

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID



كلية التكنولوجيا

Faculté de Technologie

قسم الري

Département d'hydraulique

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de

Master En Hydraulique :

Option : *Technologie de traitement des eaux*

Etude des performances épuratoires d'une STEP de l'ouest Algérien

Cas de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent

Soutenue le :14/06/2016

Présenté par :

KESBI Rafika

Devant les membres du Jury :

Mr. DEBBAL .Z

Président

Mr.HABI . M

Examinateur

Melle. FANDI.W

Examinatrice

Mr. CHIBOUB A.

Encadreur

Mr. BOUMEDIEN. M

Encadreur

Mr.REKRAK.Z

Invité

Promotion:2015-201

Remerciements

Avant de présenter ce travail, tout d'abord, je tiens à remercier mon grand seigneur DIEU tout puissant pour m' avoir donné la foi en Lui, d' avoir éclairé ma route et de m' avoir guidé dans le meilleur et le bon chemin.

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mes encadreurs **M^r CHIBOUB FELLAH ABDELGHANI**, **M^r BOUMEDIEN MAAMAR**, pour leurs orientations, leurs encouragements, et pour l'intérêt permanent qu'ils m' ont manifesté tout au long de ce travail.*

*Sans oublier le doctorant **M^r REKRAK ZAKARIA**, pour m' avoir guidé et conseillé durant la réalisation de ce mémoire.*

Mes remerciements vont au président de jury

M^r DEBBAL .ZAKARIA

Mes examinateurs

M^r HABBLOHAMMED

M^{elle} FANDI WASSILA

de m' avoir honoré par leur présence et d' avoir accepté d' évaluer mon travail. Je remercie également à toute l' équipe de la STEP d' Ain Temouchent, pour leur accueil, disponibilité et leur contribution, par les données et les documents nécessaires.

Grand merci enfin à toute ma famille, à mes parents pour tout ce qu' ils ont fait pour moi et l' éducation que j' ai reçu de leur part



Dédicaces

Grâce à dieu tout puissant, je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire plus particulièrement :

A mes très chers parents, tout mon respect et affection en témoignage de leur soutien, sacrifice, patience, ainsi que pour leurs conseils et orientations dans ma vie.

A mon frère Youcef et mes chers sœurs :Leila, Ammaria , Meriem et son mari Ismail.

Pour les efforts et l'attachement qu'ils m'ont fourni pour me supporter.

*A ma petite chère **ALAA***

A ma chère grande mère , mes tantes, et toute ma famille.

A tous mes enseignants qui nous donnent le maximum durant nos études.

A tous mes amis de promo d'hydraulique Option : Technologie et Traitement des Eaux (TTE) 2015-2016

A tous ceux qui m'ont aidé durant ma vie universitaire.

A tous ceux que j'aime.

✍ KESBI RAFIKA.

Tables des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale	1

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

I.1. Introduction	3
I.2.Définition des eaux usées.....	3
I.3. Origine des eaux usées	3
I.3.1. Les eaux usées domestique	3
I.3.2. Les eaux usées industrielles	3
I.3.3. Les eaux pluviales	4
I.3.4. Les eaux agricoles	4
I.4. Pollution des eaux usées.....	4
I.4.1.Classification de la pollution des eaux.....	5
a. .Pollution physique.....	5
b. .Pollution chimique	5
c. .Pollution microbiologique	5
d. .Pollution par le phosphore	5
e. .Pollution par l'azote	6
I.5.Les paramètres de la pollution des eaux	6
I.5.1. Paramètres organoleptiques.....	6
I.5.2. Les paramètres physicochimiques.....	6
I.5.3. Les Paramètres Microbiologiques	11
I.6.L'équivalent habitant	13
I.7.Normes de rejet des eaux usées.....	14

I.7.1.Normes internationales.....	14
I.7.2.Normes Algériennes.....	14
I.8. Conclusion.....	16

Chapitre II: Différents Procédés d'épuration des eaux usées

II.1.Introduction.....	17
II.2 Nécessité et objectif de l'épuration.....	17
II.3 Caractères réglementaires d'une eau épurée	17
II.4.Procédés de traitements des eaux usées.....	18
II.4.1. Les prétraitements	18
II.4.1.1. Le dégrillage.....	19
II.4.1.2. Le dessablage.....	19
II.4.1.3. Le dégraissage déshuilage.....	20
II.4.2. Le traitement primaire.....	20
II.4.3. Le traitement biologique.....	22
II.4.3.1.Les procédés extensifs.....	22
a. Le lagunage	22
a.1 Le lagunage naturel.....	23
a.2 Le lagunage aéré.....	23
II.4.3.2.Les procédés intensifs.....	24
a) . Lit bactérien.....	24
b) . Disques biologiques.....	24
c) . Les boues activées.....	26
c.1 Gestion des boues	26
c.2. Origine et des boues	27
c.3.caractéristiques des boues	28
C.3.1- Siccité d'une boue	28
C.3.2- Concentration en Matières Sèches (M.S).....	28
C.3.3- La Teneur en Matières Volatiles en Suspension	29
C.4. Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées	29
C.5. Paramètres influents dans les bassins à boue actives	31
II.4.4.La décantation secondaire	32
II.4.5. Le traitement tertiaire.....	32

II.4.6 .Le Traitement des boues.....	35
II.5. Conclusion	40

Chapitre III: Présentation et Description de la STEP de Ain Témouchent

III.1. Situation géographique.....	41
III.2.Les installations de la STEP	43
III.2.1.Description des ouvrages de traitement de la filière Eaux	43
III.2.1.1.Déversoir d'orage	43
III.2.1.2.Prétraitement	44
a. Dégrillage	44
➤ Grille verticale mobile de secours.....	44
➤ Grille mécanisée grossière	45
b. Piège à sable.....	45
➤ Grilles fines motorisées.....	46
c. Contrôle de débit à ultrason	47
d. Poste de relevage	47
e. Répartiteur de débit à l'entrée des dessableurs	48
f. Dessableurs –déshuileurs	48
III.2.1.3.Traitement biologique	49
a. Bassins d'aération	49
III.2.1.4.Décanteur secondaire (02 unités).....	51
III.2.1.5.Traitement tertiaire	51
✓ Le clarifloculateur.....	52
✓ Bassin de désinfection.....	52
III.2.2.Description des ouvrages de traitement de la filière boues	53
III.2.2.1.Recyclage et évacuation des boues en excès.....	53
III.2.2.2.Epaississement des boues biologiques et chimiques	53
III.2.2.3. Déshydratation des boues	54
❖ Lits de séchage	54
❖ Bande presseuse (2 unités).....	55
III.2.3.Conclusion	56

Chapitre IV: Matériels et méthodes

IV.1. Introduction	57
IV.2. Analyses physico-chimiques	57
IV.2.1. La température	57
IV.2.2. pH	58
IV.2.3. Matières en suspension (MES)	58
IV.2.3.1. Matériaux et réactifs	58
IV.2.3.2. Procédure expérimentale.....	59
IV.2.3.3. Calculs et résultats	59
IV.2.4. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	60
IV.2.4.1. Principe	60
IV.2.4.2. Matériaux et réactifs	61
IV.2.4.3. Procédure expérimentale	61
IV.2.5. La demande chimique en oxygène (DCO)	62
IV.2.5.1. Le but	62
IV.2.5.2. Principe	62
IV.2.5.3. Matériels /réactifs	63
IV.2.5.4. Procédure expérimentale	63
IV.2.6. Azote ammoniacal N-NH ₄	64
IV.2.6.1. Principe.....	64
IV.2.6.2. Matériels /Réactifs.....	65
IV.2.6.3. Procédure expérimental.....	65
IV.2.7. Azote total	65
IV.2.7.1. Principe	65
IV.2.7.2. Matériels/Réactifs.....	65
IV.2.7.3. Procédure expérimental	65
IV.2.8. Azote de NTK	66
IV.2.8.1. Principe	66
IV.2.8.2. Matériels/Réactifs.....	66
IV.2.8.3. Procédure expérimental	66
IV.2.9. Phosphates totale	67
IV.2.9.1. Principe	67
IV.2.9.2. Matériels/Réactifs.....	67
IV.2.9.3. Procédure expérimental	68
IV.2.10. les nitrates NO ₃ ⁻	68

IV.2.10.1.Principe	68
IV.2.10.2.Matériels/Réactifs	68
IV.2.10.3.Procédure expérimental	69
IV.2.11.les nitrites NO_2^-	69
IV.2.11.1.Principe	69
IV.2.11.2.Matériaux/Réactifs/équipements.....	69
IV.2.11.3.Procédure expérimental	69
IV.2.12.Test de décantation	70
IV.2.12.1.Principe.....	70
IV.2.12.2.Matériaux et réactifs	70
IV.2.12.3.Procédure expérimental	70
IV.2.12.4.Calcul de IM (IVB)	70
IV.3 .Conclusion.....	71

Chapitre V: Performance de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent

V.1. Introduction.....	72
V.2.Performance de la STEP de l'année 2014	72
V.2.1.Matières en suspension MES	72
V.2.2.La demande chimique en oxygène (DCO)	73
V.2.3.Demande biologique en oxygène (DBO_5)	74
V.2.4. Azote de Kjeldahl (NTK).....	75
V.2.5.Azote ammoniacal (NH_4^+)	75
V.2.6.Le phosphate total	76
V.2.7.pH	77
V.2.8.Température	78
V.2.9. Oxygène dissous.....	79
V.3.Performance de la STEP de l'année 2015.....	79
V.3.1. Matière en suspension MES	80
V.3.2.Demande biologique en oxygène (DBO_5).....	81
V.3.3.La demande chimique en oxygène (DCO)	81
V.3.4. Azote Kjeldahl NTK	82
V.3.5.Azote ammoniacal (NH_4^+).....	83
V.3.6.Le phosphore total	84

V.3.7.L'azote total (Nt).....	84
V.3.8.pH	85
V.3.9.Température	86
V.3.10.L'oxygène dissous	87
V.4.Paramètres de fonctionnement de process	88
V.4.1.Charge Massique (C_m)	88
V.4.2.Charge volumique (C_v)	90
V.4.3.Temps de séjours	91
V.4.4.Concentration de boues dans le bassin d'aération.....	93
V.4.5.Age des boues.....	94
V.4.6.Indice des boues (IB) ou Indice de Mohlman (IM)	96
V.4.7.La biodégradabilité (K)	97
V.5.Conclusion	98

Conclusion générale

Bibliographie

Liste des figures

Figure II.1 : schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées.....	18
Figure II.2: schéma d'un traitement préliminaire d'une STEP	18
Figure II.3 : schéma d'un dégrilleur	19
Figure II.4: Schéma d'un dessableur.....	20
Figure II.5: Photo d'un déshuileur utilisé dans l'épuration des eaux usées.....	20
Figure II.6 : Décanteur primaire avec pont racleur a engrainement périphérique	21
Figure II.7: Cycles Biologiques d'une lagune.....	23
Figure II.8: Schéma de principe d'une filière type par lit bactérien.....	24
Figure II.9: Exemple d'un disque biologique.....	25
Figure II.10: : Schéma d'un procédé a boues activées.....	26
Figure II.11: Schéma des différents types des boues dans un procédé de traitement par boues activées.....	28
Figure II.12: décanteur secondaire.....	32
Figure II.13: Etape d'épaississement des boues par flottation.....	37
Figure II.14: Table d'égouttage.....	38
Figure II.15: Schéma d'un épaisseur circulaire	39
Figure III.1 : Déversoir d'orage.....	44
Figure III.2 : Grille verticale manuelle.....	44
Figure III.3 : Grille mécanisée grossière.....	45

Figure III.4 : piège à sable	46
Figure III.5 : évacuation des sables.....	46
Figure III.6 : Grille fine (2 unités).....	46
Figure III.7 : Débitmètre à ultrason.....	47
Figure III.8 : Poste de relevage.....	48
Figure III.9 : Dessableurs –déshuileurs	49
Figure III.10 : Bassins d’aération.....	50
Figure III.11 : Décanteur secondaire.....	51
Figure III.12 : clarifloculateur.....	52
Figure III.13 : bassin de désinfection	53
Figure III.14 : épaisseur.....	54
Figure III.15 : lit de séchage.....	55
Figure III.16 : Bande presseuse.....	55
Figure IV.1 : laboratoire de la STEP d’Ain Temouchent.....	57
Figure IV.2 : appareil de mesure de pH.....	58
Figure IV.3 : photo de la balance électronique.....	60
Figure IV.4 :photo de dispositif d’aspiration.....	60
Figure IV.5 :photo de dessiccateur.....	60
Figure IV.6 : flacon à DBO.....	62
Figure IV.7 : photo de DBO mètre.....	62
Figure IV.8 :réactif à DCO.....	64
Figure IV.9 : Photo du bloc chauffant.....	64

Figure IV.10 : Photo du spectrophotomètre.....	64
Figure IV .11: test de décantation.....	71
Figure V.1 : Variation de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Décembre 2014).....	72
Figure V.2: Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Décembre 2014).....	73
Figure V.3: Variation de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Décembre 2014).....	74
Figure V.4 : Variation de l'azote de Kjeldahl à l'entrée et à la sortie la STEP (janvier - Décembre 2014).....	75
Figure V.5: variation journalière de NH ₄ ⁺ à l'entrée à la sortie de la STEP (Janvier - Décembre 2014).....	76.
Figure V.6: variation de concentration de phosphate total à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Décembre 2014).....	77
Figure V.7 : Variation du pH de l'eau brute et de l'eau traitée (janvier –Décembre 2014).....	78
Figure V.8 : variation de la température à l'entré et à la sortie de la STEP (Janvier - Décembre 2014).....	78
Figure V.9: Variation journalière de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier – Décembre 2014).....	79
.Figure V.10: variation de la matière en suspension MES à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Octobre 2015).....	80
Figure V.11 : Variation de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Octobre 2015).....	81
Figure V.12 : Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et la sortie de la	

STEP (Janvier - Octobre 2015).....	82
Figure V.13: : Variation de l'azote total à l'entrée et à la sortie de la STEP (Juin - Octobre 2015)	82
Figure V.14: Variation journalière de l'azote Kjeldahl à l'entrée et la sortie la STEP (janvier - Octobre 2015)	83
Figure V.15: Variation de l'azote ammoniacal à l'entrée et à la sortie de la STEP(Janvier -Octobre 2015)	84.
Figure V.16 : variation de concentration de phosphore total à l'entrée et la sortie de la STEP (Janvier - Octobre 2015).....	85
Figure V.17 : Variation du pH de l'eau brute et de l'eau traitée (janvier – Octobre 2015).....	86
Figure V.18: variation de la température à l'entré et la sortie de la STEP (Janvier - Octobre 2015).....	86
Figure V.19: Variation journalière de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier – Octobre 2015).....	87
Figure V.20 : Variation de charge massique (Cm) dans le bassin d'aération de la STEP de Ain Témouchent.....	89
Figure V.21: Variation de charge volumique (Cv) dans le bassin d'aération de la STEP de Ain Témouchent.....	90
Figure V.22: Variation du temps de séjours de l'eau dans le bassin d'aération de la STEP de Ain Témouchent.....	92
Figure V.23: Variation de la cconcentration de la boues (exprimée en MVS) dans le bassin d'aération de la STEP de Ain Témouchent.....	93

Figure V.24: Variation de l'âge des boues (jours) dans le bassin d'aération de la STEP de Ain Témouchent.....	94
Figure V.25: variation de l'indice des boues (IB) dans le bassin d'aération de la STEP.....	96
Figure V.26: variation de la biodégradabilité	97

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Normes de rejets internationales.....	14
Tableau I.2 : Normes de rejets dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.).....	15
Tableau III.1 : Estimation de la population et des débits.....	42
Tableau III.2 :Débits des eaux usées sur les deux horizons de projet.....	42
Tableau III.3 : Charges polluantes.....	42
Tableau III.4 : Concentrations des polluants à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	43
Tableau V.1 : Paramètres de fonctionnement des systèmes à boues activées.....	88

Liste des abréviations

°C : Degré Celsius.

CE : Conductivité Electrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

C_m: La charge massique exprime en $\text{kg DBO}_5 / \text{kg MVS.j}$.

CO₂: gaz de carbone.

COT : Carbone total organique.

C_v : La charge volumique exprimé en ($\text{Kg DBO}_5/\text{Kg MVS.j}$) .

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

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

EH : l'équivalent habitant.

Im : Indice de Mohlman (mg/l).

K: constant de la biodégradabilité.

MES : Matière En Suspension (mg/l).

MMS : matière minérales sèche (mg/l).

MO: matière organique.

MVS : matière volatile en suspension (mg/l).

N_{org}: Azote organique.

NH₄⁺: l'azote ammoniacal (mg/l).

NH₃: ammoniac (mg/l).

NO₂⁻: nitrites (mg/l).

NO₃⁻: nitrates (mg/l).

NT: Azote Total.

ONA : Office National d'Assainissement.

pH : potentiel Hydrogène.

PO₄⁻³: orthophosphates (mg/l).

Q_j : le débit journalier d'eau brute à traiter ($\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$).

STEP: Station d'Épuration.

T : Température.

T_s : temps de séjour (h).

V: volume de boue obtenu après 30 minutes de décantation (ml/l).

V_{BA} : volume de bassin d'aération (m^3).

Résumé

Les eaux usées sont fortement chargées en polluants et en contaminants divers, ce qui pose le problème des risques sanitaires liés à une réutilisation des eaux usées épurées, donc elles doivent être acheminées par les égouts vers des stations d'épuration afin d'être traitées.

L'objectif recherché dans notre travail est l'étude de la performance de la station d'épuration à boues activées de la wilaya d'Ain Témouchent. Le contrôle de la STEP comportera le suivi des variations de l'ensemble des paramètres physico-chimiques et de process sur une série de données mensuelles de deux ans d'exploitation (2014-2015).

Les résultats présentent des rendements épuratoires satisfaisants de 95,72% des matières en suspension (MES). Le taux d'abattement de la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅) sont respectivement de 92,49% et de % 97,09.

Notre étude montre un bon fonctionnement des installations de la STEP.

Mots clé: Eau usée, station d'épuration d'Ain Témouchent, boues activées, performances.

Abstract

The wastewater is heavily loaded with pollutants and various contaminants ,which poses the problem of health risks ,that is why they should be transported to the waste water treatment plants ,to be treated.

The aim of our work is the study of the performance of the waste water treatment plant with activated sludge of Ain Témouchent , the control of the WWTP involve the study of the variations of different physicochemical parameters and the process on a series of two monthly operating data (2014-2015).

The results present satisfactory outputs purifying 95,72% of the suspended matter. The outputs of the chemical oxygen demand (COD) and five-day biological oxygen demand (BOD₅) are respectively 92,49% and 97,09%

Our study shows the good working of this plant.

Key words: wastewater, waste waters treatment plant of Ain Témouchent, activated sludge, performances.

المخلص

تحتوي مياه الصرف الصحي على كم هائل من الملوثات المختلفة, الامر الذي يشكل مشكلة المخاطر الصحية المرتبطة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة, لذا يجب نقلها الى محطات الصرف الصحي لمعالجتها. الهدف من عملنا هو دراسة فعالية محطة تطهير المياه بطريقة الحماية المنشطة بولاية عين تموشنت, مراقبة سير المحطة يتضمن دراسة التغيرات لمختلف العناصر الفيزيوكيميائية لمدة سنتين (2014-2015).
قد بينت النتائج مردودية مرضية تقدر ب 95,7% بالنسبة للمواد العالقة, اما بالنسبة لمعدلات التخفيض للطلب الكيميائي و البيولوجي للاكسجين هي على التوالي 92,49%, 97,09%.
نتائج هذا البحث اظهرت السير الحسن لمحطة التطهير للصرف الصحي بولاية عين تموشنت.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي, محطة التطهير لولاية عين تموشنت, الحماية المنشطة, فعالية.

Introduction générale

L'eau est une denrée de plus en plus rare en Algérie et de moins en moins renouvelable. Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ceux de l'agriculture et de l'industrie qui se disputent une disponibilité limitée [1].

La question de l'approvisionnement en eau devient chaque jour plus préoccupante et cela pour plusieurs raisons : la démographie galopante et la sécheresse qui s'est accrue sont parmi ces raisons [2].

Avec moins de 600 m³ par habitant et par an, l'Algérie (36 millions d'habitants en 2010) se situe dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques, au regard du seuil de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant et par an. D'une superficie de 2,4 millions de km², le territoire se compose d'une diversité géographique et climatique, du nord au sud, des régions côtières et littorales, une vaste étendue de hautes plaines semi-arides et un immense ensemble saharien au climat aride et hyper aride.

La répartition très inégale de la population implique par ailleurs des pressions extrêmement disparates sur les ressources.

Des facteurs structurels et économiques liés au développement des secteurs agricole et industriel viennent encore accroître la demande et les besoins en eau [3].

Face aux pénuries d'eau dans les dernières décennies et afin de préserver les ressources en eau, encore saines, et la protection de l'environnement ainsi que la santé publique, l'Algérie a adopté un programme riche en termes de traitement des eaux usées par la mise en service à la fin 2010, de plus d'une centaine de stations d'épuration, qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de résidus appelés boues, valorisable en agriculture et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, qui trouve quant-à-elle, une réutilisation dans l'irrigation, l'industrie et les usages municipaux [4].

Les procédés d'épuration utilisés, dont l'objectif principal est d'éliminer la pollution organique sont : procédé à boues activées, le lagunage et les lits bactériens.

La phase de traitement biologique par boues activées représente une phase clé de la chaîne globale d'épuration des eaux usées qu'elle est largement utilisée [5].

L'objectif de ce travail consiste à évaluer les performances épuratoires et les rendements de la

nouvelle station d'épuration d'Ain Témouchent, en analysant les paramètres suivants: DCO, DBO5, MES, les matières azotées, les phosphates, le pH et la température de l'eau.

Pour ce faire, ce présent travail est subdivisé principalement en deux parties :

- ✓ Une partie théorique comportant deux grands chapitres :
 - Le premier chapitre donne des généralités sur les eaux usées urbaines (origine, composition, types et paramètres de pollution, normes de rejet)
 - Le deuxième chapitre traite les différents procédés d'épuration des eaux usées (prétraitement, traitement primaire, traitement secondaire et tertiaire), que doivent subir les eaux usées avant d'être rejetées dans le milieu naturel, puis le traitement par boues activées.

- ✓ La seconde partie de l'étude est axée sur l'expérimentation, elle est présentée en trois chapitres :
 - Le troisième chapitre est consacré à la description et au fonctionnement de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent .
 - Le quatrième chapitre donne le matériel et les méthodes analytiques utilisées dans cette étude .
 - Le cinquième chapitre présente les résultats expérimentaux trouvés et leurs interprétations.
 - Et enfin, une conclusion est donnée pour résumer notre travail.

Partie I

Etude bibliographique

CHAPITRE I

Généralités sur les eaux usées

I. 1 Introduction

Les eaux de surface constituent un écosystème où règne une communauté d'êtres vivants qui établissent des relations et interactions entre eux et leur milieu. Dans ce fragile équilibre, un seul facteur de l'écosystème est modifié, et c'est l'équilibre qui est perturbé.

C'est ainsi que la présence ou la surabondance d'un élément dans un écosystème dont il est normalement absent constitue une pollution. Les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants. Ces polluants s'ils se retrouvent directement dans les milieux naturels perturbent les écosystèmes.

Les eaux usées nécessitent d'être traitées avant leur évacuation dans le milieu récepteur, la protection de l'environnement en dépend [6].

I.2 Définition des eaux usées

Les eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine, industrielle ou agricole [7],elles doivent être traité avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'ils ne causent pas de pollution de ces autres sources.

Ils sont susceptibles d'engendrer différentes sortes de pollutions et de nuisance dans le milieu récepteur [8].

I.3. Origine des eaux usées

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

I.3.1. Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, et en eaux vannes ; il s'agit des rejets des toilettes chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux [9].

I.3.2. Les eaux industrielles

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

l'autre.

En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elle peut également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations de traitement [a1].

I.3.3. Eaux pluviales

Elles peuvent aussi constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, ...).

En outre, lorsque le système d'assainissement est dit "unitaire", les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques. En cas de fortes précipitations, les contraintes de préservation des installations d'épuration peuvent imposer un déversement de ce "mélange" très pollué dans le milieu naturel.

Enfin, dans les zones urbaines, les surfaces construites rendent les sols imperméables et ajoutent le risque d'inondation à celui de la pollution [10].

I.3.4. Eau agricole

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole.

Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation), des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...) [8].

I.4.1a pollution des eaux usées

Une eau polluée est une eau qui a subi du fait de l'activité humaine, directement ou indirectement ou sous l'action d'un effet biologique ou géologique, une modification de son

état ou de sa composition qui a pour conséquence de la rendre impropre à l'utilisation à laquelle elle est destinée [11].

I.4.1. Classification de la pollution des eaux

On peut classer qualitativement la pollution en plusieurs catégories en fonction de sa nature, de sa nocivité et de ses effets. On distingue :

a) Pollution physique

Elle est due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau). Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution atomique (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) [6].

b) Pollution par les substances chimiques

On trouve aussi dans les eaux usées domestiques diverses substances chimiques plus ou moins nocives. Ces substances proviennent des différents produits que nous utilisons. On répertorie sur le marché 100.000 substances chimiques différentes, en quantité très faible, mais en nombre de molécules important. Ces produits combinés les uns aux autres constituent de véritables « cocktail » de molécules à effets inconnus. Les seuils de toxicité définis par la réglementation s'appliquent aux substances isolées, mais ne prennent pas en compte ces effets du cocktail [6].

c) pollution microbiologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes [12].

d) Pollution par le phosphore

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire [13]. Sa présence en abondance dans les milieux hydrauliques superficiels est une problématique. Les phosphates sont des substances nutritives, l'apport exagéré dans les eaux de surface augmente la production des

algues et des plantes aquatiques. Plus il y a d'algues, moins il y'a d'oxygène dans l'eau, et les conditions de vie deviennent difficiles pour la flore et la faune des milieux aquatiques. Ce phénomène provoque l'eutrophisation [6].

e) Pollution par l'azote

L'élément azote existe principalement sous forme ionique (ammonium NH_4^+ , nitrite NO_2^- et nitrate NO_3^-) ainsi que sous forme gazeuse (N_2).

L'origine de ces polluants est par ordre décroissant :

L'utilisation massive des engrais, le développement industriel et le rejet des eaux résiduaires urbaines.

Nos eaux usées contiennent de l'azote organique et de l'azote ammoniacal. Ces ions se transforment en milieu acide faible en ions nitrites qui sont toxiques pour l'organisme humain, puis en nitrates qui constituent aussi un agent fertilisant susceptible de favoriser le développement excessif des algues dans le milieu aquatique [6].

I.5. Les paramètres de pollution des eaux

Trois principaux paramètres mesurent les matières polluantes des eaux :

I.5.1. Les paramètres organoleptiques

a. La couleur

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement [7].

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. [13]

b. Odeur

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur. Toute odeur dans une eau est due à une fermentation des matières organiques [14].

