

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option: ASSAINISSEMENT

THEME DU PROJET :

**ETUDE DES PERFORMANCES EPURATOIRES DE LA
STATION D'EPURATION DE REGHAÏA (W.ALGER)**

PRESENTE PAR :

M^r : IABBADENE Yacine

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r KHETTAL Tahar	M.C.A	Président
M ^{me} CHENITI Nawel	M.A.A	Examinatrice
M ^r HEBBOUCHE Abdelhamid	M.A.B	Examineur
M ^{me} TAFAT Leila	M.A.A	Examinatrice
M ^r MEDDI M'hamed	Ingénieur (DRE)	Invité
M ^{me} HOULI Samia	M.A.A	Promotrice

Juin - 2014

Dédicace

À MA TRES CHERE MERE, POUR M'AVOIR MIS AU MONDE ET POUR M'AVOIR ACCOMPAGNE TOUT LE LONG DE MA VIE AVEC TANT D'AMOUR ET D'AFFECTION.

À MON CHER PERE, QUI SANS LUI, JE NE SERAIS PAS ARRIVE JUSQU'ICI. J'ESPERE TOUJOURS RESTER FIDELE AUX VALEURS MORALES QUE VOUS M'AVEZ INCULQUES.

À MON ONCLE AREZKI, QUI M'A BEAUCOUP AIDE LE LONG DE MA VIE. JE VOUS SERAI TOUJOURS RECONNAISSANT

À MON FRERE HAMID.

À MON FRERE LOUNES SA FEMME NABILAH AINSI QUE MON ADORABLE NIECE LEHNA

À MES GRANDS PARENTS

À MES ONCLES ET TANTES, COUSINS ET COUSINES

À MES COPAINS DE CHAMBRE DEPUIS MA PREMIERE ANNEE, TOUFIK MAOUEL, SAMY RAMDANE, RACHID BOUZIANE, SAMIR HAMDANI, NASSIM DJOUMI ET YAZID LOUDA

À MES AMIS : MOUSSA KADIR, MILODA SADEK, OUSSAMA BOULAUCHE, AHMED MEDDANE, LES TROIS MOH(IGUERNLALA, REZZIK, OUHADA), SAID BELOUAR, TAKFARINAS ABBAS, GHANI MAHMOUDI, KARIM DEMOUCHE, KARIM ISSAD, HACENE AMOUCHE, MASSI YANES, BELKACEM GUETTAF, REDOUANE HADJ RABAH, IDIR LOUDA, YACINE MEDJADI, ZOHIR HAMITI, AREZKI REKIK, SOFIANE KELALECHE, AGHILES CHEBIL, KACI OULD TALEB, MAHDI HAMZAOUI, YOUVA SPORTIF, RAMDANE L'ARTISTE...

À MES AMIS DES ANCIENNES PROMOTIONS : MAHREZ, AGHILES, MAZIGH, NASSIM, YOUSSEF, TAREK, L'EQUIPE DE BOUIRA(LYES, KHOYA ALI, KHOYA MOH , ADEL, RABAH, AREZKI, AKLI), MOUMOUS, HMIMI, BOUDJEMAA, OUALI, TOUFIK, NABIL, GOMEZ, AZIZ, EL HADJ, OMAR MAZAR, NASSIM CHIKHOUN, AKILI ALI, KAMEL OUALI, ...

À MES AMIES, LYDIA BERKANI,

LYDIA HAMICHE, CELIA, SARA, IMENE, HADJER, AHLEM

À MES AMIS(E) DE LA FIE

ENFIN, À TOUTES PERSONNES QUE JE PORTE DANS LE CŒUR ET QUI SE RECONNAITRONS CAR ELLES EN FONT AUTANT.

Je vous dédie ce modeste travail en guise
de reconnaissance car vous m'êtes
si chers que je ne peux que vous offrir ce que
j'ai appris de mieux dans ma vie

yacine(sofiane)
yacine(sofiane)

Remerciement

Je remercie MES PARENTS en premier lieu qui m'ont permis et facilité les choses pour accomplir mes études.

je remercie aussi tous les autres membres de ma famille qui m'ont aidés et encouragés quel que soit les conditions, en particulier mon oncle AREZKI

Le devoir est très agréable d'exprimer ma vive gratitude à madame HOULI Samia pour son aide indéfectible, son soutien inestimable ainsi que ses conseils précieux tout au long de ce travail. Sans cette brave femme je ne serais fait la moitié de ce que j'avais fait, pour elle je reprends la parole de la fontaine qu'avait dit un jour : « tel est pris qui croyais prendre » j'affirme que j'ai appris énormément de choses avec elle.

A tout le personnel de la STEP de Reghaia, je leurs adresse à travers cet humble travail mes remerciements, mes salutations ainsi que ma vive reconnaissance, d'avoir me facilité l'accès à chaque fois que j'avais besoin de consulter la STEP et leurs sympathie avec moi.

Je tiens à remercier aussi les enseignants qui m'ont accordé un peu de leur temps pour consulter le travail avec eux en toute aisance, très en particulier monsieur « YAHYAOUI Samir »

Je tiens à remercier aussi :

Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail ;

Tous les professeurs qui ont contribués à ma formation ;

Mes amis pour leur présence ;

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration et l'aboutissement de ce mémoire.

Sans oublier tout personnage de l'ENSH et de la Cité 03, à qui j'ai une affection particulière.

ملخص:

تتركز دراستنا على معاينة مقاييس سير عمل محطة التصفية برعاية التي تشرف عليها شركة سيال بمراقبة معايير كل مرحلة من مراحل التصفية مع معاينة خصوصيات عمل كل وحدة خلال العامين الماضيين. الحمولات الملوثة فاقت درجة استيعاب المحطة مع درجة تدفق عالية سجلت خلال فترة الدراسة تسببت في اختلالات مترابطة من حيث نوعية الرمل، إزالة الأزوت و نوعية الأوحال المسترجعة من ناحية أخرى، إعادة قياس كل وحدات المحطة سمح باستنتاج أن بعض الهياكل لا تستطيع استيعاب كل الحمولات التي تستقبلها المحطة مما يستوجب توسيعها. و قد اقترحت حلول أخرى بهدف تحسين عملية المعالجة البيولوجية مع خفض مصاريف الطاقة و التأثير الايكولوجي في الختام، حل القضايا المطروحة في هذه المذكرة قد يستغرق بعض السنوات، و التي من المحتمل ان يضاف اليها مشاكل اخرى في هذه الفترة

Résume :

Notre étude s'intéresse à la vérification des critères de fonctionnement de la station d'épuration de Reghaia qui est exploitée par la SEAAL, en contrôlant les performances de chaque étape de traitement, ainsi que la vérification des paramètres de fonctionnement de chaque ouvrages durant les deux dernières années. Des charges polluantes supérieures à la capacité nominale de la STEP et des débits importants ont été enregistrés durant la période étudiée ce qui a provoqué des dysfonctionnements interdépendants en termes de récupération des sables, de l'élimination de l'azote, la qualité des boues récupérées...

D'autre part le redimensionnement de la STEP a permis de conclure que les dimensions de certains ouvrages sont inadaptés aux charges entrantes ce qui nécessite leurs extensions. D'autres solutions ont été proposées pour améliorer le processus de traitement biologique tout en diminuant les dépenses énergétiques et l'empreinte écologique. En conclusion, il faudra peut-être plusieurs années avant de résoudre les problématiques soulevées dans ce mémoire, auxquelles viendront surement s'ajouter d'autres dans l'intervalle.

Abstract:

Our study focuses on the verification of the performance criteria of the STEP of Reghaia which is operated by the SEAAL. We intend to monitor the performance of each processing step, and verify the operating parameters of each item in the last two years. As such, we have found that rates of pollutant loads recorded during the period of the study were higher than the rated capacity of the STEP which caused malfunctions interdependent in terms of recovery of sands, nitrogen removal, sludge quality... etc. On the other hand, resizing the STEP allows to conclude that the dimensions of some frameworks are unsuitable for incoming extensions which requires their loads. Other solutions have been proposed to improve the biological treatment process while reducing energy costs and carbon footprint. In conclusion, it may take several years to resolve the issues raised in this paper, which will probably add more in the meantime.

SOMMAIRE

Introduction générale

CHAPITRE I : Origines et nature des eaux usées

Introduction	1
I.1.Origines des eaux usées	1
I.1.1.Les eaux usées domestiques	1
I.1.2.Les eaux usées industrielles	1
I.1.3.Les eaux pluviales	2
I.1.4.Les eaux agricoles	2
I.2.Nature de la pollution de l'eau	2
I.2.1.Pollution organique	2
I.2.2.Pollution microbiologique	3
I.2.3.Pollution minérale.....	3
I.2.4.Pollution toxique.....	3
I.3.Effets des eaux usées sur le milieu récepteur	4
I.4.Caractéristiques des paramètres de pollution étudiés.....	5
I.4.1.Les paramètres physiques	5
I.4.1.1.La température	5
I.4.1.2.La turbidité.....	5
I.4.1.3.L'odeur et couleur	5
I.4.1.4.La conductivité électrique (CE)	5
I.4.1.5.Les charges pondérales	6
a. Les matières en suspensions(MES).....	6
b. Les matières volatiles en suspension(MVS)	6
c. Les matières minérales (MMS).....	6
d. Les matières décantables (MD) et non décantables (MND)	7
I.4.1.6.Matières grasses.....	7
I.4.1.7.Les matières colloïdales	7
I.4.2.Les paramètres chimiques	7
I.4.2.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)	7
I.4.2.2.Potential redox (Eh)	7
I.4.2.3.La demande biologique en oxygène(DBO)	7
I.4.2.4.La demande chimique en oxygène(DCO)	8
I.4.2.5.La biodégradabilité	8
I.4.2.6.Les nutriments.....	8
I.4.2.7.Métaux lourds	10
I.4.3.Les paramètres biologiques	11
I.4.3.1.Les virus	11
I.4.3.2.Les bactéries	11
I.4.3.3.Les protozoaires.....	11
I.4.3.4.Les helminthes	12
I.5.Estimation des Charges polluantes	12
I.5.1.Charges en DBO ₅	12
I.5.2.Charges en MES	12
I.5.3.Notion d'équivalent habitant (EH).....	12
I.5.4.Les normes de rejet.....	12
Conclusion	13

