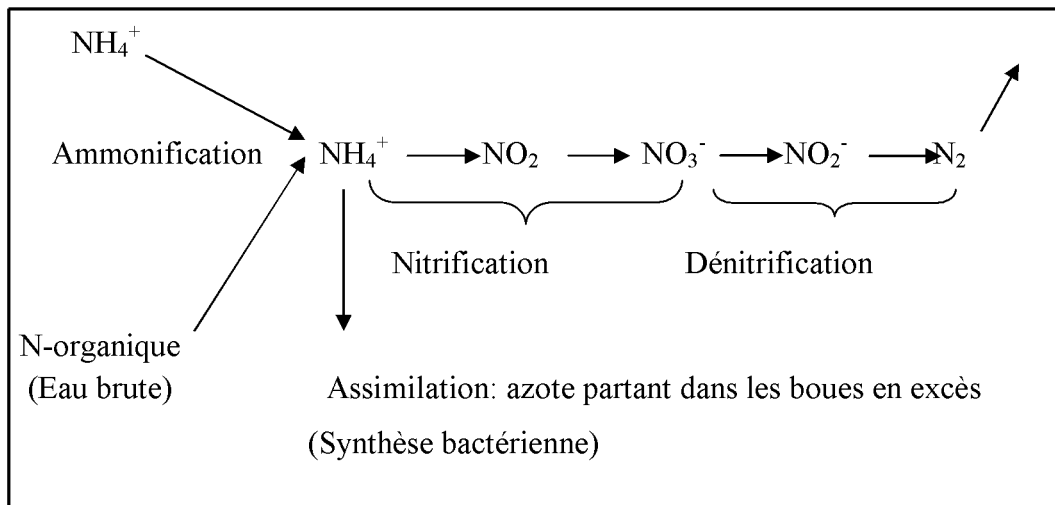
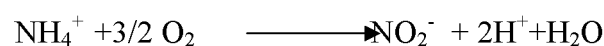


Figure 6 : Les étapes de la métabolisation de la pollution azotée (DEGREMENT, 1989).

Le principe de l'élimination de l'azote se fait en trois étapes indispensables suivant le cycle biologique de l'azote :

- **L'Ammonification** : C'est la transformation de l'azote organique en azote ammoniacal
- **L'assimilation** : C'est l'utilisation d'une partie de l'azote ammoniacal et éventuellement organique pour la synthèse bactérienne.
- **La nitrification** : C'est l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrite puis en nitrate. Elle s'effectue en deux stades par des micros- organismes autotrophes :

- Oxydation de NH_4^+ en NO_2^- : c'est l'œuvre essentiellement des germes nitrosomonas



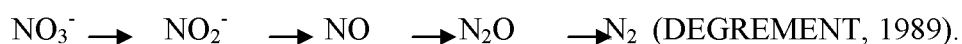
- Oxydation de NO_2^- en NO_3^- : les bactéries responsables de cette deuxième réaction appartiennent principalement au genre nitrobacter.



- **La dénitrification** : C'est la réduction des nitrates en azote gazeux qui retourne ainsi sous sa forme primitive dans l'atmosphère.

Les bactéries peuvent être autotrophe, mais l'activité de celles-ci est faible. C'est la raison pour laquelle on met généralement en œuvre des bactéries hétérotrophes.

Cette réduction se produit à travers différentes réactions que l'on peut schématiser comme suit



II-4-1-2 L'élimination de phosphore

Les techniques de déphosphatation qui sont généralement appliquées font appel à des réactions de précipitation (procédés physico-chimiques) ou à des micro-organismes épurateurs qui assurent une sur-élimination du phosphore (procédés biologiques).

- En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium ou la chaux, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminant entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production des boues ;
- La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées). Le rendement moyen est d'environ 60% dans les grosses installations d'épuration. Ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejets requis (ILILLE et GUERFI, 2010).

II-4-2 La désinfection

Un abaissement de la teneur des germes est parfois exigé pour les rejets dans zones spécifiques (zones de baignade, zone de conchylicoles) ou dans le cadre d'une réutilisation, il sera réalisé par :

II-4-2-1 Les traitements chimiques de désinfection

- **Le chlore**

Le chlore est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec les micro-organismes. Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont : le chlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium (NaClO) appelé communément "eau de javel", l'hypochlorite de calcium ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), le chlorite de sodium (NaClO_2) et le chlore de chaux (CaCl_2O) (ATTAB, 2011).

- **L'ozone**

L'ozone est un oxydant puissant, la désinfection par l' O_3 est utilisée aux Etats-Unis, en Afrique du sud et au moyen orient essentiellement. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus. Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité (METAHRI, 2012).

II-4-2-2 Le traitement physique de désinfection par Les rayons ultra violets

Consiste à utiliser des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau, leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre. Car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques qui peuvent modifier les caractéristiques chimiques de l'effluent (ATTAB, 2011).

II-5 Gestion des boues

La totalité des procédés d'épuration des eaux usées urbaines, qu'ils soient biologiques ou physico-chimiques, conduisent à la concentration des polluants sous forme de suspension aqueuses ou boues. Ces dernières constituent des déchets volumineux avec une forte charge en matière organique hautement fermentescible, ainsi que des matières minérales. Ces caractéristiques sont problématique quelle que soit la destination des boues et imposent la mise en place d'une filière de traitement (ILILLES, 2010).

II-5-1 Origine des boues

II-5-1-1 Les boues primaires

Elles proviennent d'une séparation physique des matières en suspension décantables, organique et minérales. Elles sont d'aspect grisâtre, d'odeur fétide, très fermentescibles et très contaminées bactériologiquement.

II-5-1-2 Les boues physico-chimiques

Elles proviennent, comme les précédentes, d'une décantation placée en entrée de la station d'épuration, mais avec un traitement chimique supplémentaire. Celui-ci permet d'éliminer, en plus de la pollution particulaire, la pollution colloïdale ainsi que la pollution phosphorée. Ces boues renferment également les réactifs chimiques ajoutés qui se retrouvent sous forme d'hydroxydes métalliques (de fer ou d'aluminium) ou de précipités minéraux (carbonates, phosphates...).

II-5-1-3 Les boues biologiques

Elles proviennent de la dégradation de la pollution biologique biodégradable, soluble et colloïdale, par une culture bactérienne libre (boues activées) ou fixée (lit bactérien ou biofiltre) (REDJSEK, 2002).

II-5-2 Caractéristiques des boues

Une boue est aussi représentée par plusieurs données numériques qui permettent de la caractériser.

a- La siccité

La siccité des boues exprimée en pourcentage (%), est le rapport entre la masse de matières sèches (MS) contenues dans les boues et la masse de matières brutes des boues (matières sèche et l'eau). Une boue ayant 30 % de siccité contient 70 % d'eau (BEHRA, 2013).

b- Le taux de matière volatile sèche (MVS)

La matière sèche est constituée de matières minérales et de matières organiques appelées aussi matières volatiles sèches. La concentration en MVS est un taux qui s'exprime par

rapport à la matière sèche totale. Le suivi de ce paramètre permet de connaître la stabilité d'une boue.

c- La consistance

C'est une donnée obligatoire à connaître pour toute manipulation des boues. La consistance est un état physique dépendant de la siccité (voir tableau 4) (TELLI, 2013).

Tableau 4 : Etat physique des boues (TELLI, 2013).

Etat	Siccité(%)
Liquide	≤10%
pâteux	12% à 15%
Solide	25% à 85%
Sec	> 85%

d- L'indice de boue

L'indice de boue (IB en ml/g) ou indice de décantation libre est le volume occupé dans une éprouvette de 1000 ml par 1g de boue, avec dilution, après une décantation de 30 minutes, cet indice traduit l'aptitude de la boue à décanter dans un milieu dilué (décantation libre).

e - Notion de stabilité

Une boue est dite stable lorsqu'elle est débarrassée de ses matières organiques (MVS), plus une boue est stable, moins elle contient de matières organiques. Les procédés de stabilisation assurent un abattement maximum de 45 % du taux de MVS et produisent ainsi une boue dite « stable » (TELLI, 2013).

II-5-3 Traitement des boues

II-5-3-1 Filières de traitement et d'élimination des boues

II-5-3-1-1 Stabilisation des boues

Le traitement de stabilisation des boues est indispensable, afin d'assurer la réduction du pouvoir fermentescible de ces boues. La stabilisation peut être réalisée de manière biologique grâce aux bactéries contenues dans les boues (aérobie ou anaérobie), de manière chimique (l'ajout de flocculant tels que le chlorure ferrique utilisé avec de la chaux) et de manière thermique (par pasteurisation.....) (SATIN et SELMI, 1999).

II-5-3-1-2 Epaisseur

Le premier stade de déshydratation est l'épaississement induisant une réduction importante du volume des boues issues des traitements biologiques ou physico-chimiques des effluents urbains. L'épaississement peut être gravitaire, s'effectuer par flottation, par égouttage ou par centrifugation.

II-5-3-1-3 Le conditionnement

Le conditionnement des boues est obtenu par l'application de plusieurs principes physiques, chimiques et thermique. Il a pour but d'assurer la floculation de la boue pour faciliter le drainage, la filtration ou la centrifugation, ce qui optimise la déshydratation.

II-5-3-1-4 La déshydratation

La déshydratation des boues constitue la deuxième étape de réduction du volume des boues, elle s'opère sur des boues épaissies, stabilisés ou non, en vue d'une élimination plus ou moins poussée de leur humidité résiduelle, de manière à les rendre soit pelletables (siccité de 16-30 %), soit solides (siccité supérieure à 30 %).

II-5-3-2 Destinations principales des boues

Les principales destinations des boues sont généralement limitées à :

- La valorisation agricole (boues liquides ou solides, compostage et séchage thermique) ;
- L'incinération ;
- La mise en décharge.

Le choix entre ces modes d'élimination (qui seront développés plus loin) dépend des caractéristiques des boues et des contraintes locales (SATIN et SELMI, 1999).

Conclusion

Il ressort de ce chapitre que Les technologies utilisées dans l'épuration des eaux usées se développent et se perfectionnent constamment par la recherche de procédés nouveaux et par la mise en place de nombreux automatismes pouvant diminuer efficacement la dégradation environnementale de ressources précieuses en eau et détruire les agents pathogènes humains potentiels.

Le procédé à boue activée est le plus répandue dans l'épuration des eaux usées car c'est le plus économique et nécessite un délai de traitement très réduits.