I.5.2. Les paramètres physico-chimiques

a) La température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet,

celle-ci joue un rôle dans la dissociation des sels donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels,...etc [13].

b) Le potentiel Hydrogène (pH)

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier). De manière à faciliter cette expression ; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H^+ : c'est le pH.

$$pH = \log 1/ [H^+] \quad (I.1)$$

Le pH est la mesure du caractère acide ($1 < pH < 7$) ou basique ($7 < pH < 14$) des eaux usées. En général, l'activité biologique se situe entre 6.5 et 8 unités de pH. En dehors de cet intervalle, le pH affecte la vie aquatique et par conséquent influence l'autoépuration du milieu naturel [6].

c) La Turbidité

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

Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit) [7].

d) Les MES

Les matières en suspension sont exprimées en mg/l. Ce sont les matières non dissoutes contenues dans l'eau. Elles comportent à la fois des éléments minéraux et organiques. La plus grande partie des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées, est associée aux MES [15].

Elles donnent également à l'eau une apparence trouble et, souvent, un mauvais goût et une

mauvaise odeur [12].

La concentration de la matière en suspension d'une eau usée urbaine ne dépasse guère 200-300 mg/l.

Les techniques d'analyses font appel à la séparation directe par filtration ou centrifugation. [16]

e) Les matières volatiles en suspension (MVS)

Les matières volatiles en suspension (MVS) représentent la fraction organique de MES. Elles sont obtenues par calcination de ces MES à 105°C puis à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES calcinées à 105°C et celle à 525°C donne la perte au feu et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau [16].

f) Les matières minérales (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... [16].

g) Matières décantables ou non décantables

Les matières décantables se composent des MES qui sédimentent en deux heures dans des conditions statiques. Et les matières non décantables sont celles qui restent dans l'eau et qui vont être dirigées vers les procédés biologiques [17].

h) Demande biologique en oxygène (DBO)

Sa détermination consiste à mesurer la quantité totale de l'oxygène consommée par des processus biochimiques au cours de l'oxydation des matières organiques dans un échantillon. La DBO a été standardisée en DBO₅ (la demande biochimique en oxygène après 5 jours) d'un échantillon qui correspond à la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques [7].

i) La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux . La DCO est obtenue a l'aide d'un agent oxydant puissant comme le

bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à $150^\circ C$ [18].

La concentration de la DCO est exprimée en $mg.L^{-1}$ d'oxygène équivalente à la quantité de bichromates consommées par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme [7].

Le rapport DCO/ DBO des eaux usées urbaines est proche de 2

Le rapport DCO/ DBO des effluents domestiques est de 1,9 à 2,5.

La relation empirique de la matière oxydable en fonction de la DBO_5 et la DCO est donnée par l'équation suivante:

$$MO = (2 DBO_5 + DCO) / 3 \quad (I.2) \quad [19]$$

j) La biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les microorganismes qui interviennent dans les processus d'épuration biologique des eaux. Elle est exprimée par un coefficient K, avec $K = DCO / DBO_5$:

- ✓ Si $K < 1.5$, cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables .
- ✓ Si $1.5 < K < 2.5$, cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.
- ✓ Si $2.5 < K < 3$, les matières oxydables sont peu biodégradables.
- ✓ Si $k > 3$, les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteurs de la croissance bactérienne, tels que : les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures...etc. 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, sinon on applique un traitement physico-chimique [20].

k) Le carbone organique total COT

Le carbone organique total COT permet de mesurer le carbone sous forme organique (CO).

Pour mesurer le CO on oxyde la matière organique par oxydation thermique catalytique à $800-1000^\circ C$, ou par une oxydation aux rayons ultra-violet, ou encore par une oxydation chimique à froid (action conjointe de persulfate et d'un rayonnement UV), puis on mesure le

CO₂ total qui s'en dégage.

C'est une mesure rapide que l'on peut corrélérer de manière satisfaisante souvent aux valeurs de la DCO [21].

l) Conductivité électrique (CE)

La conductivité est une mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau, la conductivité dépend également de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente.

Les résultats de mesures doivent donc être représentés en terme de conductivité équivalente à 25°C, et s'exprime en micro Siemens par centimètre (μS/cm) [22].

m) Oxygène dissous (OD)

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air soient en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau : saturation en O₂ diminue lorsque l'altitude et la température augmentent.

Une mesure peut être exprimée en mg/L qui correspond à la concentration en oxygène, en % représentant la saturation ou en mbar pour la pression partielle de l'oxygène.

La concentration en oxygène en équilibre avec la pression atmosphérique est de 8,8 mg/l d'O₂ à saturation [22].

n) L'azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral, il constitue la majeure partie de l'azote total [13].

Les différentes formes de l'azote qui existent dans les eaux usées sont :

✓ L'azote de Kjeldahl.

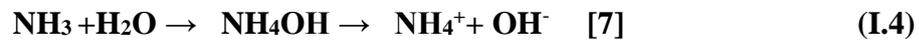
L'azote de Kjeldahl comprend l'azote sous les formes organiques et ammoniacales (NH₄⁺), à

l'exclusion des formes nitrites et nitrates. La présence d'azote organique est un signe de pollution des eaux usées.

$$\text{NTK (Azote Kjeldhal)} = \text{N organique} + \text{N ammoniacal (NH}_4^+) \quad (\text{I.3})$$

✓ L'azote ammoniacal

La présence d'ammoniaque en quantités importante est l'indice de contamination par des rejets d'origine humaine ou industrielle. L'ammoniaque présente une forte toxicité pour tous les organismes d'eau douce. La proportion de NH_3 augmente en fonction croissante du pH et de la température.



o) Les nitrates NO_3^-

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Leur présence associée aux autres éléments nutritifs stimule le développement de la faune aquatique [23].

p) Les nitrites NO_2^-

Les nitrites constituent le stade intermédiaire entre les ions ammonium (NH_4^+) et les nitrates. Peu stable en rivière on les rencontre que lorsqu'il existe un déséquilibre au niveau de l'oxygénation de la flore bactérienne [23].

q) Le Phosphore

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des **ortho phosphates**. L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le **phosphore hydrolysable** et minéralisation, le **phosphore organique**.

Chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) peut être séparée analytiquement en **ortho phosphates**, **phosphore hydrolysable** et **phosphore organique**.

Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L de PO_4 ou de P_2O_5

$1\text{mg/L PO}_4 = 0,747 \text{ mg/L P}_2\text{O}_5 = 0,326 \text{ mg/L P}$ [13].

I.5.3. Paramètres Microbiologiques

Les paramètres microbiologiques font références à la présence et la quantité des organismes biologiques pathogènes., principalement l'Escherichia Coli, les streptocoques, les salmonelles, les virus, et les parasites. Ces paramètres doivent être tenu en compte et éliminés, afin d'assurer la désinfection des eaux, et limiter ainsi un danger pour la santé publique [24].

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

1. Les coliformes totaux

C'est un groupe de bactéries utilisé comme indicateur de contamination fécale. Ils appartiennent à la classe des Enterobacteriaceae. Ce sont des bacilles à gram négatif, asporogènes, oxydase négative, aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de se multiplier et de fermenter le lactose et produisent de gaz, d'acide et d'aldéhyde, se développent à 37°C [6].

2. Les coliformes fécaux

Le terme de « coliformes fécaux » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques de coliformes) après incubation à la température de 44 C°. Le groupe des coliformes fécaux comprend les espèces suivantes : Escherichia coli, Citrobacter freundii, Citrobacter diversus, „Salmonella (sous genre III Arizona)...etc [13].

3. Les streptocoques fécaux

Ces bactéries appartiennent à la famille des streptococcaceae, sont des cocci généralement disposées en diplocoques ou en courte chaîne, à gram négatif.

Les concentrations en streptocoques fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieures à celles des coliformes fécaux. Il faudra tenir compte de cette différence des concentrations (que l'on peut évaluer à un rapport de 1 à 2 ou 4) dans le choix des prises d'essai [13].

Le genre Streptococcus est vaste et divers, de sorte qu'il est difficile de classer ces bactéries de façon satisfaisante. Les 29 espèces du genre Streptococcus sont subdivisées en 5 groupes principaux :

- ✓ Les streptocoques pyogènes hémolytiques .

- ✓ Les streptocoques oraux .
- ✓ Les entérocoques .
- ✓ Les streptocoques lactiques.

4. Les virus

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

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

On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel [a2].

5. Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . La quantité moyenne des bactéries dans les fèces est d'environ 10^{12} bactéries / g . [25]

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries /100 ml dont 10^5 proteus et entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridium [26].

6. Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites.

Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées [12].

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia* [25].

7. Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ œufs / l. Il faut citer, notamment, *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata* [a2].

I.6. L'équivalent habitant

L'équivalent habitant est la quantité de pollution quotidienne qu'est sensée rejeter un habitant. La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml [20].

I.7. Normes de rejets

I.7.1. Normes internationales

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont présentées dans le tableau suivant : [a2]

Tableau I.1 : Normes de rejets internationales

Caractéristiques	Unité	Normes Utilisées (OMS)
pH	-	6,5-8,5
DBO5	mg/l	< 30
DCO	mg/l	< 90
MES	mg/l	< 20
NH ⁺ ₄	mg/l	< 0,5
NO ₂	mg/l	1

NO ₃	mg/l	< 1
P ₂ O ₅	mg/l	< 2
Température	°C	< 30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Inodore

I.7.2. Normes de rejets Algérienne

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau suivant : [27]

Tableau I.2 : Normes de rejets dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.)

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
DBO ₅	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	03
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	03
Manganèse	mg/l	01
Mercure total	mg/l	0,01
Nickel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre total	mg/l	0,5

Zinc total	mg/l	03
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénols	mg/l	0,3
Composés organiques chlorés	mg/l	05
Chrome total	mg/l	0,5
(*) Chrome III +	mg/l	03
(*) Chrome VI +	mg/l	0,1
(*) Solvants organiques	mg/l	20
(*) Chlore actif	mg/l	1,0
(*) Détergents	mg/l	2
(*) Tensioactifs anioniques	mg/l	10

I.8. Conclusion

Compte-tenu des éléments présents dans les eaux usées, la réutilisation d'une eau de mauvaise qualité peut présenter des risques pour la santé et l'environnement, et poser des problèmes d'ordre technique en bouchant les conduites et les systèmes d'irrigation par exemple. D'un point de vue sanitaire, la quantité de contaminants qui parvient dans l'environnement se nomme la charge excrétée. Sa composition dépend de la population à l'origine de la production des eaux usées, et notamment de la proportion d'individus infectés et des conditions d'hygiène. Elle peut être considérablement réduite par un traitement adéquat. Ce dernier est donc impératif dans le cas d'une REUE.

CHAPITRE II

Différents Procédés d'épuration des eaux usées

II.1. Introduction

L'objectif principal du traitement est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement. À cet égard, le traitement des eaux résiduaires le plus approprié est celui qui fournit, avec certitude, des effluents de qualité chimique et microbiologique exigée pour un certain usage spécifique, à bas prix et des besoins d'opération et d'entretien minimaux.

Les stations d'épuration des eaux résiduaires, indépendamment du type de traitement, réduisent la charge organique et les solides en suspension et enlèvent les constituants chimiques des eaux usées qui peuvent être toxiques aux récoltes ainsi que les constituants biologiques (microbes pathogènes) qui concernent la santé publique en général.

Le processus d'épuration des eaux usées comprend trois grandes étapes, présentées ci-dessous, le prétraitement, les traitements primaires et secondaires parfois suivis par un quatrième niveau de traitement, appelé traitement tertiaire [15].

II.2- Nécessité et objectif de l'épuration

L'épuration des eaux résiduaires est devenue une nécessité pour les raisons sanitaires, économiques, législatives et même pour préserver l'environnement.

Pour ces raisons, l'homme a créé des procédés d'épuration dont le but essentiel est l'élimination des matières organique en solution et sous formes colloïdes et la réduction ou l'élimination des charges microbiennes et en particulier les micros organismes pathogènes [28].

II.3 Caractères réglementaires d'une eau épurée

Le traitement d'une eau usée donne un effluent qui n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène publique, il ne doit pas porter atteinte aux intérêts et activités telles que l'alimentation en eau des hommes, des animaux et des plantes, les intérêts piscicoles ayant notamment une valeur de test à l'égard des pollutions [29].

Une eau épurée doit répondre à certains critères fondamentaux ; en pratique, on s'assurera en outre que :

- Température de l'eau ne doit pas passer 30°C .
- Sa couleur ne doit pas provoquer une coloration visible dans le milieu récepteur .
- PH doit être de la neutralité .

II.4. Les procédés d'épuration des eaux usées

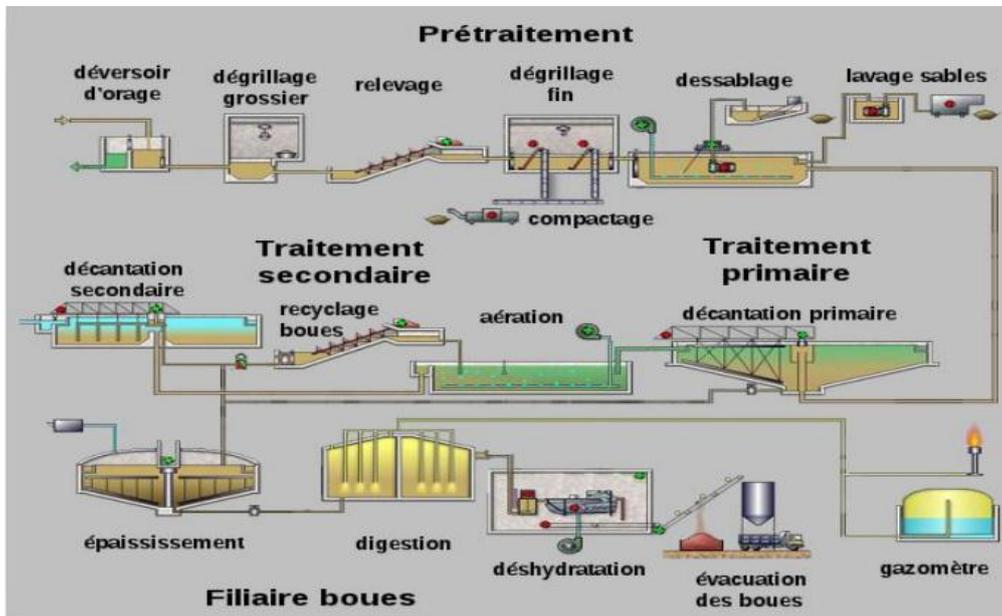


Figure II.1 : schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées [30].

II.4.1. Prétraitement

Le Prétraitement a pour objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement.

Il comprend le dégrillage pour retenir les déchets volumineux, le dessablage, pour obtenir une meilleure décantation, le dégraissage et le déshuilage pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras [16].

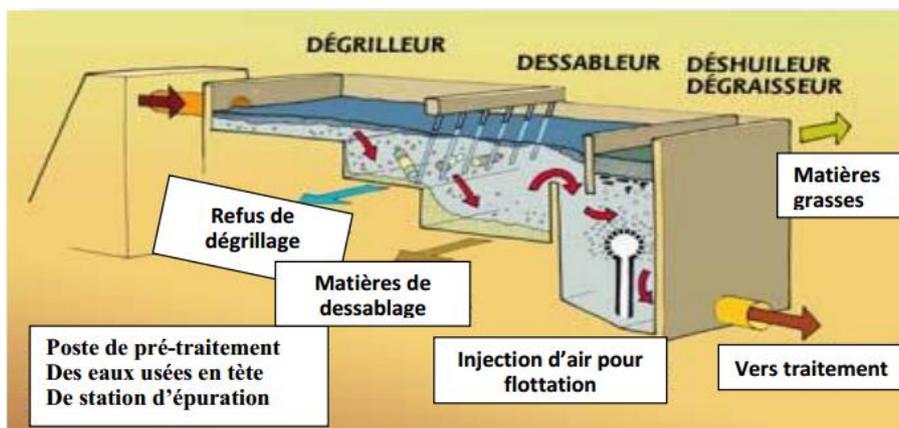


Figure II.2 : schéma d'un traitement préliminaire d'une STEP [30].

II.4.1.1. Le dégrillage

Cette opération consiste à faire passer l'effluent entre les barreaux d'une grille, dont .On retire ainsi de l'eau les fragments de dimension supérieure à l'écartement de la grille, le dégrillage permet de protéger les ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation. Il rend également plus efficace les traitements suivants car ils ne sont pas gênés par ces matières grossières.

Le dégrillage est classé en 03 catégories selon l'écartement entre barreaux de grille :

Le pré -dégrillage, pour un écartement $e = 30-100$ mm

Le dégrillage moyen pour un écartement de $e = 10$ à 30 mm

Le dégrillage fin pour un écartement inférieur à 10 mm [a3].

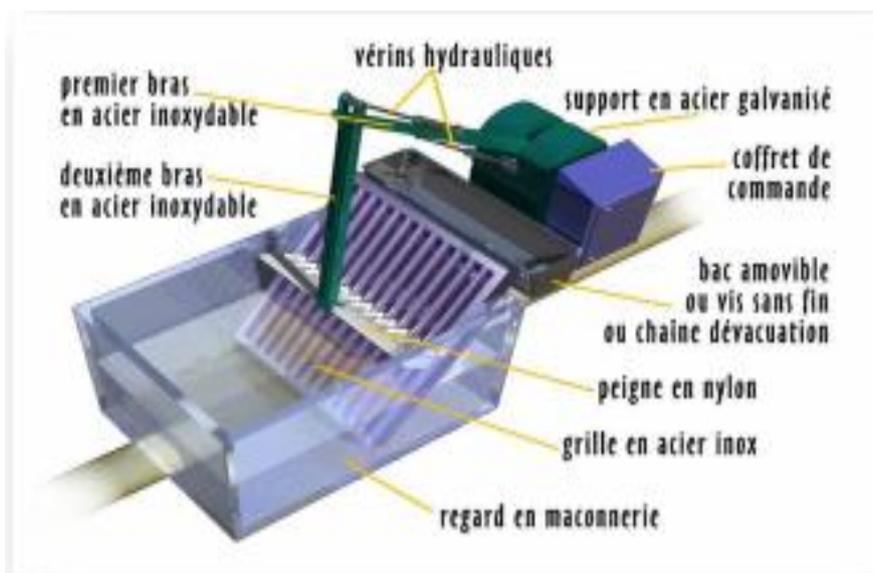


Figure II.3 : schéma d'un dégrilleur [28].

II.4.1.2. Dessablage

Le dessablage consiste à retirer de l'effluent les sables et les particules minérales plus ou moins fines, a fin de protéger les conduites et les pompes contre la corrosion et éviter même le colmatage des canalisations par les dépôts à la cour de traitement, la technique classique du dessableur consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse d'environ de 0.3m/s qui permet le dépôt d'une grande partie des sables [32].

Selon le principe de fonctionnement on distingue deux types de bassin de dessablage : Les dessableurs longitudinaux et les dessableurs circulaires [a2].



Figure II.4: Photo d'un dessableur [a5].

II.4.1.3. Déshuilage et dégraissage

Le dégraissage vise à éliminer la présence de graisse dans les eaux usées, graisses qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques qui interviennent ensuite. Le dégraissage s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras. Les graisses sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées [31].



Figure II.5 : Photo d'un déshuileur utilisé dans l'épuration des eaux usées [a5].

II.4.2. Le traitement primaire

Il s'agit le plus souvent d'une décantation qui permet d'alléger les traitements biologiques ou

chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension. L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle (qui s'oppose à la décantation). La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1,2 m/h, 40 à 60 % de MES, soit 10 à 30 % des virus, 50 à 90 % des helminthes et moins de 50 % des kystes de protozoaires [26].

En utilisant des procédés physiques ou physico-chimiques visant la décantation poussée des matières en suspension dans l'eau. On distingue :

➤ **La décantation physique (naturelle)**

Les matières en suspension qui ont souvent une teneur en matière organique importante (de 70 à 90%) et une densité légèrement supérieure à celle de l'eau vont se décanter naturellement dans un décanteur primaire en 1 à 2 heures. L'eau ainsi clarifiée s'écoulera par débordement et les MES qui ont décanté au fond du bassin (boues primaires) seront extraites et envoyées vers les ouvrages de traitement des boues [8].

➤ **La décantation physico-chimique**

Les performances de la décantation peuvent être ainsi améliorées par l'ajout des produits chimiques (sulfate d'alumine, chlorure ferrique...) qui neutralisent les particules chargées, en augmentant ainsi la probabilité de collision entre les particules (coagulation floculation), ainsi que la formation des floccs par la suite facilement décantables. Cette étape permet d'éliminer 90 % des matières colloïdales [33].



Figure II.6 : Décanteur primaire avec pont racleur a engrainement périphérique [34].

II.4.3. Le traitement biologique

L'élimination des matières organiques implique le recours à des traitements biologiques qui font intervenir des organismes vivants, essentiellement des bactéries [7].

Ces traitements sont basés sur la capacité des micro-organismes à oxyder la matière minérale (NH_3 ) et les matières constitutives de la DCO et de la DBO d'une part (aérobie), et à réduire d'autre part les molécules comportant de l'oxygène : NO_3 (anoxie), SO_4 et CO_2 (anaérobie). Ils vont permettre ainsi d'éliminer la pollution soluble biodégradable et une partie de MES [8].

Une épuration biologique (boues activées puis bassin de clarification) permet d'éliminer 90 % des virus, 60 à 90 % des bactéries, mais par contre a peu d'effet sur les kystes de protozoaires et les œufs d'helminthes [26].

On trouve deux groupes de procédés :

- ✓ Les procédés à culture fixée où la biomasse épuratrice est fixée sur des supports.

L'eau à traiter coule au contact de ces supports. Les micro-organismes fixent donc la pollution organique et la dégradent (biofiltration par exemple) .

- ✓ Les procédés à culture libre où la biomasse est en suspension dans l'eau à traiter.

Les microorganismes fixent la pollution et se développent sous forme de floccs biologiques que l'on peut séparer de l'eau traitée par décantation (boues activées par exemple) [7].

II.4.3.1. Les procédés extensifs

a. Le lagunage

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

Le principe général consiste à recréer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques .

Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommable et en oxygène [36].

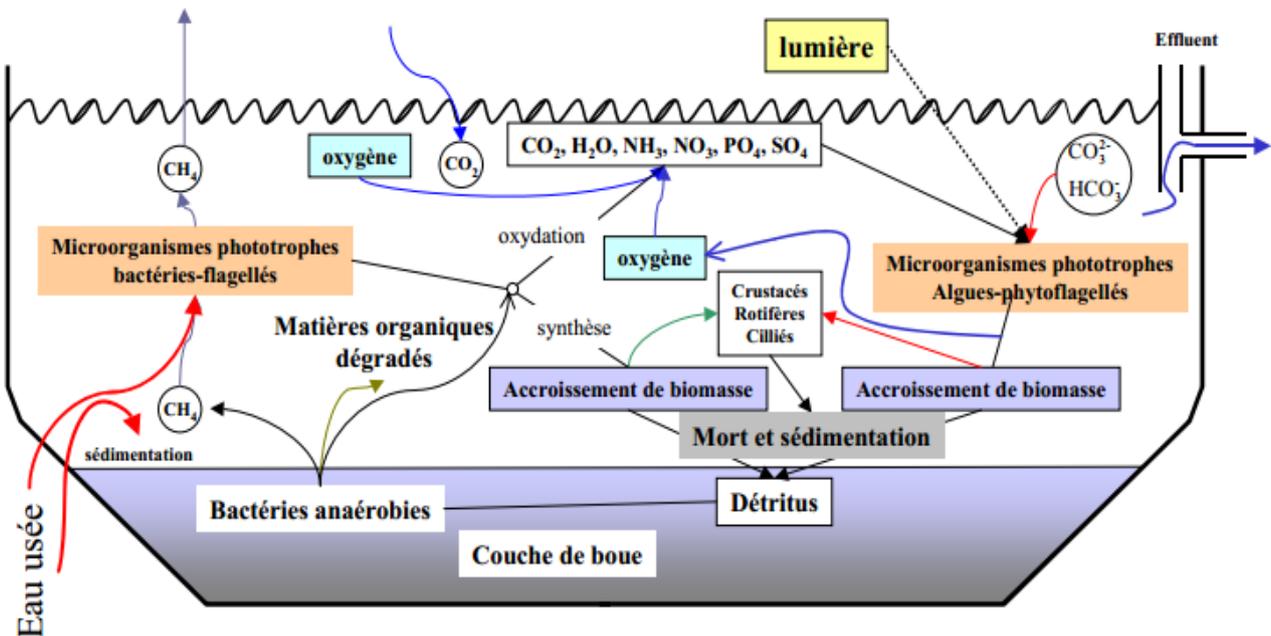


Figure II.7: Schéma de principe du lagunage [36].

a.1. Le lagunage naturel

D'une profondeur de 1.2 à 1.5 m au maximum et de 0.8 m au minimum (afin d'éviter le développement de macrophytes), avec un temps de séjour de l'ordre du mois, ces bassins fonctionnent naturellement grâce à l'énergie solaire. On peut obtenir un rendement d'épuration de 90 %. Ces procédés sont très sensibles à la température et sont peu applicables aux régions froides.

Leur dimensionnement est généralement basé, pour un climat tempéré, sur une charge journalière de 50 kg DBO₅ ha⁻¹ j⁻¹, soit environ 10 m² par habitant.

La teneur en matière en suspension dans l'effluent traité reste élevée (de 50 à 150 mg L⁻¹). Aussi la DBO₅ en sortie est souvent supérieure à 50 mg L⁻¹ [36].

a.2. Le lagunage aéré

En fournissant l'oxygène par un moyen mécanique, on réduit les volumes nécessaires et on peut accroître la profondeur de la lagune. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel. Le temps de séjour est de l'ordre d'une semaine, la profondeur est de 1 à 4 m. Le rendement peut être de 80 % et il n'y a pas de recyclage de boues. L'homogénéisation doit être satisfaisante pour éviter les dépôts [36].

II.4.3.2. Les procédés intensifs

a. Lit bactérien (culture fixe)

L'épuration sur lit bactérien est le plus ancien procédé biologique. Des bactéries sont cultivées sur un substrat neutre, comme de la pierre concassée, de la pouzzolane (sable volcanique), du mâchefer ou du plastique. On fait passer l'effluent sur le substrat.

La difficulté consiste à trouver la bonne vitesse du flux d'eau, qui ne doit pas être trop rapide (pour permettre la dégradation bactérienne) ni trop lente (pour une bonne évacuation de MES en excès).

Une épuration sur lit bactérien est plus efficace qu'un traitement à boues activées car elle élimine non seulement les virus et les bactéries (respectivement 30 à 40 % et 50 à 95 %) mais aussi les œufs d'helminthes (20 à 90 %) et les kystes de protozoaires (83 à 99 % des kystes d'*Entamoeba histolytica*) [26].