CHAPITRE II : Filière de traitement des eaux par boues activées

Introduction	14
II.1.Le prétraitement	14
II.1.1.Dégrillage et tamisage	15
II.1.1.1.Dégrillage	15
a. Grilles manuelles.....	16
b. Grille automatique (mécanique)	16
II.1.1.2.Tamisage.....	16
II.1.2.Dilacération	16
II.1.3.Dessablage	17
II.1.4.Dégraissage-déshuilage.....	18
II.1.4.1.Dégraisseur statique	18
II.1.4.2.Dégraisseur aéré.....	18
II.2.Traitement primaire.....	19
II.2.1.Phase de coagulation/floculation.....	19
II.2.2.Phase de clarification.....	19
II.3.Traitement biologique.....	20
II.3.1.Les procédés à cultures libres (Boues activées).....	21
II.3.2.Composition de la boue activée	22
a. Consommateurs primaires (bactéries)	22
b. Les carnivores et les prédateurs (zooplancton).....	22
c. Les espèces sarcophages.....	22
II.3.3.Évaluation de la DBO ₅ et de la masse bactérienne en fonction du temps d'aération	23
a. Phase de latence	23
b. Phase de croissance exponentielle	23
c. Phase de croissance ralentie	24
d. La phase de déclin ou phase de respiration endogène.....	24
II.3.4.Paramètres de fonctionnement	24
a. La charge volumique C _v	24
b. Charge massique ou facteur de charge C _m	24
c. Le temps de passage.....	25
d. Le « temps de passage fictif »	25
e. L'âge des boues.....	25
f. Le taux de recyclage	25
g. Consommation en oxygène	25
II.3.5.Différents types d'épuration par boue activées	27
Le mélange intégral	27
Le mélange piston	27
II.3.6.Mécanisme d'élimination biologique de l'azote.....	27
La nitrification	27
La dénitrification	27
II.3.7.Traitement biologique du phosphore	27
II.3.8.La clarification	28
II.4.Traitement tertiaire	28
Conclusion	28

CHAPITRE III : Traitement des boues

Introduction	29
III.1. Composition et origine des boues.....	29
III.2. Procédés de traitement des boues	30
III.2.1. Epaissement	30
III.2.1.1. Epaissement gravitaire : la décantation (ou sédimentation)	31
III.2.1.2. Epaissement dynamique.....	31
a. La flottation.....	31
b. La Centrifugation	32
c. Le Drainage.....	32
III.2.2. Stabilisation et hygiénisation	32
III.2.3. Le conditionnement.....	33
III.2.4. Déshydratation	33
III.2.4.1. Les filtres presses	33
III.2.4.2. La centrifugeuse	34
III.2.4.3.Séchage.....	35
a. Lit de séchage	35
b. Séchage thermique.....	36
III.3. Destination des boues.....	36
III.3.1.Principale filières	36
III.3.1.1.Valorisation organique	36
a. Epannage des boues.....	36
b. Valorisation sous forme de compost.....	38
III.3.1.2.Valorisation énergétique	38
III.3.1.2. La mise en décharge contrôlée	39
III.3.2. Filières facultatives	39
III.3.2.1. La co-combustion en cimenterie	39
III.3.2.2. La gazéification	39
Conclusion	40

CHAPITRE IV: Dysfonctionnements des STEP à boues activées

Introduction	41
.....
IV.1.Détection des dysfonctionnements	41
IV.1.1.La détection visuelle	41
IV.1.2.La détection au niveau de laboratoire	41
IV.2.Dysfonctionnement des stations d'épurations à boues activées.....	42
IV.2.1.Dysfonctionnements des ouvrages de prétraitement.....	42
IV.2.1.1.Le dégrilleur.....	42
IV.2.1.2.Déssableur-déshuileur	42
IV.2.2.Traitement primaire.....	42
IV.2.3.Traitement biologique	42
IV.2.3.1.Historique sur les problèmes biologiques	42
IV.2.3.2.Les principaux problèmes de décantation.....	43
a. Les difficultés liées à la floculation des boues	43
b. Les difficultés liées à la densité des boues	44

c. Difficultés liées à la compaction des boues	46
Conclusion	49

CHAPITRE V : Présentation de la STEP de Reghaia

Introduction	50
V.1.Présentation de l'environnement de la STEP	50
V.1.1.Aperçu sur la STEP de REGHAIA	50
V.1.2.Localisation géographique	52
V.1.3.Présentation de la SEAAL	52
V.2.Présentation des filières de traitement de la STEP	53
V.2.1.Caractéristiques générales	53
V.2.2.Descriptif de la filière	54
V.2.2.1.Filière eau	54
V.2.2.2.Filière boues	54
V.2.3.La composition de la STEP.....	54
V.2.3.1.Arrivée des eaux brute et l'ouvrage de Comptage.....	54
V.2.3.2.Echantillonnage automatique des eaux d'arrivée	55
V.2.3.3.Le prétraitement	55
a. Dégrillage.....	55
b. Dessaleur/ Dégraisseur	55
V.2.3.4.Traitement primaire (Décanteur primaire)	56
V.2.3.5.Traitement secondaire.....	56
a. Bassin d'aération	56
b. Nitrification dénitrification	57
c. Déphosphatation chimique	57
d. Clarificateur	57
V.2.3.6. Traitement tertiaire (filtre sur sable)	58
V.2.3.7.Traitement des boues	59
a. Epaissement des boues	59
b.Stabilisation des boues	59
c. Bache de stockage des boues	60
d. Déshydratation des boues par centrifugation	60
V.2.3.8. Poste toutes eaux	61
V.2.3.9.Pont bascule	61
V.2.3.10. Groupe hydrophore.....	61
Conclusion	62

CHAPITRE VI : Etude des performances épuratoires de la STEP de Reghaia

Introduction	63
VI.1.Matériels et méthodes	63
VI.1.1.Mesure du débit	63
VI.1.2.Echantillonnage	63
VI.1.3.Les principaux paramètres analysés	63
VI.1.4.Indicateurs de performances	64
VI.2.Résultats et discussions	64
VI.2.1.Evolution de la charge hydraulique	64
VI.2.2.Evolution des paramètres physico-chimiques	65
a. Le potentiel hydrogène (pH)	65

b. La conductivité électrique (CE).....	66
c. Les matières en suspensions MES	67
d. La demande biologique en oxygène DBO ₅	67
e. La demande chimique en oxygène DCO	68
f. Phosphore totale Pt.....	69
g. Azote total	69
h. Les nitrates	70
i. L'azote ammoniacal	71
VI.2.3. Autres paramètres	71
a. Indice de mohlman (indice de boue)	71
b. Quantité du sable récupéré.....	72
VI.2.4. Interprétation des indicateurs de performances (ratio)	72
a. Indice de biodégradabilité : rapport DCO/DBO ₅	72
b. Equilibre nutritionnel	73
c. MES/DBO ₅	73
d. Ratio NH ₄ ⁺ /NT	74
e. Ratio DCO/Pt.....	74
f. Ratio DCO/NT	75
g. Ratio boue réelle/boue théorique.....	76
h. Ratio quantité polymère consommée kg/quantité boue réelle T.....	76
i. Ration consommation électrique kWh / kg DBO ₅ éliminée	77
j. Poste de relèvement : ratio consommation d'énergie électrique (kWh)/ volume relevé (Mm ³)	77
VI.2.5. Valorisation agricole des boues de la STEP de Reghaia.....	78
Conclusion.....	79

CHAPITRE VII : Vérification des paramètres de fonctionnement de chaque ouvrage

Introduction	80
VII.1. Débit et charges de dimensionnement	80
VII.2. Paramètres de fonctionnement de chaque ouvrage	80
VII.2.1. Prétraitement	81
VII.2.1.1. Le dégrillage	81
a. Dégrillage grossier	81
b. Le dégrillage moyen.....	81
VII.2.1.2. Dessableur-dégraisseur	82
VII.2.2. Décanteur primaire	84
VII.2.2.1. Rendement des charges polluantes	84
VII.2.2.2. Vitesse ascensionnelle	84
VII.2.2.3. Temps de séjour	85
VII.2.2.4. Débit d'extraction.....	85
VII.2.3. Traitement secondaire	86
VII.2.3.1. Bassin d'aération	86
VII.2.3.2. Clarificateur	87
VII.2.4. Traitement des boues.....	89
VII.2.4.1. Les épaisseurs	90
a. Epaisseur des boues primaires	90
b. Epaisseur des boues secondaires	91

VII.2.4.2.Stabilisation chimique des boues	92
Conclusion	82

CHAPITRE VIII : Solutions à envisager pour l'optimisation du fonctionnement de la STEP