Deuxième partie
Etude expérimentale

Chapitre I

Description de la station d'épuration de Boumerdès

Introduction

La station d'épuration de Boumerdès a été mise en service en janvier 2001, elle a pour objectif l'épuration des eaux usées urbaines de la ville de Boumerdès selon le procédé d'épuration « boues activées à faible charge », elle s'étale sur une superficie de 34 966.15 m² et possède une capacité de 75 000 équivalents habitants correspondant à un volume d'eau usées traité de 15 000 m³/j, les effluents arrivent à la station par un réseau unitaire (figure 7).



Figure 7 : vue générale de la STEP de Boumerdès (ONA, Boumerdès, 2016).

III-1 Situation géographique

La station d'épuration de Boumerdès est située à la limite Sud de la commune dans un bas fond, sur la rive gauche de l'oued Tatareg, sur le chemin reliant Boumerdès à Corso, conçue pour protéger le milieu récepteur, en l'occurrence la mer méditerranée (figure 8).



Figure 8: vue satellitaire de la STEP Boumerdès (Google earth, 2016).

III-2 Caractéristiques des eaux

III-2-1 Eau brute

L'effluent brute qui arrive à la STEP présente les caractéristiques suivantes :

- **Charge hydraulique**

Les débits d'eau entrant ainsi que le volume journalier de la STEP sont résumés dans le tableau 5.

Tableau 5 : charge hydraulique de la STEP (ONA. Boumerdès, 2016).

paramètres	Débit d'eau entré à la STEP
Volume journalier	15 000 m ³ /j
Débit moyen 24h	625 m ³ /h
Débit de pointe temps sec	1063 m ³ /h
Débit de pointe temps de pluie	1944 m ³ /h

- **Charge polluante**

Le tableau 6 résume les charges polluantes qui arrivent à la STEP et les normes de rejet de l'eau traitée et fixées par l'OMS.

Tableau 6 : La qualité d'eau à traiter (ONA Boumerdès, 2016).

Paramètres de pollution	Concentration	Norme de rejet
DBO ₅ journalière	4050 (kg/j)	30 mg/l sur un échantillon de 24h
MES journalière	5250 (kg/j)	30 mg/l sur un échantillon de 24h
DCO journalière	11250 (kg/j)	90 mg/l sur un échantillon de 24h

III-3 Principe et filières de traitement d'eau dans la station

Le principe de traitement de la STEP est celui d'une épuration biologique à boue activée, à faible charge et aération prolongée.

Dans ce type de traitement biologique des effluents, On fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau. Le traitement au fil de l'eau comporte les étapes suivantes :

III-3-1 Arrivées des eaux brutes à la STEP

Les eaux brutes arrivent d'une part par pompage directement dans le canal d'alimentation, d'autre part par gravité dans la bêche de relèvement, par deux conduites de 600 mm de diamètre (figure 9), ce poste de relèvement permet l'alimentation du prétraitement en aval.

Un by-pass total des installations contrôlant l'entrée générale de la station :

- En cas de crue pluvial (prévention de l'arrivée massive des sables qui influence le processus) ;
- En cas d'arrivée anormalement chargée : branchement illicite dans le réseau, station d'essence, station de vidange....).

Un déversoir d'orage de la station est installé à l'amont de celle-ci qui déverse le surplus du débit admissible.



Figure 9 : Arrivée des eaux usées urbaines (ONA Boumerdès, 2016).

III-3-2 Les prétraitements

Les opérations de prétraitement des effluents ont pour but d'éliminer la fraction la plus grossière des particules qui peuvent gêner les étapes ultérieures. Parmi les opérations de prétraitement au niveau de la STEP de Boumerdès on trouve :

III-3-2-1 Le dégrillage

Les eaux usées qui arrivent à la STEP passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants.

Les dégrilleurs existant comportent un dégrillage mécanique et un autre manuel (figure 10) ; à champs courbé, le nettoyage s'effectue automatiquement. Les refus sont évacués par un convoyeur à vis vers une benne et jetés à la décharge publique. Il est prévu un canal de by-pass équipé d'un dégrilleur de secours à champ droit à nettoyage manuel en cas de panne ou bouchage de dégrilleur mécanique.

Ces dégrilleurs ont une largeur de 1m, l'espacement entre les barreaux est de 20 mm et leur temps de fonctionnement journalier est de 8h.



Figure 10 : Dégrilleur mécanique (B) et manuel (A), (ONA Boumerdès, 2016).

III-3-2-2 Dessablage-dégraissage

La STEP comprend deux ouvrages circulaires de dessablage-dégraissage de forme conique (figure 11), qui ont pour but après un temps de séjour de 8.3 minute de :

- Eliminer par décantation une grande partie de sable ;
- Eliminer une grande partie de matière flottantes (graisses, écumes) en partie supérieur des ouvrages.

Le sable décanté va être aspiré par une pompe vers le classificateur, puis passe par une vis d'Archimède afin de séparer l'eau des sables, ces derniers (sables) sont acheminés vers des bennes.

Les graisses sont remontées en surface par insufflation d'air à partir d'une soufflante immergée, ces flottants (huiles) sont éliminés grâce à un racleur vers la fausse à graisses.



Figure 11 : Dessableur - dégraisseur (ONA. Boumerdès, 2016)

III-3-3 Le traitement biologique

a- Le bassin d'aération (Bassin biologique)

L'eau prétraitée coule par gravité dans les bassins biologiques ou elle séjourne entre 5h30 à 6h, ce temps est jugé nécessaire pour la dégradation de la matière organique sous l'action des microorganismes en présence d'oxygène dissous favorisé par des turbine (aérateurs) et permettant une aération prolongée (figure 12).

Les bassins reçoivent d'autre part la liqueur mixte constituée par la recirculation des boues provenant des clarificateurs finaux qui permettent de maintenir une concentration de micro-organismes nécessaire pour assurer le niveau d'épuration biologique. Un dispositif de brassage est disponible afin de favoriser la diffusion de l'oxygène et d'assurer le contact entre ces micro-organismes.



Figure 12 : Bassin d'aération en état de marche (ONA. Boumerdès, 2016)

La station comprend trois bassins d'aération avec un volume unitaire de 3.600 m^3 et de 4.5 m de profondeur, ces bassins sont munis de trois turbines chacun avec une vitesse de rotation de 57 tr/min et de diamètre extérieur de 2.5 m.

b- Clarification

Les eaux sortantes des ouvrages d'aération sont dirigées vers 3 clarificateurs dont les caractéristiques sont les suivants : un diamètre de 24 m, une hauteur de 2.6 m et un temps de séjour de 2 heures (figure 13), ou elles subissent une décantation pour séparer les eaux épurées des boues.

c- Reprise des boues décantées

Les racleurs de fond sont fixés sous la passerelle pivotant sur la colonne centrale de l'ouvrage et récupère les boues décantées.

Une partie des boues est recerclée en tête d'aération sous le nom de liqueur mixte, on parle ici de recirculation de boue, cette opération à pour but de :

- Maintenir une concentration constante de boue et correcte dans le bassin biologique ;
- Eviter l'accumulation des boues dans le clarificateur.

L'autre partie de la boue (boue en excès) subie un traitement qui comporte deux étapes l'épaississement et la déshydratation.



Figure 13 : Bassin de clarification (ONA. Boumerdès, 2016)

d- Acheminement des eaux clarifiées

À la fin de cette opération, l'eau est claire, une partie peut donc être envoyée vers une bache en béton armée de 385 m³ de volume totale avec un temps de séjour est de 20 minutes, comportant un certain nombre de canaux en chicane de 1 m de largeur (figure 14), puis vers oued Tatareg, puis vers la mer, et l'autre partie est utilisée en agriculture.



Figure 14 : Bassin de désinfection (ONA. Boumerdès, 2016).

III-3-4 Traitement des boues

Les boues issues de clarificateur subissent deux traitements :

III-3-4-1 Epaissement

L'épaisseur assure une séparation solide-liquide après un temps de séjour de 24 à 48 h, les boues épaissies sont reprises au fond de l'ouvrage à l'aide d'une pompe à rotors pour les refouler vers la déshydratation.

L'eau qui reste à la surface de l'épaisseur est renvoyée vers la tête de la station pour subir les mêmes traitements que l'eau brute.

L'épaisseur est constitué d'un ouvrage en béton de diamètre intérieur de 13 m et d'un volume journalier à transférer en déshydratation de 792 m³ (figure 15).



Figure 15 : Epaisseur (ONA. Boumerdès, 2016).

III-3-4-2 Déshydratation mécanique

Les boues épaissies sont d'abord floculées en ajoutant un polymère, ensuite, elles passent par un filtre à bande appelé super-presse (tableau 8 et figure 16), ou elles subissent un essorage.

A la fin, on obtient ce qu'on appelle un gâteau ; c'est-à-dire des boues déshydratées, cette dernière a pour destination soit à une décharge publique, soit une utilisation agricole comme engrais.



Figure 16 : Filtre à bande (super-presse), (ONA. Boumerdès, 2016).

Tableau 7 : caractéristique générale de filtre à bande

Appareil de déshydratation (super-presse)	
Largeur de bande	2 m
Langueur de bande	4.49 m
Hauteur	2.065 m
Consommation de polymère moyenne	20 kg/J
Masse journalière de boues produites	4 t/j boues sèche
Vitesse	21 à 150 tr/mn

➤ Préparation du polymère

Le poste automatique de préparation et de dosage de polymère liquide à partir de polymère en poudre et d'eau potable, qui est également utilisé comme agent de conditionnement des boues (figure 17).



Figure 17 : Appareille de polymère (ONA. Boumerdès, 2016).

III-3-4-3 Destination des boues déshydratées

Les boues issues de la déshydratation sont acheminées vers la décharge publique ou l'utilisation agricole comme engrais.



Figure 18: boues déshydratées (ONA. Boumerdès, 2016)

Chapitre II

Matériels et méthodes

Introduction

Dans toute station d'épuration des eaux usées, il est nécessaire d'effectuer des analyses physico-chimiques afin d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination des pollutions pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP. Dans ce chapitre, on s'intéresse particulièrement à la caractérisation de la qualité des eaux usées de la station d'épuration à boue activée de Boumerdès accomplis au niveau de son laboratoire.