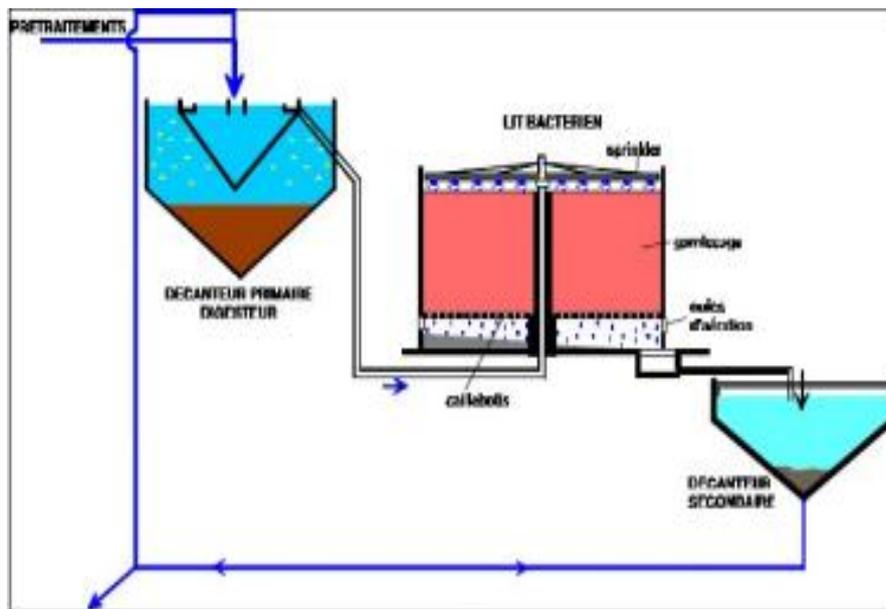


Figure II.8 : Schéma de principe d'une filière de traitement par lit bactérien [37].

b. Disque biologique (culture fixe)

L'eau usée, préalablement décantée, alimente un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe horizontal sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries prélèvent l'oxygène

nécessaire à leur respiration et elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent. Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées [39].

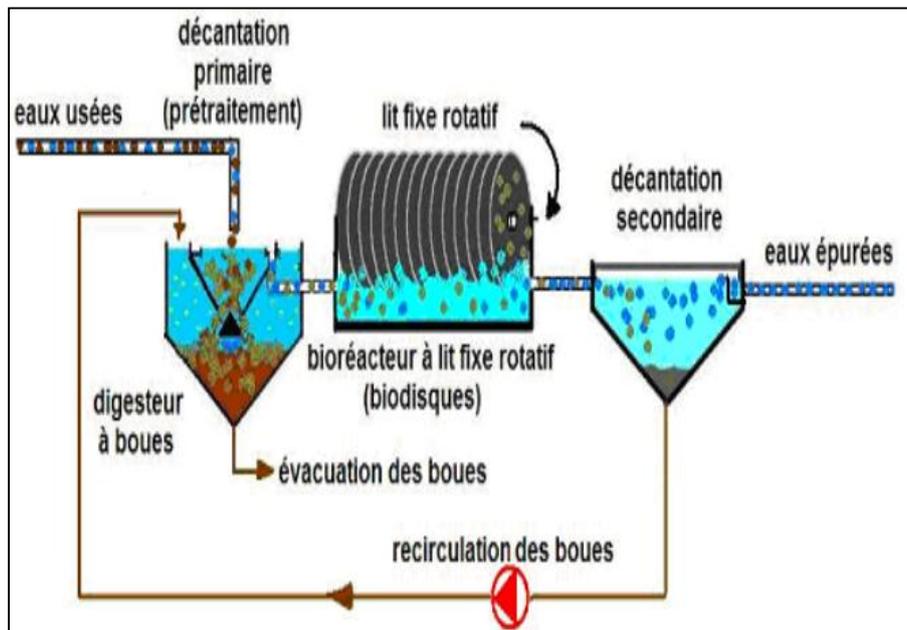


Figure II.9 : Schéma d'un disque biologique [39].

➤ Avantages

- Bonne décantation des boues.
- Généralement adaptés pour les petites collectivités .
- Faible consommation d'énergie.
- Fonctionnement simple demandant peu d'entretien et de contrôle.
- Plus faible sensibilité aux variations de charge que la technique des boues activées.

➤ Inconvénients

- Performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées, qui tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception. Un dimensionnement plus réaliste doit par conséquent permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes .
- Coûts d'investissement importants .
- Grande sensibilité aux variations de température ce qui créé une obligation de couverture .

- boues putrescibles [37].

c. procédé à boue activée

Toutes les technologies existantes visant l'épuration des eaux usées impliquent une production indirecte des boues. L'augmentation du nombre de stations d'épuration au niveau des agglomérations et les nouvelles restrictions environnementales, de plus en plus sévères, provoquent ainsi une augmentation des boues produites. Dû aux exigences environnementales et aux coûts d'investissement qu'il suppose, le traitement des boues est de nos jours devenu aussi indispensable et important que le traitement des eaux usées [38].

Le procédé à boue activée est une technique biologique d'épuration des eaux. Il représente une alternative efficace et relativement écologique (sans utilisation de produits chimiques) aux techniques d'épuration les plus couramment utilisées. Il consiste à revaloriser les eaux usées en y introduisant un concentré de bactéries diverses. On ajoute à ce mélange un brassage mécanique qui permet l'oxygénation du tout, nécessaire au bon fonctionnement des bactéries et à la dégradation des matières. Ces dernières « mangent » les substances polluantes et les transforment en boue [a3].

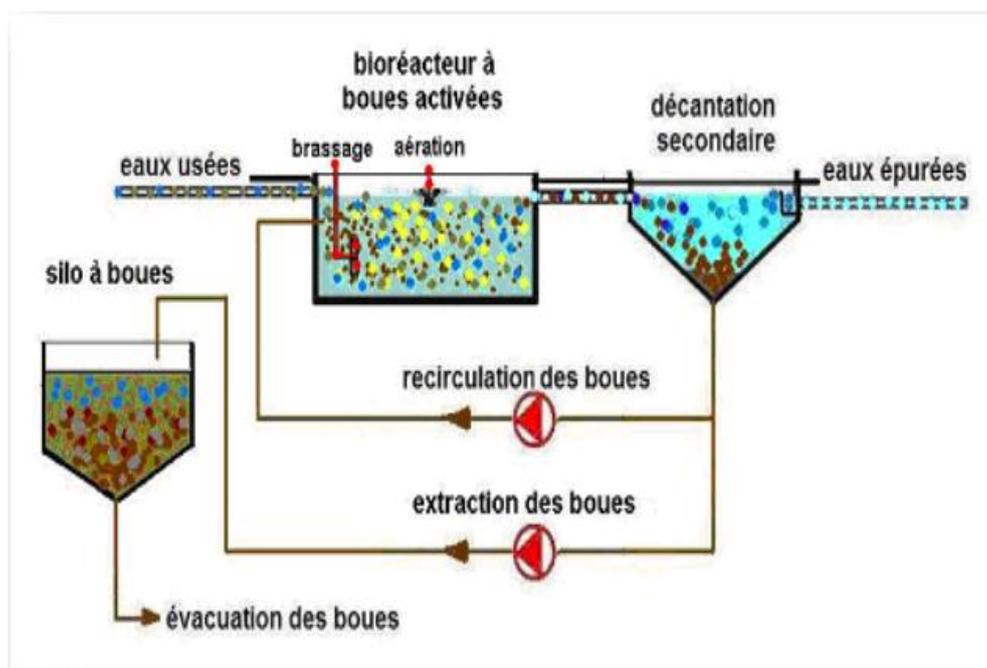


Figure II.10: Schéma d'un procédé à boues activées [39].

C.1 Gestion des boues

L'élimination des pollutions apportées par les eaux usées laisse au passage des résidus.

S'il y'a élimination, il y'a donc production de ces résidus constitués essentiellement de boues.

Donc :

Production de boues  Elimination de la pollution  Station efficace

Une station qui produit des boues est une station qui élimine la pollution des eaux .

Ces boues constituent une pollution formée de matières en suspension, matières organiques, azote, phosphore....etc .

Si on n'extrait pas les boues des ouvrages d'épuration : Décanteurs, bassins d'aération, clarificateur, on aura une forte accumulation qui perturbera le fonctionnement de ces ouvrages.

Il faut évacuer les boues régulièrement des ouvrages d'épuration.

C. 2 Origine des boues urbaines

Les caractéristiques des boues dépendent fortement de la charge polluante de l'effluent traité ainsi que des techniques d'épuration mises en place. Une distinction se fait ainsi en fonction du traitement du quelle proviennent et trois types de boues sont repérés [38].

- ❖ **Les boues primaires** ; produites lors de la première décantation. Présentent des concentrations de l'ordre de 50 g/L et un taux de matière organique de 50% à 70% .Constituent les dites boues fraîches et sont extrêmement fermentescibles.
- ❖ **Les boues physico-chimiques** ; produites lors de la décantation forcée par l'injection de réactifs chimiques. Elles présentent un taux de matières organiques de 40% à 65% et des concentrations variant de 10 à 60 g/L selon les réactifs et les méthodes physique de décantation.
- ❖ **Les boues biologiques** ; engendrées par le métabolisme de la pollution organique biodégradable par épuration biologique. Elles présentent un taux de matières organiques de 50% à 70% et des concentrations variant entre 20 et 30 g/L [24].

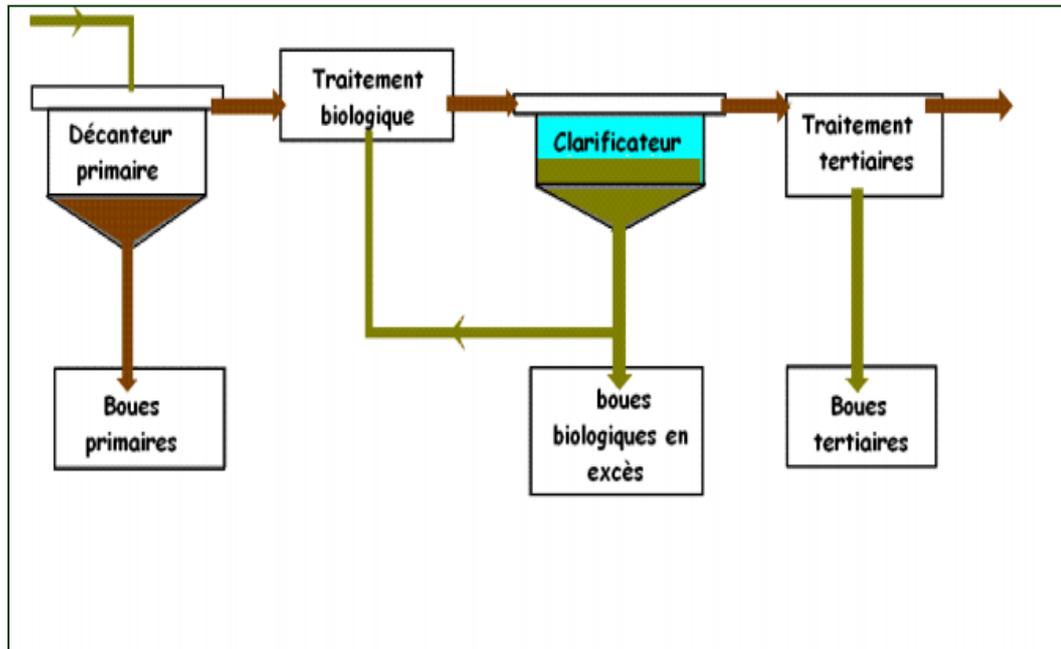


Figure II.11: Schéma des différents types des boues dans un procédé de traitement par boues activées [29].

Dans tous ces cas, les boues contiennent une importante quantité d'eau variant entre 95% et 98%. Elles génèrent une forte pollution olfactive, si non-stabilisées, et peuvent contenir des substances toxiques. Le traitement des boues est donc indispensable afin d'éviter l'impact sur l'environnement [24].

C. 3 Caractéristiques des boues

C.3.1. Siccité d'une boue

La boue est constituée d'eau et de matières sèches (MS).

Le pourcentage en eau représente l'humidité.

Le pourcentage en matières sèches représente la Siccité.

$$\begin{aligned} \text{Boues} &= \text{Eau} + \text{Matières Sèches} \\ 100\% &= \text{Humidité} (\%) + \text{Siccité} (\%) \end{aligned}$$

(II.1)

C.3.2. Concentration en Matières Sèches (M.S)

Soit une boue à 20 g/l de M.S (c'est la concentration).

On suppose, en général que 1 litre de boue pèse approximativement 1 Kg (1 000 grammes).
Donc, 20 g de M.S sont contenus dans 1 litre de boue c'est-à-dire dans 1 000 g de boue.

C.3.3. La Teneur en Matières Volatiles en Suspension (M.V.S)

Les matières sèches englobent des matières minérales (M. Min) et de matières organiques appelées aussi Matières Volatiles Sèches (MVS).

$$MS = MVS + M.Min \quad (II.2)$$

Généralement, on exprime la concentration des MVS en pourcentage par rapport aux MS, dans ce cas on parle de Taux de MVS.

Ce paramètre nous renseigne sur le degré de stabilité de la boue [39].

C . 4. Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées

Le procédé à boues activées est défini par les paramètres suivants

- La charge massique ;
- La charge volumique ;
- Age des boues ;
- Indice de Mohlman ;
- Besoin en oxygène ;
- Décantation des boues ;

a) Charge massique (C_m)

La charge massique C_m est le rapport entre la quantité de pollution (le substrat) introduite dans le réacteur et la masse de boues activées MVS dans le réacteur. Cette notion C_m est importante car elle conditionne le bon fonctionnement de boue activée, tel que :

- Le rendement épuratoire .
- La production de boues .
- Le degré de stabilisation de boues en excès produites .
- Les besoins en oxygène ramenés à la pollution éliminés .

$$C_m = \frac{([DBO_5] \times Q_j)}{(V_{BA} \times MVS)} \quad (II.3)$$

C_m : la charge massique (kg DBO₅ / kg MVS.j).

V_{BA} (m³): volume de bassin d'aération.

MVS (kg/m³): concentration en matière sachiee .

Q_j (m³/j): débit journalier d'eau résiduaire à épurer [37].

b) Charge volumique

La charge volumique C_v est le rapport de la pollution journalière reçue en Kg de DBO₅ au volume de bassin d'aération. Cette donnée permet d'évaluer le volume de bassin et elle n'a aucune signification biologique.

$$C_v = \frac{([DBO_5] \times Q_j)}{V_{BA}} \quad (II.4)$$

C_v : la charge volumique kg DBO₅ / m³.j.

V_{BA} (m³): volume de bassin d'aération.

Q_j (m³/j): débit journalier d'eau résiduaire à épurer [37].

c) Age des boues

L'âge des boues est le rapport entre la masse de boues présentes dans le réacteur et la masse journalière de boues extraites de la station. Cette notion d'âge de boue traduit la présence ou l'absence de germe de nitrification.

$$\text{Age} = \frac{C_{b,t}}{C_{b,ex}} = \frac{[MES_{BA} \times V_{BA}]}{C_{b,ex}} \quad (II.5)$$

Age: âge des boues (h).

$C_{b,t}$: concentration en solide (ou solide volatil) de la liqueur mixte (mg/l).

$C_{b,ex}$: concentration en solide (ou solide volatil) des boues (mg/l).

L'âge des boues est inversement proportionnel à la charge massique [37].

d) Indice de Mohlman

L'indice de décantation dite l'indice de Mohlman, est l'un des paramètres utilisés dans les contrôles des boues biologiques des STEP des eaux usées .Cet indice détermine le volume de boue activée décantée en une demi-heure (en ml) par rapport à la masse de résidu sec de cette boue [16].

$$I_m = V_{30} / M \quad (\text{II.6})$$

Avec :

V_{30} : volume de boue obtenu après 30 minutes de décantation d'un litre de boue activée.

Une boue activée de bonne qualité a un indice de Mohlman inférieur ou égal à 100 .

e) Besoins en oxygène

Les Besoins en oxygène réclamés par l'élimination de la pollution carbonée et azotée se décomposent en :

- besoins nécessaires à la synthèse cellulaire des micro-organismes, proportionnelle à la masse de la pollution carbonée assimilée.
- les besoins consommés par l'énergie d'entretien des micro-organismes présents dans le réacteur biologique.
- Les besoins nécessaires pour l'oxydation de l'azote ammoniacal [16].

C. 5. Paramètres influents dans les bassins à boue actives

Le bon fonctionnement de la digestion anaérobie dépend de plusieurs facteurs :

✓ La température

L'influence de la température est importante dans les phénomènes biologiques, elle intervient sur la vitesse de croissance des bactéries. Une température de la masse de boue est de 33 à 35°C [16].

✓ pH

Les systèmes biologiques acceptent une gamme de pH allant de 5 à 9 avec une zone optimale de 6 à 8 [40].

✓ Effet des substances toxiques

La nature des substances toxiques est souvent d'origine métallique. La présence dans l'eau à épurer de ces substances toxiques se traduit par un arrêt partiel ou total de l'activité bactérienne.

Les concentrations maximales admises dans l'effluent sont (mg/l) :

Cu (1à2) ,Zn (3à10) ,Cr (5 à15) ,Pb (5à15) ,Al (2à5) ,Hg (0,5 à 1) .[40]

✓ La bonne production du gaz contenant 70% de méthane

Elle est de l'ordre de 1000 litres de gaz par Kg de matière organique pour une boue urbaine, dans de

bonnes conditions de fonctionnement de digesteur [16].

✓ Le temps de séjours

Le temps de séjours des boues est déterminé en fonction de la charge de fonctionnement du digesteur, il est exprimé en Kg de MVS de boues introduites par jour, et par m^3 , et de la température de la masse de boue [16].

II.4.4. La décantation secondaire

La décantation secondaire, également appelée clarification, intervient après un traitement biologique ou chimique, afin d'éliminer les floes issus des traitements biologiques ou chimiques. Lors d'une phase de décantation, la liqueur mixte maintenue en suspension dans le bassin d'aération, passe dans un bassin de clarification de forme circulaire pour y être clarifiée. Le floe se sépare dans l'eau interstitielle et se dépose sur le radier de l'ouvrage de clarification, tandis que l'eau clarifiée est évacuée par surverse dans une rigole périphérique [12].



Figure II.12: décanteur secondaire [36].

II.4.5. Le traitement tertiaire

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurées (REUE), les eaux

usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires [41].

Les traitements tertiaires les plus courants sont la dé-phosphatation, l'élimination des matières azotées, la désinfection et la dénitrification [42].

II.4.5.1. La déphosphatation

L'élimination du phosphore concerne les traitements de déphosphatation, soit physico-chimique soit biologique. La déphosphatation biologique, de développement récent, est basée sur la succession de phases anaérobies et aérobies au cours du traitement biologique mais son rendement est en générale moins bon que celui de la déphosphatation physico-chimique [7].

La déphosphatation réalisée par précipitation physico-chimique en présence de sels minéraux comme le sulfate d'ammonium ou le chlorure ferrique s'effectue soit simultanément aux réactions biologiques dans le bassin de boues activées, soit en traitement final [8].

II.4.5.2. L'élimination des matières azotées

Dans les eaux usées urbaines l'azote se présente essentiellement sous la forme d'azote organique N_{org} (urines, protéines) et d'azote ammoniacal NH_4^+ . Il est rejeté 13 à 15 g d'azote par habitant et par jour, dont deux tiers sous la forme ammoniacale et un tiers sous forme organique. Dans les stations d'épuration conventionnelles ne visant que l'élimination de la pollution carbonée, seule une fraction de l'azote (environ 20%) est éliminée. Une élimination plus poussée nécessite la mise en place d'une filière de traitement spécifique dite « de nitrification-dénitrification ».

L'azote est l'un des facteurs de dégradation de l'environnement à plusieurs titres :

- L'azote réduit, consomme de l'oxygène pour se transformer en azote oxydé.
- L'ammoniaque libre NH_3 est l'un des principaux toxiques inhibiteurs de la vie aquatique.
- L'ion NH_4 gêne la production d'eau potable (réaction avec le chlore).

Pendant l'épuration biologique, l'azote organique N_{org} et l'azote ammoniacal NH_4^+ se transforment en nitrites NO_2 et nitrates NO_3 puis en azote moléculaire N_2 (gazeux), selon les phases suivantes :

- **Ammonification**



- **Assimilation**

Le traitement biologique des eaux usées conduit à la production de cellules bactériennes à partir de la pollution carbonée (exprimée en DBO_5), en utilisant le mécanisme de la synthèse bactérienne. Cette réaction consomme une certaine quantité d'azote, de l'ordre de 20% de l'azote totale présente dans les eaux usées urbaines [34].

- **L'élimination de l'ammoniaque : la nitrification**

Contrairement à la matière organique, l'élimination de l'ammoniaque n'est possible qu'en présence d'oxygène. La réaction d'oxydation n'est réalisée que par un nombre très limité d'espèces bactériennes strictement aérobies, les bactéries nitrifiantes. L'oxydation de l'ammoniac en nitrates s'effectue en deux étapes :

- * NH_3 est d'abord converti en nitrite (NO_2^-) par des bactéries du genre *Nitrosomonas*.
- * Les nitrites sont ensuite oxydés en nitrates (NO_3^-) par des bactéries du genre *Nitrobacter* [8].

- **L'élimination des nitrates : la dénitrification**

Dans le cas de l'élimination biologique des nitrates, la dénitrification, la réaction nécessite l'oxydation concomitante d'une molécule organique ou minérale qui fournira l'énergie nécessaire à la réduction des nitrates en azote N_2 [8].

II.4.5.3. La désinfection

La désinfection vise à réduire la concentration des germes pathogènes dans les effluents avant rejet dans l'environnement. Contrairement aux normes de désinfection pour la production d'eau potable qui spécifie l'absence totale de coliformes, les normes de rejets pour les eaux résiduaires urbaines ERU varient suivant la nature du milieu récepteur. Ce traitement est réalisé par des procédés de désinfection chimique par: [8]

- **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 chlore de chaux ($\text{CaCl}_2 \cdot \text{OCl}_2$) et le chlorite de sodium (NaClO_2) [12].

➤ **L'ozone**

C'est un procédé de désinfection utilisé aux États-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 [43].

Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité [44].

Les traitements physiques existants sont :

➤ **Le traitement par rayons ultraviolets**

Qui 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 et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées. La durée d'exposition nécessaire est très courte (20 à 30 s).

➤ **La filtration**

La filtration est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane, cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension. L'élimination des virus, des bactéries et des protozoaires est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée [43].

II.4.6.Le traitement des boues

Les principales destinations des boues sont généralement ; la valorisation agricole, l'incinération ou la mise en décharge. Le choix du mode d'élimination détermine les traitements nécessaires des boues. Du point de vue législatif, les différentes agences environnementales donnent priorité au recyclage des déchets et tiennent à la disparition à court terme de sa mise en charge.

De façon générale, les traitements des boues visent principalement :

- ✓ Réduire le pouvoir fermentescible par stabilisation afin de limiter la pollution olfactive.
- ✓ Diminuer le volume total par déshydratation afin de réduire le coût d'évacuation.

Les procédés de traitement de boues qui peuvent exister au sein d'une STEP sont :

- ✓ Epaissement (raclé et non raclé).
- ✓ Digestion ou stabilisation (aérobie, anaérobie et chimique).
- ✓ Déshydratation (filtre à bandes, filtre presse, centrifugeuse, lit de séchage).
- ✓ Séchage thermique.
- ✓ Incinération [24].

a) Epaissement des boues

Les boues, avant leur élimination, subissent un traitement adapté à leur nature ainsi qu'à leur destination, afin d'en réduire le volume, en éliminant l'eau (les boues sont, en effet, extraites liquide du système de traitement de l'eau). Ceci est réalisé par un procédé d'épaissement qui est une concentration de la boue par décantation puis par un procédé de déshydratation permettant d'éliminer une quantité d'eau liée aux MES plus importante, par filtre presse ou centrifugation [7].

Les matières organiques présentes dans les boues leur confèrent un caractère fermentescible qui se traduit lors de leur stockage par l'émission de nombreuses molécules odorantes (H_2S , mercaptan.....). Cette activité biologique indésirable peut être maîtrisée soit en la contrôlant dans un réacteur adéquat soit en augmentant le pH par une addition de chaux. Deux familles de procédés biologiques peuvent être utilisées : la digestion anaérobie ou la stabilisation aérobie thermophile [8].

Différents moyens sont mis en œuvre pour l'épaissement des boues. Ces moyens sont de deux ordres :

- épaissement par décantation ou épaissement statique.
- épaissement dynamique : flottation, égouttage, centrifugation [45].

a)- 1-Epaissement par décantation ou épaissement statique

L'épaissement se fait par décantation en piston des boues. La décantation est aidée par une herse à mouvement lent qui, en faisant rouler les particules de boues les unes sur les autres, favorise l'écoulement de l'eau interstitielle et l'évacuation des gaz occlus. Le tassement des boues est donc ainsi favorisé [45].

a)- 2-Epaississement dynamique**✓ Epaississement par flottation**

Le principe consiste à réduire la masse volumique apparente de la phase solide par adsorption ou absorption de bulles gazeuses pour en provoquer l'entraînement vers la surface avec une vitesse ascensionnelle qui, en modèle laminaire, sera donnée par la loi de Stokes [45].



Figure II.13 : Etape d'épaississement des boues par flottation [46].

✓ Epaississement par égouttage

Différents dispositifs peuvent être utilisés (tambours, poches filtrantes, grilles d'égouttage), mais la grille d'égouttage est l'appareil qui allie à la fois simplicité d'emploi et fiabilité. Cet appareil à fonctionnement continu est placé directement au refoulement de la pompe d'alimentation en boues fraîches. La boue, préalablement floculée au polymère de synthèse, est épanchée sur un champ horizontal de grille fine raclée en permanence par des lames en caoutchouc.

La concentration des boues augmente progressivement en avançant sur le champ de grille, le réglage est optimal lorsque la boue ne contient plus d'eau libre en fin de parcours.

Le débit de la pompe à boue, de l'injection du polymère ainsi que la vitesse de raclage sont réglables. Le lavage de la grille est réalisé de façon cyclique au moyen de pulvérisation d'eau sous pression.

L'apport d'agent de floculation s'effectue à travers un mélangeur statique placé en aval de la pompe à boues. La consommation de polymère est relativement élevée (5 à 8 kg/tonne de MES) mais cette dépense demeure faible sur de petites stations, dans l'élimination des

boues, l'exploitant cherche à optimiser sa durée de stockage en évacuant régulièrement l'eau surnageant, et augmente ainsi très fortement les risques de dysfonctionnements biologiques [39].



Figure II.14 :Table d'égouttage [34]

✓ **Épaississement par centrifugation**

L'épaississement par centrifugation présente les inconvénients d'être lourds en investissement et en coût d'exploitation. Par contre, il a l'avantage de n'occasionner que peu de nuisances olfactives (car l'appareil est fermée) et d'être très compact.

L'épaississement obtenu est plus important que par flottation. Par ailleurs, sous peine d'avoir des rendements de capture et des débits alimentaires possibles faibles, l'emploi d'un polymère (1 à 2 kg/t MES) est indispensable.