Introduction	94
VIII.1.Solutions et recommandations	94
VIII.1.1.L'auto-surveillance au niveau de la STEP	94
VIII.1.2.Dégrilleur	94
VIII.1.2.1.Dégrilleur grossier	94
VIII.1.2.2.Dégrilleur moyen	96
VIII.1.3.Déssableur déshuileur	97
VIII.1.4.Décanteur primaire	98
VIII.1.4.1.Redimensionnement de décanteur primaire	98
VIII.1.4.2.Extension du décanteur primaire	99
VIII.1.5.Bassin d'aération	100
VIII.1.5.1.Redimensionnement du bassin d'aération	100
VIII.1.5.2.Extension du bassin d'aération	101
VIII.1.6.Clarificateur	102
VIII.1.7.Epaississeur (gravitaire)	102
VIII.1.7.1.Redimensionnement de l'épaississeur des boues primaires	102
VIII.1.7.2.Extension de l'épaississeur des boues primaires	103
VIII.1.8.Stabilisation des boues	103
VIII.1.9.Déshydratation des boues	104
VIII.2.Traitement tertiaire	104
VIII.2.1.Dose du chlore à injecter	104
VIII.2.2.Dose journalière en chlore	104
VIII.2.3.Calcul de la quantité de l'eau javel	104
VIII.2.4.La quantité d'hypochlorite de sodium nécessaire	105
VIII.2.5.La quantité annuelle d'hypochlorite de sodium	105
VIII.2.6.Dimensionnement du bassin de désinfection	105
Conclusion	106
Conclusion générale	

Liste des tableaux

CHAPITRE I

Tableau I.1 : origines et maladies provoquées par les organismes présents dans les eaux usées.	3
Tableau I.2 : classification des pollutions	4
Tableau I.3 : degré de minéralisation de l'eau en fonction de la turbidité	6
Tableau I.4 : le mode de traitement en fonction de la valeur de rapport $K(DCO/DBO_5)$	8
Tableau I.5 : les normes de rejet.....	13

CHAPITRE II

Tableau II.1 : Avantages et inconvénients des boues activées	21
Tableau II.2 : Classification du procédé en fonction de C_v et C_m	24
Tableau II.3 : Valeurs d'a' et b' en fonction des charges.....	27

CHAPITRE III

Tableau III.1 : Différents types de boues de STEP	29
Tableau III.2 : Comparaison des techniques de l'épaississement sur quelques paramètres	32
Tableau III.3 : Comparaison des différents types de déshydratation.....	34

CHAPITRE IV

Tableau IV.1 : les différentes anomalies observées au niveau d'une STEP à boues activées.....	48
Tableau IV.2 : les différentes anomalies observées au niveau d'une STEP à boues activées (suite)	49

CHAPITRE V

Tableau V.1 : Caractéristiques générales de la STEP	51
Tableau V.2 : les STEP exploitées par la SEAAL sur Alger.....	53
Tableau V.3 : Données de base du constructeur, horizon 2017 (partie 1)	53
Tableau V.4 : Données de base du constructeur (partie 2)	53

Chapitre VI :

Tableau VI.1 : concentrations limites en ETM des boues en France	78
Tableau VI.2 : les concentrations en ETM obtenus durant l'année 2013 au niveau de la STEP de Reghaia.....	78

CHAPITRE VII

Tableau VII.1 : Données de base de dimensionnement et les débits et charges obtenus durant la dernière année (2013).....	80
Tableau VII.2 : les paramètres du dégrilleur moyen.....	82
Tableau VII.3 : les paramètres de fonctionnement du dessableur-dégraisseur	83
Tableau VII.4 : rendements épuratoires du décanteur primaire	84
Tableau VII.5 : les paramètres de fonctionnement du décanteur primaire	85
Tableau VII.6 : Les paramètres du bassin d'aération pour le débit nominal et la période étudiée	87

Tableau VII.7 : les paramètres de fonctionnement du clarificateur pour le débit nominal et la période étudiée	89
Tableau VII.8 : paramètres d'épaississement des boues primaire pour la période étudié	90
Tableau VII.9 : paramètres d'épaississement des boues secondaires la période étudiée	91

CHAPITRE VIII

Tableau VIII.1 : Les valeurs de β' en fonction de la forme des barreaux	95
Tableau VIII.2 : Les caractéristiques de nouveau dégrilleur grossier	96
Tableau VIII.3 : Les caractéristiques de nouveau dégrilleur moyen.....	97
Tableau VIII.4 : Les dimensions du décanteur primaire existant et recalculé	99
Tableau VIII.5 : Les dimensions du nouveau décanteur primaire	99
Tableau VIII.6 : les dimensions du bassin d'aération existant et recalculé	101
.....	
Tableau VIII.7 : Les dimensions de nouveau bassin d'aération	101
Tableau VIII.8 : Les dimensions de l'épaississeur existant et celui recalculé	103
Tableau VIII.8 : Les dimensions de nouvel épaisseur des boues primaires.....	103
Tableau VIII.9 : Résultats de dimensionnement du bassin de désinfection	106

Liste des figures

CHAPITRE II

Figure II.1 : Différentes étapes du traitement des eaux usées (filère eau)	14
Figure II.2 : Schéma de prétraitement des eaux usées en tête de station d'épuration	15
Figure II.3 : Relevage par pompage	15
Figure II.4 : Relevage par vis d'Archimède.....	15
Figure II.5 : grille mécanique courbée	16
Figure II.6 : Dessableur rectangulaire	17
Figure II.7 : Dessablage, déshuilage et dégraissage dans un seul ouvrage.....	18
Figure II.8 : Décanteur primaire (station d'épuration REGHAIA)	19
Figure II.9 : Schématisation de la coagulation-floculation-sédimentation	20
Figure II.10 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées	21
Figure II.11 : Vue au microscope.....	22
Figure II.12 : différentes phases de l'évolution de la DBO et MVS.....	23

CHAPITRE III

FigureIII.1 : Schéma des différentes étapes du traitement des boues.....	30
Figure III.2 : Epaissement statique gravitaire.....	31
Figure III.3 : Flottation.....	31
Figure III.4 : Centrifugation	32
Figure III.5 : Filtre-presse.....	34
Figure III.6 : Schéma de la composition principale du lit de sable.....	35
Figure III.7 : Schéma du fonctionnement d'une serre à séchage solaire	36
Figure III.8 : Différentes étapes de traitement des boues avant épandage	37
Figure III.9 : Epandage agricole.....	37
Figure III.11 : Techniques de traitement des boues et leurs destinations en France	40

CHAPITRE IV

Figure IV.1 : floculation des boues au niveau d'un décanteur	44
Figure IV.2 : La fermentation des boues et conséquences	44
Figure IV.3 : dénitrification sauvage dans un décanteur	45
Figure IV.4 : mousses stables dans un décanteur.....	46
Figure IV.5 : densité excessive des boues dans le bassin.....	47
Figure IV.6 : le phénomène de foisonnement dans un décanteur	47

CHAPITRE V

Figure V.1 : Photo satellite de la station d'épuration de REGHAIA	51
Figure V.2 : Localisation de la STEP de REGHAIA	52

CHAPITRE VI :

Figure VI.1 : évolution moyenne mensuelle des débits des eaux brutes de la STEP	64
Figure VI.2 : Dépassements enregistrés au niveau de la STEP	65
Figure VI.3 : Évolution moyenne mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	65
Figure VI.4 : Évolution moyenne mensuelle de la CE à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	66

Figure VI.5: Évolution moyenne mensuelle des MES à l'entrée et à la sortie de la STEP	67
Figure VI.6: Évolution moyenne mensuelle de la DBO ₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP	67
Figure VI.7: Évolution moyenne mensuelle de la DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP	68
Figure VI.8: Évolution moyenne mensuelle des othophosphates à l'entrée et à la sortie de la STEP	69
Figure VI.9: Évolution moyenne mensuelle de l'azote total à l'entrée et à la sortie de la STEP	69
Figure VI.10: Évolution moyenne mensuelle des nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP ...	70
Figure VI.11: Évolution moyenne mensuelle de NH ₄ ⁺ à l'entrée et à la sortie de la STEP	71
Figure VI.12: Évaluation moyenne mensuelle de l'indice de boue	71
Figure VI.13: Évaluation moyenne mensuelle de La quantité du sable récupéré à la STEP	72
Figure VI.14: Variation du rapport DCO/DBO ₅ à l'entrée de la STEP	72
Figure VI.15 : Évolution moyenne mensuelle du rapport DBO ₅ / N _t / P _t à l'entrée de la STEP..	73
Figure VI.16 : Variation du rapport MES/DBO ₅ à l'entrée de la STEP	73
Figure VI.17: Variation du rapport NH ₄ ⁺ /NT à l'entrée de la STEP	74
Figure VI.18 : Variation du rapport DCO/Pt à l'entrée de la STEP	74
Figure VI.19 : Variation du rapport DCO/NT à l'entrée de la STEP	75
Figure VI.20 : Variation du rapport boue réelle/boue théorique	76
Figure VI.21 : Variation du rapport quantité polymère consommée/ quantité boue réelle	76
Figure VI.22 : Variation du rapport consommation électrique/ DBO ₅ éliminée	77
Figure VI.23 : Variation consommation d'énergie électrique/ volume relevé	77

Liste des planches

Plans N° 01 : Plan topographique de la station d'épuration de Reghaia

Plans N° 02 : Bassin d'aération de la STEP de Reghaia (extension)

Plans N° 03 : décanteur primaire de la STEP de Reghaia (extension)

Plans N° 04 : Ouvrages proposés (épaisseur et bassin de désinfection)

Liste des abréviations

STEP : Station d'épuration

CE : Conductivité Electrique

MVS : matières volatiles en suspension

MES : Matières en Suspensions

MMS : Matières Minérales

MD : Matières Décantables

MND : Matières Non Décantables

pH : Potentiel d'Hydrogène

Eh : Potentiel Redox

DBO₅ demande biologique en oxygène durant 5 jours

DCO demande chimique en oxygène

SEAAL : Société des Eaux et d'Assainissement d'Alger

EH : Equivalent Habitant

C_v : Charge Volumique

C_m : Charge Massique

μS/cm : Micro siemens par centimetre

NTK azote Kjeldahl Total

NGL: Azote Global

NH₄⁺: Azote Ammoniacal

NO₂⁻ : Azote Nitreux

NO₃⁻ : Azote Nitrique

ETM : Elément Trace Métallique

CTO : Composé Trace Organique

ISDND : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux

ONA : Office National d'Assainissement

ADE : Algérienne Des Eaux

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégé, défendu et traité comme tel. Elle est une ressource vitale pour la survie, la santé, ainsi que l'alimentation de l'homme. Elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est réceptacle universel de tout type de pollution.