II- 1 Objectif du travail

L'objectif de ce travail est de caractériser la qualité des eaux usées ainsi que les boues de la station d'épuration de Boumerdes, l'évaluation de leur qualité sera effectuée sur les paramètres suivants :

- Pour les eaux : le Ph, la conductivité, la température, les matières en suspension (MES), la DCO, la DBO, les nitrates, les nitrites, les phosphates, et le NTK ;
- Pour les boues : l'indice de boue, la matière sèche et la matière organique.

II-2 Mode opératoire des analyses physico-chimiques

II-2-1 Analyses des eaux

a- Détermination de la température et du potentiel d'hydrogène

L'analyse consiste à déterminer l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau brute et épurée grâce à un Ph mètre, ainsi que sa température.

✓ Protocole expérimentale

- Préparer le ph- mètre ;
- Etalonner l'appareil ;
- Verser une quantité d'échantillon dans un bêcher ;
- Tremper l'électrode dans la solution à analyser ;
- Mettre en service le PH mètre suivant la procédure constructeur ;
- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture ;
- Rincer bien l'électrode après chaque usage et on conserve l'électrode toujours dans de l'eau déminéralisée.

b- Mesure de la conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique (Ce) est déterminée grâce à un conductimètre, cette mesure permet d'apprécier la capacité de l'eau à transmettre un courant électrique et donc d'apprécier la concentration en sels dissous dans l'eau.

✓ Protocole expérimentale

- Préparer le conductimètre ;
- Etalonner l'appareil ;

- Rincer la cellule à conductivité avec de l'eau distillée ;
- Faire plonger la sonde dans un récipient contenant de l'eau à examiner ;
- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture. Le résultat obtenu est exprimé en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

c- Détermination des matières en suspension (MES)

On appelle matières en suspension les très fines particules en suspension (sable, argile, produits organique.....) qui donnent un aspect trouble à l'eau (turbidité).

L'analyse consiste à mesurer la teneur en MES dans une eau par la méthode de filtration sous vide.

✓ Protocole expérimental

La détermination des MES se réalise par la méthode de filtration sous vide ;

- Mettre un papier filtre vide dans une capsule à l'étuve de 105°C puis le faire passer dans un dessiccateur (éliminer l'humidité) ;
- Peser le papier filtre vide et noter P_V ;
- Placer le filtre sur le dispositif de filtration et Faire passer un volume de 100 ml de l'échantillon à analyser à travers ce filtre pour les eaux brutes et épurées à l'aide d'un entonnoir ;
- Mettre le filtre dans la capsule à l'aide d'une pince ;
- Sécher la capsule à l'étuve à 105°C pendant 2 heures puis la mettre dans un dessiccateur ; (figure 23) ;
- Peser la capsule et noter P_S .

Calculer les MES par l'équation suivantes :

$$\text{MES} = \frac{P_S - P_V}{V}$$

MES : Concentration en matière en suspension (en mg/l) ;

P_S : Masse du papier filtre après l'utilisation (en g) ;

P_V : Masse du papier filtre avant l'utilisation (en g) ;

V : Volume d'eau utilisée (en ml).

d- Détermination de La demande chimique en oxygène DCO

La mesure de la DCO consiste à déterminer la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation chimique des matières biodégradables et non biodégradable présente dans l'eau usée.

✓ Protocole expérimentale

- Activer le thermoréacteur et le préchauffer à 150°C ;
- Retirer les bouchons des deux tubes de réactif (blanc, échantillon) ;
- Pipeter 2 ml de l'eau distillée (blanc) et 2 ml de l'échantillon, verser les dans les tubes réactifs (kit de la DCO) ;
- Fermer hermétiquement les tubes;
- Mélanger le contenu des tubes en les tenants par bouchon (réaction exothermique) ;

- Chauffer les tubes pendant 2 heures à 150 °C dans le thermoréacteur préchauffé ;
- Laisser les tubes refroidir pendant 20 minutes ;
- Retirer les tubes du thermoréacteur, agiter les tubes encore chauds ensuite les placer dans un support afin qu'ils refroidissent jusqu'à température ambiante ;
- Introduire le blanc (kit de DCO) dans le spectrophotomètre ensuite l'échantillon pour faire la lecture.

e- Détermination de La demande biochimique en oxygène DBO₅

La mesure consiste à déterminer la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation biochimique des matières biodégradables et non biodégradable présente dans l'eau usée grâce à un système de mesure appelé Oxy Tops.

✓ Protocole expérimentale

- Mettre 432 ml d'eau épurée et d'eau brute dans deux flacons en introduisant un barreau magnétique dans chacun d'entre eux ;
 - Placer une copule pour chaque flacon et verser la solution d'hydroxyde de potassium (KOH) en pastilles (pour chaque flacon) puis placer les Oxy Tops après leur programmation, fermer les bien ;
 - Introduire les deux flacons dans un incubateur DBO₅ à 20°C, la lecture se fera après 5 jours d'incubation en obscurité ;
- Pour une prise d'échantillon le système de mesure OXITOP donne directement la teneur en oxygène (après 5 jours) qu'on multiplie par le facteur et suivant la formule :

$$\text{DBO}_5 = \text{lecture au bout de 5 jours} \times \text{facteur}$$

f- Détermination des nitrates (NO₃⁻)

L'analyse a pour but de déterminer la concentration en nitrates (NO₃⁻) présente dans les eaux brutes et traitées.

✓ Protocole expérimentale

- Allumer le spectrophotomètre ;
- Verser 10 ml des échantillons d'eau brute et d'eau épurée chacun dans un tubes à essai ;
- Transférer le contenu d'une pochette de réactifs pour nitrate « Nitra Ver 5 » dans le tube à essai boucher et agiter pour une minute puis laisser reposer pour un temps de réaction de 5 minutes ;
- Remplir la cuve colorimétrique avec l'échantillon (le blanc) et l'introduire dans le port cuve de spectrophotomètre ;
- Enlever la cuve de référence ;
- Placer les solutions réactionnelles et faire la lecture. Le résultat s'affiche en mg/l.

g- Détermination des nitrites (NO_2^-) :

L'analyse consiste à déterminer la concentration en nitrite (NO_2^-) présente dans les eaux brutes et traitées.

✓ Protocole opératoire :

- Allumer le spectrophotomètre ;
- verser 10 ml des échantillons d'eau brute et d'eau épurée chacun dans un tubes à essai ;
- Transférer le contenu d'une pochette de réactifs pour nitrate « Nitra Ver 3 » dans le tube à essai, boucher et agiter pour une seule minute puis laisser reposer pour un temps de réaction de 5 minutes ;
- Remplir la cuve colorimétrique avec l'échantillon (le blanc et l'introduire dans le port cuve du spectrophotomètre ;
- Remplacer le blanc par les solutions réactionnelles et faire la lecture, le résultat s'affiche en mg/l.

h- Détermination des orthophosphates (PO_4^{3-}) :

L'analyse a pour but de déterminer la concentration en orthophosphate (PO_4^{3-}) présente dans l'eau brute et traitée.

✓ Protocole expérimentale

- Pipeter 5 ml de l'échantillon dans un bécher, compléter avec 20 ml de l'eau distillée ;
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif « phos Ver 3 » dans le bécher ;
- Homogénéiser le contenu de bécher pendant 30 secondes avec un agitateur magnétique ;
- Laisser reposer la solution pour un temps de réaction de 2 minutes ;
- Remplir la cuve colorimétrique avec le blanc (10 ml) et l'introduire dans le port cuve de spectrophotomètre ;
- Remplacer le blanc par les solutions réactionnelles et faire la lecture, le résultat s'affiche en mg/l de PO_4^{3-} .

i- Détermination de l'azote kjeldahl (NTK)

L'analyse consiste à déterminer la teneur en azote kjeldahl (NTK) Présente dans l'eau brute et épurée.

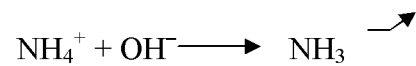
✓ Protocole expérimentale**▪ Minéralisation**

- On prendre 50 ml d'échantillon ;
- Ajouter 1g de catalyseur ;
- Ajouter 10 ml d'acide sulfurique ;
- L'ébullition pendant 4 heures ;
- A la fin de minéralisation laisser refroidir à une température ambiante.

Essai à blanc : 50 ml d'eau distillé puis suivre le même protocole que pour l'essai.

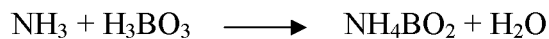
▪ Distillation

- Verser le minéralisant de chaque tube dans une éprouvette ;
- Diluer jusqu'à 100 ml ;
- Prendre 10 ml du 100 ml et le fixer dans un tube de Kjeldahl, introduire 50 ml de NaOH, libération du (NH₃) à partir des ions ammonium, suivant la réaction :



- Puis on aura l'entraînement à la vapeur de l'ammoniac par distillation.

La condensation des vapeurs l'ammoniac est piégée dans une solution d'acide borique 10 ml :



▪ Titration

- Allumer le titrateur et titrer avec l'acide sulfurique à 0.1N tout en ajoutant l'indicateur coloré (rouge de méthyle et vert de bromocrésol).
- La titration est terminée lorsque la couleur vire du bleu au rose.

Le calcul se fait suivant la formule :

$$[NTK] = \frac{V_1 - V_2}{V_0} * C * 14,01 * 1000$$

V₀ : le volume en millimètres de la prise d'essai.

V₁ : le volume en millimètres, de la solution titré d'acide chlorhydrique utilisée pour le titrage.

V₂ : le volume en millimètre de la solution titré d'acide chlorhydrique utilisé pour le tirage du blanc.

C : la concentration exact en mole par litre de la solution titré de l'acide chlorhydrique utilisé pour le tirage.

14,01 : la masse atomique relative de l'azote.

II-2-2 Analyses des boues :

a- Test de décantation V₃₀ :

Le test de décantation définit le volume de boue activé décanté en 1/2 heure par rapport à la masse de résidu sec de cette boue, ces objectifs sont :

- Mesurer l'aptitude de la boue à la décantation ;
- Evaluer la concentration de la boue (activée ou recirculée) ces valeurs sont Nécessaire pour les réglages de l'extraction et de la recirculation ;
- Faciliter le diagnostic des principales origines de dysfonctionnement du traitement.

✓ Protocole expérimentale :

- Prélever un échantillon de boue homogène est représentatif (voir partie échantillonnage des boues) ;
- Poser les éprouvettes sur un support stable ;

- Régler la minuterie à 30 minutes ;
- Remplir les éprouvettes avec 1 litre de boues activées et boues recirculées bien mélangées et on déclenche la minuterie;
- Après 30 minutes, on note le niveau du voile de boue (interface boue – eau) dans chaque cône.