Nous risquons aussi en cas de fonctionnement sans polymère d'avoir une classification des boues avec départ de fines. La centrifugation consiste en une décantation accélérée par force centrifuge.

L'épaississeur ne doit pas être utilisé comme un stockeur, si les boues séjournent trop longtemps (plus de 48 heures), surtout en été, elles fermentent [39].

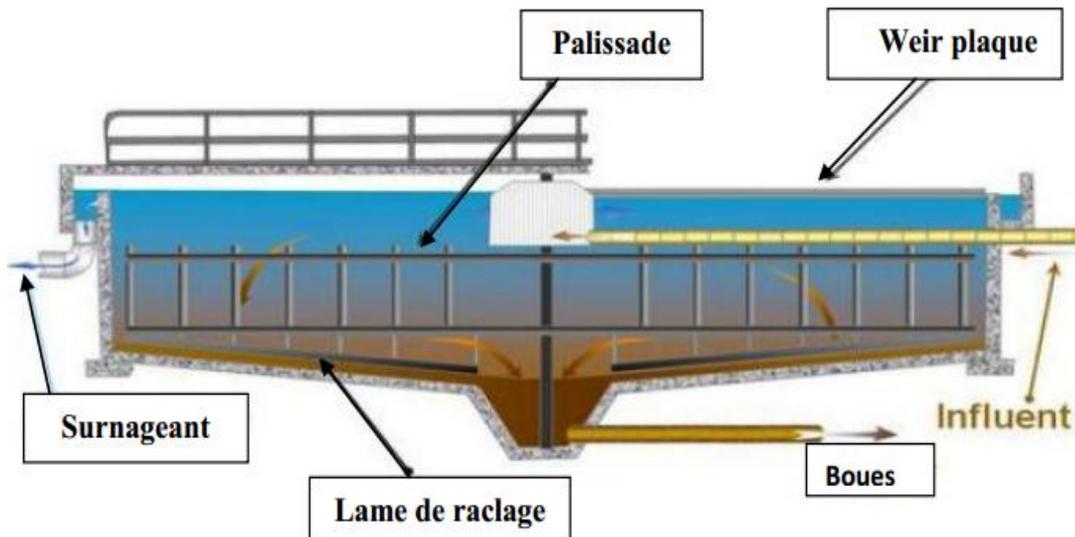


Figure II.15 : Schéma d'un épaisseur circulaire [47]

b) La stabilisation

visent la neutralisation des matières organiques susceptibles de subir des phénomènes de fermentation. Quand la composition des boues reste constante au cours du temps, celles-ci sont alors dites stabilisées. La stabilisation peut être menée par des procédés biologiques (aérobie ou anaérobie, à température ambiante ou thermophile), chimiques (chlorure ferrique, chaux ou polyélectrolytes) ou thermiques [24].

c) La déshydratation

Après la phase d'épaississement qui a permis d'éliminer 60 à 85% d'eau et la phase de stabilisation, le traitement des boues est complété par une déshydratation qui a pour but d'éliminer le maximum de l'eau résiduelle. Deux catégories de procédés sont généralement utilisées : les procédés mécaniques et les procédés thermiques.

Pendant la phase de séchage, les boues présentent un comportement plastique et collant pour des taux de matière sèche d'environ 50% ce qui implique certains aménagements des techniques et des matériels.

Les boues, très chargées en vapeur d'eau, comportent une fraction d'incondensables malodorants devant être détruits par combustion (850 °C) soit directement dans le générateur thermique,

soit dans un incinérateur spécifique [8].

d) Incinération des boues

Le problème des boues se pose en termes d'évacuation ; trois solutions sont possibles :

- La mise en décharge de boues stabilisées et déshydratées mais n'est plus réalisables.
- La valorisation agricole par épandage sur des sols agricoles où elles vont jouer un rôle d'engrais. Elles sont utilisées sous forme liquide, solide ou sous forme de composte, mais toujours stabilisées .
- L'incinération qui présente un intérêt pour les boues auto combustible, c'est-à-dire fraîches et déshydratées [8].

Quelle que soit la technique d'incinération, les fumées doivent être traitées avant rejet dans l'atmosphère. Ce traitement est d'autant plus complexe que la charge en poussière des fumées est élevée. Réalisé en plusieurs étapes, le traitement des fumées peut nécessiter un pré-cyclonage, un dépoussiérage électrostatique, un lavage, voir éventuellement une oxydation catalytique [8].

II.5. Conclusion

Les eaux usées de différentes compositions et de diverses origines constituent un problème pour la nature lors du rejet sans subir de traitements au préalable. Afin de montrer l'intérêt de leur épuration, nous avons présenté dans ce chapitre , les différentes méthodes utilisées pour l'épuration de ces eaux . L'intérêt consiste à trouver la méthode la moins coûteuse et celle qui présente une basse nuisance auditive et olfactive.

Partie II

Etude expérimentale

CHAPITRE III

Présentation et Description de la nouvelle STEP d' Ain Témouchent

III.1.Situation géographique

La nouvelle station d'épuration d'Ain Témouchent est située sur le côté nord de la ville ,à proximité de la route nationale RN01 vers Terga ,elle est limitée à l'est par le poste police de la ville, au sud par la route nationale RN02 (vers Oran),au nord par l'oued Sarrane, à l'ouest par des habitations ,mise en service en 2013 .Actuellement elle est gérée et exploitée par l'office nationale de l'assainissement.

La station traite les eaux usées de la ville d'Ain Témouchent .Le dispositif d'assainissement est du type unitaire .Sa capacité est prévue pour pouvoir traiter un débit de 10920 m³/j qui correspond à 72800 habitants desservis (soit 82000 équivalents habitants) à l'horizon 2015 avec possibilité d'extension à 90000 habitants desservis (soit 119000 équivalents habitants) à l'horizon 2030.

Les principaux objectifs de projet sont d'intercepter et d'épurer les eaux d'origine domestiques principalement afin de contribuer a l'assainissement des eaux et cela, dans l'esprit de préservation des ressources et de valorisation des résidus.

Elle est du type biologique à boues activées à faible charge avec un traitement tertiaire pour l'élimination du phosphore.

Les boues seront épaissies et déshydratées sur les filtres à bande et les lits de séchage.

La STEP est entièrement automatisée de façon à fonctionner 24 heures/24 et 7 jours /7 ,avec une présence d'une équipe complète 8 heures /jours pendant 5 jours /semaine. Tous les équipes sont munies d'au moins une unité de réserve opérationnelle, avec démarrage automatique de la réserve, soit en cas de défaillance totale, soit pour pallier un manque accidentel dans les paramètres (pression, débit, etc. ...) .

Les données de base sur lesquelles la station a été dimensionnée sont indiquées sur les tableaux suivants :

Tableau III.1: Estimation de la population et des débits.

Horizon Désignation	2002	2008	2015	2025	2030
Habitants	60500	65900	72800	83900	90000
Dotation (l/hab/j)	170	180	200	200	200
Consommation (m ³ /j)	10285	11862	14560	16780	18000
Rejet (0,75) (m ³ /j)	7714	8897	10920	12585	13500

Tableau III.2 :Débits des eaux usées sur les deux horizons de projet

Horizon Désignation	2015	2030	Description
Q _{IN} (m ³ /j)	10920	13500	Volume journalier à traiter physiquement et biologiquement
Q ₂₄ (m ³ /j)	455	562,5	Débit moyen à traiter
3Q ₂₄ (m ³ /h)	1365	1687,5	Débit à traiter en temps de pluie

Tableau III.3 : Charges polluantes.

Désignation	Production spécifique	Horizon 2015 (Kg/j)	Horizon 2030(Kg/j)
MES decantables	60 g/j/hab	4365	5400
DBO ₅	50 g/j/hab	3640	4500

DCO	90 g/j/hab	6552	8100
NTK	12 g/j/hab	873	1089
P	6 g/j/hab	436	540

Tableau III.4 : Concentrations des polluants à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Désignation	Concentration à l'entrée	Concentration à la sortie
MES decantables	400 (mg/l)	30 (mg/l)
DBO ₅	333 (mg/l)	30 (mg/l)
DCO	600 (mg/l)	90 (mg/l)
NTK	80 (mg/l)	10 (mg/l)
P	40 (mg/l)	2 (mg/l)

Les eaux usées et pluviales provenant de la ville d'Ain Témouchent sont véhiculées actuellement par un collecteur de diamètre de 1250 mm jusqu'au regard existant qui sera remplacé par un déversoir d'orage .

III.2. Les installations de la STEP

La nouvelle STEP d'Ain Témouchent est équipée par deux filières : une pour les eaux usées et l'autre pour les boues [48].

III.2.1. Description des ouvrages de traitement de la filière Eaux

III.2.1.1. Déversoir d'orage

Le déversoir d'orage installé à l'amont de la STEP a une longueur de 6 mètres.

De ce déversoir les eaux usées diluées seront véhiculées gravitairement vers la STEP (puits de réception) par une conduite de diamètre 800 mm en béton et sur une longueur de 250 mètres.

Les eaux excédantes au 3Q₂₄, seront déviées latéralement vers l'oued par le biais d'un canal.



Figure III.1 : Déversoir d'orage

III.2.1.2. Prétraitement

Le prétraitement comporte les procédés suivants :

a. Dégrillage

➤ Grille verticale mobile de secours

Avant la grille grossière, on a prévu une barrière de translation verticale à utiliser uniquement en période d'entretien de la grille mécanisée. Les manœuvres d'abaissement et relevage de la barrière de secours sont assurés par un treuil manuel. La grille verticale de secours est réalisée en acier galvanisé (largeur utile 850 mm, hauteur 1000 mm, épaisseur des barreaux 15 mm, espacement des barreaux 35 mm) [48].



Figure III.2 : Grille verticale manuelle

➤ **Grille mécanisée grossière**

La grille mécanique grossière motorisée pour le prétraitement est du type vertical, elle est réalisée en AISI 304 et fonctionne automatiquement suivant l'augmentation de niveau amont (largeur 1000mm, espacement des barreaux 35 mm, épaisseur des barreaux 15 mm).



Figure III.3 : Grille mécanisée grossière

b. Piège à sable

Le piège a pour but de récupérer à travers une série d'ouvertures les éléments qui par l'effet de leur poids et dimensions se déplacent dans fond du canal. Par gravité les corps retenus sont récupérés dans une trémie située au dessous du canal et évacués par une pompe vers le laveur de sables.

Le volume de piège à sable est de $7,86 \text{ m}^3$, avec 7 trous rectangulaires de 8 mm de largeur et 900 mm de longueur positionnées d'une manière orthogonale au flux des eaux.

Il est équipé de deux pompes pour l'extraction des sables, et un capteur pour détecter le niveau des sables décantés [48].



Figure III.4 : piège à sable



Figure III.5 : évacuation des sables

➤ **Grilles fines motorisées**

Les deux grilles fines sub-verticales sont installées, dont l'inclinaison est de 85° , la largeur est de 1000 mm, l'espacement entre les barreaux est de 3 mm, la hauteur de déchargement par rapport au fond du canal est de 4,5 mm, avec la possibilité de fonctionner simultanément ensemble dans le cas du débit égal à $3Q_{24}$ [48].



Figure III.6: Grille fine (2 unités)

c. Contrôle de débit à ultrason

En amont de la station de relevage, est installé un débitmètre qui a la fonction de contrôler les débits maximaux et minimaux qui sera placé dans un compartiment adjacent au bloc de la station cet appareil peut aussi exclure ou insérer une ligne biologique en fonction de débit entrant à la station [48].



Figure III.7 : Débitmètre à ultrason

d. Poste de relevage

Le poste de relevage est constitué par 4 pompes submergées dont trois en service et une en réserve, leur prestation est apte à satisfaire le maximum du débit $3Q_{24}$ ayant chacune un débit de $500 \text{ m}^3/\text{h}$ et un rendement égal à 70% [48].



Figure III.8: Poste de relevage

e. Répartiteur de débit à l'entrée des dessableurs

A l'entrée de dessableurs - dégraisseurs et dans le même ouvrage, est prévue une zone de répartition de débit entre les deux lignes de dessablage. Les dimensions de ce compartiment de répartition sont les suivantes : longueur 8,9 m, largeur 2,5 m et une hauteur de 1,8 m [48].

f. Dessableurs –déshuileurs

Les deux dessableurs - deshuileurs installés sont aptes à satisfaire le rejet jusqu'au 2030 avec un volume de 120 m³ chacun, une largeur de 5,7 m, une hauteur de 5 m, une superficie utile de 10 m² et une longueur de 12 mètres.

Les sables et les graisses sont récupérés au moyen d'un pont mobile motorisé équipé d'un racleur de fond pour les sables. Les éléments flottants de même que les huiles sont évacués au moyen d'un pont racleur dans deux bassins de stockage ayant une capacité de 20 m³ (2×2×5 mètres) chacun, incorporés dans le côté aval des dessableurs.

Le sable décanté dans le fond du bassin est déplacé par raclage dans la fosse située à l'entrée des dessableurs. Une pompe pneumatique récupère par intermittence les sables en les

refoulant dans un dispositif de lavage .Le temps de rétention prévu pour un débit moyen étant de 25 minutes, et un rendement de 98,5 % pour des granulométries comprises entre 0,12 et 0,16 mm, les deux compresseurs pour le fonctionnement du système « air lift » sont situés dans un local incorporé dans la partie inférieure des dessableurs vers l'entrée des eaux [48].



Figure III.9 : Dessableur –déshuileur

III.2.1.3.Traitement biologique

Les eaux provenant de dessableur –degraisseur ,sont réunies dans le canal de distribution avec la liqueur aérée avant de pénétrer dans le bassin de dénitrification.

a. Bassins d'aération

La dénitrification biologique peut être définie comme un processus à travers lequel les microorganismes réduisent les ions du nitrate et de l'azote gazeux (N_2).

Ce phénomène étant présent avec le processus principal de l'élimination du DBO_5 , dans les installations de traitement biologique à boues activées.

Dans la nouvelle STEP d'Ain Témouchent, il existe deux bassins de dénitrification, dont les dimensions sont : hauteur utile 4,75 m, largeur 20 m, et une longueur de 22 mètres.



Figure III.10 : Bassin d'aération

Le processus de dissimilation des nitrates survient à travers une série de réactions complexes de catalyse des enzymes en deux étapes :

Dans la première, les nitrates sont réduites en nitrites, dans la deuxième les nitrites sont réduites en azote gazeux (N_2).

Au cours de cette section les eaux usées sont soumises à une forte agitation à l'aide d'une série de mélangeurs agissant en contre courant .Ce type d'appareil dérive par sa conception des pompes submersibles, il présente des caractéristiques de mélange optimal.

Les eaux sortant du bassin de dénitrification débordent le mur de séparation qui fait la fonction de déversoir pour obtenir un déplacement uniforme sur toute la largeur du bassin. sur le fond de bassin est prévue un réseau des diffuseurs d'air de type à membrane ayant une porosité de 60μ . Avec utilisation du système poreux à base de matière élastique (EPDM).

Pour chaque bassin il existe un compresseur d'alimentation d'air à vitesse fixe (débit d'air $4700 \text{ m}^3/\text{h}$), et un deuxième à débit d'air variable de 2350 à $4500 \text{ m}^3/\text{h}$ équipé d'un convertisseur de fréquence asservi à l'instrument de la mesure de l'oxygène dissous.

III.2.1.4. Décanteur secondaire (02 unités)

La nouvelle STEP d'Ain Témouchent dispose de deux décanteurs secondaires circulaires à traction périphérique ayant pour chacun un diamètre de 25 mètres et une hauteur totale de 4,4 mètres. Le décanteur est équipé :

- ✓ D'un racleur de fond.
- ✓ D'un déflecteur central de distribution radiale.
- ✓ D'une lame superficielle pour l'évacuation des écumes vers la boive à écumes reliée à un puits.
- ✓ Une pompe mobile assura l'évacuation de ces écumes avec les huiles et les graisses.



Figure III.11: Décanteur secondaire

Les eaux clarifiées contenant une masse en suspension de 30 mg/l environ, par contre la plus grande partie de phosphore reste présente dans les eaux clarifiées, c'est pour cela que les eaux à la sortie des clarificateurs doivent subir un traitement tertiaire [48].

III.2.1.5. Traitement tertiaire

Les eaux venant des clarificateurs sont dirigées vers un puits répartiteur ,et être mélangées avec le chlorure ferrique par l'intermédiaire d'un agitateur rapide ,puis elles seront séparées

et dirigées chacune vers le clarifloculateur pour la précipitation du phosphore sous forme des boues chimiques.

✓ Le clarifloculateur

La nouvelle station d'Ain Témouchent comporte deux clarifloculateurs circulaires à traction périphérique avec un agitateur du type lent, qui ont pour chacun un diamètre de 22 mètres et une hauteur totale égale à 4 mètres [48].



Figure III.12: clarifloculateur

Au moyen du puits des boues chimiques, ces dernières sont évacuées dans l'épaisseur.

✓ Bassin de désinfection

Notre installation contient un bassin de désinfection dont les dimensions sont : une hauteur de 2,75 m, une largeur de 5 m, et une longueur de 23 mètres ,on utilise comme réactif pour la désinfection l'hypochlorite de sodium (NaClO).La solution de l'hypochlorite de sodium est un produit instable ,mais sa décomposition peut être contrôlée en augmentant la valeur du ph jusqu'au 11 ,en évitant la présence des ions métalliques qui ont l'effet de catalyseur de la

décomposition. Même pour un local isolé thermiquement et à l'abri de la lumière, le temps de stockage doit être limité à 60 jours maximaux.



Figure III.13 : bassin de désinfection

III.2.2. Description des ouvrages de traitement de la filière boues

III.2.2.1. Recyclage et évacuation des boues en excès

On soustrait les boues activées du fond de clarifloculateur et on les renvoie en tête de traitement biologique, afin de régénérer celui-ci et d'y maintenir une concentration sensiblement constante en micro-organismes épurateurs.

L'opération de recyclage est assurée pour chaque ligne par une pompe submergée et une deuxième pompe de réserve, placées dans un puits, les caractéristiques de ces pompes sont les suivantes : débit unitaire 466 m³/h, hauteur manométrique 6,5 m.

Dans chaque ligne de recyclage est placé un débitmètre à induction électromagnétique accouplé à une vanne motorisée pour permettre la possibilité d'adapter le débit de recyclage en fonction de celui à l'entrée de la STEP [48].

III.2.2.2. Épaississement des boues biologiques et chimiques

Les boues en excès sont dirigées vers un épaisseur circulaire dont le diamètre est de 16 m,

et la hauteur utile totale est de 4,5 mètres.

On applique la mécanisation dans la cuve à radier à faible pente ,c'est-à-dire un système de raclage et d'agitation lente dont le rôle est double :

- ✓ Faciliter le glissement des boues vers la fosse centrale d'où elles sont extraites.
- ✓ Permettre le dégagement de l'eau interstitielle et des gaz occlus dans les boues .



Figure III.14: épaisseur

III.2.2.3. Déshydratation des boues

La déshydratation constitue la deuxième étape de réduction de volume des boues au cours de laquelle on réalise sur les boues concentrées, stabilisées ou non une élimination plus au moins poussée de leurs humidité résiduelle.

Au niveau de notre STEP on traite la déshydratation des boues par lits de séchage et par bande presseuse [48].

❖ Lits de séchage

La station comporte 6 lits de séchage ,dont les dimensions de chaque lit sont les suivantes : une longueur de 20 mètres ,et une largeur de 5 mètres.

La surface de séchage est dimensionnée pour une capacité de production de 0,2 à

0,6 Kg MS/m² jour, la durée de séchage est d'environ 4 à 6 semaines, mais elle peut atteindre 3 à 4 mois dans des conditions météorologiques défavorables.



Figure III.15 : lits de séchage

❖ **Bande presseuse (2 unités)**

La déshydratation des boues est conduite sur filtres à bandes presseuses classiques. Il existe deux bandes presseuses dans un local de déshydratation approprié, chaque bande a une largeur de toiles de 2500 mm ,et une capacité de séchage des boues de 240 KgMST/h mètre de largeur, pendant une période de fonctionnement de 8 heures par jours , en travaillant 5 jours par semaine [48].



Figure III.16: Bande presseuse

III.3.Conclusion

Ce chapitre nous a permis de donner une description détaillée de la nouvelle station d'épuration d'Ain Témouchent , les conditions de fonctionnement de cette dernière ainsi que des différents procédés de traitement des eaux usées: les prétraitements, traitement biologique et décantation. et les traitements des boues; l'épaississeur, les bandes presseuses et les lits de séchage.

CHAPITRE IV

Matériels et méthodes

IV.1.Introduction

Afin de déterminer les différents paramètres permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement, une série des analyses a été faite au cours de ce travail. L'échantillonnage a été effectué à l'entrée (eaux brutes) et à la sortie (eaux épurées) de la STEP. Nous avons suivi les paramètres suivants : le pH, la température, les matières en suspension (MES), la demande biochimique en oxygène (DBO_5), la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote total et l'azote ammoniacal. Des autres analyses ont été également effectués afin de contrôler les paramètres de fonctionnement du process durant la période d'échantillonnage, dont sont: la charge massique, la charge volumique, la concentration des boues dans le bassin d'aération, l'âge des boues et le temps de séjours de l'eau dans le bassin d'aération.

IV.2.Analyses physico-chimiques



Figure IV.1 : laboratoire de la STEP d' Ain Témouchent

IV.2.1.La température

La température est un facteur physique de l'eau, qui influe sur tous les processus chimiques tel que la conductivité, la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH.

Pratiquement la température est mesurée par l'utilisation d'une sonde thermométrique qui est trempée soigneusement dans la prise d'essai. La lecture est faite après stabilisation du thermomètre. [48]

IV.2.2.pH

Le pH de l'eau constitue une mesure de la concentration en ions hydrogène. C'est un paramètre important car il influe sur le goût de l'eau (l'état de l'eau : acide, base ou neutre) et les réactions chimiques. La mesure de ce paramètre est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre.

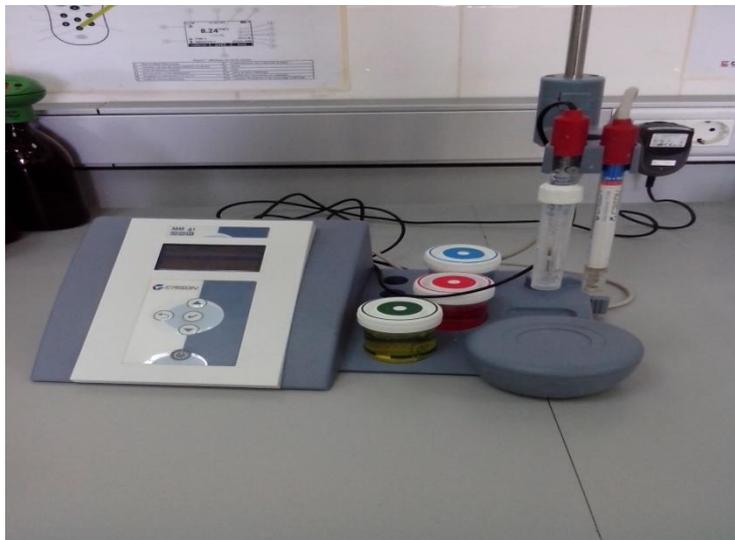


Figure IV.2 : appareil de mesure de pH et de température

IV.2.3.Matières en suspension (MES)

Ce sont les matières qui ne sont ni à l'état soluble, ni colloïdale, elles comportent les matières organiques et les matières minérales contenues dans l'eau usée.

Les MES contribuent aussi à déséquilibrer le milieu aquatique en accroissant la turbidité et peuvent avoir un effet néfaste direct sur l'appareil respiratoire des poissons.

Pour la réalisation de cette analyse on a consulté la normative européenne. [48]

IV.2.3.1.Matériels et réactifs

- Pompes de vide.
- Unité de filtration. (Kitasato,pinces,embut filtration).

- Filtres de micro fibre de verre.
- Poêle.
- Dessiccateur.
- Balance analytique.
- Pince.

IV.2.3.2.Procédure expérimentale

- ✓ Laver le filtre dans l'unité de filtration au vide en passant de l'eau distillée, puis colloquer ce filtre dans la poêle à une température de 103°-105°C pendant 2 heures, le conserver dans un dessiccateur et le peser.
- ✓ Placer le filtre dans l'entonnoir du dispositif de filtration et connecter à un dispositif d'aspiration sous vide.
- ✓ Choisir un volume d'échantillon puis en le filtre en moins d'une minute.
- ✓ Retirer avec précaution le filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces a extrémités plates, puis le peser à l'aide de la balance analytique.
- ✓ Laisser essorer et sécher le filtre (105 ± 5)°C),laisser refroidir puis peser pour obtenir les matières qui étaient en suspension avant séchage.

IV.3.3.3.Calculs et résultats

$$\text{MES (g/l)} = 1000 * (\text{P}_F - \text{P}_0) / \text{V (mg/l)} \quad (\text{IV.1})$$

D'où :

MES : matière en suspension (mg/l).

P_F : masse du filtre après séchage (mg).

P₀ : masse du filtre vide, avant filtration (mg).

V : volume d'échantillon filtré (ml).



Figure IV.3 : photo de la balance analytique



Figure IV.4 : photo de dispositif d'aspiration .



Figure IV.5 : photo de dessiccateur

IV.2.4.La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO) est la quantité d'oxygène exprimée dans les conditions de l'essai (incubation durant 5 jours à 20°C et à l'obscurité) par certaines matières présentes dans 1 litre d'eau. Notamment pour assurer leur dégradation par voie biochimique.

IV.2.4.1.Principe

La mesure de la DBO₅ se base en la mesure de la pression dans un système fermé ou les

microorganismes consomment l'oxygène dans l'échantillon et génèrent des émissions de CO_2 .

Le CO_2 est absorbé avec NaOH et une pression négative est créée et mesurée directement par le transmetteur. Ce dernier transforme la valeur de pression directement à la DBO_5 (mg/l). Avec des employés volumes d'échantillon on régule la quantité d'oxygène disponible qui peut effectuer une détermination complète de la DBO_5 à différentes concentrations et avec des différents volumes. [48]

IV.2.4.2. Matériels et réactifs

-Equipe DBO système :

- Têtes mesureurs (DBO senseurs).
- Ampoules de mesure marron.
- Agitateurs magnétiques .
- Pince.
- Carcasse de gomme pour les goulots des ampoules.
- Lentilles de NaOH.
- Armoire thermostatique de température constante à 20°C .
- Inhibiteur de nitrification.

-Récipients de plusieurs mesures.

-Eau distillée.

-tablette de calibration pour les contrôles des systèmes OXITOP : D(+) glucose $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ et acide L-glutamique $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$.