Bien qu'apparemment inépuisable, l'eau est très inégalement répartie sur la planète. Tous les pays auront, à court ou à long terme, à faire face au problème de sa raréfaction. La mobilisation des eaux superficielles a été de tous les temps une préoccupation majeure des pouvoirs publics.

En Algérie, les disponibilités en eau sont estimées à 17 milliards de m³ par an dont 12 milliards de m³ dans les régions nord (ressources souterraines 2 milliards de m³, ressources superficielles 10 milliards de m³) et 5 milliards de m³ dans le sud. Sachant que toutes les ressources souterraines du nord sont mobilisées en plus de 70 % des ressources superficielles. Le volume annuel d'eaux usées domestiques rejetées est estimé à 800 millions m³. Ce sont des quantités importantes et facilement localisables que le pays ne peut négliger. [1]

Devant ces besoins en eau douce qui ne cessent de croître et vu l'impossibilité de se contenter seulement de ces ressources naturelles conventionnelles, la recherche des moyens d'épuration adéquats et la réutilisation des effluents d'eaux usées traitées est devenue une option attrayante et une alternative incontournable afin de mobiliser de plus importants volumes d'eau et satisfaire ainsi la demande de plus en plus croissante, particulièrement, dans les pays arides et semi arides.

En 2020, les eaux usées représenteront un volume très appréciable de près de 2 milliards de m³, ces eaux doivent être traitées avant de les rejeter au milieu naturel ou bien réutilisées dans d'autres secteurs. Pour pouvoir satisfaire le traitement de ces eaux plusieurs stations d'épurations sont réalisées ou en cours de réalisations (le nombre de STEP en Algérie va atteindre 200 en 2015).

Dans notre pays, le vrai problème qu'on rencontre aujourd'hui ce n'est pas seulement le nombre insuffisant de STEP mais aussi les dysfonctionnements et la mauvaise gestion de ces stations une fois mises en service. Ces problèmes de fonctionnements influent directement sur les rendements épuratoires et sur la qualité des rejets à l'aval de la station.

Notre étude consiste à identifier des indicateurs de suivi et d'optimisation dans la station d'épuration de Réghaia. Ceci en traitant les données disponibles des années antérieures (2012 et 2013) ainsi qu'un redimensionnement des ouvrages composant la STEP pour faire une comparaison avec les ouvrages existants. Ces indicateurs en question, permettront de mettre en évidence les optimisations nécessaires pour chaque poste et serviront, une fois mis en place, à piloter l'exploitation des installations composant la STEP.

Et pour bien cadrer cette étude, nous avons suivi un plan de travail axé sur trois parties :

- La première partie : Une synthèse bibliographique.
- La deuxième partie : Le matériel et les méthodes utilisées pour réaliser l'étude, les résultats du projet, l'analyse et l'interprétation des résultats.
- La troisième partie : Un redimensionnement des ouvrages ainsi que les solutions à envisager pour l'optimisation de la station d'épuration de Reghaia.

CHAPITRE I

Origines et nature des eaux usées

Origines et nature des eaux usées

Introduction

L'eau, propre est potable à l'origine, mais subit une altération et une dégradation par les multiples usages que l'on en fait dans les habitations, dans les établissements publics et dans les usines.

On appelle pollution de l'eau toute modification des caractéristiques de l'eau ayant un caractère gênant ou nuisible pour les usages humains, la faune ou/et la flore. Au cours de son utilisation, l'eau s'appauvrit ou s'enrichit de substances de toutes sortes. Les pollutions qui en résultent se retrouvent dans les réseaux d'assainissements avant d'être rejetées dans le milieu naturel (cours d'eau, mers, lacs...).

Dans le chapitre présent, nous proposons de définir les différentes origines et natures de pollution des eaux usées.

I.1.Origines des eaux usées

On distingue quatre principales origines qui sont :

- ❖ Les eaux domestiques ;
- ❖ Les eaux industrielles ;
- ❖ Les eaux de ruissellement ;
- ❖ Les eaux agricoles.

I.1.1.Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau et sont essentiellement porteuses de pollution organique.

Ces eaux sont réparties comme suit :

- ❖ Eaux ménagères : qui ont pour origines les salles de bains et les cuisines, sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants et de débris organiques...
- ❖ Eaux vannes : sont les rejets des toilettes, chargés de matières organiques azotées et de germes fécaux.

I.1.2.Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à une l'autre.

Les eaux évacuées par les industries sont :

- ❖ Les eaux de fabrication qui dépendent de la nature de l'industrie ;
- ❖ Les eaux de refroidissement qui dépendent de taux de recyclage ;
- ❖ Les eaux de lavage des machines.

En plus de matières organiques et les éléments nutritifs, les eaux usées industrielles peuvent contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et des hydrocarbures...

Certaines d'entre elles font l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles

ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution(STEP).

I.1.3.Les eaux de ruissellement

Elles englobent essentiellement les eaux issues de précipitation (pluie, fonte de neige) ou de ruissellement urbain (lavage des chaussées, des rues...).

Elles peuvent, elle aussi, constituer une source 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 ruissellement, se polluent par les résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...).

La pollution entraînée est maximale en début de la précipitation et elle décroît fortement en cas de pluie persistante.

I.1.4.Les eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle de pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues.

I.2.Nature de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique ou biologique, provoquée par le rejet de substances indésirables qui perturbent les conditions de vie et l'équilibre du milieu aquatique et induisent d'importantes nuisances : mauvaises odeurs, fermentations, des risques sanitaires qui se répercutent, à court terme, sur notre organisme à travers la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons.

La pollution se manifeste généralement sous quatre formes principales :

- ❖ Pollution organique ;
- ❖ Pollutions microbiologique ;
- ❖ Pollution minérale ;
- ❖ Pollution toxique.

A chacune de ces formes de pollution correspond nécessairement une modification du milieu récepteur qui se traduit indirectement et à plus ou moins long terme, par des conséquences néfastes sur l'individu.

I.2.1.Pollution organique

La pollution organique constitue souvent la fraction la plus importante par rapport aux autres pollutions. Cette forme de pollution peut être considérée comme résultant de diverses activités (urbaines, rurales, industrielles et artisanales). Aussi, chaque activité rejette des composés spécifiques biodégradables ou pas.

Lorsque la concentration de ces polluants est élevée, elle engendre un stress important dans la biocénose des milieux aquatiques, ce qui peut conduire à l'inactivation des mécanismes potentiels de la biodégradation. C'est le cas par exemple, des huiles ou des graisses, qui engendrent la formation de films superficiels qui empêchent l'oxygène dans les cours d'eau et provoquer des effets d'intoxication sur les microorganismes et les poissons.

I.2.2.Pollution microbiologique

L'eau peut contenir des microorganismes pathogènes (virus, bactéries...), qui sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (industrie, utilisation domestique...).

Les concentrations observées sont d'environ 1 million de germes (bactéries, virus, parasites) dans 1 litre d'eau de ruissellement et 1 milliard de bactéries fécales dans 1 litre d'eaux usées domestique.

Le tableau suivant représente les maladies provoquées par les organismes présents dans les eaux usées ;

Tableau I.1: Origines et maladies provoquées par les organismes présents dans les eaux usées[1]

Organismes	maladies	Origines
Shigelles	Dysenterie bacillaire	Eaux usées
Brucella	Brucellose	Eaux usées, lait
M.tuberculosis	Tuberculose	Eaux des sanatoriums et des hôpitaux
Entamoeba histolytica	Dysenterie amibienne	Engrais, eaux contaminées
Salmonelles	Fièvre typhoïde et paratyphoïdes	Eaux usées
Vibrio cholerae	Choléra	Eaux usées
Virus :-Entrovirus -Echo	Poliomyélite Diarrhées	Eaux usées
Insecte vecteur	Filariose urbaine	Eaux usées

I.2.3.Pollution minérale

Il s'agit principalement d'effluent industriels qui contiennent des substances minérales telles que : les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques le cuivre le mercure...

Ces éléments peuvent avoir des conséquences néfastes à savoir :

- ❖ Perturber l'activité bactérienne en station d'épuration ;
- ❖ Nuire à la santé publique ;
- ❖ Affecter le développement des cultures.

I.2.4.Pollution toxique

Les matières toxiques sont constituées de micropolluants minéraux (métaux lourds tels le mercure, le plomb, le cadmium, le chrome) ainsi que d'autres substances telles que les cyanures ou les molécules organiques présentant une action d'inhibition des mécanismes biologiques.

Même à des doses très faibles, ils sont dangereux en raison de leur persistance et leur bioaccumulation.

Le tableau ci-dessus représente les différents types de pollution qu'on a vus, leurs constituants et origine ainsi leur mode de traitement.

Tableau I.2 : classification des pollutions [2].