Cette valeur doit impérativement être comprise entre 100 et 300 ml pour les boues activées...(1)

Dans le cas contraire :

- vider et rincer les cônes...(2)
- introduire 500 ml de boue et 500 ml d'eau clarifiée qui correspond à une dilution 1/2 et on suit la procédure à partir du point ... (3).

Les étapes (1), (2) et (3) doivent être refaites avec des dilutions plus importantes (1/2, 1/4) jusqu'à obtenir les conditions de validité du test entre 100 et 300 ml de volume décanté après 30 minutes.

b- Détermination des matières en suspension (MES) :

L'analyse a pour objectif la détermination de la teneur en matière en suspension présente dans une boue activée

✓ **Protocole expérimentale :**

La détermination des MES se réalise par la méthode de filtration sous vide;

- Mettre un papier filtre vide dans une capsule à l'étuve de 105 °C puis le faire passer dans un dessiccateur (éliminer l'humidité) ;
- Peser le papier filtre vide et noter P_V ;
- Placer le filtre sur le dispositif de filtration et faire passer un volume de 100 ml de l'échantillon à analyser à travers ce filtre pour les boues activées à l'aide d'un entonnoir ;
- Mettre le filtre dans la capsule à l'aide d'une pince ;
- Sécher la capsule à l'étuve à 105 °C pendant 2 heures puis la mettre dans un dessiccateur ;
- Peser la capsule et noter P_S .

Calculer les MES par l'équation suivantes :

$$MES = \frac{P_S - P_V}{V}$$

MES : Concentration en matière en suspension (en mg/l) ;

P_S : Masse du papier filtre sec (en g) ;

P_V : Masse du papier filtre vide (en g) ;

V : Volume de l'échantillon à analyser (en ml).

b- Indice de boue (IB)

L'indice de boue permet d'apprécier l'aptitude de la boue à la décantation. L'IB indique le volume occupé par 1 g de boue après 30 minutes de décantation dans une éprouvette d'un litre.

Il est défini par la formule suivante:

$$IB = \frac{V_{30}}{MES} \quad (\text{g/l})$$

V_{30} : volume de boue décanté en 30 minutes (ml/l).

MES : concentration des matières en suspension de la boue décantée dans l'éprouvette en (g/l).

c- Mesure de la siccité des boues (MS)

La siccité représente le pourcentage de matières sèches que renferme la boue épaissie et de la boue déshydraté. Cette notion est équivalente au taux d'humidité.

✓ Protocole expérimentale :

- On pèse la coupelle vide et on note P_V (g) ;
- On Introduit une quantité de boue (épaissie ou déshydratée).
- On pèse la coupelle remplie de la boue et noter P_r (g) ;
- On sèche la coupelle à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures ;
- On fait sortir la coupelle de l'étuve et le mettre dans un dessiccateur ;
- On pèse la coupelle et on note le P_s (g).

Le calcul de l'indice de boue se fait suivant la formule :

$$\text{siccité}(\%) = \frac{P_s - P_V}{P_r - P_V} \times 100$$

P_V : poids de la coupelle vide ;

P_r : poids de la coupelle avec l'échantillon prélevé;

P_s : poids de la coupelle avec l'échantillon après séchage à l'étuve à 105 °C.

d- Mesure des matières volatiles en suspension MVS

L'analyse consiste à déterminer la teneur en matière volatiles des boues épaissies et des boues déshydratées, ce facteur permet d'évaluer le degré de stabilisation des boues

✓ Protocole expérimentale :

- On Prélève l'échantillon à analyser (boue épaissie et boue déshydratée) ;
- On pèse la coupelle à vide et on note P_V ;
- On verse l'échantillon à analyser dans la coupelle et le mettre dans l'étuve à 105 °C
- On Pèse la coupelle séché et on note P_s (g) ;
- On introduit la coupelle dans un four à moufle à 550 °C pendant 2 heures ;
- On fait sortir la coupelle à l'aide d'une pince ;

- On introduit la coupelle dans un dessiccateur ;
- On pèse la coupelle et noter P_v (g).

Le calcul de MVS se fait par la formule suivante :

$$MVS(\%) = \frac{P_s - P_c}{P_s - P_v} \times 100$$

Avec :

P_v : Poids de la coupelle vide ;

P_c : Poids de la coupelle avec l'échantillon après séchage au four à 550 °C ;

P_s : Poids de la coupelle séchée après séchage dans l'étuve à 105 °C.

Chapitre III

Résultats et discussions

Introduction

Afin d'évaluer les performances épuratoires de la station de Boumerdès, il convient de présenter les résultats des analyses des échantillons effectuées au niveau de cette station ainsi que l'interprétation des résultats obtenus pour chaque paramètre analysé durant la période de fonctionnement allant du mois de janvier jusqu'au mois de mars 2016.

IV- Caractérisation des paramètres physico-chimique de la STEP de Boumerdès

La caractérisation des paramètres physico-chimiques a été faite selon les méthodes standard suivant :

IV-1 Résultats et interprétation des résultats d'analyse des eaux de la STEP

Les résultats ont été interprétés en fonction des normes de rejets de l'OMS appliquée en Algérie, et cela afin de garantir les objectifs de qualité des milieux naturels récepteurs.

IV-1-1 Température

La figure (19) ci-contre évoque les températures enregistrées à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

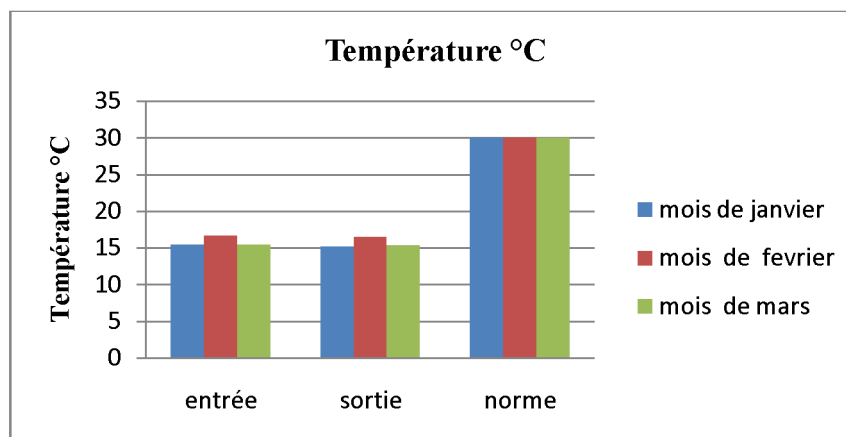


Figure 19 : Variation de la température à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

On constate que les valeurs moyennes des températures enregistrées durant les 3 mois (janvier, février et mars) sont comprises entre 15.21 °C et 16.69 °C, elles varient entre une valeur maximale relevée au mois de février de 16.69 et une valeur minimale relevée au mois de janvier de 15.42 °C pour les eaux brutes, et entre une valeur de 15.21 °C et 16.51 °C pour les eaux traitées.

En effet, Les valeurs des températures de l'eau relevées en sortie sont conformes aux normes fixées par l'OMS à savoir 30 °C.

IV-1-2 Potentiel d'hydrogène

Les variations du Ph de l'eau mesurées à l'entrée et à la sortie de la STEP de Boumerdès sont enregistrées sur la figure 20.

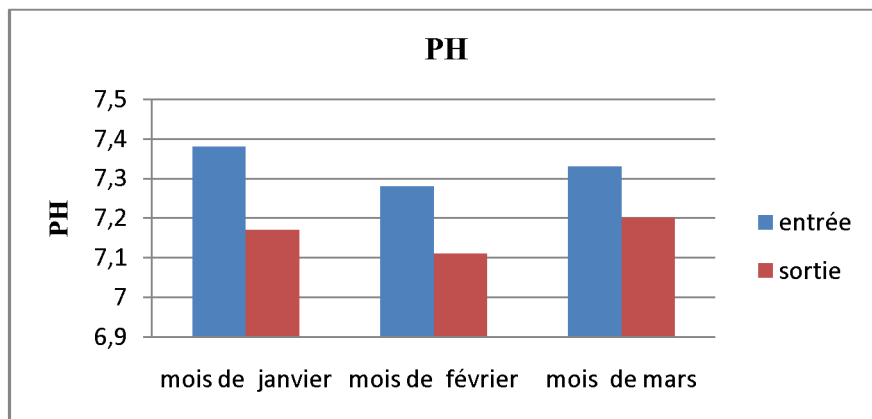


Figure 20 : Variation du potentiel d'hydrogène à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

On remarque que les valeurs mensuelles moyennes du Ph mesurées varient pour les eaux brutes entre 7.28°C et 7.38°C et pour les eaux traitées entre 7.11 °C et 7.20 °C.

Les valeurs du Ph à la sortie respectent largement la norme fixée par L'OMS qui varie entre 6.5 °C et 8.5 °C, ce qui favorise la croissance et la survie des micro-organismes.

IV-1-3 Conductivité

Les résultats portés sur site lors de l'analyse concernant la conductivité électrique (CE) sont donnés dans la figure (21).

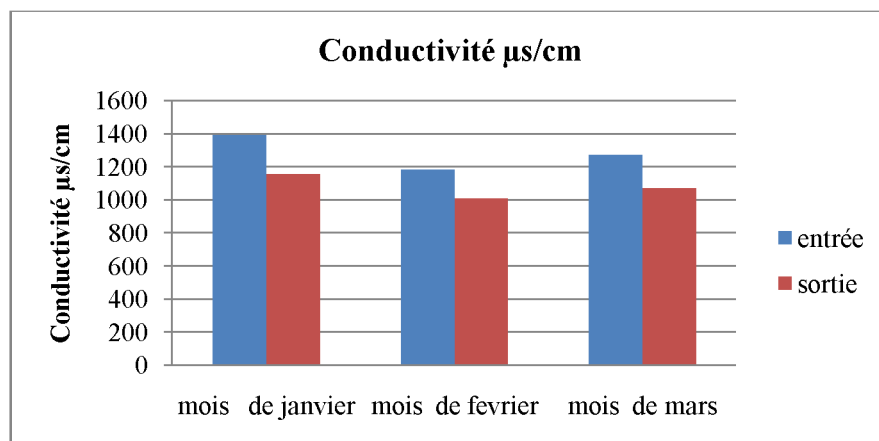


Figure 21 : Variation de la conductivité électrique (CE) à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

Les résultats représenté par la figure (21) montrent des valeurs moyennes de la conductivité, à l'entrée varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 1186,33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à un maximum de 1395,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A la sortie on remarque une légère diminution des valeurs de la conductivité ce qui indique un abattement des sels minéraux par sédimentation.