IV.2.4.3. Procédure expérimentale

- ✓ Sélectionner un volume d'échantillon correspondante à la DBO qui on espère obtenir.
- ✓ Nettoyer les ampoules et éclaircir avec de l'eau distillée, puis avec l'eau résiduaire d'échantillon.
- ✓ Ajouter une quantité de l'échantillon homogénéisée.
- ✓ Agiter pour chaque ampoule avec un agitateur magnétique

Pour les échantillons d'effluent ajouter un inhibiteur de nitrification selon le rapport suivant : On dissout 1000 mg de N-Alyltiourea ($\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{S}$) en eau, on dilue à 200 ml et il se mélange.

- ✓ Poser sur le goulot de l'ampoule une carcasse de gomme .Dans son intérieur ajouter

avec le pince des lentilles de NaOH et remplir le bouchon jusqu'à la limite sans se dépasser.

- ✓ Les échantillons sont placés dans un incubateur durant la mesure de DBO₅. On règle l'appareil à ZERO et on met l'incubateur en marche pendant 5 jour à 20°C. le résultat sera obtenu directement sur l'afficheur



Figure IV.6 : flacon à DBO



Figure IV.7 : photo de DBO mètre

IV.2.5.La demande chimique en oxygène (DCO)

IV.2.5.1.Le but

L'objectif de ce protocole est de définir la procédure pour mesurer la demande chimique en oxygène (DCO).

Pour la réalisation de cette analyse on a consulté la normative européenne.

IV.2.5.2.Principe

Le test consiste en une oxydation chimique de la matière organique par un oxydant fort (acide) à température élevée et par le dichromate de potasse.

Les substances oxydables réagissent avec une solution d'acide sulfurique et de bichromates de potassium en présence de sulfates d'argent en tant que catalyseur.

La présence de chlorure est masquée avec le sulfate de mercure. On mesure la diminution de la coloration jaune du Cr⁶⁺.

Le résultat est exprimé en mg O₂/L (ppm O₂).

IV.2.5.3. Matériels et réactifs

- Kits mesure DCO (exemple : LCK 314 15-150 ppm/LCK 114 150-1000 ppm).
- Eau distillée (nettoyage de dissolution).
- Digesteur DRB-200 .
- Spectrophotomètre DR 5000 .
- Gradette support.
- Pipette graduée 2 ml.
- aspirateur pipette 2ml.

IV.2.5.4. Procédure expérimentale

- ✓ Sélectionner le programme de la DCO.
- ✓ Préparer les cuves :
 - 1- mélanger le contenu Kit pour avoir une solution homogène.
 - 2- Pipeter 2 ml d'échantillon avec précaution.
- ✓ Le thermostat chauffe jusqu'à atteindre la température défini.
- ✓ Placer les cuves dans un bloc de chauffage DRB -200 et refermer le couvercle de protection, mettre dans le digesteur DCO classique : 2h à 148 -150 °C.
- ✓ Enlever la cuve chaude et inverser avec prudence 2 fois.
- ✓ Laisser refroidir à température ambiante dans le support de cuve.
- ✓ Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer avec programme spectrophotomètre HACH. [48]



Figure IV.8 :réactif à DCO



Figure IV.9 : Photo du bloc chauffant



Figure IV.10 : Photo du spectrophotomètre

IV.2.6. Azote ammoniacal $N-NH_4$

IV.2.6.1. Principe

En présence de sodium introprussique agissant comme catalyseur et à une valeur du pH d'environ 12,6, les ions ammonium réagissent avec les ions hypochloreux et salicyliques et donnent une coloration bleue.

IV.2.6.2. Matériels et réactifs

- Kit mesure nitrite (LCK 302/303).
- Eau distillée (nettoyage ou dissolution).
- Espectro DR 5000.
- Pipette graduée 2ml.
- Aspirateur pipette 2ml.

IV.2.6.3. Procédure expérimentale

- ✓ Enlever délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable.
- ✓ Dévisser le DosiCap Zip.
- ✓ Pipeter 0,2 ml d'échantillon.
- ✓ Visser immédiatement le DosiCap Zip.
- ✓ Secouer énergiquement jusqu'à dissolution du lyophilisat.

Attendre 15 minutes, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

IV.2.7. Azote total**IV.2.7.1. Principe**

L'azote de composition organique et inorganique s'oxyde en présence de peroxydisulfate et se transforme donc en nitrates. Les ions nitrates se réagissent dans une solution d'acides sulfurique et phosphorique avec un diméthylphénol, en formant du nétrrophénol.

IV.2.7.2 .Matériels et réactifs

- Kit mesure nitrite (LCK 228/338).
- Eau distillée (nettoyage ou dissolution).
- Espectro DR 5000.
- Pipette graduée 2ml.
- Aspirateur pipette 2ml.

IV.2.7.3. Procédure expérimentale

- ✓ Doser dans une éprouvette de réaction sèche :0,5 ml d'échantillon, 2 ml de solution

A(LCK 238 A),une tablette B (LCK 138/238/338 B) ,fermer immédiatement ,puis pipeter lentement 1 ml d'échantillon.

- ✓ Chauffer directement (thermostat :60 min à 100 °C).
- ✓ Refroidir et ajouter 1 MicroCap C.
- ✓ Fermer l'éprouvette de réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat se soit complètement dissous du MicroCap C et qu'il n'y ait aucune particule restante, refroidir et ajouter 1 MicroCap C .
- ✓ Pipeter lentement dans le test en cuve : 0,5 ml d'échantillon désagrégée.
- ✓ Pipeter lentement 0,2 ml de solution D (LCKn138/238/338 D),fermer immédiatement la cuve et mélanger le contenu en le retournant plusieurs fois de suite jusqu'à qu'aucun dépôt ne soit observable.
- ✓ Attendre 15 minutes ,bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer . [48]

IV.2.8.Azote de Kjeldahl NTK

IV.2.8.1.Principe

Le terme « Azote total de Kjeldahl » fait référence à la combinaison de l'ammoniac et de l'azote organique.

L'azote organique est converti en sels d'ammonium par l'action de l'acide sulfurique et du peroxyde d'hydrogène, l'ammoniac est ensuite analysé par une modification de méthode d'essai Nessler. Les résultats des tests sont mesurés à 460 nm.

IV.2.8.2.Matériels et réactifs

- Kit de reactif NTK.
- Eau distillée.
- Cuves carrées10 ml ,1 puce, pariées.
- Pipette graduée 10 ml,1/10 verre classe A.
- Aspirateurs pipette 10 ml.
- Espectro DR 5000.

IV.2.8.3.Procédure expérimentale

- ✓ Entrer le numéro du programme 399 d'azote NTK.
- ✓ Ajouter une goutte de TKN indicateur de chaque cylindre.

- ✓ Ajouter quelques gouttes de KOH à 0,8 N à chaque éprouvette jusqu'à le premier flash de couleur bleue apparait. Boucher et inverser le cylindre après chaque addition.
- ✓ Ajouter 1N de KOH à chaque éprouvette, une goutte à une fois en mélangeant a chaque addition, continuer jusqu'à ce que le bleu permanent apparait.
- ✓ Remplir les deux éprouvettes jusqu'à la marque de 20 ml avec de l'eau distillée, puis ajouter (3 gouttes de stabilisateur + 3 gouttes de l'alcool de polyvinyle) à chaque éprouvette ,et mélanger plusieurs fois.
- ✓ Remplir les deux éprouvettes jusqu'à la marque de 25 ml avec de l'eau distillée, puis pipeter 1 ml de réactif Nessler's à chaque éprouvette.et appuyer l'icône de la minuterie ,appuyer sur OK .verser le contenu de chaque cylindre en séparée de 10 ml d'échantillon cellules .
- ✓ Placer le blanc dans la cellule de mesure et appuyer le ZERO et l'écran affiche 0 mg/l TKN
- ✓ Placer l'échantillon et appuyer MESURE les résultats dans mg/l TKN.
- ✓ Calculer la concentration de NTK (mg/l) comme suit :

$$\text{Ppm NTK (mg/l) NTK} = (75 * A / (B * C))$$

(IV.2)

Où:

A: mg/l MESURE.**B:** mg/l d'échantillon avant digestion.**C:** mg/l volume d'échantillon digérée.

IV.2.9.Phosphates totale

IV.2.9.1.Principe

Les ions phosphates réagissent en solution acide avec les ions molybdate pour donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine .Celui ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphore molybdène.

IV.2.9.2.Matériels et réactifs

-Kit de mesure LCK 348.

- Eau distillée.
- Colorimètre DR 5000.
- Pipette graduée 2 ml.
- Aspirateurs pipette 2 ml.

IV.2.9.3.Procédure expérimentale

- ✓ Enlever délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable.
- ✓ Dévisser le DosiCap Zip.
- ✓ Pipeter 0,5 ml d'échantillon.
- ✓ Visser immédiatement le DosiCap Zip.
- ✓ Secouer énergiquement, puis chauffer dans le thermostat .H 200 si 15 min avec le programme standard H thermostat :60 min à 100°C.
- ✓ Pipeter dans la cuve une fois refroidis :0,2 ml de reactif B (LCK 348 B).Fermer le reactif B après emploi.
- ✓ Visser un DosiCap C (LCK 348 C) gris sur la cuve, puis mélanger le contenu de la cuve,
- ✓ Attendre 15 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

IV.2.10.les nitrates NO_3^-

IV.2.10.1.Principe

Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique ,les nitrates réagissent avec le diméthylphénol pour donner de nitro - diméthylphénol.

IV.2.10.2.Matériels et réactifs

- Kit de mesure nitrite (LCK 339/340).
- Eau distillée.
- Espectro DR 5000.
- Pipette graduée 2 ml.
- Aspirateurs pipette 2 ml.

IV.2.10.3.Procédure expérimentale

- ✓ Pipeter lentement 1 ml d'échantillon.
- ✓ Pipeter lentement 0,2 ml de la solution LCK 339 A.
- ✓ Fermer la cuve et mélanger le contenu jusqu'à ce que le mélange soit complet.
- ✓ Attendre 15 minutes ,bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer. [48]

IV.2.11.les nitrites NO_2^-

IV.2.11.1.Principe

Les nitrites réagissent en solution acide avec les amines primaires et aromatiques pour donner des sels diazonium.Ceux ci forment avec des composés aromatiques, contenant un amino-groupe ou un hydroxyle ,un colorant azoïque de couleur intense.

IV.2.11.2.Matériels et réactifs

- Kit de mesure nitrite (LCK 341/342).
- Eau distillée.
- Colorimètre DR 5000.
- Pipette graduée 2 ml.
- Aspirateurs pipette 2 ml.

IV.2.11.3.Procédure expérimentale

- ✓ Enlever délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable.
- ✓ Dévisser le DosiCap Zip.
- ✓ Pipeter 2 ml d'échantillon.
- ✓ Visser immédiatement le DosiCap Zip.
- ✓ Secouer énergétiquement jusqu'à dissolution du lyophilisat.
- ✓ Attendre 10 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

IV.2.12. Test de décantation

IV.2.12.1. Principe

Déterminer la sédimentation des boues du réacteur biologique et de la purge de la station d'épuration.

IV.2.12.2. Matériels et réactifs

- Chronomètre.
- Conne IMHOFF.
- Support conne.
- Eprouvette de 1000 ml (alternative).

IV.2.12.3. Procédure expérimentale

- ✓ Homogénéiser l'échantillon et immédiatement remplir le conne IMHOFF jusqu'à la marque de 1 L.
- ✓ Laisser que l'échantillon sédimenter pendant 30 minutes.
- ✓ Registrer le volume des solides sédimentés dans le conne IMHOFF (mg/L).

IV.2.12.4. Calcul de IM (IVB)

L'essai est exécuté dans une éprouvette de 1 L que l'on remplit, une liqueur mixte prélevée dans le bassin de traitement biologique, puis on note le volume de boues après 30 min. [48]

$$IVB = IM = V/P \quad (IV.3)$$

Où :

V : Volume occupé par la boue (ml).

P : poids sec (g).

Si IVB = 100-120 mg/l	Valeurs normales
Si IVB < 100 mg/l	important pourcentage en matière inorganique
Si IVB > 300 mg/l	Bulking (gonflement des boues par bacteries)



Figure IV .11: test de décantation

IV.3 .Conclusion

Depuis les analyses des paramètres physicochimiques réalisés au niveau de notre laboratoire, on peut évaluer le rendement de chaque étape d'épuration, juger la performance de la nouvelle STEP d' Ain Témouchent ,et la qualité des eaux rejetées dans le milieu naturel pour les utiliser éventuellement dans le domaine agricole .

CHAPITRE V

Performance de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent

V.1. Introduction

Pour évaluer la qualité des eaux traitées et contrôler leur efficacité, nous avons effectué un ensemble d'analyses physicochimique qui ont été faites à l'entrée et à la sortie de la STEP durant les années 2014 et 2015.

Tout les analyses que nous avons effectué représentent toutes celles qui sont faites pour le diagnostic d'une station d'épuration, elle sont portés sur : la température, le pH, les matières en suspension (MES), la demande biochimique en oxygène (DBO₅), la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote total (NT) et l'azote ammoniacal (N-NH₃), les nitrates (NO₃), les nitrites (NO₂) et de l'oxygène dissous (OD) .

Les résultats expérimentaux trouvés sont présentés comme suit:

V.2. Performance de la STEP de l'année 2014

V.2.1. Matières en suspension MES

La figure V.1 montre la variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

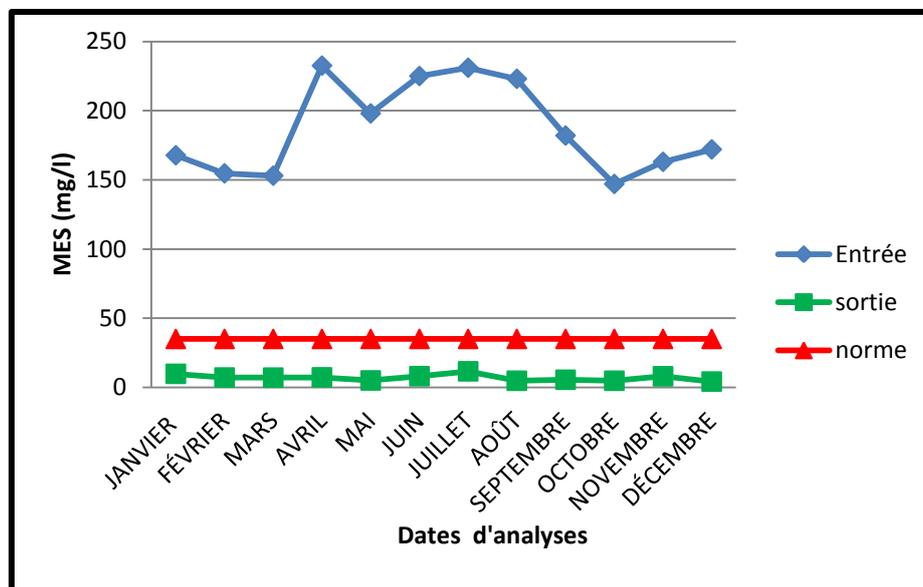


Figure V.1 : Variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Décembre 2014).

D'après les résultats enregistrés au cours de notre étude , on remarque que les valeurs des

MES à l'entrée de la STEP varient entre 147 mg/l et 233 mg/l avec une moyenne de 190 mg/l. Ces valeurs sont dues à une instabilité de la qualité des eaux polluées.

A la sortie de la STEP les valeurs des MES varient entre 4,2 mg/l et 11,6 mg/l avec une moyenne de 7,9 mg/l. Cette valeur reste inférieure à la norme de rejet (< 35 mg/l), Le rendement d'élimination des MES avoisine les 96,7% avec un maximum de 98,59% et un minimum de 93,02%. Ces résultats confirment l'efficacité du clarificateur.

V.2.2. La demande chimique en oxygène (DCO)

La figure suivante représente la variation moyenne de la concentration de la DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP.

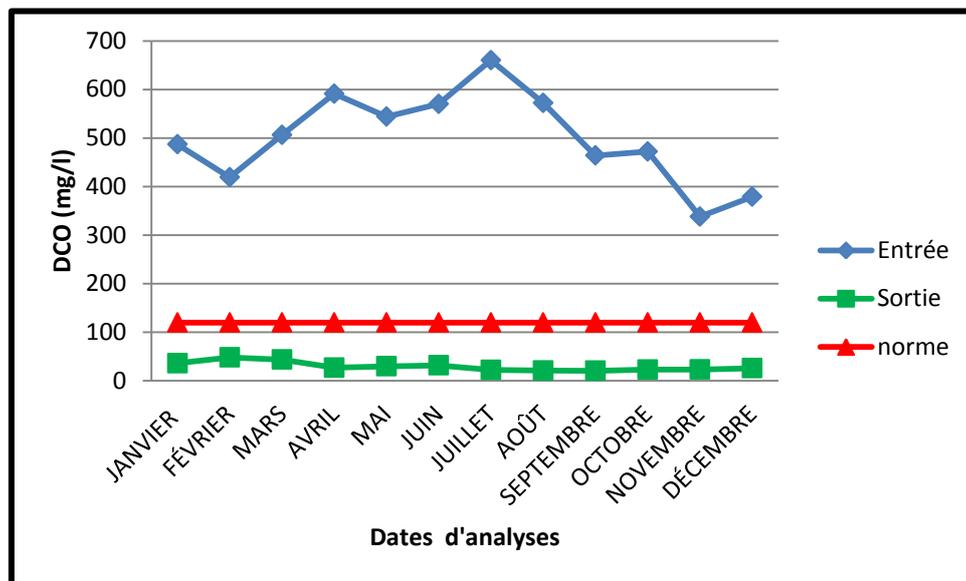


Figure V.2: Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Décembre 2014).

D'après les résultats obtenus, on remarque que les valeurs de la concentration de la DCO à l'entrée de la STEP sont très variables pendant les mois de l'année, elles varient entre 338 mg/l et 660 mg/l avec une moyenne de 499 mg/l.

Concernant la sortie de la STEP, les valeurs enregistrées sont largement inférieures à celles de l'entrée, elles varient entre 20,7 et 48,2 mg/l avec une moyenne de 34,45 mg/l. Cette valeur obéit aux normes de rejet (< 120 mg/l), le rendement avoisine les 93%, avec un

maximum de 96,62% et un minimum de 88,51%, donc une grande concentration a été éliminé par ce procédé car il y'a une dégradation importante de la charge polluante.

V.2.3.Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La figure V.3 donne la variation moyenne de la concentration de la DBO₅ dans les eaux brutes et les eaux épurées.

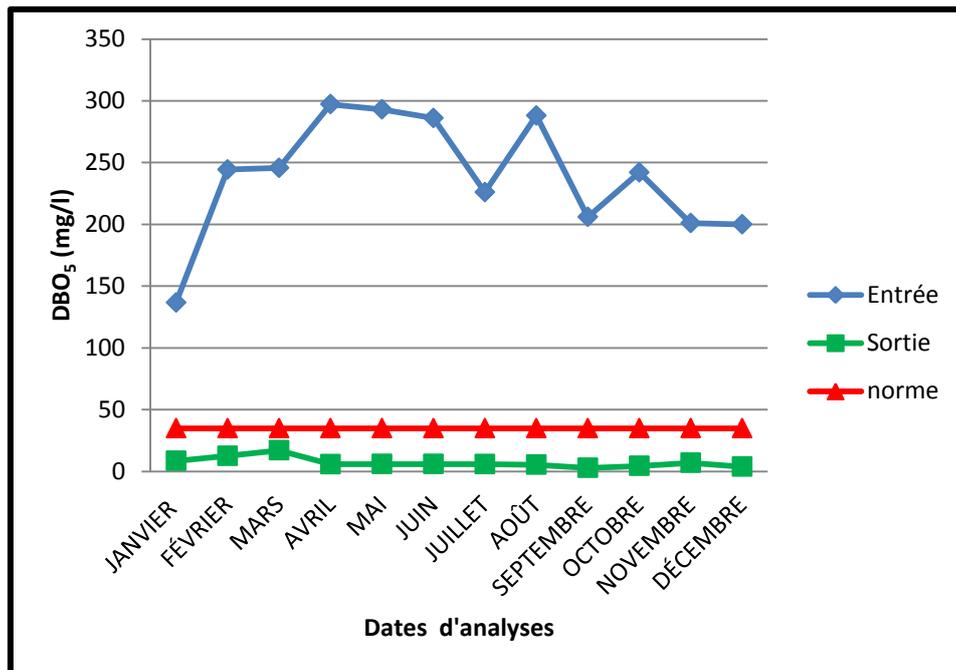


Figure V.3: Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Décembre 2014).

On remarque que l'eau brute à l'entrée de la STEP présente une DBO₅ qui varie entre 137 mg/l et 297 mg/l avec une moyenne de 217 mg/l, ces variations s'expliquent par la nature des eaux résiduaires entrant à la STEP.

Cependant, à la sortie de la STEP, on constate que le maximum de la pollution organique biodégradable est éliminée, les effluents traités s'appauvrissent, ils montrent des teneurs en DBO₅ qui varient entre 3,6 mg/l et 17,1 mg/l avec une moyenne de 10,35 mg/l et un rendement d'abattement de 96,7 % avec un maximum de 98,53% et un minimum de 93,02%. Ces valeurs restent très au dessous de la norme de rejet des effluents liquides (< 35 mg/l).

Cette performance de le STEP est liée à une optimisation des réglages d'exploitation.

V.2.4. Azote de Kjeldahl (NTK)

La figure V.4 présente la variation moyenne de la concentration en Azote de Kjeldahl dans les eaux brutes et les eaux épurées.

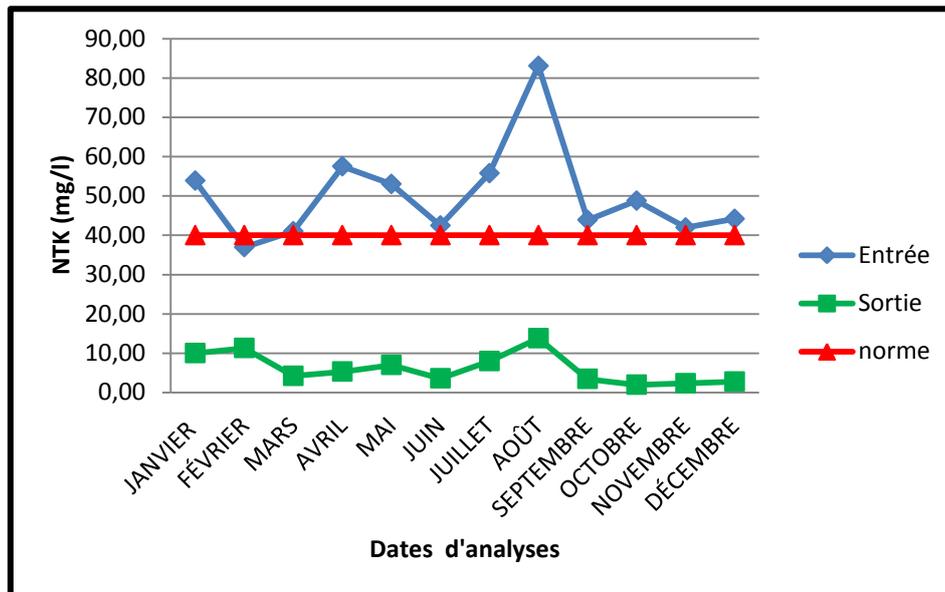


Figure V.4 : Variation moyenne de l'azote de Kjeldahl à l'entrée et à la sortie la STEP (janvier - Décembre 2014)

Les résultats obtenus montrent que ,les valeurs de l'Azote de Kjeldahl (NTK) à l'entrée de la STEP oscillent entre 36,94 mg /l et 83,03 mg/l avec une moyenne de 59 ,98 mg/l, on marque ainsi un pic de 83,03 mg/l au mois d'Aout ,il est du à la composition chimiques et la nature des effluents entrant à la STEP .

A la sortie de la STEP ,les valeurs de l'Azote de Kjeldahl (NTK) varient entre 1,97mg /l et 11,31 mg/l (une moyenne de 6,64 mg/l), ces valeurs obéissent a la norme Algérienne de rejet (< 40 mg/l).

V.2.5. Azote ammoniacal (NH_4^+)

La figure suivante présente la variation moyenne de la concentration en azote ammoniacal dans les eaux brutes et les eaux épurées.

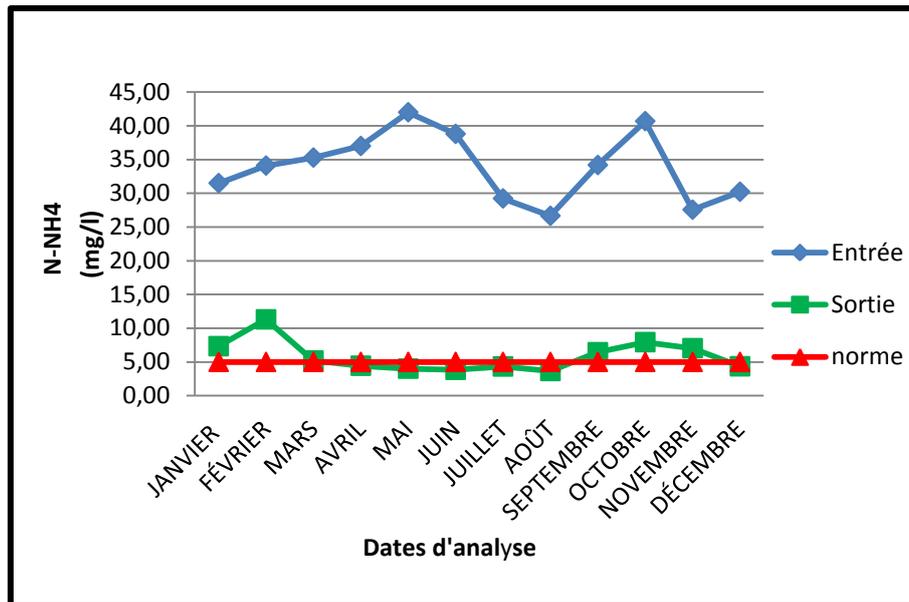


Figure V.5: variation moyenne de l'azote ammoniacal (NH_4^+) à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Décembre 2014).

Selon les résultats présentés sur la figure V.5 ,on remarque que les valeurs des concentrations de l'azote ammoniacal à l'entrée de la STEP sont instables, elles varient entre 27,56 mg/l et 42 mg/l avec une moyenne de 34,78 mg/l, alors qu'à la sortie, ces valeurs oscillent entre 4,35 mg/l et 11,31mg/l, avec une moyenne de 7,83 mg/l. On remarque des pics au mois (Janvier , Février , Septembre, Octobre ,Novembre),dépassant la norme (5mg/l), traduisent habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique, cela explique l'élévation des teneurs en NH_4^+ de l'eau usée avant le traitement, et la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation.

V.2.6.Le phosphore total (Pht)

La figure V.6 présente la variation moyenne de la concentration en phosphate total dans les eaux brutes et les eaux épurées.