Pollution	Constituants	Origine	Traitement
Organiques (biodégradables)	Plantes mortes, excréments, protéines, lipides et corps gras (huiles, graisses, et savon) glucides	-Organismes vivants - Industries agro- alimentaires (laiteries, fromageries, abattoirs, sucrieries) - Eaux ménagères	-Assainissement individuel - lagunage -Epuration biologique - Traitement physico-chimique
Organique (Difficilement biodégradables)	- Fibres, bois	- Papeteries - Industries textiles - Tanneries	- Lagunage - Epuration biologique et traitement physico- chimique
Toxiques	Détergents, phénols, hydrocarbure, pesticides, engrais synthétiques	- Industries chimiques et pétrochimiques - Raffineries de pétrole - Agriculture	
Minérales	Substances toxiques acides ou basiques, mercure, chrome, cyanures, plomb, fer, cuivre	Produits chimiques, Métallurgies, traitement de surfaces des métaux	- Transformation en composés insoluble, précipitations - Transformation en composés inoffensives, oxydo-réduction
Bactériologiques	- Germes pathogènes : Escherichia Coli, streptocoques, virus divers. -Produits pharmaceutiques	- Activités humaines et minérales, effluents des hôpitaux et des abattoirs	Filtration et stérilisation

I.3.Effets des eaux usées sur le milieu récepteur

D'une manière générale, diverses substances toxiques, minérales ou organiques, peuvent être contenues dans les eaux résiduaires industrielles, peuvent détruire la faune des rivières ou mettre en question l'utilisation de l'eau des rivières pour l'alimentation humaine.

Ainsi, en 1975, le déversement de cyanure dans la Moselle détruit 40 tonnes de poissons, alors que le rejet dans le Rhin d'un insecticide entraîna la mort de 50% des poissons.

En effet, les oueds véhiculent de fortes charges polluantes et leur capacité de dilution et d'autoépuration ne suffit plus à résorber la charge polluante, ils sont transformés, pour la plupart, en égouts à ciel ouvert, notamment en été où leur débit baisse naturellement.

En Algérie, le nombre de STEP est très insuffisant et les eaux usées sont généralement déversées à l'état brut, soit directement à la mer, soit vers les oueds, entraînant des problèmes de pollution biologique et chimique. Les cours d'eaux fortement pollués qui traversent ou passent à proximité d'agglomérations urbaines et de zones industrielles majeures tels que (oued EL-HARRACH à ALGER, oued SOUMMAM à BEJAIA, oued RHUMEL à CONSTANTINE et oued SEYBOUSE à ANNABA), causant ainsi beaucoup de problèmes sanitaires et d'insalubrité aux riverains [3].

I.4.Caractéristiques des paramètres de pollution étudiés

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique. Ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg /l, est quantifié et apprécié par une série d'analyses. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modifications que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels récepteurs. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, on peut retenir les analyses suivantes :

I.4.1.Les paramètres physiques

I.4.1.1.La température

La température de l'eau joue un rôle important sur la solubilité des sels et des gaz dont, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Aussi, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (°C). L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît [4].

I.4.1.2.La turbidité

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

I.4.1.3.L'odeur et couleur

L'odeur est signe de pollution ou de présence des matières organiques en décomposition.

- ❖ La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdales, on distingue :
- ❖ La couleur grisâtre de l'égout est d'origine domestique, une couleur noire indique une décomposition partielle ;
- ❖ les autres nuances indiquent un apport d'eaux résiduaires industrielles.

I.4.1.4.La conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500µS/cm, la prolifération de microorganismes peut être

réduite d'où une baisse du rendement épuratoire. Le tableau suivant, nous renseigne sur la minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité.

Tableau I.3 : degré de minéralisation de l'eau en fonction de la turbidité [5].

Conductivité	Degré de minéralisation
Conductivité <100 µs/cm	Minéralisation très faible
100 µs/cm < CE < 200 µS/cm	Minéralisation faible
200 µs/cm < CE < 333 µS/cm	Minéralisation moyenne accentuée
333 µs/cm < CE < 666 µS/cm	Minéralisation moyenne
666 µs/cm < CE < 1000 µS/cm	Minéralisation importante
Conductivité > 1000 µS/cm	Minéralisation excessive

I.4.1.5. Les charges pondérales

a. Les matières en suspensions (MES)

Les matières en suspensions comprennent toutes les matières minérales (MMS) ou organiques (MVS) qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau.

La quantité de la matière en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspensions peuvent accumuler les quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales...).

Pour un effluent urbain, les MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{MMS} + 70\% \text{MVS}$$

b. Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles représentent la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau.

c. Les matières minérales (MMS)

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

L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entraînant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la ré-aération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène.

d. Les matières décantables (MD) et non décantables (MND)

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2 heures) suivant des conditions opératoires particulières (utilisation d'un cône Imhof ou Coin).

Les matières non décantables sont celles qui restent dans le surnageant et qui vont donc être dirigées vers le procédé de traitement biologique ou chimique.

I.4.1.6.Matières grasses

Les eaux résiduaires industrielles contiennent des quantités élevées de graisses et d'huiles, qui par formation de films et de couches superficielles peuvent empêcher l'accès de l'air dans l'eau et provoquer la mort des micro-organismes. Les matières grasses peuvent occasionner des obstructions dans les égouts et rendent plus difficile l'exploitation des stations d'épuration des eaux.

I.4.1.7.Les matières colloïdales

Ce sont des éléments présents dans l'eau sous un état intermédiaire, entre un état dissous et un état solide. Il s'agit de très petites particules solides invisibles à l'œil nu dotées sur leur surface de charges électriques qui se repoussent les unes les autres et déterminent ainsi la turbidité.

I.4.2.Les paramètres chimiques**I.4.2.1.Le potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H^+). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0(très acide) à 14(très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C.

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si la valeur est comprise entre 6 et 9. L'influence de pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9.

I.4.2.2.Potentiel redox (Eh)

Dans les systèmes aqueux, le potentiel redox(ou disponibilité en électrons) affecte les états d'oxydation des éléments (H, C, N, S, Fe...). Dans une eau bien oxygénée, les conditions d'oxydation diminuent. Quand les concentrations d'oxygène diminuent, le milieu devient plus réducteur ce qui se traduit par une réduction du potentiel redox. Dans les eaux naturelles, des comparaisons relatives de l'évolution du potentiel redox peuvent être utiles pour suivre les degrés de changement du système aquatique. Le potentiel redox se mesure en mV.

I.4.2.3.La demande biologique en oxygène(DBO)

La demande biologique en oxygène est un paramètre qui exprime la quantité d'oxygène qu'une biomasse épuratrice va consommer pour décomposer les matières organiques

biodégradable contenues dans l'effluent. Elle est donc représentative de la somme des matières organiques biodégradables. Elle est généralement mesurée en 5 jours (DBO₅).

I.4.2.4. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est un paramètre qui exprime la quantité d'oxygène qu'une biomasse épuratrice va consommer pour décomposer les matières organiques biodégradable ou non contenues dans l'effluent. Elle est représentative de la quantité de matières organiques oxydables par voie chimique.

I.4.2.5. La biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que :

$$K = \text{DCO} / \text{DBO}_5$$

Le tableau suivant, nous renseigne sur la biodégradabilité et le mode de traitement qui convient en fonction du K.

Tableau I.4 : le mode de traitement en fonction de la valeur de K [6].

K	Biodégradabilité	Mode de traitement
$K < 1,5$	Fortement biodégradable	Traitement biologique
$1,5 < K < 2,5$	Moyennement biodégradable	Traitement biologique
$2,5 < K < 3$	Peu biodégradable	Traitement biologique avec adaptation de la souche bactérienne
$K > 3$	Non biodégradable	Traitement physico-chimique

La connaissance de ces deux paramètres (DBO et DCO) permet aussi de définir l'origine de l'effluent.

I.4.2.6. Les nutriments

Ce sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau. Ce sont les nutriments essentiels à l'activité biologique dans l'eau (bactérie et algues). Les eaux usées domestiques contiennent une alimentation équilibrée, mais il n'est pas de même des eaux industrielles qui sont souvent pauvres en azote et en phosphore.

En absence de l'azote, les bactéries ne peuvent pas synthétiser de nouvelles cellules. L'activité des boues ramenée au poids de MVS s'en trouvera réduite et le rendement de l'épuration diminuera progressivement. D'autre part, les boues carencées montrent souvent une mauvaise caractéristique de décantation.

Lorsque l'effluent à traiter d'éléments nutritifs (N et P), il convient alors de lui ajouter sous forme d'engrais agricoles, soit par addition d'effluent urbain dans les proportions convenables, ou encore sous forme de produits comme le phosphate d'ammonium.

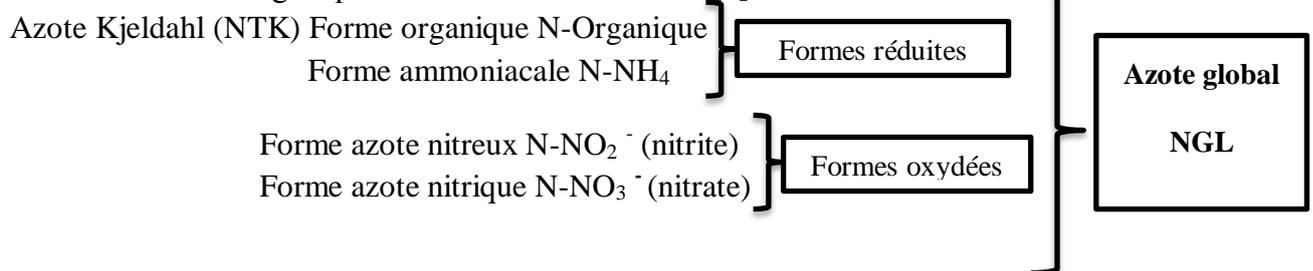
❖ Origine de l'azote dans les eaux résiduaires

L'azote présent dans les eaux usées résiduaires provient principalement des déjections humaines. Les urines contribuent largement à cet apport essentiellement sous forme d'urée, d'acide urique d'ammoniaque (NH_3). Par ailleurs, les eaux de cuisine véhiculent des protéines aminés, et certains agents de surface (assouplissant...) qui incluent dans leurs molécules des radicaux azotés.

❖ Forme de l'azote :

L'azote des eaux usées est essentiellement constitué d'azote organique ammonifiable ou réfractaire (sous forme soluble et particulaire) et d'azote ammoniacal

L'azote KJELDAHL (NK), du nom du chimiste qui a mis au point le dosage, représente la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal [7].