IV-1-4 Matières en suspension (MES)

Les résultats parvenus de notre analyse sur les MES sont données dans le figure (22)

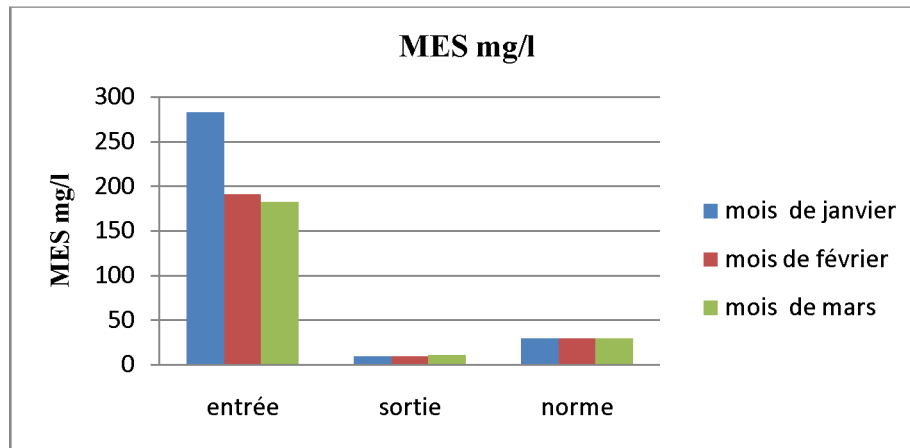


Figure 22 : Variation des MES à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

L'analyse des ces résultats montrent que la teneur en MES de l'eau à l'entrée varie entre 182.22 mg/l et 282.5 mg/l, et varie entre 10 mg/l et 11.11 mg/l à la sortie de la STEP.

En comparant les valeurs moyenne de la teneur en MES des eaux brutes à celles des eaux traitées nous remarquons l'importance du rendement du traitement qui atteint 95.25 %, cela signifie l'efficacité du traitement appliqué. Les valeurs moyennes obtenues pour les eaux traitées sont conforme à la norme fixée par l'OMS à savoir 30 mg/l.

IV-1-5 Demande chimique en oxygène DCO

La figure qui suit signale les résultats de l'analyse concernant la demande chimique en oxygène (DCO).

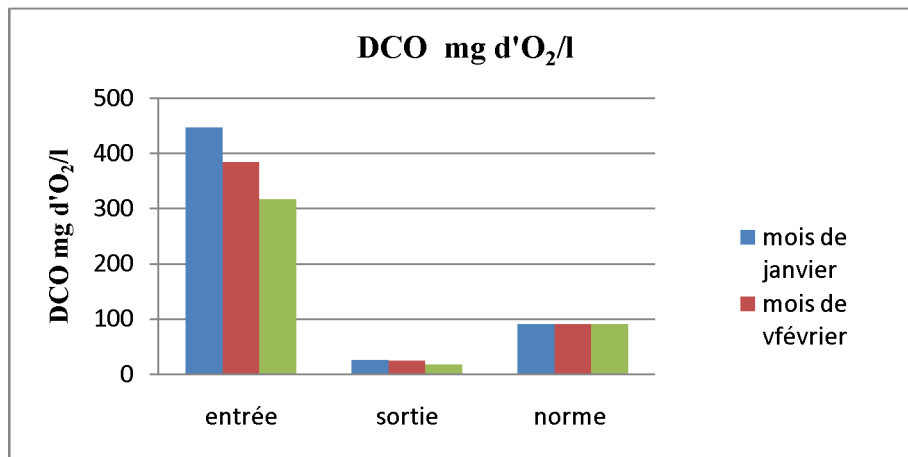


Figure 23 : Variation de la DCO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

Les valeurs de la DCO montrent que les teneurs en DCO enregistrées pour les eaux brutes de la station durant notre étude sont comprises entre 316.67 mg/l et 446.5 mg/l, et pour les eaux épurées varient entre 16.89 mg / l et 25.25 mg/l.

Il ressort de ces résultats que, une grande concentration de la charge polluante globale (matière organique et minéral) a été éliminée par ce procédé de traitement, avec un rendement d'élimination de 94.23 %. Les valeurs de DCO des eaux en sortie sont conformes à la norme de rejet fixée à 90 mg/l par l'OMS.

IV-1-6 La demande biochimique en oxygène DBO₅

La figure (24) signale les résultats de l'analyse concernant la demande biochimique en oxygène (DBO₅).

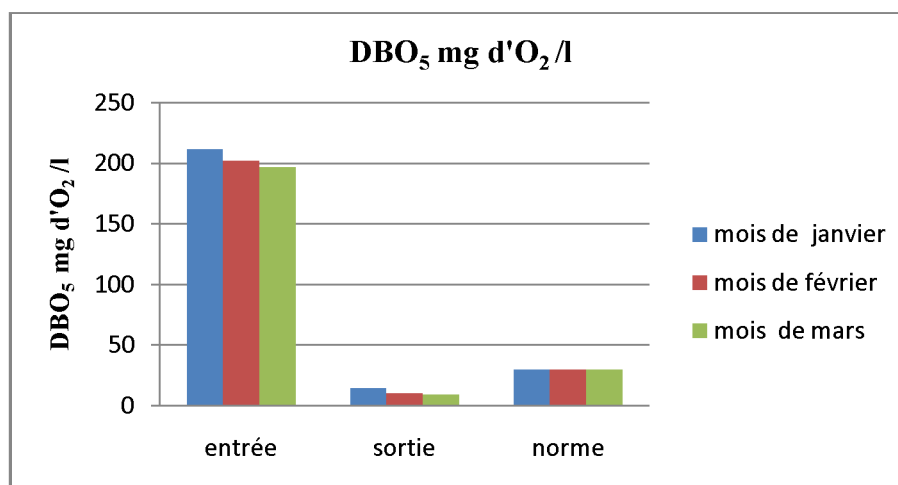


Figure 24: variation de la DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

Les résultats obtenues montrent que les concentrations moyennes durant les trois mois d'étude de la DBO₅ à l'entrée varient entre 211.25 mg/l et 202.22 mg/l, pour les eaux traitées, elles varient entre 9.33 mg/l et 14.75 mg/l.

En résumé, les valeurs moyennes de la DBO₅ à la sortie de la STEP sont conformes à la norme de rejets de l'OMS appliquée en Algérie à savoir 30 mg/l. Ce qui implique une bonne dégradation de la matière organique biodégradable au niveau de bassin d'aération, avec un rendement global de DBO₅ de 94.30 %.

IV-1-7 l'Azote ammoniacal (NH₄⁺), les nitrates (NO₃⁻) et les nitrites (NO₂⁻) et l'azote kjeldhal (NTK):

Les résultats ôtés durant notre analyse sur la pollution azotée sont données dans les figures (25).

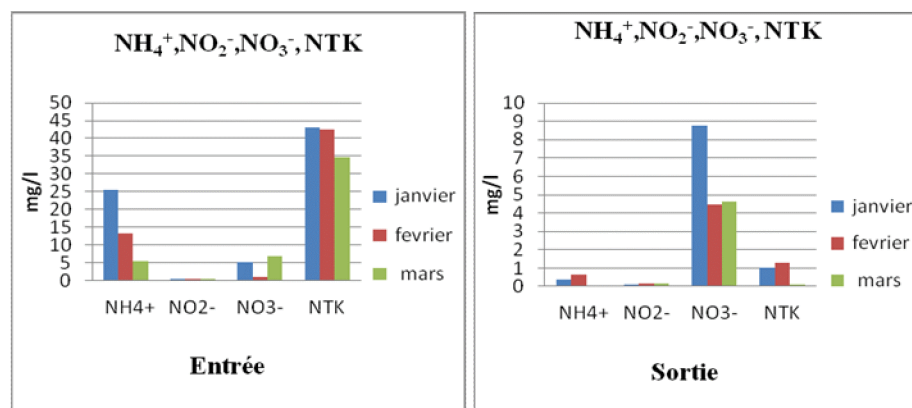


Figure 25 : Variation de NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻ et NTK à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

Les concentrations d'azote ammoniacal de l'effluent brute varient entre 5.35 mg/l et 25.39 mg/l pour le NH₄⁺, ceci s'explique par une bonne ammonification, et diminuent dans l'effluent traité pour atteindre des concentrations qui varient entre 0.05 mg/l et 0.62 mg/l pour NH₄⁺. Cet abattement s'explique par leur oxydation en nitrite puis en nitrate par processus biologique qui est dénommé « nitrifications » et son utilisation pour la synthèse bactérienne (assimilation).

Une augmentation de la teneur en nitrite à la sortie par rapport à l'entrée, cela peut être expliqué par l'oxydation de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) en nitrite (NO₂⁻) via des bactéries du genre nitrosomonas.

Les concentrations des nitrates d'eau épurée sont très élevées par rapport à l'eau brute car les nitrites sont dégradés en nitrates par les bactéries; les valeurs sont comprises entre 1 mg/l et 6.7 mg/l à l'entrée et entre 4.45 mg/l et 8.75 mg/l à la sortie.

Les valeurs de NTK à l'entrée varient entre 34.58 mg/l et 43 mg/l et entre 0.08 mg/l et 1.3 mg/l à la sortie. Cette diminution s'explique par le phénomène d'hydrolyse de l'azote organique en azote ammoniacal et l'oxydation de ce dernier en nitrite puis en nitrate, les concentrations de NTK à la sortie de la station répondent largement aux normes de l'OMS adopté par l'ONA (40 mg/l).

IV-1-8 Orthophosphates (PO_4^{3-})

Les résultats obtenus durant notre analyse sur la pollution phosphatée sont données dans la figure(26).