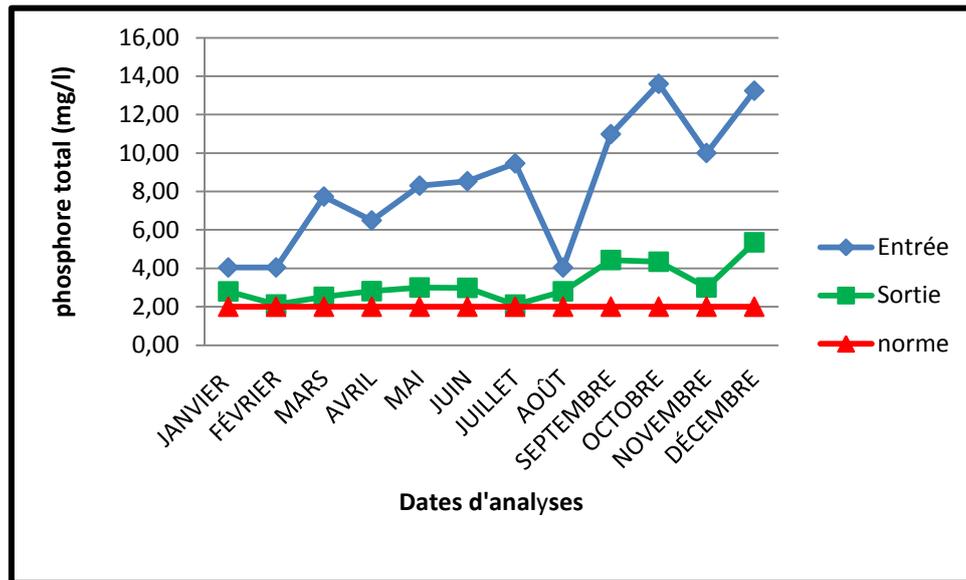


Figure V.6: variation moyenne de phosphate total à l'entrée et à la sortie de la STEP
(Janvier - Décembre 2014)

D'après les résultats obtenus, on remarque qu'à l'entrée de la STEP, les valeurs de phosphate total sont comprises entre 4,04 mg/l et 13,6 mg/l avec une moyenne de 8,82 mg/l ,ces variations sont dues à la richesse des eaux entant à la STEP en composés phosphorés .

Concernant la sortie de la STEP, ces concentrations oscillent entre 2,11 mg/l et 5 ,35 mg/l avec une moyenne de 3,73 mg/l, cette valeur semble inferieur à celle de l'entrée de la de la STEP, cela est due a l'activité des microorganismes qui participent à la dégradation de phosphate organique ,mais ces valeurs sont élevées et dépassent les normes de rejet (< 2 mg/l). La déphosphoration n'est donc pas complète .

V.2.7.pH

La figure V.7 donne la variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP .

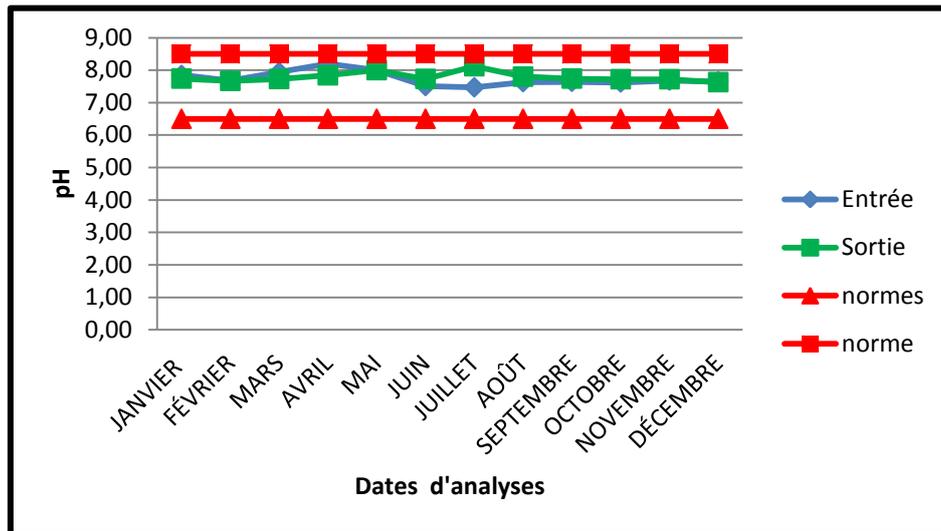


Figure V.7 : Variation moyenne du pH de l'eau brute et de l'eau traitée (janvier - Décembre 2014)

Selon les résultats indiqués, les valeurs du pH mesurées à l'entrée de la STEP, varient entre 7,47 et 8,6 avec une moyenne de 8,03.

Concernant les eaux à la sortie de la STEP, les valeurs enregistrées varient entre 7,63 et 8,12 avec une moyenne de 7,87 ,ces valeurs sont situées dans la bonne gamme d'activités microbienne ,elles sont très proche de la norme (6,5-8,5).

V.2.8.Température

La figure V.8 montre la variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

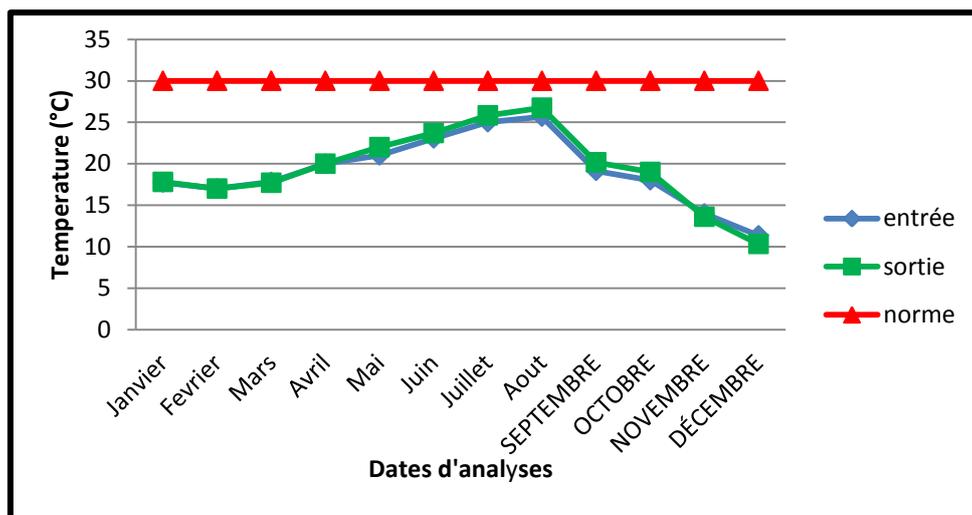


Figure V.8 : variation moyenne de la température à l'entré et à la sortie de la STEP (Janvier - Décembre 2014)

D'après les résultats obtenus, les valeurs de la température des différents échantillons à l'entrée de la STEP se situent dans un intervalle qui va d'un minimum de 11,36°C à un maximum de 25,67°C (une moyenne de 18,51°C), ces valeurs varient entre 10,32 °C et 26,75°C avec une moyenne de 18,53 °C à la sortie.

Les valeurs de la température relevées de la STEP sont inférieures à 30°C, et sont donc conformes à la norme, ce qui développe les populations bactériennes de type mésophile, et favorise la dégradation de la pollution organique en conséquence.

V.2.9. Oxygène dissous

La figure suivante donne la variation moyenne de l'oxygène dissous dans les eaux brutes et les eaux épurées :

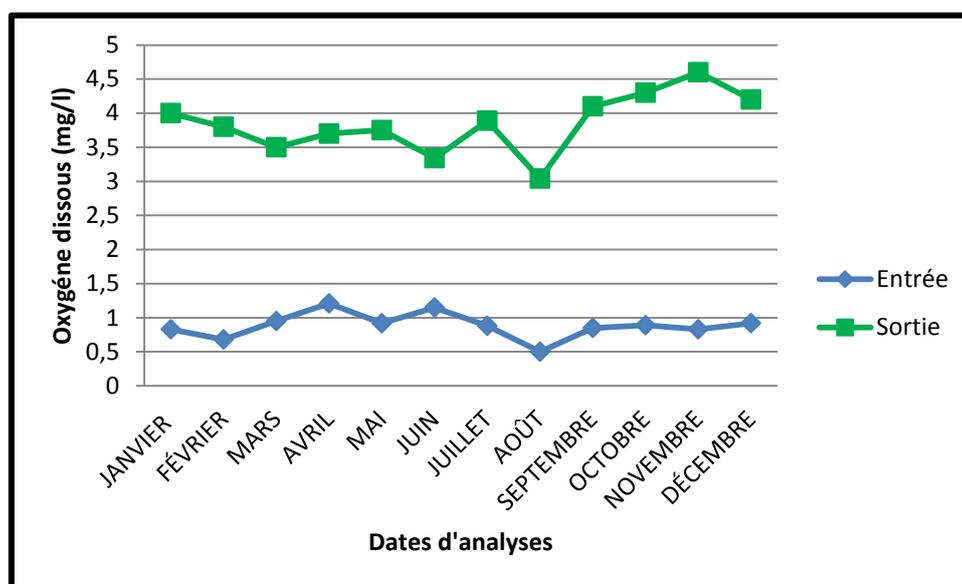


Figure V.9: Variation journalière de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier – Décembre 2014)

En se référant aux résultats présentés dans la figure V.9, on remarque que les teneurs en oxygène dissous à l'entrée de la STEP, oscillent entre 0,5 mg/l et 1,21 mg/l, soit une moyenne de 0,85 mg/l, et entre 3,04 mg/l et 4,6 mg/l avec une moyenne de 3,82 mg/l, à la sortie de la STEP. Donc on remarque que les valeurs moyennes mensuelle des concentrations en oxygène dissous des eaux traitées sont nettement supérieures à celles des eaux brutes, ceci est dû à une bonne aération des eaux au niveau du bassin

d'aération, nécessaire pour le développement des microorganismes aérobies assurant l'oxydation des matières organiques.

V.3. Performance de la STEP de l'année 2015

V.3.1. Matières en suspension MES

La figure V.10 montre la variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

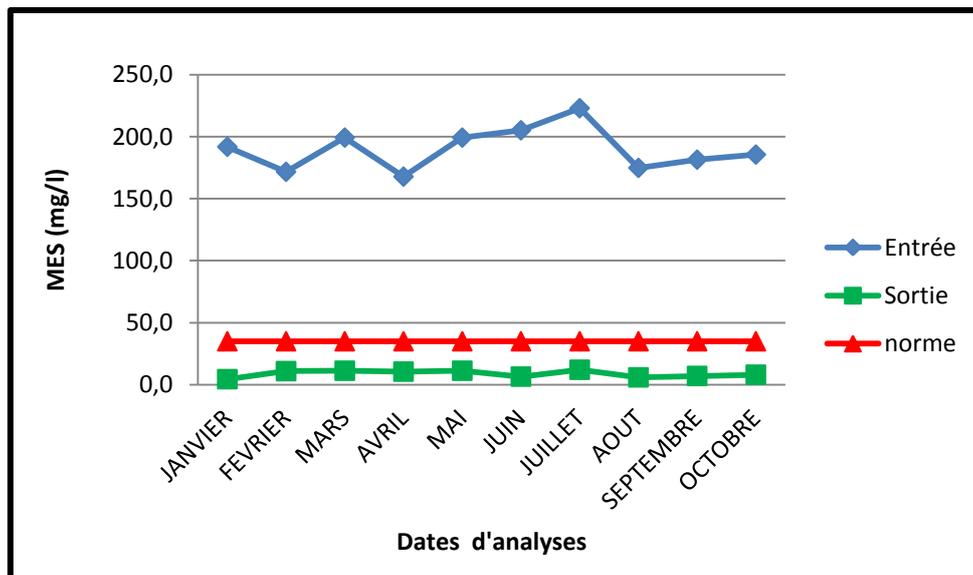


Figure V.10: variation moyenne de la matière en suspension MES à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Octobre 2015)

En examinant les résultats présentés dans la figure V.10 ,on remarque que les valeurs enregistrées révèlent une réduction importante des MES entre l'entrée et la sortie de la STEP, elles oscillent entre 167,8 mg/l et 223 mg/l avec une moyenne de 200,4 mg/l au niveau de l'entrée de la STEP, ces valeurs sont probablement liées a un arrivage d'eau chargée en matière minérale.

En ce qui concerne les eaux épurées à la sortie de la STEP, les concentrations des MES varient entre 4,4 mg/l et 11,2 mg/l avec une moyenne de 7,8mg/l, ces valeurs sont largement inférieures à celle de la norme de rejet (< 35 mg/l).

Le rendement d'élimination avoisine les 94,75%, ces résultats confirment l'efficacité du clarificateur. Les boues semblent a voir une bonne aptitude à la décantation.

V.3.2. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La figure V.11 montre la variation moyenne de la concentration de la demande biologique en oxygène (DBO₅) de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

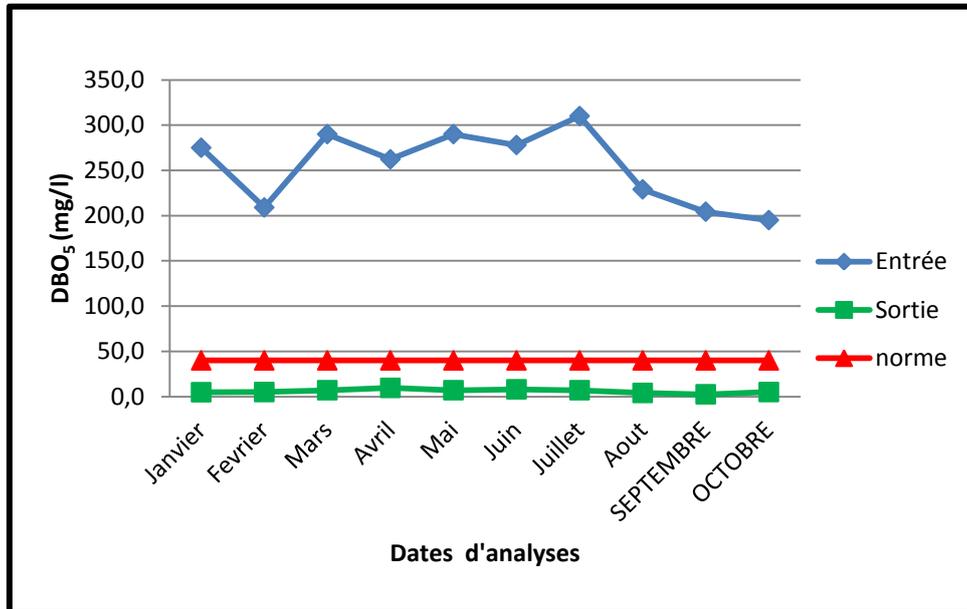


Figure V.11 : Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Octobre 2015).

En se référant aux résultats présentés dans la figure V.11 ,les concentrations de la DBO₅ à l'entrée de la STEP varient entre 195 mg/l et 310 mg/l avec une moyenne de 252,5 mg/l .

Par contre au niveau de la sortie de la STEP , ces valeurs varient entre 2,5 mg/l et 9,6 mg/l avec une moyenne de 6,05 mg/l, ces valeurs sont pratiquement constantes et restent très au dessous de la norme de rejet des effluents liquides (< 35 mg/L).

Le rendement d'abattement de la DBO₅ excède les 97,48 %.

V.3.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

La figure suivante représente la variation moyenne de la concentration de la DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP.

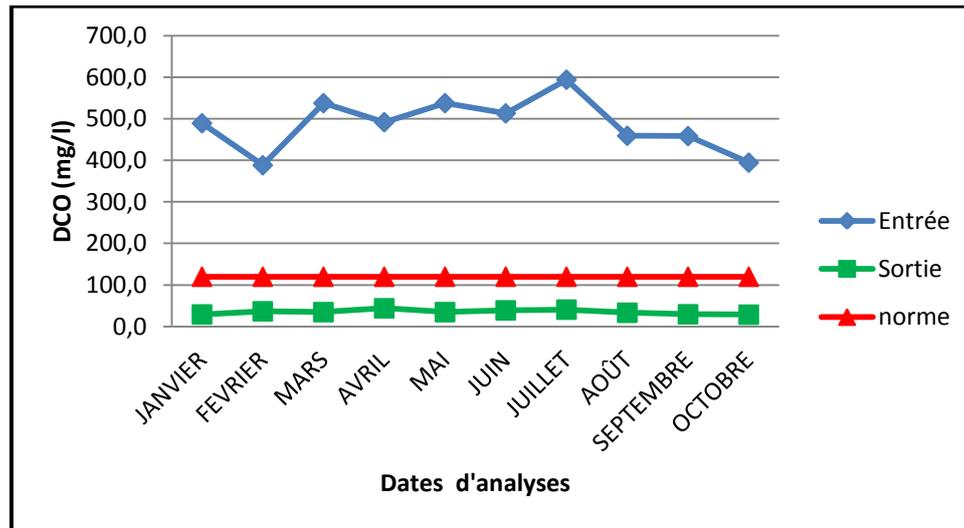


Figure V.12 : Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et la sortie de la STEP (Janvier - Octobre 2015).

On remarque que les valeurs de la DCO de l'eau brute oscillent entre 388,3 mg/l et 594 mg/l avec une moyenne de 491,15 mg/l .

Concernant l'effluent traité, ces valeurs varient entre 28,7 mg/l et 44,1mg/l avec une moyenne 36,4 mg/l ,elles sont largement inferieures à la norme de rejet (<120 mg/l) .

Le rendement d'abattement de la DCO est de 91,99 % .

V.3.4.L'azote total (Nt)

La figure suivante montre la variation moyenne de l'azote total (Nt) dans l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

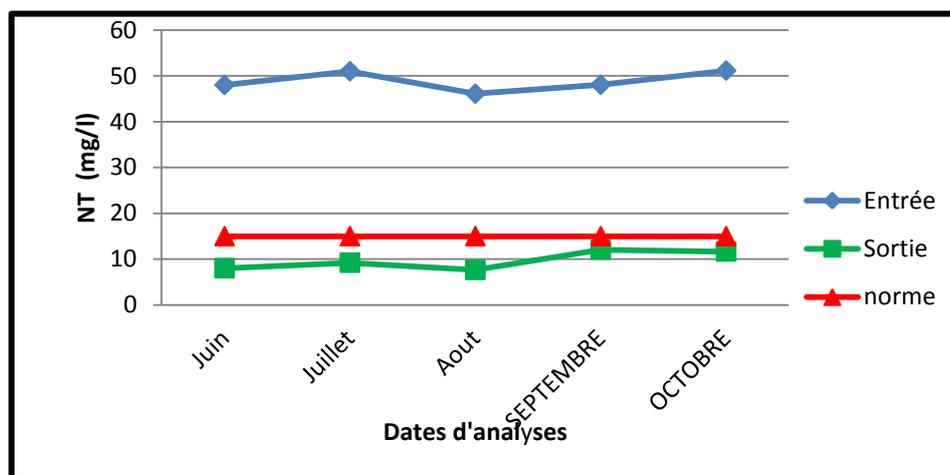


Figure V.13 : Variation moyenne de l'azote total à l'entrée et à la sortie de la STEP (Juin - Octobre 2015)

En se référant aux résultats obtenus dans la figure V13 ,on remarque que les concentrations de l'azote total à l'entrée de la STEP varient entre 46,09 mg/l et 51,15 mg/l avec une moyenne de 48,62 mg/l .

Cependant à la sortie ces valeurs oscillent entre 7,63 mg/l et 12,06 mg/l (soit une moyenne de 9,84 mg/l) ,elles sont largement inférieures à celle de la norme de rejet (15 mg/l).

V.3.5. Azote Kjeldahl NTK

La figure V.14 présente la variation moyenne de la concentration en Azote Kjeldahl dans les eaux à l'entrée et la sortie de la STEP.

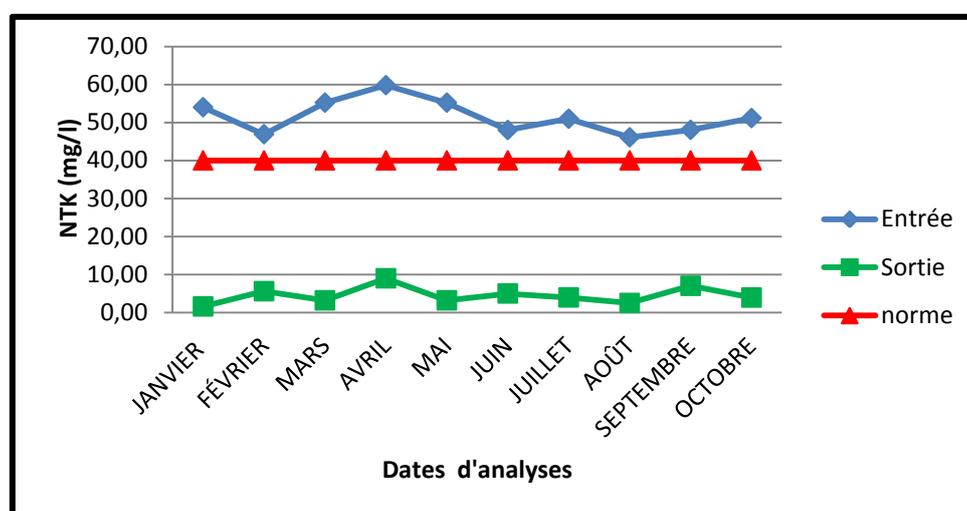


Figure V.14: Variation moyenne de l'azote Kjeldahl à l'entrée et à la sortie la STEP (janvier - Octobre 2015)

D'après les résultats obtenus dans la figure V.14, l'effluent à l'entrée de la STEP présente des concentrations en azote de Kjeldahl qui varient entre 46,09 mg/l et 59,8 mg/l avec une moyenne de 52,94 mg/l ,cette variation est due à une instabilité de la qualité chimique des eaux brutes entrant à la STEP .

Cependant à la sortie de la STEP, ces valeurs varient entre 1,6 et 9 mg/l avec une moyenne de 5,3 mg/l , elles restent inférieures à la norme de rejet (40 mg/l) .

V.3.6. Azote ammoniacal (NH_4^+)

La figure V.15 présente la variation moyenne de la concentration en azote ammoniacal dans les eaux brutes et les eaux traitées.

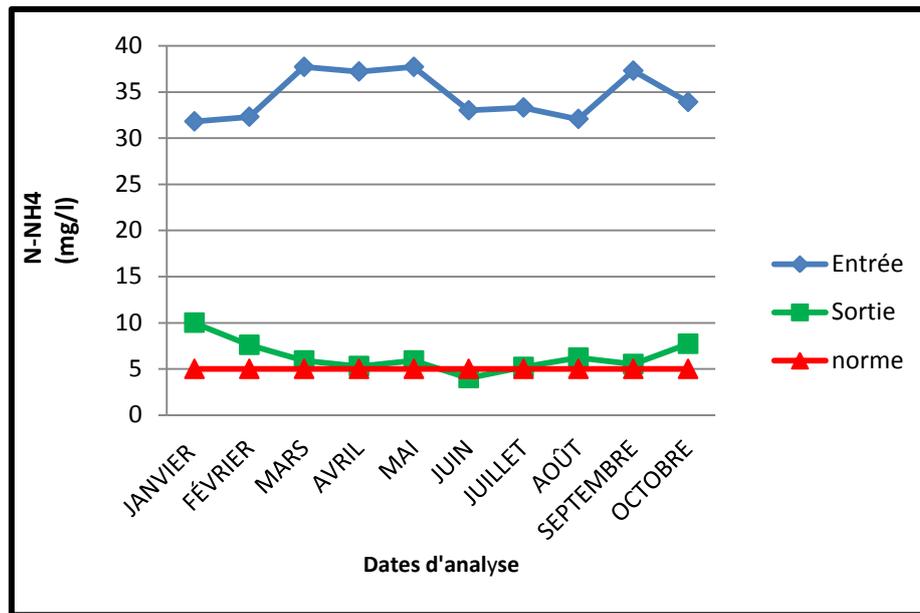


Figure V.15: Variation moyenne de l'azote ammoniacal à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Octobre 2015)

Selon les résultats présentés sur la figure V.15, on remarque que les teneurs en azote ammoniacal dans l'eau brute varient entre 31,8 mg/l et 37,7 mg/l avec une moyenne de 34,6 mg/l.

Cependant dans les eaux traitées, ces valeurs respectent la norme de rejet (5mg/l). Elles varient entre 4 mg/l et 10 mg/l avec une moyenne de 7 mg/l.

On marque des dépassements aux mois de Janvier, Février et Octobre, avec des valeurs de (10 mg/l, 7,6 mg/l et 7,7 mg/l), peuvent être dues à un processus de dégradation incomplet de la matière organique due à une insuffisante oxygénation au niveau du bassin d'aération.

V.3.7. Le phosphore total

La figure V.16 présente la variation moyenne de la concentration en phosphore total dans les eaux brutes et les eaux épurées.

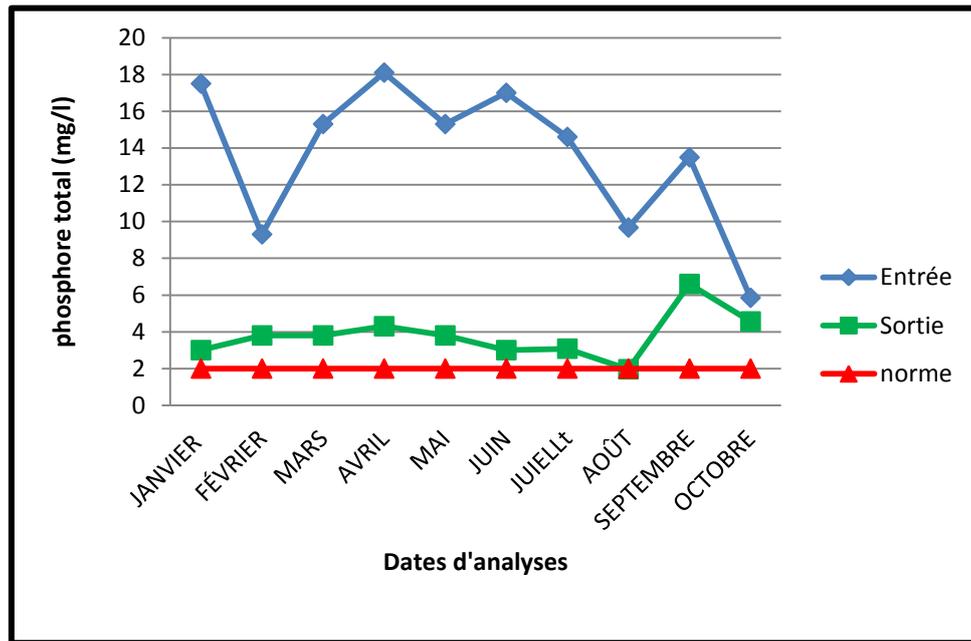


Figure V.16: variation moyenne de phosphate total à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier - Octobre 2015)

En examinant les résultats obtenus dans la figure V.16, les valeurs des concentrations de phosphore total à l'entrée de la STEP varient entre 5,85 mg/l et 17,5 mg/l (soit une moyenne de 11,67 mg/l), cette valeur est justifiée par la composition des eaux brutes entrant à la STEP. A la sortie de la STEP, ces valeurs oscillent de 1,96 mg/l à 6,6 mg/l (soit une moyenne de 4,28 mg/l), cette valeur dépasse celle-ci de la norme de rejet (2 mg/l) ,ce dépassement peut être due à un processus de déphosphoration incomplet .