Remarque

L'azote pouvant subir différentes transformations au cours d'un traitement biologique (passage de la forme ammoniacale à la forme nitreuse NO_2^- puis nitrique NO_3^- et retour à la forme gazeuse N_2) et chacun des composés formés au cours de ces différentes étapes ayant un poids moléculaire différent, le suivi de son évolution au cours du traitement ne peut être effectué qu'à partir d'une base commune : le nombre de moles d'azote ou les masses d'azote mises en jeu. C'est la raison pour laquelle les charges et les concentrations de NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^- sont exprimées en unités de N (d'où la formulation N-N...) [7].

- ✚ 1,29 mg NH_4^+ sont équivalents à 1 mg d'azote ammoniacal N- NH_4^+
- ✚ 3,29 mg NO_2^- sont équivalents à 1 mg d'azote nitreux N- NO_2^-
- ✚ 4,43 mg NO_3^- sont équivalents à 1 mg d'azote nitrique N- NO_3^-

❖ Origines du phosphore

Le phosphore peut provenir de diverses sources à savoir :

- ✚ Métabolisme humain : un homme excrète entre 1 et 2 grammes de P par jour. Il s'agit de l'apport principal en phosphore dans les cours d'eau.
- ✚ Produits lessiviels et de nettoyage : 1 à 2 grammes de P par jour et par habitation (en diminution)
- ✚ Rejets industriels : les effluents d'industries agro-alimentaires, d'abattoirs, de laveries industrielles, d'industries de traitement de surface et d'industries chimiques spécialisées.
- ✚ Rejets agricoles ou d'origine naturelle sont retenus dans les sols et ne se retrouvent pas dans les eaux usées.

❖ Formes chimiques du phosphore

Le phosphore des eaux usées, particulaire ou soluble, est essentiellement constitué de :

- + phosphore inorganique (essentiellement des polyphosphates) et des orthophosphates dont une part provient de l'hydrolyse des premiers;
- + Phosphore organique : phospho-lipides, esters.

Les phosphates de sodium et de potassium sont solubles dans l'eau, les phosphates monocalciques et les phosphates de magnésium le sont également, mais dans une moindre mesure. Les autres phosphates sont insolubles.

Le phosphore total est la somme du phosphore inorganique et organique.

I.4.2.7.Métaux lourds

Le suivi des concentrations en métaux lourds est particulièrement important vu leurs toxicité et leurs capacité de bioaccumulation le long des chaînes alimentaires. Contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement.

Les concentrations en cuivre, chrome, plomb, zinc, cadmium, arsenic sont régulièrement mesurées.

Les métaux lourds caractérisent certains types de pollution, comme par exemple :

- + La présence de cuivre et de nickel signe des rejets provenant d'industries de traitement de surface des métaux ;
- + Le chrome dénonce la présence d'une tannerie ;
- + Le plomb est lié à des pollutions diffuses (apports dus aux transports routiers et à l'existence de sites industriels désaffectés) ;
- + Le zinc est évacué par des industries qui pratiquent la galvanisation ou la préparation d'alliages tels que le laiton et le bronze, il est également libéré lors du contact entre les eaux de ruissellement et les matériaux galvanisés (toitures métalliques, gouttières) ;
- + Le cadmium peut notamment être rejeté par des usines de galvanoplastie et des industries chimiques de textiles et de teintures.

Les métaux lourds se dissolvent très bien dans une eau acide (pH faible). Dans des eaux neutres ou basiques, ils précipitent et s'accumulent principalement dans la phase solide (boues). L'analyse de ces boues permet ainsi d'obtenir une vue de l'ensemble des déversements en métaux lourds qui ont eu lieu, tant en nature qu'en quantité.

Résumé des principaux dangers des métaux lourds :

- + Ils remplacent ou substituent les minéraux essentiels ;
- + Ils ont un effet antibiotique, ce qui augmente la résistance des bactéries ;
- + Ils provoquent le cancer ;
- + Ils neutralisent les acides aminés utilisés pour la détoxification ;
- + Ils causent des allergies ;
- + Ils endommagent les cellules nerveuses.

I.4.3. Les paramètres biologiques

I.4.3.1. 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 (tableau ci-dessus). Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation [8].

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

Les virus entériques sont ceux qui multiplient dans le trajet intestinal ; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple : polio), les rotavirus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'hépatite [9].

I.4.3.2. Les bactéries

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

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100ml dont 10^5 proteus et entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridium [9].

Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonellas dont on connaît plusieurs centaines de sérotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont généralement utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermotolérants [10].

I.4.3.3. Les protozoaires

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

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

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaires, il faut citer Entamoeba histolytica, responsable de la dysenterie amibienne et Giardia lamblia.

I.4.3.4 Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les concentrations 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* [8].

Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs.

Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire des mois sur les sols ou les plantes cultivées [10].

I.5. Estimation des Charges polluantes

I.5.1. Charges en DBO₅

La charge de DBO d'un rejet d'eaux usées est le produit de la DBO unitaire par son débit., elle constitue la charge de DBO₅ du rejet.

La charge en DBO₅ apportée par les eaux brutes est exprimée par jour et par habitant suivant le type de réseau :

- ❖ Réseau unitaire : 70 g/hab/jour ;
- ❖ Réseau séparatif : 55 g/hab/jour ;
- ❖ Réseau pseudo séparatif : 60 g/hab/jour [7].

I.5.2. Charges en MES

Les charges en matières en suspension apportées par les eaux usées sont estimées suivant le type de réseau à :

- ❖ Réseau unitaire : 70 à 90 g/hab/jour ;
- ❖ Réseau séparatif : 70 g/hab/jour ;
- ❖ Réseau pseudo séparatif : 80 g/hab/jour [7].

I.5.3. Notion d'équivalent habitant (EH)

La notion de l'équivalent habitant est utilisée pour quantifier la pollution émise par une agglomération à partir de la population qui y réside et des autres activités non domestiques. Selon la définition de la directive européenne du 21 mai 1991 « relative au traitement des eaux résiduaires », un équivalent-habitant représente une DBO₅ de 60 g d'oxygène par jour, 80 g de MES, 15g de matières azotées, 4g de matières phosphorées et 150 à 250l d'eau.

I.5.4. Les normes de rejet

Les normes de rejet, après traitement, ont pour objet la protection de l'environnement en général et les milieux récepteurs en particulier.

Le tableau suivant illustre les normes de rejets en rivière des effluents urbains à atteindre après l'épuration selon le décret n°93-160 du 10 juillet 1993.

Tableau I.5 : les normes de rejet.

Paramètres	valeurs	Unités
Température	30	C°
PH	5.5 - 8.5	-
MES	30	mg/l
DBO ₅	30-40	mg/l
DCO	90-120	mg/l
Azote total	15	mg/l
Phosphates	2	mg/l
Aluminium	5	mg/l
Cadmium	0.2	mg/l
Mercuré	5	mg/l
Nickel	1	mg/l
Plomb	3	mg/l
Cuivre	3	mg/l
Zinc	5	mg/l
Huiles et graisses	20	mg/l
Hydrocarbures	20	mg/l
Phénols	0.5	mg/l
Solvants organiques	20	mg/l
Chlore actif	1	mg/l
Détergents	12	mg/l

Source : SEAAL W.Alger

Conclusion

Aujourd'hui, le traitement des eaux usées est une obligation. Un rejet directement au milieu naturel représente une véritable menace pour l'être humain ainsi que pour l'environnement.

Déterminer et interpréter la qualité de l'eau s'avère complexe. Premièrement, parce que la pollution de l'eau peut prendre plusieurs formes. Deuxièmement, un grand nombre d'indicateurs peuvent être mesurés afin de connaître la qualité de l'eau.

Enfin, la connaissance des différents paramètres vus dans ce chapitre permet de choisir un traitement adéquat.

CHAPITRE II

Filière de traitement des eaux par boues activées

Introduction

L'épuration consiste à éliminer les matières minérales et organiques en suspension dans les eaux usées, ainsi qu'un certain nombre de déchets divers afin d'obtenir une eau épurée conforme aux normes de rejets. Une grande majorité de ces polluants est transférée de la phase liquide vers une phase boueuse (solide).

Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, plusieurs niveaux de traitements sont définis :

- ❖ Le prétraitement ;
- ❖ Le traitement primaire ;
- ❖ Le traitement secondaire ;
- ❖ Le traitement tertiaire (dans certains cas).

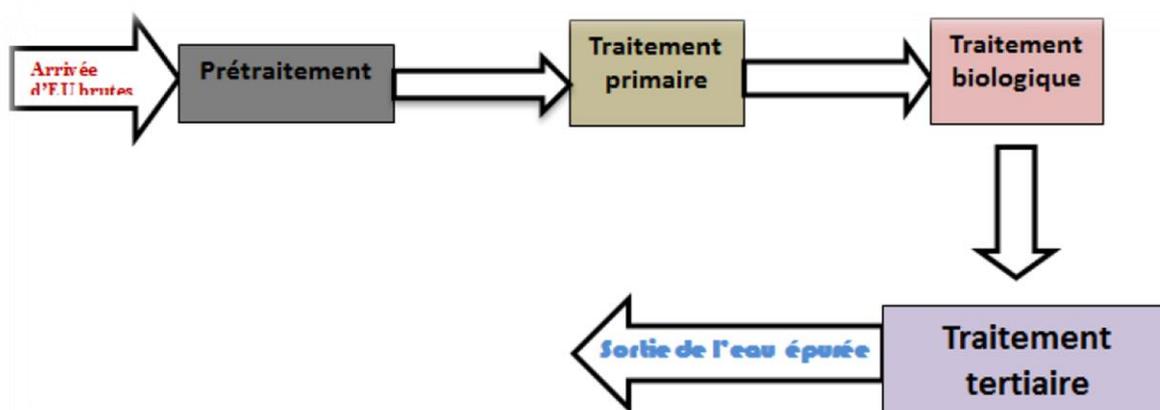


Figure II.1 : Différentes étapes du traitement des eaux usées (filière eau).