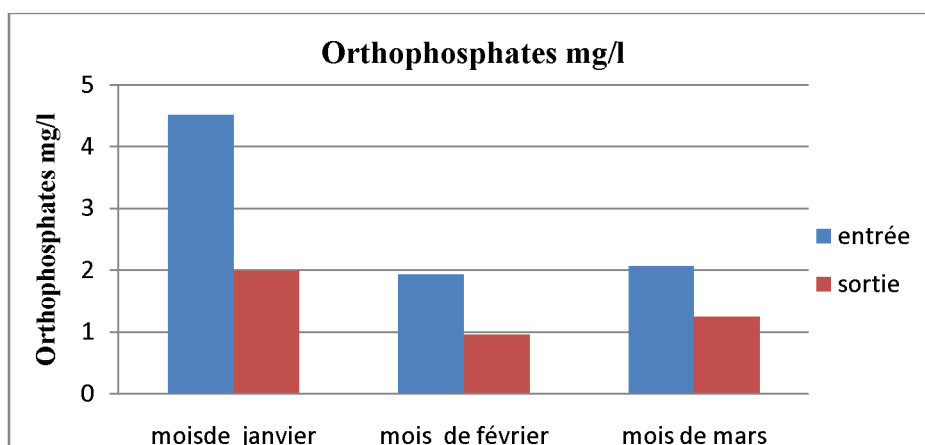


Figure 26 : variation des PO_4^{3-} à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

Les résultats mentionnés indiquent que le taux des orthophosphates varie d'un minimum de 1.93 mg/l à un maximum de 4.51 mg/l pour les des eaux brutes, et entre 0.95 mg/l et 1.99 mg/l pour les eaux traitées. Ce qui indique que les microorganismes présent dans le réacteur biologique utilisent le phosphate pour leurs besoins métaboliques.

IV-2 Résultats et interprétation des analyses des boues :

Les résultats ont été interprétés en fonction de la notice d'exploitation de la STEP de Boumerdès.

IV-2-1 Etude des performances de bassin d'aération :

Afin d'étudier les performances du bassin d'aération, on s'est intéressé à étudier le paramètre d'indice de boue qui correspond au rapport du volume de la boue décantée après 30 minutes en mg/l et la concentration en matière en suspension de la boue activée (g/l).

Les valeurs de l'indice de boues des trois bassins d'aération de la période d'étude sont portées dans la figure (27)

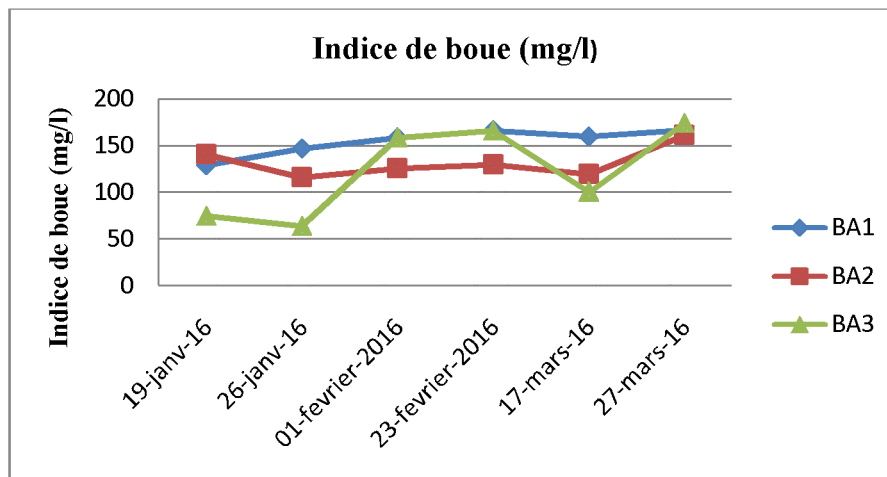


Figure 27 : Evolution de l'indice de boue

Ou :

- BA1 : Bassin d'aération N°1
- BA2 : Bassin d'aération N°2
- BA3 : Bassin d'aération N°3

D'après la notice d'exploitation de la STEP, les conditions acceptables permettent un indice de boue compris entre 50 mg/l et 180 mg/l, d'après la figure on remarque que cet indice varie entre 64.28 mg/l et 175 mg/l, ce qui indique sont acceptable et assure une bonne décantation et une bonne séparation solide- liquide.

IV-2-2 Analyses de la Boue épaissie

✓ Evolution de la matière sèche et de la matière organique

Les résultats obtenus sont illustré dans la figure (28).

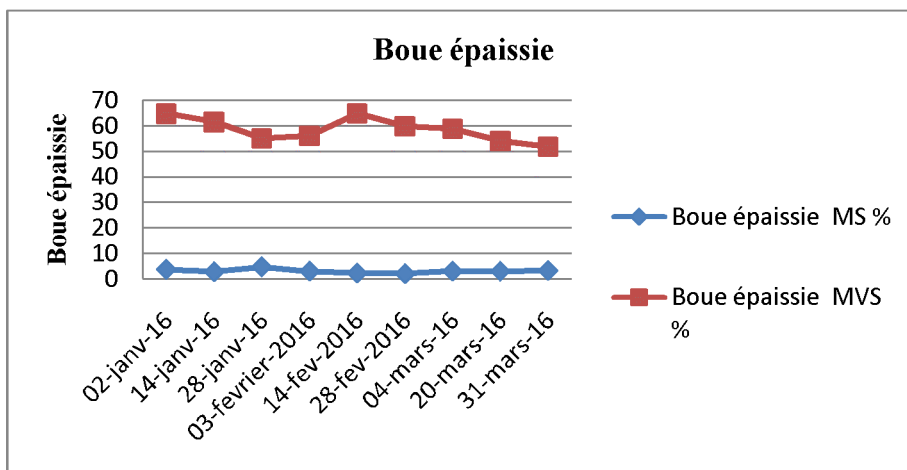


Figure 28: évolution de la matière sèche et de la matière organique de la boue épaisse.

Les résultats mentionnés sur la figure (28), montrent que les valeurs de la siccité de la boue épaisse varient entre 24.8 % et 40.84 % ce qui est conforme à la valeur fixée par la notice d’exploitation de la STEP (≥ 2 % équivalent de 20 g/l).Ce qui implique une bonne condensation de boue dans l’épaissiseur.

Pour la matière organique les résultats obtenus varient entre 51.86 % et 64.81 %, elles sont conformes à la valeur de la notice d’exploitation de la STEP à savoir ≥ 40 %.

IV-2-3 Analyses des boues déshydratées

➤ Evolution de la matière sèche et de la matière organique

La figure (29) représente le taux de la siccité (%) et de la matière organique de la boue déshydraté.

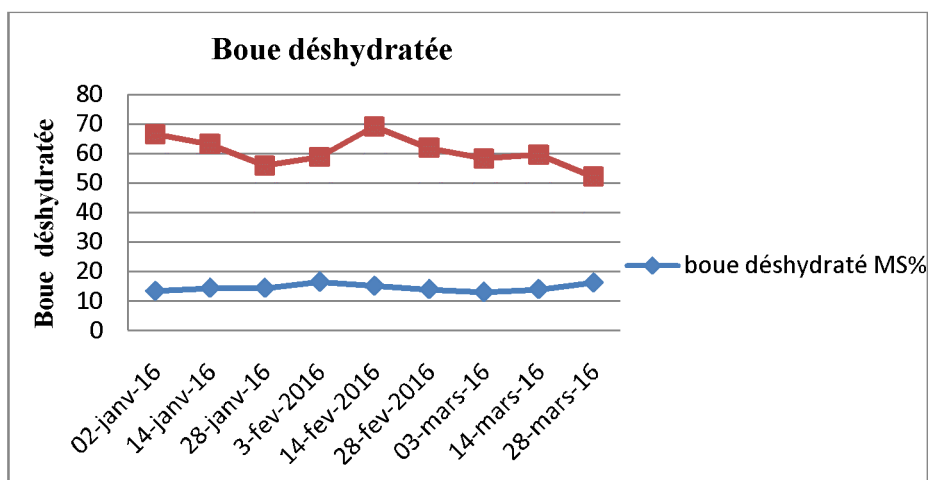


Figure 29 : évolution de la matière sèche et de la matière organique de la boue déshydratée.

D'après les résultats obtenus on remarque que les valeurs de la siccité de la boue déshydratée sont comprise entre 13.1% et 16.6 % ce qui est acceptable d'après la valeur fixée par la notice d'exploitation de la STEP ($\pm 15\%$). Le taux de MVS varie entre 52.22 % et 66.67 % , elles sont acceptables et conformes à la valeurs de la notice d'exploitation à savoir à savoir $\geq 40\%$.

Conclusion générale

En Algérie, ces dernières années ont été marquées par un effort important consacré à la lutte contre la pollution, et particulièrement dans le domaine de la protection et de la valorisation des ressources en eau. Cet effort s'est matérialisé par un large développement d'installation de stations d'épuration des eaux usées et par un suivi plus efficace de leur performance.

Dans le cadre de notre mémoire de fin d'étude, qui a pour objectif l'étude et le suivi du fonctionnement de la station d'épuration de Boumerdès ainsi que le contrôle de la qualité des eaux usées domestiques et traitées sur le plan physico-chimique, et enfin le suivi de traitement et de la gestion des boues résiduaires ; et à partir des résultats obtenus, durant la période de stage nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- Le traitement biologique des eaux usées par boue activées représente une solution de choix pour la dépollution des eaux. On a remarqué une bonne élimination de la DCO, MES et DBO₅ avec des rendements respectifs de 94.23 %, 92.25 % et 94.30 % ont été constaté au niveau de la STEP de Boumerdès.

- La qualité des eaux épurées reste relativement correcte ; en effet l'ensemble des valeurs obtenues des différents paramètres : Ph, T°, MES, DBO₅, DCO, NO₃⁻, NO₂⁻ et PO₄⁻ reste conforme aux normes de rejets fixées par l'OMS et appliqué en Algérie.

- La caractérisation de la boue (IB, MO, MS), nous a permis de constater que la boue est de type organique et assure ainsi une bonne décantation dans le clarificateur (valeurs d'indice de boue qui ne dépasse pas 180 mg/l) ; de même qu'on a constaté que les valeurs de la siccité et de la matière organique des boues déshydratées et épaissies sont conformes aux valeurs indiquées sur la notice d'exploitation de la STEP.

Du fait que la station de traitement des eaux en question est une partie intégrante dans la wilaya de Boumerdès, il ya lieu d'envisager certaines recommandation :

➤ Proposition des traitements tertiaires concernant :

- La désinfection ;
- Valorisation des effluents solides et liquides ;
- Contrôle permanent des rejets ;
- Contrôle des parasites et des métaux lourds pour une valorisation sur et durable.