V.3.8.pH

La figure V.17 donne la variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP :

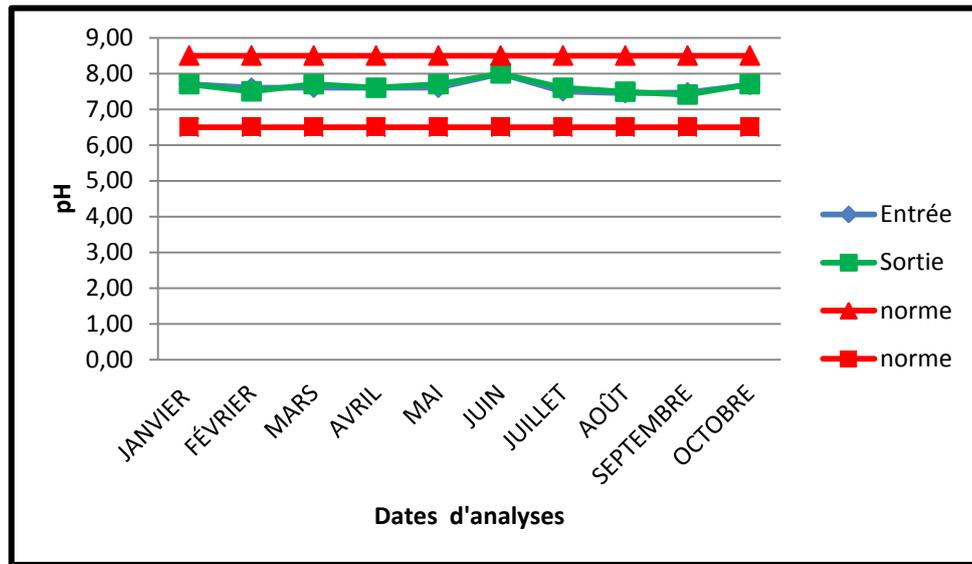


Figure V.17 : Variation moyenne de pH de l'eau brute et de l'eau traitée (janvier - Octobre 2015)

En examinant les résultats obtenus dans la figure V.17, les valeurs de pH des eaux usées avant le traitement sont comprises entre 7.45 et 8 avec une moyenne de 7,72 .

Le pH des eaux traitées oscille entre 7,41 et 8 avec une moyenne de 7,75 , respectant la norme de rejet délimitée entre 6,5 et 8,5.

V.3.9.Température

La figure V.18 montre la variation de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

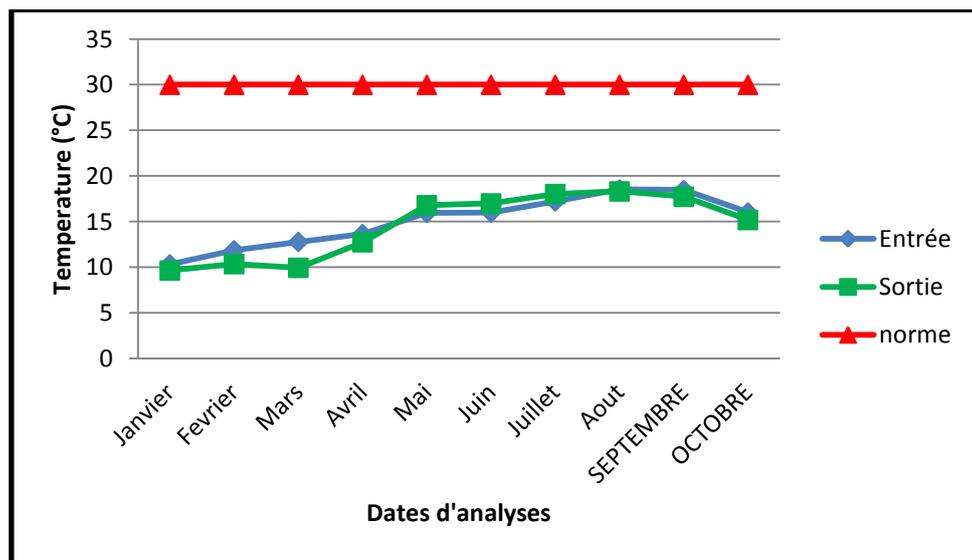


Figure V.18 : variation moyenne de la température à l'entrée et la sortie de la STEP (Janvier - Octobre 2015)

D'après les résultats présentés dans la figure V.18, on remarque que les valeurs de la température à l'entrée et celles de la sortie de la STEP sont très proches.

Elles varient de 9,65 à 18,32 (soit un moyenne de 13,98°C) à l'entrée ,et de 10,33°C à 18,53°C avec une moyenne de 14,43°C à la sortie de la STEP, Ces valeurs restent au dessous de la norme de rejet (30°C).

V.3.9.L'oxygène dissous

La figure suivante présente la variaion moyenne de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP .

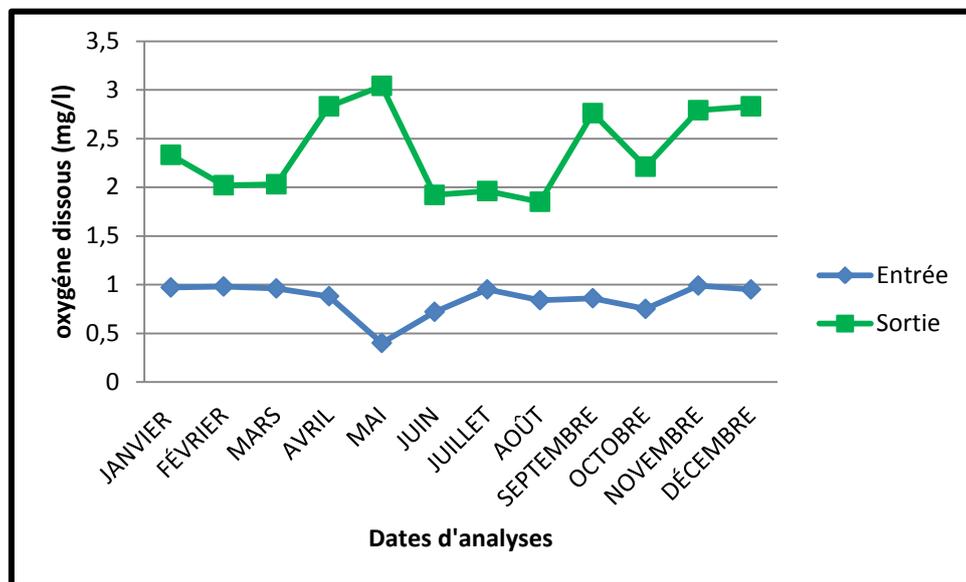


Figure V.19 : Variation journalière de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP (Janvier – Décembre 2014)

D'après les valeurs obtenues montrent que les valeurs de l'oxygène dissous dans les eaux brutes varient entre 0,4 mg/l et 0,98 mg/l ,avec un moyenne de 0,69 mg/l .

Pour les eaux traitées, les teneurs en oxygène dissous dissous varient entre 1.85 mg/l et 2.83 mg/l, avec une valeur moyenne de 2.34 mg/l.

Une augmentation des valeurs moyennes mensuelle des concentrations en oxygène des eaux traitées par rapport aux eaux brutes est marquée. Cette augmentation peut être expliquée par la présence de l'aération artificielle, pour l'amélioration de l'épuration biologique.

V.4. Paramètres de fonctionnement de process

Afin d'évaluer les performances de la nouvelle station d'épuration de Ain Témouchent et ses capacités à éliminer la pollution contenue dans l'eau, nous avons fait des analyses des principaux paramètres de fonctionnement du process dont sont: charge massique, charge volumique, âge des boues, le temps de séjour, la concentration de la boues dans le bassin d'aération.

Paramètre	Aération prolongée	Faible charge	Moyenne charge
C_m (kg DBO ₅ /kg MVS/j)	$C_m < 0.1$	$0.1 < C_m < 0.2$	$0.2 < C_m < 0.5$
C_v (kg DBO ₅ /m ³ /j)	$C_v < 0.35$	$0.35 < C_v < 0.5$	$0.5 < C_v < 2$
MVS (kg/m ³)	$4 < MVS < 6$	$3 < MVS < 4$	$3 < MVS < 4$
Age des boues (j)	$A > 15$	$10 > A > 8$	$10 > A > 2$
Temps de séjour des effluents (h)	$T_s > 24$	$24 > T_s > 8$	$8 > T_s > 2$

Tableau V.1 : Paramètres de fonctionnement des systèmes à boues activées.

V.4.1. Charge Massique (C_m)

La charge massique (ou facteur de charge), exprime la quantité de la DBO₅ (Kg/j) à éliminer par masse des boues (MVS) totale présente dans le bassin d'aération, elle s'exprime en (Kg DBO₅/Kg MVS.j) .

$$C_m = \frac{[DBO_5] \cdot Q_j}{V_{BA} \cdot MVS} \quad (V.1)$$

C_m : Charge massique (Kg DBO₅/Kg MVS.j) .

V_{BA} : Volume du bassin d'aération (m³).

MVS: Concentration en matière volatile sèche (Kg/m^3).

Q_j : Débit journalier d'eau usée à traiter (m^3/j).

La figure ci dessous montre la variation de la charge massique dans le bassin d'aération :

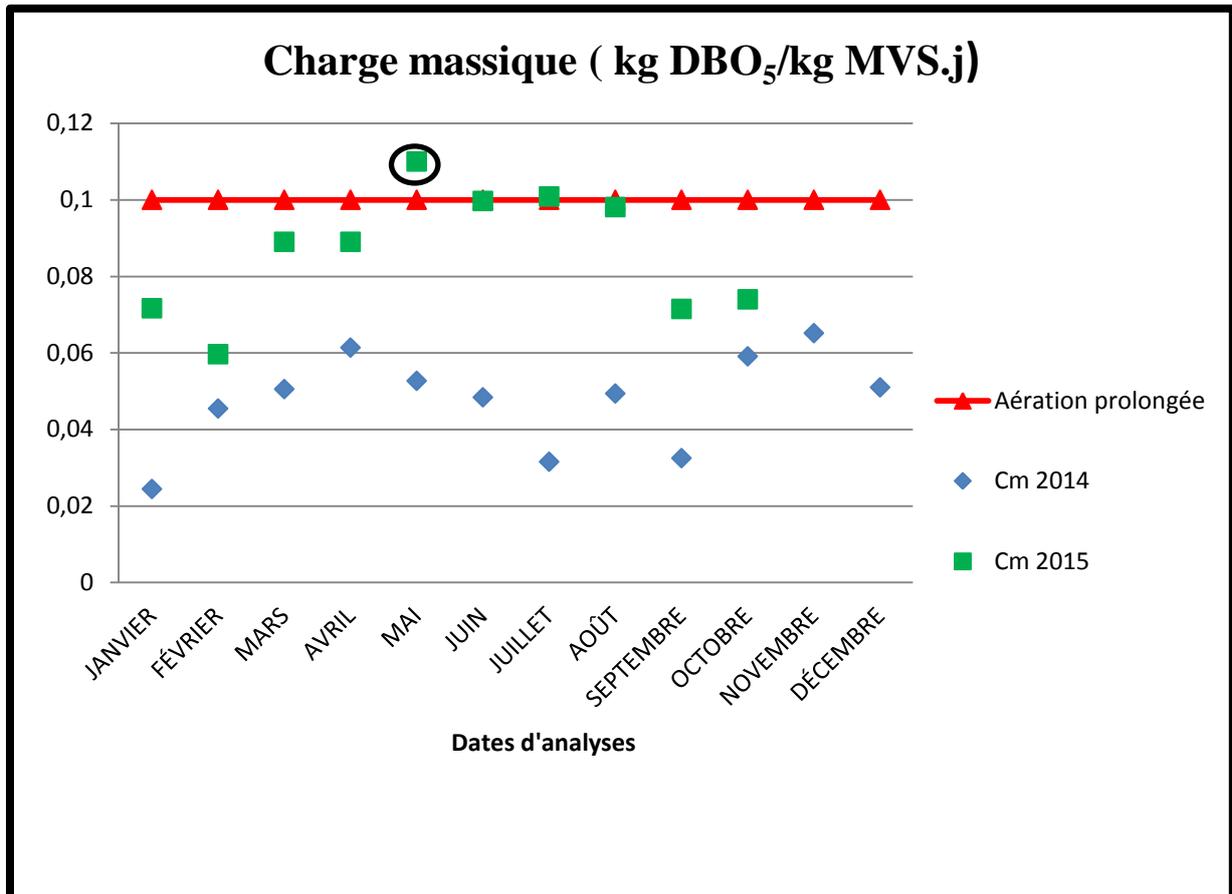


Figure V.20 : Variation de la charge massique (C_m) dans le bassin d'aération de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent

D'après les résultats obtenus, il en résulte que la nouvelle STEP d'Ain Témouchent fonctionne en aération prolongée ($C_m < 0,1 \text{ kg DBO}_5/\text{kg MVS.j}$), à l'exception d'un léger dépassement. Cette stabilisation de la charge massique dans le temps est due à la bonne gestion de la masse de boue dans le système et ceci par extractions régulières.

V.4.2. Charge volumique (C_v)

C_v est le rapport entre la quantité de la DBO_5 (Kg/j) entrant journalièrement dans le réacteur et le volume de bassin, elle s'exprime en (Kg DBO_5 /Kg MVS.j).

$$C_v = \frac{[DBO_5] \cdot Q_j}{V_{BA}} \quad (V.2)$$

C_v : Charge volumique (Kg DBO_5 /m³.j).

V_{BA} : Volume du bassin d'aération (m³).

Q_j : Débit journalier d'eau usée à traiter (m³/j).

La figure ci dessous montre la variation de la charge volumique dans le bassin d'aération :

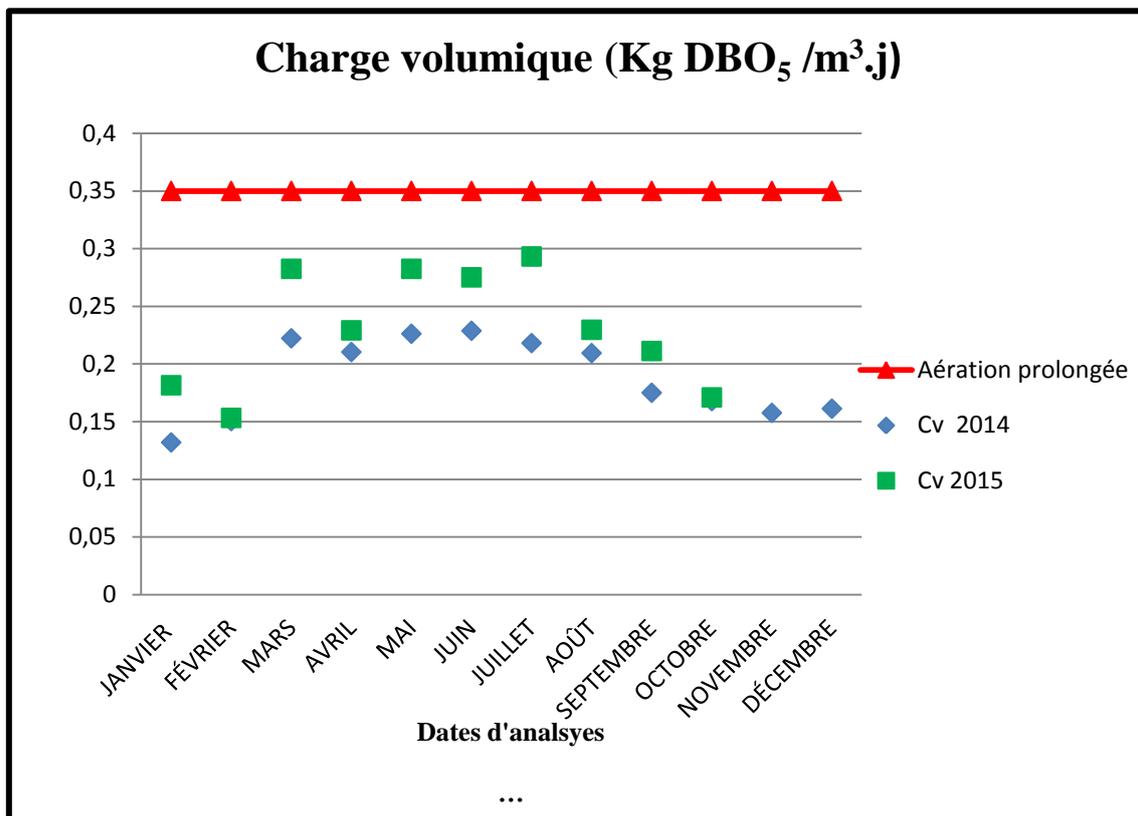


Figure V.21: Variation de la charge volumique (C_v) dans le bassin d'aération de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent..

D'après les résultats obtenus, il en résulte que la nouvelle STEP d'Ain Témouchent

fonctionne en aération prolongée ($C_m < 0,35 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3 \cdot \text{j}$).

V.4.3. Temps de séjours

C'est le temps de séjour hydraulique de l'eau dans un bassin, il correspond au rapport du volume du bassin (V) sur le débit de l'effluent entrant (Q), il s'exprime en (h)

$$T_s = \frac{V}{Q} \quad (\text{V.3})$$

Avec:

T_s: Temps de séjour de l'eau (h) .

V: Volume du bassin d'aération (m^3).

Q_j: Débit d'eau à traiter (m^3/h).

la figure suivante donne la variation du temps de séjour de l'eau dans le bassin d'aération, pendant l'échantillonnage .

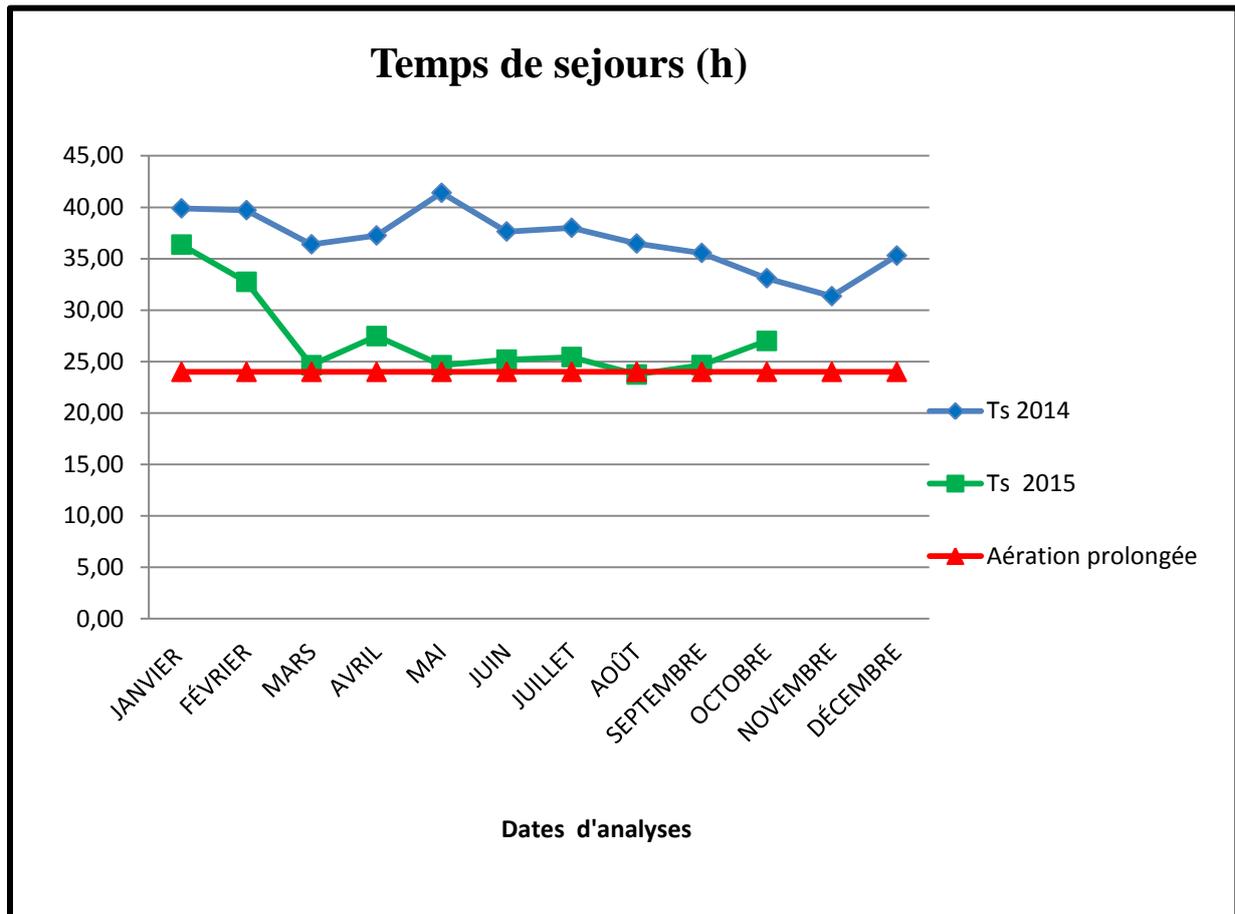


Figure V.22: Variation du temps de séjours de l'eau dans le bassin d'aération de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent

D'après les résultats obtenus dans la figure V.22 , on remarque d'importants temps de séjours qui varient entre 24 h et 41 h ,ce qui montre que la STEP fonctionne en aération prolongée ($T_s > 24h$).

V.4.4. Concentration de boues dans le bassin d'aération

La figure V.23 montre la variation de la concentration de boues dans le bassin d'aération durant la période de service de la STEP.

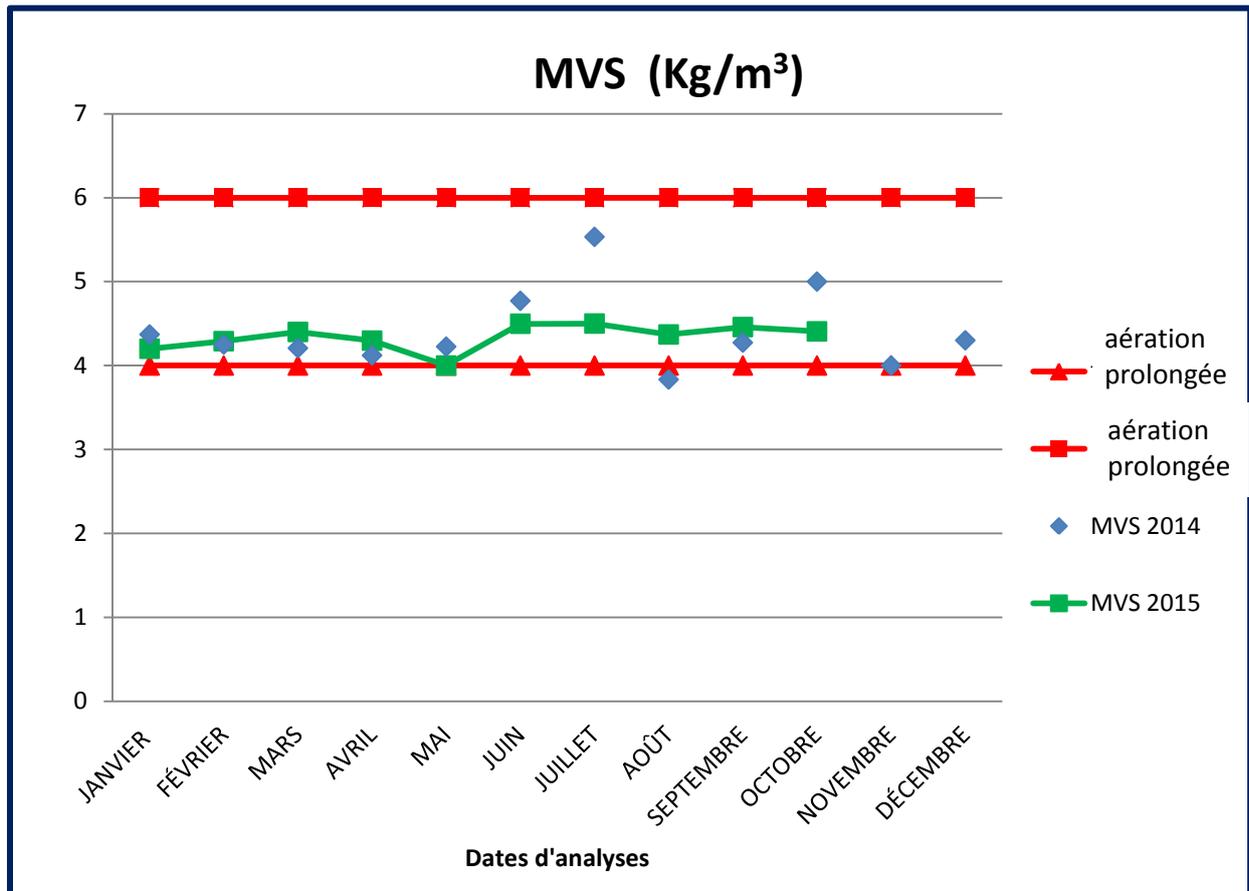


Figure V.23: Variation de la concentration de la boue (exprimée en MVS) dans le bassin d'aération de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent.

Les résultats indiqués sur la figure V.23 montre que les concentrations en MVS dans le bassin d'aération sont dans la gamme de l'aération prolongée (MVS = 4 à 6 kg/m³).

V.4.5. Age des boues

L'âge des boues est la durée d'aération subie par la boue avant son élimination, il est défini comme étant le rapport entre la masse des boues présentes dans le réacteur

$$\text{Age} = \frac{C_{b,t}}{C_{b,ex}} = \frac{[MES_{BA} \times V_{BA}]}{C_{b,ex}} \quad (V.4)$$

Age : Age des boues (jour).

C_{b,t} : Concentration en solide (ou solide volatil) de la liqueur mixte (mg/l).

$C_{b,ex}$: Concentration en solide (ou solide volatil) des boues (mg/l).