II.1. Le prétraitement

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physique ou mécanique. Il est destiné à extraire de l'eau brute, la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constitueront une gêne pour les traitements ultérieurs. Selon la nature des eaux à traiter et la conception des installations, le prétraitement peut comprendre les étapes suivantes :

- ❖ Le dégrillage et tamisage;
- ❖ La dilacération ;
- ❖ Le dessablage ;
- ❖ Le dégraissage-déshuilage.

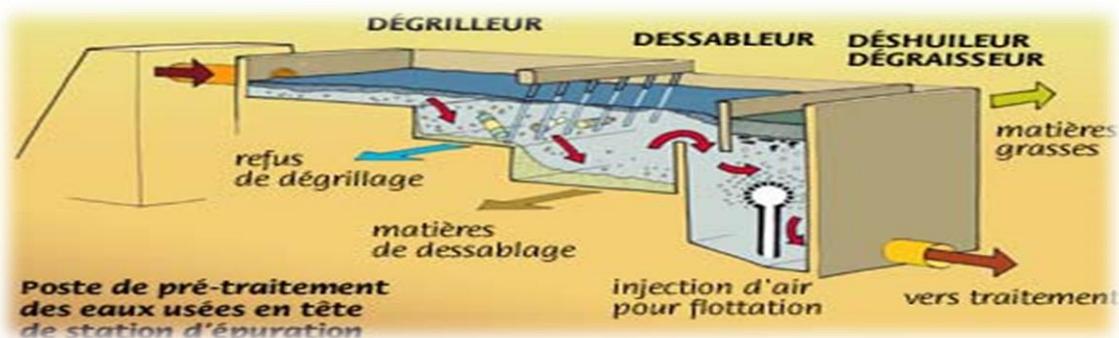


Figure II.2 : Schéma de prétraitement des eaux usées en tête de station d'épuration

Remarque

Si la station d'épuration se situe à un point plus élevé que le point de rejet des eaux usées, un relevage est utilisé. Les eaux usées sont relevées à l'aide de vis d'Archimède ou de pompes de manière à permettre leur écoulement gravitaire vers les différentes étapes ultérieures de l'épuration.

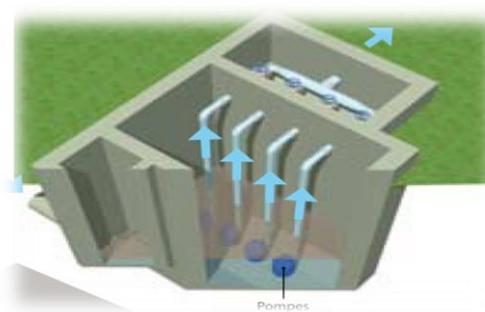


Figure II.3 : Relevage par pompage.

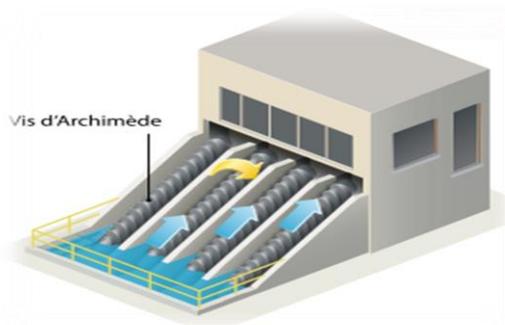


Figure II.4 : Relevage par vis d'Archimède.

II.1.1. Dégrillage et tamisage

II.1.1.1. Dégrillage

Au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus au moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses et flottantes charriées par l'eau brute. Le dégrillage permet ainsi de protéger la station contre l'arrivée intempestive des gros objets susceptibles de provoquer les bouchages dans les différentes unités de l'installation. On distingue trois types de grille en fonction de la taille des débris à éliminer :

- ❖ Le pré dégrillage grossier dont l'écartement est de 50 à 100mm ;
- ❖ Le dégrillage moyen dont l'écartement est de 10 à 25mm ;
- ❖ Le dégrillage fin dont l'écartement est de 3 à 10mm.

Les grilles peuvent être verticales, mais le plus souvent sont inclinées de 60° à 80° sur l'horizontale afin d'augmenter la surface de contact de la grille avec l'eau. La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1,2 m/s. [11]

Il existe différents types de grillages selon la conception des fabrications et la nature de l'effluent à traiter.

a. Grilles manuelles

Elles sont généralement inclinées de 60 à 80° sur l'horizontale, composées de barreaux droits, ronds ou rectangulaires. Le nettoyage se fait quotidiennement à l'aide d'un râteau afin de permettre le passage facile de l'effluent. La grille manuelle est utilisée pour les petites stations (<400EH). [12]

b. Grille automatique (mécanique)

Pour les stations de 2000 équivalents habitants ou plus, l'utilisation d'une grille mécanique est indispensable afin d'éviter un colmatage rapide des canalisations.

Remarque

Généralement on utilise deux grilles en série par mesure de sécurité, c'est l'une tombe en panne l'autre prendra le relais.

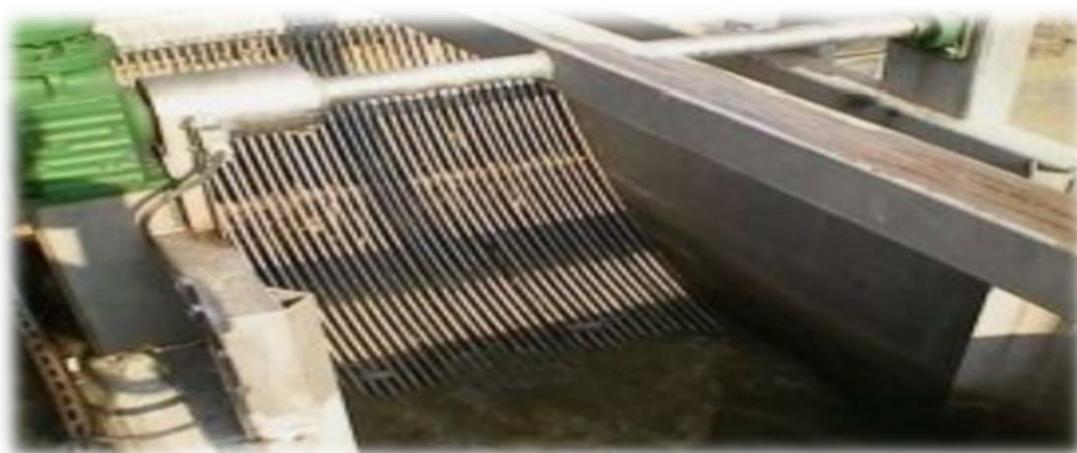


Figure II.5: grille mécanique courbée

II.1.1.2. Tamisage

Le tamisage suit l'opération de dégrillage, il est utilisé dans le cas d'une eau usée chargée en matière en suspension (eaux d'abattoirs, conserverie, papeteries...). Le tamisage s'effectue soit avec des grilles fines correspondant au micro tamisage ou des grilles grossières correspondant à un macro tamisage. Le tamisage assure la protection des canalisations ou des pompes en évitant l'obstruction, la récupération des déchets utilisables et la limitation des risques de fermentation.

✚ Performances attendues

Les déchets de dégrillage et de tamisage sont composés de 50 à 80% de matières organiques. Le taux d'humidité est de 75 à 95%. On considère généralement que l'incidence sur la DBO₅ et la DCO est négligeable. Cependant dans le cas d'effluents industriels, l'élimination des MES peut atteindre 50% (abattoirs notamment). Dans ce dernier cas, il en résulte un abattement de la charge organique. [12]

II.1.2. Dilacération

Le but de cette opération est, comme son nom l'indique, de dilacérer les matières grossières contenues dans les eaux usées, et éviter donc l'utilisation d'une grille. Mais les

inconvénients sont si nombreux (matériel délicat, problèmes de bouchage de pompes...), que ce procédé n'est plus utilisé sur les nouvelles stations d'épurations.

II.1.3. Dessablage

Le dessablage a pour but d'éliminer les matières lourdes de granulométrie supérieure à environ 200 microns et de masse spécifique de l'ordre de 2.65g/cm^3 . L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé « dessableur » entraîne le dépôt de ces matières au fond de l'ouvrage. En outre, il peut constituer, s'il est suffisamment dimensionné, une barrière de sécurité contre des déversements accidentels d'hydrocarbures. On distingue divers types de dessableur, on citera :

- ❖ Dessableur à couloir simple ;
- ❖ Dessableurs circulaires ;
- ❖ Dessableurs rectangulaires aérés.



Figure II.6: Dessableur rectangulaire.

✚ Objectifs du dessablage

L'opération de dessablage permet :

- ❖ Eviter le bouchage dans les canalisations par dépôts ;
- ❖ Eviter la perturbation des traitements ultérieurs, traitement biologique en particulier ;
- ❖ Protéger les organes mécaniques contre l'abrasion.

Remarque

Il est possible d'obtenir un rendement de 80% sur les particules d'une taille supérieure à 0,2mm.

Sur les petites installations, les sables extraits sont évacués directement dans un bac de refus, pour les installations les plus importantes, ils sont dirigés vers une aire d'égouttage ou mieux vers un système de classification par vis d'Archimède.

La production de sable varie en fonction de la nature du réseau d'assainissement ; dans le cas d'un réseau séparatif on peut se baser sur 0,1 à 0,3 l/m³ d'eau traitée ou 5 à 15 l/an par EH. L'humidité des sables varie de 15 à 35 % avec une teneur en matière organique de 15 à 25 % pour des sables lavés.