Références bibliographiques

AROUYA.KH, (2011) . Pollution des eaux ; impact des eaux usées sur la qualité des eaux de surface, Edition universitaire européennes, Allemagne ,116 page ;

ATTAB .S, (2011) . Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local, Mémoire de magister en biologie, université KASDI MERBAH-Ouargla ,106 page ;

BADIA-GONARD. F, (2003) . L'assainissement des eaux usées, Edition technicités ,231 page ;

BALASKA.A(2005) . Traitement de l'eau usée de la laiterie edough-annaba par des procédés physico-chimiques et biologiques, Mémoire de magister en génie des procédés, université badji mokhtar annaba ,115 page ;

BEHRA , Ph .(2013) . Chimie et environnement, Edition dunod, Paris ,415 page ;

BONTOUX.J, (1983) . Introduction à l'étude des eaux douces : Eaux naturelles, Eaux usées, Eaux de boisson, Edition CEBEDOC SPRL, Belgique, 63 page ;

BOUKREDIMI . A et BERRAHAL M , (2014) . Suivi des analyses des eaux sanitaires de complexe GP₂/Z ,Mémoire de magister en génie des procédés ; université Mohamed boudiaf, Oran,2014 ,75 page ;

BOUZIANI.M, (2000) . L'eau de la pénurie aux maladies. Edition Ibn-Khaldun, Oran, 247 page;

CHIBAN.M, (2011) . Elaboration et évaluation d'un nouveau procédé d'épuration des eaux : application à des solutions modèles et d'eaux usées domestiques et industrielles de la région d'Agadir, Edition universitaires européennes, USA, 272 page ;

DADLE, (2010) . L'évaluation de la possibilité de réutilisation en agriculture l'effluent traité de la commune de draga , université Sherbrooke, Québec, Canada , 99 page ;

DEFRANCE SCHI.M ,1996 . L'eau dans tout ses états, Edition ellipses, Paris, 632 page ;

DEGREMONT, (1989) . Mémento techniques de l'eau 9^{ème} Edition, technique et documentation, Tom 1, Paris ,591page ;

DEGREMONT, (1995) . Mémento techniques de l'eau T /1, 2^{ème} édition, 785 page ;

DESJARDINS, (1990) . Traitement des eaux, 2^{ème} Edition revue et améliorée, Canada, 304 page ;

GAID, A, (1984) . Epuration biologique des eaux usées urbaines T/1 , Edition OPU, Alger ,261 page ;

GAUJOUS.D, (1995) . La pollution des milieux aquatiques, Edition technique et documentation, Paris, 217 page ;

GUERREE. H et GOMELLA G, (1986) . Guide de l'assainissement dans les agglomérations urbaines et rurales, Edition eyrolles, Paris, 239 page ;

ILILLE .M et GUERFI .O, (2010) . Etude du fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Zemmouri, Mémoire d'ingénieur en vue de en génie de l'environnement, université UMBB, 121 page ;

MENECEUR.R et SAIDJ.K, (2013) . Caractérisation des paramètres physico-chimiques et quantification des nutriments des eaux usées traitées de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou, Mémoire d'Ingénieur d'état en agronomie, université-UMMTO, 114 page ;

MESSAOUENE et SOUIKI (2008) . Contribution au dimensionnement du réseau d'assainissement et de la station d'épuration d'oued-falli, commune et Daira de Tizi Ouzou, Mémoire d'Ingénieur d'Etat en agronomie, université-UMMTO ,114 page ;

METAHRI. M. S , (2012) . Elimination de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par procédés mixte cas de la STEP est de la ville de Tizi Ouzou, Thèse de doctorat en génie des procédés,136 page ;

NATHALIE.R, (1993) . Etude d'un système d'infiltration percolation pour la réutilisation agricole des eaux usées, rapport de stage de fin de maitrise de science et techniques génies sanitaire et environnement (GSE), université Paris XII-Val de Marne, 54 page ;

REJSEK.F, (2002) . Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Édition CRDPA d'Aquitaine, France, 358 page ;

SATIN.M et SELMLB, (1999) . Guide technique de l'assainissement, 2ème édition Edition le moniteur, paris ,671 page ;

TABEAUD .M, (2000) . Les orages dans l'espace francilien, Edition la sorbone, paris ,121 page ;

TELLI .S. M , (2013) . Etude sur la valorisation par séchage solaire des boues d'épuration des eaux urbaines, Mémoire de magister en génie énergétique et environnement, université aboubakr belkaid, Tlemcen ; 102 page ;

VALIRON.F, (1989) . Gestion des eaux : alimentation en eau, assainissement, Tom1, 2^{ème} Edition revue et corrigé, Paris 505 page.

Glossaire

Aération : Introduction d'air dans l'eau pour dégrader la matière organique et les minéraliser ou pour apporter de l'oxygène à des organismes vivants pour satisfaire leurs besoins respiratoires ;

Bactéries : Groupe important d'organisme monocellulaires microscopiques, actifs sur le plan métabolique et se multipliant habituellement par fission binaire ;

Bassin d'aération : Ouvrage dans lequel les eaux à traiter et les boues activées sont mélangées et aérées ;

Boues : Résidus très aqueux obtenus au cours du processus d'épuration des eaux. Elles peuvent subir divers traitements ;

Boues activées : Amas biologique (floc) formé, au cours du traitement d'une eau résiduaire, par la croissance de bactéries et d'autres micro-organismes en présence d'oxygène dissous. Elles sont recyclées en partie dans le circuit d'épuration ou elles assurent un rôle d'ensemencement ;

Boues activées recirculées, boues de recirculation : Boues activées qui ont été séparées de la liqueur mélangée par décantation et qui sont recyclées dans les bassins d'aération pour une autre utilisation dans le traitement d'eau usée ;

Boues déshydratées : Boues, généralement conditionnées, dont la teneur en eau a été diminuée par des moyens naturels ou mécaniques ;

Charge polluante : Quantité d'un polluant donné entrant dans une station de traitement ou rejeté dans une eau réceptrice pendant une période donnée ;

Cultures fixées : Procédé biologique dans lequel le développement d'une culture bactérienne, accrochée sur un support fixe ou mobile, sous forme de biofilm, est favorisé. Ce biofilm est régulièrement « arrosé » de bas en haut ou de haut en bas par l'effluent à traiter ;

Culture libre : Procédé biologique dans lequel on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée et en suspension, sous forme de flocs au sein du liquide à traiter, tous deux contenus dans une cuve appelée « réacteur biologique » ;

DBO₅ : Quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai (incubation de 5 jours à 20°C et en obscurité) par l'eau à traiter pour assurée par voie biologique l'oxydation des matières organiques qu'elle contient ;

Débit : Volume de fluide s'écoulant à travers une certaine section par une unité de temps ;

Dégradation : Processus physique, chimique ou biochimique par lequel les constituants d'une eau usée ou d'une boue sont décomposés ;

Déversoir d'orage : Dispositif équipant un réseau unitaire ou un réseau pseudo-séparatif ou une station d'épuration qui élimine du système un excès de débit ;

Eau brute : Eau qui n'a pas subi aucun traitement de quelque sorte que ce soit, ou eau qui entre dans une station afin d'y subir un traitement ou traitement biologique ;

Film biologique : Couche formée par les microorganismes qui se développent à la surface du matériau support ;

Floculant : produit chimique ajouté afin de produire des agrégats (flocs) ou pour accroître la taille ou la cohésion des flocs ;

Flottation : Montée des matières en suspension dans un liquide vers la surface sous l'effet de l'entraînement par un gaz ;

Liqueur mixte : Mélange d'eaux usées et de boues activées participant au traitement dans une installation à boues activées ;

Racleur : Equipement mécanique assurant la collecte des matières décantées ou flottées.

Aération prolongée : Traitement par boue activée des eaux usées, conduit à environ un tiers de la charge normalement utilisées afin de réduire au minimum la quantité de boue activées produite. La vitesse de dégradation des boues étant faible, leur âge est élevé (environ 50 jours) et la boue produite est relativement stable. Ce procédé permet également le développement de micro-organismes à croissance lente, et par conséquent, l'oxydation de substances non éliminées par le procédé classique ;

Station d'épuration des eaux usées : Système destiné à la purification des eaux usées comprenant des ouvrages et des équipements techniques, conçus pour extraire en différentes étapes les différents polluants contenus dans les eaux ;

Temps de séjour : Durée théorique pendant laquelle un fluide séjourne dans une unité ou un système donné, calculée en divisant le volume du système par le débit du fluide à l'exclusion des débits de recirculation.

Annexe 2

Tableau 1: Caractéristiques des eaux brutes et traitées du mois de Janvier 2016 de la STEP de Boumerdès (ONA. Boumerdès, 2016)

STATION D'EPURATION DE BOUMERDES													Mois: Janvier				Année:2016							2	
J O U R	D A T E	EAU BRUTE											EAU EPUREE												
		PH	T°C	MES mg/l	PT mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	NTK mg/l	P-PO4 mg/l	Cond uS/cm	PH	T°C	MES mg/l	PT mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	NTK mg/l	P-PO4 mg/l	Cond uS/cm
V	1																								
S	2																								
D	3	7,53	16,3	310		150	460						1456	7,38	15,6	10		19	33					1234	
L	4	7,39	16,17										1562	7,26	16,1									1234	
M	5	7,31	14,78	370		280	679						1391	7,2	14,58	10		19	24					1144	
M	6																								
J	7	7,37	15,23										1467	7,27	15,12									1237	
V	8																								
S	9																								
D	10	7,36	16,35	360	7	110	493	24,53	0,04	8,4	39	4,57	1418	7,24	15,97	10	3	4	52	0,15	0,026		1	2,09	1209
L	11	7,4	15,8										1457	7,33	15,8										1237
M	12	7,28	15,74	260		220	435						1567	7,07	15,43	10		12	19					1237	
M	13	7,45	16,26										1555	7,06	15,8						12,4				1361
J	14	7,37	18,48										1470	7,2	16,5										1384
V	15																								
S	16																								
D	17	7,49	15,23	280		300	331						1313	7,22	15,04	10		21	28					998	
L	18	7,53	15,38										1465	7,18	14,5										1120
M	19	7,42	15,63	310		230	329						1486	7,16	15,24	10		17	19					1224	
M	20	7,35	12,32										1464	7,13	13,5										1331
J	21	7,27	15,11										1470	7,06	14,96										1234
V	22																								
S	23																								
D	24	7,48	15,98	210	5	190	416	26,25	0,013	2,1	47	4,44	1646	7,19	15,41	10	2	4	19	0,62	0,152	5,1	1	1,89	1138
L	25	7,35	15,41										1009	7,12	15,43										874
M	26	7,33	16,2	160		210	429						1242	7,11	16,37	10		22	8					1102	
M	27	7,37	15,47										1613	7,12	15,63										1040
J	28	7,33	12,18										1155	7,05	11,8										996
V	29																								
S	30																								
D	31	7,27	15,58										1001	7,03	15,5										832
TOTAL		147,65	309,60	2260,00	12,00	1690,00	3572,00	50,78	0,05	10,50	86,00	9,01	27910,00	143,38	304,28	80,00	5,00	118,00	202,00	0,77	0,18	17,50	2,00	3,98	23166,00
moyenne		7,38	15,48	282,50	6,00	211,25	446,50	25,39	0,03	5,25	43,00	4,51	1395,50	7,17	15,21	10,00	2,50	14,75	25,25	0,39	0,09	8,75	1,00	1,99	1158,30

1: l'analyse des MES des boues activées est effectuée par filtration et les boues restreintes par spectrophotométrie.
2: l'azote dissous est mesuré une fois par semaine.