La figure suivante présente la variation moyenne de l'âge des boues :

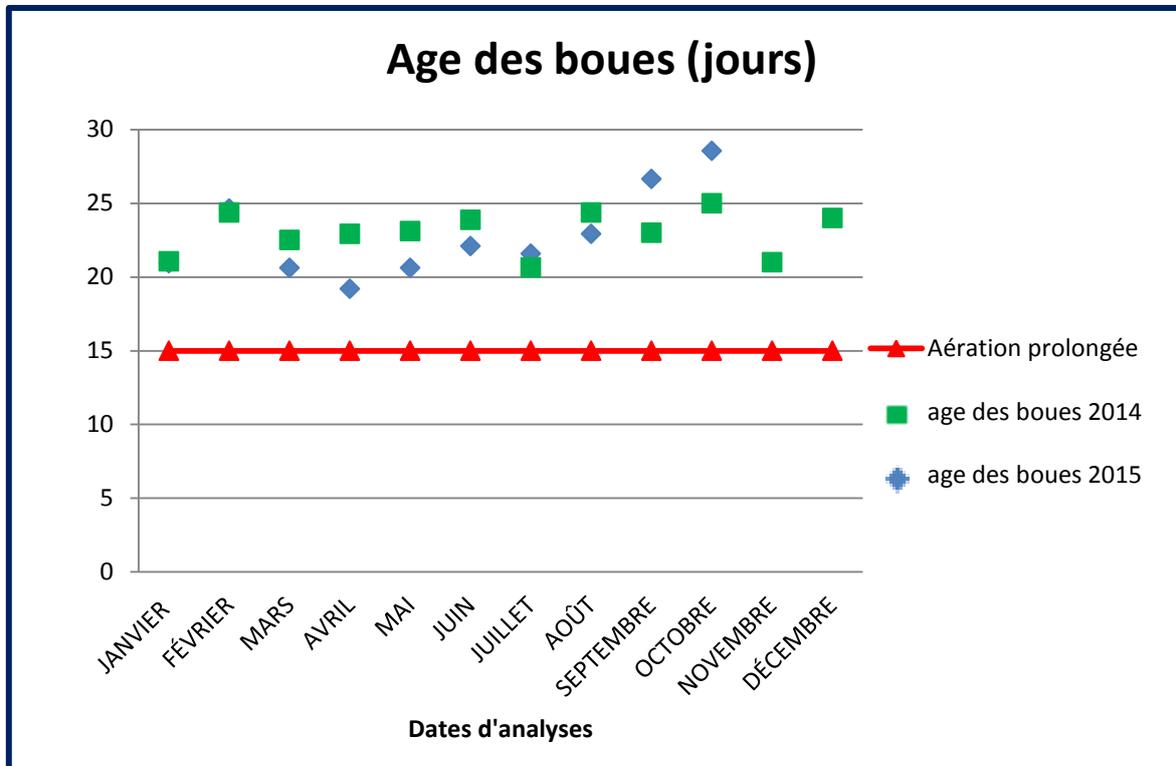


Figure V.24: Variation de l'âge des boues (jours) dans le bassin d'aération de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent

Les résultats indiqués sur la figure V.24 montrent que les valeurs de l'âge des boues de la STEP sont dans la gamme "aération prolongée" (âge des boues >15 jours). Ces résultats obtenus mettent en évidence la bonne gestion de la production de la boue au niveau de cette STEP.

V.4.6. Indice de boues (IB) ou Indice de Mohlman (IM)

L'indice de Mohlman (IM) est le rapport entre le volume des boues décantées en trente minutes et la masse des MES (résidu sec) contenus dans ce volume.

L'indice de Mohlman (IM) permet de traduire la bonne aptitude à la décantation (bonne ou mauvaise décantation).

- ✓ Si : $80 < IM < 150$ bonne décantation.
- ✓ $IM < 50$ boue d'aspect granuleux, risque de former des dépôts.
- ✓ $IM > 200$ boue en gonflement (foisonnement, bulking) développement exagéré des bactéries filamenteuses.

l'indice des boues est exprimé en ml.g^{-1} de MES .

$$IB = V/M \quad (V.5)$$

Avec :

V: Volume de boue décanté en trente minutes (en ml.l^{-1}).

M: Concentration des matières en suspension dans l'éprouvette (en g.l^{-1}).

La figure suivante donne la variation de l'indice de boues (IB) dans le bassin d'aération de la STEP.

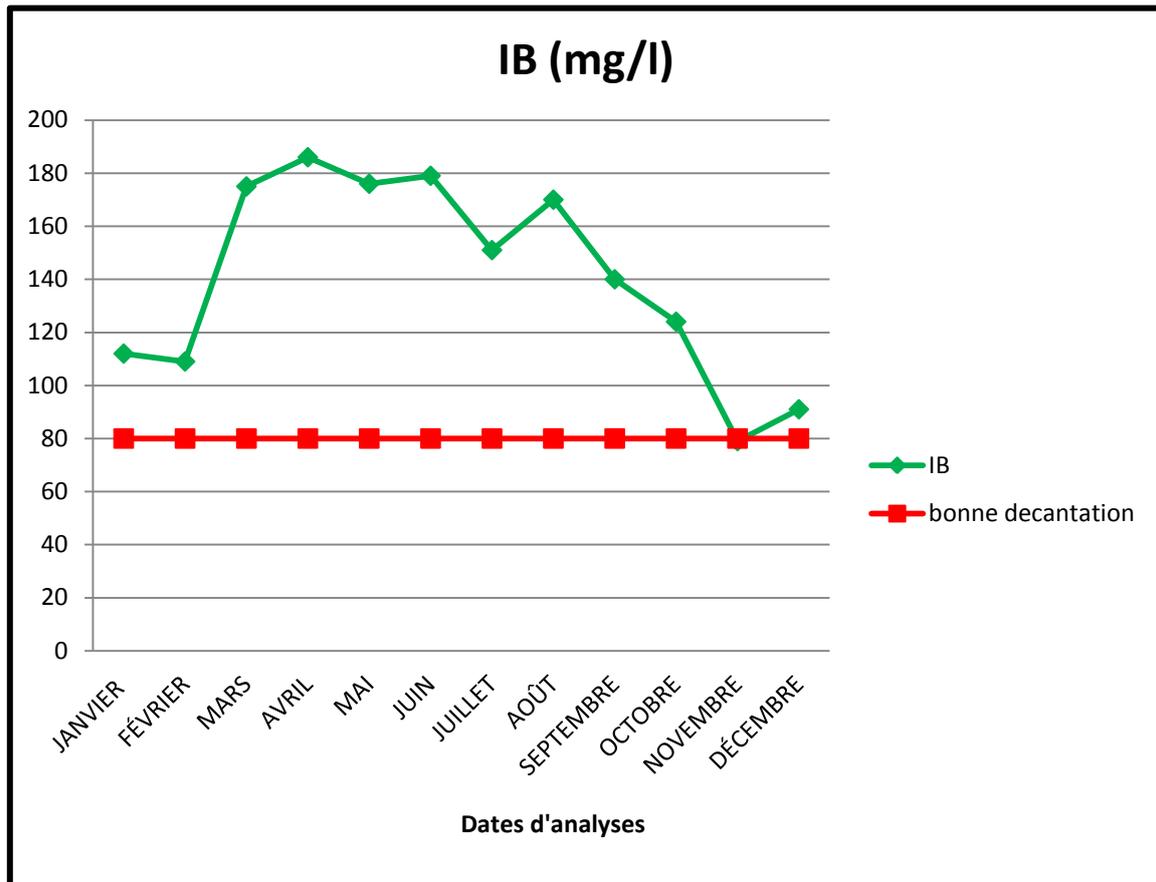


Figure V.25: variation de l'indice de boues (IB) dans le bassin d'aération de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent.

Les valeurs de l'indice de boues varient entre 79 mg/l et 186 mg/l, elles sont supérieures à 80 mg/l, ce qui caractérise une bonne décantation des boues.

V.4.7. La biodégradabilité (K)

L'estimation du coefficient de biodégradabilité K est très importante pour la recherche de la qualité de l'effluent qui est le rapport entre la demande chimique d'oxygène et la demande biologique, et d'estimer la présence des composants qui influencent la dégradation des matières organiques (les détergents).

Si:

- ✓ $1 < K < 1.5$: l'effluent est biodégradable.
- ✓ $1.5 < K < 2.5$: l'effluent est moyennement biodégradable.
- ✓ $K > 2.5$: l'effluent n'est pas dégradé.

la figure suivante donne la variation de la biodégradabilité (K) .

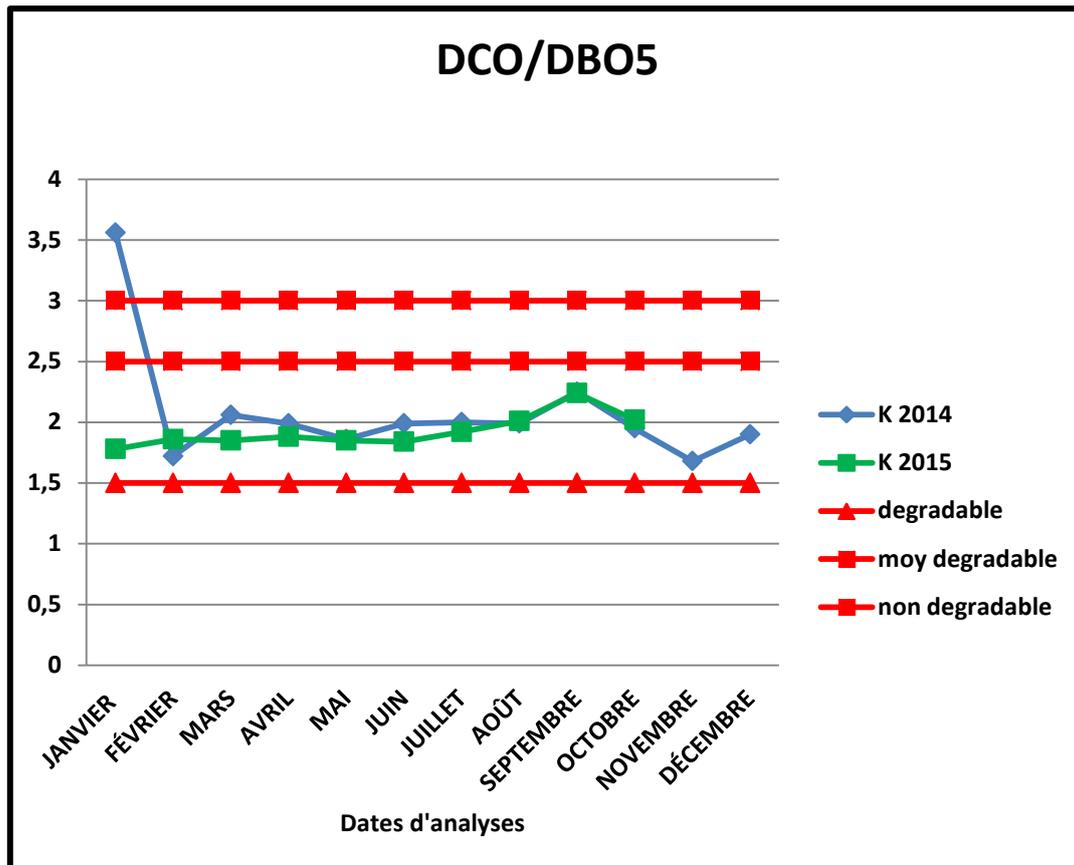


Figure V.26: variation de la biodégradabilité au niveau de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent.

Les valeurs de la biodégradabilité sont comprises entre 1,68 et 2,67, donc elles sont dans la gamme 1,5 et 2,5 ce qui implique que l'effluent est moyennement biodégradable, à l'exception d'un léger dépassement au mois de Janvier (3,56) . Dans ce cas, les eaux qui arrivent à la STEP sont mélangées avec des eaux d'origine industrielle qui sont raccordées au même réseau d'assainissement (réseau unitaire), ce qui traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteurs de la croissance bactérienne tels que les détergents et les hydrocarbures.

V.5.Conclusion

D'après les résultats obtenus on remarque que la nouvelle STEP d'Ain Témouchent fonctionne en aération prolongée, malgré qu'elle était conçue pour fonctionner a faible charge ,cela est du aux faibles débits entrant à la STEP .

la STEP présente des bons résultats qui sont conforme à la norme algérienne.

Conclusion générale

La réglementation Algérienne en termes de rejet des STEP est devenue de plus en plus sévère, suite à une complexité des problèmes relatifs au dysfonctionnement biologique et la diversité des choix des options techniques qui peuvent être utilisées, dont les résultats sont très encourageants

A la croissance des eaux usées dans les prochaines années, une démarche pragmatique est nécessaire doit s'appuyer sur les données techniques recueillies dans le cadre d'une étude préalable, dont l'amélioration du fonctionnement des systèmes d'épuration passera par l'utilisation de la mesure en continu dans le contrôle, l'automatisation et la supervision des stations. Par ailleurs, une attention particulière sera portée au devenir des rejets de temps de pluie. Si nécessaire, une partie du volume supplémentaire d'eaux usées devra être traitée dans les stations d'épuration.

Notre étude a été axée sur le suivi de l'élimination des paramètres de pollution qui sont: les matières en suspension (MES), la demande biochimique en oxygène (DBO_5), la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote total (NT), l'azote de Kjeldahl (NTK), et l'azote ammoniacal ($N-NH_3$), Phosphate total (Pt)...etc, afin d'évaluer les performances de fonctionnement de la nouvelle station d'Ain Témouchent .

L'interprétation des résultats de calculs, a permis de conclure que:

Les valeurs de tous les paramètres de pollution trouvées à la sortie de la STEP respectent les normes de rejet, à l'exception de celles-ci de phosphate total (**Pt**) ou elles dépassent les normes de rejet, processus de déphosphoration n'est pas efficace .

Les rendements d'élimination des MES sont respectivement pour les années 2014 et 2015 de (96,7% ,95%).

Concernant les valeurs de la DBO_5 à la sortie de la STEP, elles varient entre 3,6 mg/l et 17,1 mg/l avec un rendement d'abattement de 96,7 % pour l'année 2014 , alors que ces valeurs en 2015 ont enregistré une légère baisse ,elles varient de 2,5 mg/l à 9,6 mg/l , avec un rendement de 97,48 %. Ces valeurs sont pratiquement constantes et restent très au dessous de la norme de rejet des effluents liquides (40 mg/L).

Les valeurs de la DCO à la sortie de la STEP restent au dessous de la norme de rejet fixée à 120 mg/l. Les rendements d'abattement sont de 93% pour l'année 2014 et de 91,99 % pour l'année 2015.

Les valeurs des concentrations de l'azote total à la sortie de la STEP durant l'année 2015 sont largement inférieures à celle de la norme de rejet (15 mg/l). elles oscillent entre 7,63

mg/l et 12,06 mg/l), elles sont largement inférieures à celle de la norme de rejet (15 mg/l).

Les valeurs de l'Azote de Kjeldahl NTK à la sortie de la STEP, au cours des deux années 2014 et 2015, restent au-dessous de la norme de rejet (< 40 mg/l).

Les valeurs de l'azote ammoniacal (N-NH₃) dans l'eau traitée sont dans l'ensemble inférieures à la norme de rejet (soit 5 mg/l), à l'exception de certains légers dépassements.

Les valeurs de concentration de phosphore total à la sortie de la STEP sont instables et dépassent les normes de rejets (2 mg/l), pour l'année 2014, elles oscillent de 2,11 mg/l à 5,35 mg/l, et de 1,96 mg/l à 6,6 mg/l en 2015, ce dépassement peut être dû à un processus de déphosphoration incomplet.

Les valeurs de la température relevées de la STEP sont conformes à la norme durant les deux années 2014 et 2015, elles sont inférieures à 30°C, ce qui favorise la dégradation de la pollution organique en conséquence.

Les valeurs de pH des eaux à la sortie de la STEP varient entre 7,63 et 8,12 durant 2014, et entre 7,41 et 8 durant l'année 2015, ces valeurs respectent la norme de rejet délimitée entre 6,5 et 8,5.

L'analyse des principaux paramètres de fonctionnement du processus dont sont : charge massique, charge volumique, âge des boues, le temps de séjour, la concentration de la boue dans le bassin d'aération, a montré que la STEP de la ville de Ain Témouchent fonctionne en aération prolongée, malgré que la STEP a été conçue pour fonctionner en faible charge et cela est dû aux faibles débits entrant à la STEP :

- Les valeurs de la charge massique, sont dans l'ensemble inférieures à 0,1 kg DBO₅ /kg MVS/j qui implique un bon fonctionnement en aération prolongée.

- En ce qui concerne la charge volumique de la STEP, elle reste toujours dans la gamme de l'aération prolongée (< 0,35 kg DBO₅/kg.j), elle varie entre 0,12 et 0,29 kg DBO₅/kg.j.

- Les concentrations de la boue dans le bassin d'aération, varient entre 4 et 5,53 kg/m³ ce qui implique un fonctionnement en aération prolongée (4 - 6 Kg/m³).

- Le temps de séjour varie entre 24 et 41 h dans correspondance à un fonctionnement en aération prolongée (> 24 h).

- Les valeurs de l'âge des boues de la STEP sont dans la gamme d'aération prolongée (A > 15), elles varient 19 et 26 jours.

- L'indice de boue de notre station est compris entre 76 et 136 mg/l, ces résultats sont supérieures à 80 mg/l, ce paramètre indique la bonne décantation des boues.

- Les valeurs de la biodégradabilité des effluents montrent que les eaux arrivant à la STEP sont favorables pour un traitement de type boue active.

Conclusion générale

Les résultats ainsi obtenus montrent que la nouvelle STEP d'Ain Témouchent donne de bon rendement épuratoire, elle fonctionne par le procédé "boues activées en aération prolongée".

Bibliographie

- [1] DJEDDI Hamsa , (2006/2007), « L'utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines », mémoire de magistère , université Mentouri Constantine ,département des sciences de la nature et de la vie.
- [2] BENSALÉM Mohamed Bachir, (2008), Contribution à l'étude de l'efficacité de l'épuration des eaux usées dans la ville de Sidi Bel Abbés, mémoire de magister, université Djillali Liabes Sidi Bel Abbés,.
- [3] Le contrat de management d'Alger , Octobre 2011, un ambitieux programme sur l'eau, un partenariat public-privé réussi.
- [4] Ministère des ressources en eau 2006.
- [5] SADIM et TARMOUL.F, (2007), « Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel « cas de lagune de Beni-Messous », mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de magistère.
- [6] Mr. Rahou Kada Boubakeur (2014), Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'El-kerma ORAN, mémoire de master, département de génie chimie, université d'Oran.
- [7] REJSEK, (2002) , analyse des eaux ,aspect réglementaire et techniques, édition scérén CPDPA quitaine ,Bordeaux.
- [8] GROSCLAUDE, (1999), L'eau : usage et polluant, Tome II .4^{ème} Edition. INRA, Paris.
- [9] GOMELLA C, GUERREE H (1978), Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées, Ed. Eyrolles, Paris, 262 p.
- [10] Y.Libes : Les eaux usées et leur épuration ,pdf.
- [11] Bulletin Officiel n° 4325 du 24 Rabii II 1416/20 septembre 1995.
- [12] Baumont S, Camard J P, Lefranc A, Franconi A, (2004), Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, pp 220.
- [13] Rodier J, (2005),L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Edition, Dunod, paris.
- [14] Jean,Beadry, (1992) ,« Chimie des eaux »,le griffon d'argile .
- [15] F.A.O, (2003),L'irrigation avec les eaux usées traitées :Manuel d'utilisation .
- [16] Régis Bourrier , Marc Satin , Béchir Selmi,(2010), « Guide technique de l'assainissement » (collecte-épuration-conception-exploitation),4^{ème} édition.
- [17] Abdelkader Gaid, (1984), « épuration biologique des eaux usées urbaines », Tome I, Ed OPU Alger, Pp261.
- [18] Metiche M, (2004), « Environnement : phénomènes de pollution et techniques de protection » ,centre universitaire de Bechar .

- [19] SUSCHKA J, FERREIRA E, (1986), Activated sludge respirometric measurements, Water research, pp.137-144.
- [20] METAHRI Mohammed Saïd, (2012), Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, obtention de diplôme de master.
- [21] René Moletta ,L'eau, sa pollution, et son traitement « Moletta Méthanisation » 1504 Route des Bottières 73470 Novalaise (France) .pdf
- [22] Fiche technique rédigée par l'équipe technique de RéFEA.pdf
- [23] Patrick GIRGENTI « SARL EAU PRO », les paramètres d'analyse.pdf
- [24] Albert AMSELEM, Montréal, Le 26 Avril 2013 « étude des effets de la minimalisation des boues sur la méthanisation par digestion anaérobique » , mémoire présenté à l'école de technologie supérieure ,université du Québec.
- [25] Asano T,(1998), Wastewater reclamation and reuse , Water quality management library.
- [26] Faby J.A, Brissaud F,(1997), L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.
- [27] Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.
- [28] Mr.Yousfi Mustapha, soutenue le 24/10/2011 , « Etude d'un séchoir solaire de boue » mémoire de master ,université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen.
- [29] Boudez, j-c, (2001), Rhéologie et physico-chimie des boues résiduelles pâteuses pour l'étude du stockage et de l'épandage, thèse de doctorat Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF) de Paris .
- [30] Léonard, A, (2002), Etude du séchage convectif des boues de station d'épuration suivi de la texture par micro-tomographie à rayons x, thèse de doctorat, Faculté des sciences appliquées ,université de Liège
- [31] Silman SY :PapaSidy (2002-2003),Etude de réhabilitation de la station d'épuration de saly portudal ,département de génie civil, diplôme d'ingénieur de conception, université cheikh anta diop de dakar,Senegal.
- [32] Haoua Amadou , soutenue (04/05 /2007), « Modélisation de séchage solaire sous serre des boues de station d'épuration urbains » , thèse de doctorat ,université Louis Pasteur- Strasbourg I Discipline: Sciences pour l'ingénieur .
- [33] Henri Aussel, Graziella Dornier ,(Novembre 2004), le traitement des eaux usées (Institut national de recherche et de sécurité),Paris.
- [34] DESHAYES Matthieu,(Juin 2008) , « QUALISTEP Guide pour l'établissement des Plans d'Assurance de la Qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type

boues activées en lots séparés »,INSA de Strasbourg, Spécialité Génie Civil, option aménagement du territoire.

[35] Anonyme, "Fiche technique sur l'assainissement collectif n°6 le lagunage naturel".

[36] Hatem Dhaouadi , (2008), « Traitement des eaux usées urbaines , les procédés biologiques d'épuration ,université Virtuelle de Tunis .

[37] Karima Allaoui (2008-2009) « modélisation hydraulique d'un bassin d'aération des stations d'épuration des eaux usées », mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister, université d'Annaba.

[38] Satin M, Selmi B, (2006), Agence de l'eau seine-Normandie, Guides des procédés épuratoires intensifs proposés aux petites collectivités, Nanterre.

[39] Bongiovanni, J.-M, (1998), Traitement des boues résiduelles par l'association en série d'une déshydratation mécanique et d'un séchage thermique, thèse de doctorat, université de Pau et des Pays de l'Adour.

[40] DEGREMONT SUEZ, 2005, Mémento technique de l'eau : Edition technique et documentation Lavoisier.

[41] Edline F. (1996)., L'épuration physico-chimique des eaux.3eme édition. Ed. CEBEDOC, Paris, 283p

[42] Cornice, R, (avril 1992), "Conditionnement et traitement des boues des stations d'épuration des eaux résiduelles urbaines et des usines de production d'eau potable." Institut National Agronomique de Paris, cycle "Valorisation agricole des déchets des usines de traitement des eaux".

[43] Lazarova V., Gaid A., Rodriguez-Gonzales J., Alday Ansola J, (2003), L'intérêt de la réutilisation des eaux usées : analyses d'exemples mondiaux, Techniques, Sciences et Méthodes.

[44] Cauchi , Hyvrard, Nakache, Schwartzbrod, Zagury, Baron, Carre, Courtois, Denis, Dernas, Larbaigt, Derangere, Martigne, Seguret. (1996), Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration Techniques, Sciences et Méthodes.

[45] M^{elle} KAROUNE Samira ,(Soutenu en 2008), Effets des boues résiduelles sur le développement des semis du chêne liégé (Quercus suber L), mémoire de master , université Mentouri Constantine.

[46] Anaëlle Pony ,(Septembre 2009), Estimation de performances épuratoires: Caractérisation de boues de station d'épuration , master en Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie ,Parcours Hydrologie-Hydrogéologie ; Université Pierre et Marie Curie, École des Mines de Paris& École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts.

[47] Antonini, G, Février, 2000, "Les procédés de valorisation thermique des boues," Actes Du Colloque ,Les Boues. Quels Enjeux ? Quelles Solutions ?, Pau, France.

[48] Notice de l'exploitation de la STEP (2013).

Sites internet

[a1] www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/ , consulté le(21/01/2016).

[a2] www.sante.gouv.fr/dossiers/cshpf/re_1095_desinfection.htm, consulté le (24/01/2016).

[a3] [www cum.fr station/ movvtaf htm](http://www.cum.fr/station/mouvtaf.htm) ,consulté le (29/01/2016).

[a4] [infos/qr/eau-traiter-eaux-usées-procédé-boue-activé](#), consulté le (09/02/2016).

[a5] www.lyc-thiers.ac-ac-aix-marseille.fr , consulté le (21/03/2016).

Résumé

Les eaux usées sont fortement chargées en polluants et en contaminants divers, ce qui pose le problème des risques sanitaires liés à une réutilisation des eaux usées épurées , donc elles doivent être acheminées par les égouts vers des stations d'épuration afin d'être traitées.

L'objectif recherché dans notre travail est l'étude de la performance de la station d'épuration à boues activées de la wilaya d'Ain Témouchent. Le contrôle de la STEP comportera le suivi des variations de l'ensemble des paramètres physico-chimiques et de process sur une série de données mensuelles de deux ans d'exploitation (2014-2015) .

Les résultats présentent des rendements épuratoires satisfaisants de 95,72% des matières en suspension (MES). Le taux d'abattement de la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅) sont respectivement de 92,49% et de % 97,09.

Notre étude montre un bon fonctionnement des installations de la STEP .

Mots clé: Eau usée ,station d'épuration d'Ain Témouchent , boues activées, performances.

Abstract

The wastewater is heavily loaded with pollutants and various contaminants ,which poses the problem of health risks ,that is why they should be transported to the waste water treatment plants ,to be treated.

The aim of our work is the study of the performance of the waste water treatment plant with activated sludge of Ain Témouchent , the control of the WWTP involve the study of the variations of different physicochemical parameters and the process on a series of two monthly operating data (2014-2015).

The results present satisfactory outputs purifying 95,72% of the suspended matter. The outputs of the chemical oxygen demand (COD) and five-day biological oxygen demand (BOD₅) are respectively 92,49% and 97,09% . Our study shows the good working and exploitation of this plant.

Key words: wastewater, waste waters treatment plant of Ain Témouchent, activated sludge, performances.

المخلص

تحتوي مياه الصرف الصحي على كم هائل من الملوثات المختلفة , الامر الذي يشكل مشكلة المخاطر الصحية المرتبطة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة , إذا يجب نقلها الى محطات الصرف الصحي لمعالجتها.

الهدف من عملنا هو دراسة فعالية محطة تطهير المياه بطريقة الحماة المنشطة بولاية عين تموشنت , مراقبة سير المحطة يتضمن دراسة التغيرات لمختلف العناصر الفيزيوكيميائية لمدة سنتين (2014-2015).

قد بينت النتائج مرد ودية مرضية تقدر ب95,72% بالنسبة للمواد العالقة , اما بالنسبة لمعدلات التخفيض للطلب الكيميائي و البيولوجي للاكسجين هي على التوالي 92,49 % , 97,09 %.

نتائج هذا البحث اظهرت السير الحسن لمحطة التطهير للصرف الصحي بولاية عين تموشنت.

. **الكلمات المفتاحية:** مياه الصرف الصحي محطة التطهير لولاية عين تموشنت , الحماة المنشطة , فعالية .