Tableau 2 : Caractéristiques des eaux brutes et traitées du mois de Février 2016 de la STEP de Boumerdès (ONA. Boumerdès, 2016)

STATION D'EPURATION DE BOUMERDES		Mois: Février												Année:2016												2
J O U R	D A T E	EAU BRUTE												EAU EPUREE												
		PH	T°C	MES mg/l	PT mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	NTK mg/l	P-PO4 mg/l	Cond uS/cm	PH	T°C	MES mg/l	PT mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	NTK mg/l	P-PO4 mg/l	Cond uS/cm	
L	1	7,14	15,78	160		150	376						1304	7,09	13,41	10		9	21						1124	
M	2	7,21	17,34										1006	6,96	17,6										849	
M	3	7,17	17,34	150		180	385						1226	6,96	17,26	10		7	28						1105	
J	4	7,2	17,72										1260	6,98	17,95										1140	
V	5													7,2	16,5											
S	6																									
D	7	7,45	16,62	250	5	260	501	13,12	0,033	0,4	39	1,96	1297	7,2	16,5	10	2	12	25	0,62	0,147	2,8	2	0,65	1204	
L	8	7,36	16,57										960	7,01	16,31										776	
M	9	7,44	17,01	180		210	432						1012	7,13	16,83	10		6	19						890	
M	10	7,26	17,8										1122	7,01	17,67										990	
J	11	7,3	18,15										1003	7,08	18,31										846	
V	12																									
S	13																									
D	14	7,34	17,41	230		190	443						1312	7,18	17,34	10		19	41						1274	
L	15																									
M	16																									
M	17	7,24	15,35	110		140	213						1000	7,07	14,81	10		2	4						821	
J	18	7,31	15,71										1300	7,85	15,47										910	
V	19																									
S	20																									
D	21	7,33	16,42	230	5	280	385		0,149	1,6	46,2	1,89	1109	7,13	16,3	10	2	11	25		0,162	6,1	0,6	1,24	903	
L	22	7,22	17,11										1237	7,05	16,75										1011	
M	23	7,29	15,03	300		200	344						1401	7,04	15,1	10		15	29						1201	
M	24	7,26	17,28										1398	7,05	17,56										1200	
J	25	7,33	16,56										1194	7,08	16,67										940	
V	26																									
S	27																									
D	28	7,27	15,14	110		210	372						1213	7,09	15,26	10		15	24						1002	
L	29																									
TOTAL		131,12	300,34	1720,00	10,00	1820,00	3451,00	13,12	0,18	2,00	85,20	3,85	21354,00	135,16	313,60	90,00	4,00	96,00	216,00	0,62	0,31	8,90	2,60	1,89	18186,00	
moyenne		7,28	16,69	191,11	5,00	202,22	383,44	13,12	0,09	1,00	42,60	1,93	1186,33	7,11	16,51	10,00	2,00	10,67	24,00	0,62	0,15	4,45	1,30	0,95	1010,33	

Tableau 3 : Caractéristiques des eaux brutes et traitées du mois de Mars 2016 de la STEP de Boumerdès (ONA. Boumerdès, 2016)

STATION D'EPURATION DE BOUMERDES		Mois: Mars												Année:2016												2
J O U R	D A T E	EAU BRUTE												EAU EPUREE												
		PH	T°C	MES mg/l	PT mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	NTK mg/l	P-PO4 mg/l	Cond uS/cm	PH	T°C	MES mg/l	PT mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	NTK mg/l	P-PO4 mg/l	Cond uS/cm	
M	1																									
M	2	7,12	16,01	110		150	248						1210	7,26	15,58	10		10	14						1099	
J	3	7,26	16,27										1491	7,14	16,02										902	
V	4																									
S	5																									
D	6	7,21	15,05	370	6	420	585	10,62	0,082	4,2	69	2,15	910	7,21	14,26	10	2	7	27	0,078	0,208	2,8	0,1	1,3	883	
L	7	7,14	13,86										1230	7,1	13,76										910	
M	8																									
J	10			160		250	282						1021	7,02	14,6	20		12	14						942	
V	11																									
S	12																									
D	13																									
L	14	7,34	14,54	190		110	242						1312	7,16	14,34	10		8	16						1240	
M	15	7,23	15,03										1440	7,07	14,75										1160	
M	16																									
J	17	7,43	16,7	240		190	299						1213	7,19	16,22	10		16	21						895	
V	18																									
S	19																									
D	20	7,54	14,16	100	4	240	271	0,078	0,042	9,2	0,15	1,96	1122	7,33	14,6	10	2	16	20	0,02	0,155	6,4	0,05	1,17	990	
L	21	7,21	14,27										1078	7,13	14,13										968	
M	22	7,22	14	310		120	393						1111	7,16	13,94	10		7	20						984	
M	23	7,6	14,7										1213	7,33	13,65										999	
J	24																									
V	25																									
S	26																									
D	27	7,53	14,9	100		130	255						1511	7,29	14,83	10		2	10						1321	
L	28	7,47	15,91										1420	7,32	16,24										1250	
M	29	7,25	17,55	60		100	275						1421	7,39	17,93	10		6	10						1260	
M	30	7,14	15,42										1564	7,09	17,42										1234	
J	31	7,52	18,71										1422	7,29	19,2										1231	
TOTAL		124,56	262,11	1640,00	10,00	1710,00	2850,00	10,70	0,12	13,40	69,15	4,11	21689,00	122,48	261,47	100,00	4,00	84,00	152,00	0,10	0,36	9,20	0,15	2,47	18268,00	
moyenne		7,33	15,42	182,22	5,00	190,00	316,67	5,35	0,06	6,70	34,58	2,06	1275,82	7,20	15,38	11,11	2,00	9,33	16,89	0,05	0,18	4,60	0,08	1,24	1074,59	

Annexe 2

Tableau 04: résultats d'indice de boue obtenue dans les trois bassins d'aération (ONA. Boumerdès, 2016).

jours	Indice de boue (mg/l)		
	B1	B2	B3
19-janvier-16	129,54	141,17	75
26-janvier-16	147,22	116,66	64,28
01-fevrier-2016	159,25	126,47	159,25
23-fevrier-2016	166,66	130,43	166,66
17-mars -2016	160,25	120,25	101,01
27-mars-2016	167,22	161,9	175

Tableau 05: taux de la siccité (%) et de la matière organique de la boue épaisse (ONA. Boumerdès, 2016).

jours	Boue épaisse	
	MS %	MVS %
02-janvier-2016	3,84	64,69
14-janvier-2016	2,97	61,45
28-janvier-2016	4,84	55,15
03-fevrier-2016	3,14	56,11
14-fevrier-2016	2,48	64,81
28-fevrier-2016	2,25	59,79
04-mars-2016	3,19	58,79
20-mars-2016	3,11	54,04
31-mars-2016	3,43	51,86

Tableau 06 : taux de la siccité (%) et de la matière organique de la boue déshydraté (ONA. Boumerdès, 2016).

jours	Boue déshydraté	
	MS %	MO %
02-janvier-2016	13,48	66,67
14-janvier-2016	14,44	63,29
28-janvier-2016	14,43	56,05
3-fevrier-2016	16,6	58,9
14-fevrier-2016	15,23	69,3
28-fevrier-2016	14,02	62,01
03-mars-2016	13,1	58,43
14-mars-2016	14,08	59,68
28-mars-2016	16,35	52,22

Résumé

L'épuration des eaux usées est devenue un impératif pour nos société moderne pour cela différentes techniques sont développées et mise en œuvre pour traiter les eaux usées avant toutes réutilisation ou injection dans le milieu récepteur.

Ce travail met en évidence l'importance de l'épuration des eaux usées urbaines a boues activée de la wilaya de Boumerdès, quelle soit sur le plan sanitaire ou surtout environnemental. Pour arriver à cet objectif, un suivi périodique durant trois mois (janvier, mars et avril) a été effectué pour le contrôle des performances de la station d'épuration.

Les résultats obtenus montrent un abattement important des paramètres de pollution analysés des eaux brutes ainsi que des eaux épurées qui cadrent largement avec les normes de rejets fixé par l'OMS.

ملخص

معالجة مياه الصرف الصحي اصبح ضرورة حتمية لمجتمعنا الحديث و لهذا تم تطوير تقنيات مختلفة و تطبيقها و تنفيذها لمعالجة مياه الصرف الصحي قبل اي اعادة استخدام او رميها فى الطبيعة.

يبرز هذا العمل أهمية معالجة مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية بطريقة الحمأة المنشطة بمحطة تطهير المياه المستعملة في ولاية بومرداس، سواء على المستوى الصحي أو البيئي. ولتحقيق هذا الهدف ، تم متابعة أداء محطة المعالجة لمدة ثلاثة أشهر (جانفي، افريل ومارس).

وأظهرت النتائج انخفاضا كبيرا للخصائص الملوثة للمياه الخام و المياه المعالجة التي تتفق إلى حد كبير مع معايير التفريغ التي وضعتها منظمة الصحة العالمية.

Abstract

The wastewater treatment is becoming an imperative for our modern society to this different technique are developed and implemented to treat wastewater before any reuse or injection into receiving environment.

This work highlights the importance of treatment of urban wastewater sludge activated in the wilaya of Boumerdès, which is on the health or especially environmentally. To achieve this objective, periodic monitoring for three months (January, March and April) was performed to control the treatment plant performance.

The results show a significant reduction of pollution parameters analyzed raw water and treated water which largely aligned with the discharge standards set by World Health Organization.