II.1.4. Dégraissage-déshuilage

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique. Il existe plusieurs types de dégraisseurs :

II.1.4.1. Dégraisseur statique

Il s'agit d'un bassin généralement pourvu de chicanes ou d'une cloison siphonide qui retient les graisses et autres corps flottants qui remontent à la surface de l'eau.

II.1.4.2. Dégraisseur aéré

Le bassin est généralement de forme cylindro-conique ou rectangulaire dans lequel la flottation des graisses est facilitée par la diffusion de fines bulles d'air injectées dans le fond de l'ouvrage. La production d'air est obtenue avec l'utilisation de surpresseur et des diffuseurs adaptés, ou plus souvent à l'aide de pompes émulsionneuses.

Remarque :

Généralement dans les stations d'épurations les ouvrages (désableur-dégraisseur) sont combinés.

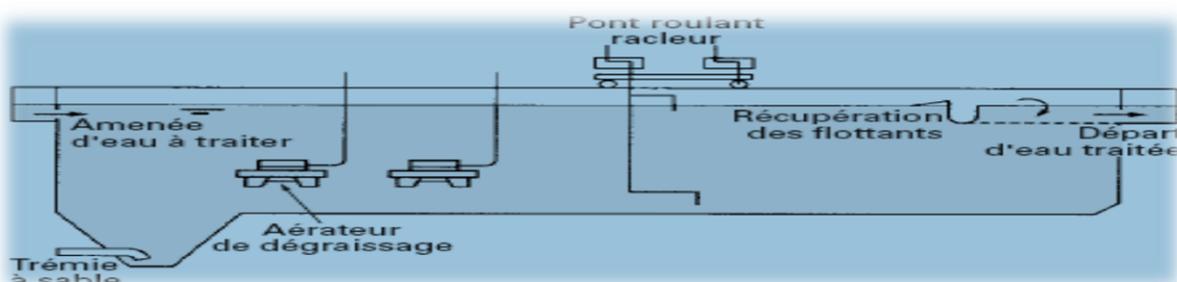


Figure II.7: Dessablage, déshuilage et dégraissage dans un seul ouvrage.

✚ Performances attendues

La concentration en graisses d'un effluent domestique varie de 60 à 150 mg/l. on peut considérer que les graisses représentent 30 à 35 % de la DCO entrante.

Il est important de rappeler qu'il s'agit d'éliminer les graisses et huiles facilement flottables. Le rendement des graisses totales, pour un ouvrage performant est au maximum de 15 à 25 %. Dans le cas d'un ouvrage statique (sans injection d'air) les rendements sont plus bas (5 à 10 % maxi).

Le rejet d'un habitant correspond approximativement à 15g de graisse par jour (10 à 20g/j). Pour un rendement maximum de 20 %, le volume de graisses à évacuer est d'environ 3g EH/j.

II.2.Traitement primaire

Le traitement primaire consiste en la décantation des matières en suspension (MES) dans un bassin de sédimentation. En éliminant une fraction de ces solides en suspension, il permet d'alléger les traitements biologiques ultérieurs. L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour des eaux dans le bassin et de la vitesse de chute des matières en suspension. La décantation des MES entraîne également avec elle des micropolluants et micro-organismes. Les eaux rejoignent le traitement secondaire par débordement tandis que les boues ainsi formées sont extraites. Elles seront par la suite mises en décharge ou revalorisées en agriculture selon leur composition.

Dans certains cas, afin d'améliorer le rendement de la sédimentation, un traitement physico-chimique est également réalisé. Il comporte classiquement deux phases :

II.2.1.Phase de coagulation/floculation

La coagulation est le processus physique par lequel les charges électriques à la surface des particules solides en suspension sont neutralisées par celles, de signe opposé, d'additifs coagulants. Elle est suivie d'une étape de floculation, qui provoque l'agrégation des petites particules déchargées et la formation de flocs plus gros et plus denses.

II.2.2.Phase de clarification

Dans cette phase, les particules ainsi formées, ou 'flocs', sont séparées de l'eau par décantation.

✚ Types de décanteurs primaires :

Le traitement primaire se fait dans un décanteur primaire. Il existe plusieurs types :

- ❖ Décanteur cylindro-conique ;
- ❖ Décanteur circulaire avec raclage de boues ;
- ❖ Décanteur rectangulaire avec raclage de boues ;
- ❖ Décanteur lamellaire.



Figure II.8: Décanteur primaire (station d'épuration REGHAIA).

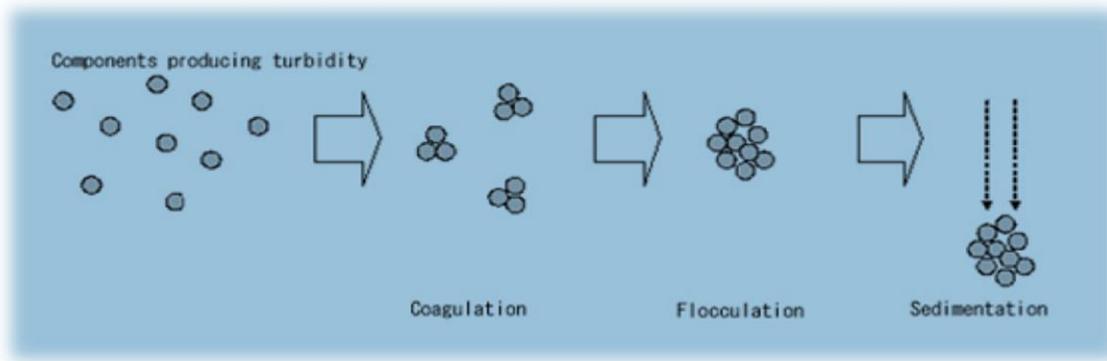


Figure II.9: Schématisation de la coagulation-floculation-sédimentation.

✚ Performances attendues

Les performances des décanteurs primaires varient principalement en fonction de la vitesse ascensionnelle imposée. Dans l'hypothèse d'effluents urbains domestiques et d'une vitesse ascensionnelle maxi de 1,5 m/h il est possible d'obtenir un rendement moyen de :

- ❖ MES : 40 à 60% ;
- ❖ DBO₅ : 25 à 35% ;
- ❖ DCO : 20 à 30% ;
- ❖ NTK : 5 à 10%. [13]

La production de boues primaires fraîches (sans tenir compte de la production de boues biologiques en excès souvent renvoyées en tête d'ouvrage) est en rapport avec le rendement épuratoire.

L'intérêt de la présence d'une décantation primaire est de permettre :

- ✚ Un certain lissage de la qualité des effluents ;
- ✚ De disposer d'un effluent débarrassé de particules en suspension

Toutefois, cette élimination partielle de la pollution se traduit par un transfert de boues à dominante organique, très fermentescibles vers une filière de traitement adaptée : digestion anaérobie, stabilisation aérobie ou stabilisation chimique.

Remarque

Le décanteur primaire n'est pas nécessaire dans le cas où les eaux à traiter sont à faible charge.

II.3. Traitement biologique

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonées et azotées s'appuie sur des procédés de nature biologique, basés sur la croissance de micro-organismes aux dépens des matières organiques 'biodégradables' qui constituent pour eux des aliments.

Les traitements secondaires également appelés traitements biologiques visent à dégrader les matières organique biodégradable contenue dans l'eau à traiter. Des micro-organismes mis en contact avec l'eau polluée assimilent la matière organique qui, leur sert de substrat de croissance. L'ensemble de la pollution avec les microorganismes vivants forme la liqueur mixte ou boue

biologique contenue dans des bassins de traitement biologique. On distingue les procédés par boues activées, le lagunage aéré, les disques biologiques, les lits bactériens...

II.3.1. Les procédés à cultures libres (Boues activées)

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester en Angleterre. Ce type de traitement implique l'aération du bassin des eaux usées afin d'assurer les conditions adéquates pour le développement des micro-organismes qui s'agglomèrent et forment le floc bactérien. Les matières organiques polluantes vont être captées par ces floes et assure l'épuration des eaux usées dans le bassin. A l'aval de ce traitement, un clarificateur (ou décanteur secondaire) permet l'isolation des boues. Pour conserver un stock constant et suffisant de bactéries dans le bassin de boues activées, une partie des boues extraites du clarificateur est renvoyée en tête de bassin. L'autre partie est évacuée du circuit et dirigée vers les unités de traitement des boues.



Figure II.10: Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées.

Le tableau suivant résume les avantages et inconvénients de ce système :

Tableau II.1 : Avantages et inconvénients des boues activées.

Avantages	Inconvénients
Procédé éprouvé permettant d'obtenir les performances de traitement les plus élevées.	Exploitation rigoureuse (suivi électromécanique)
Procédé adapté aux charges organiques importantes.	Cout d'exploitation élevé en particulier pour les petites installations, annuellement de 4 à 8% du cout d'investissement
Procédé adapté au traitement poussé du phosphore.	Formation du personnel pour l'exploitation
Procédé adapté pour les réseaux séparatifs ou unitaires associés à un bassin d'orage	Production de boues conséquente nécessitant un traitement adapté suivant la capacité des ouvrages
Emprise foncière limitée	Cout énergétique plus élevé que pour une filière rustique

II.3.2. Composition de la boue activée

La boue activée apparaît comme une suspension de particules floconneuses de quelques dixièmes de millimètre à quelques milli-mètres de diamètre, ou flocs, constituées de bactéries, de matières organiques inertes ou minérales, maintenues par une substance mucilagineuse, produit de l'activité bactérienne. Une boue activée normale contient également une microfaune abondante de protozoaires et petits métazoaires.

Quelques constituants de la boue activée :

a. Consommateurs primaires (bactéries)

Ils dégradent la quasi-totalité de la pollution organique apportée par l'effluent d'entrée. Les formes hétérotrophes (qui se nourrissent de substances organiques) sont majoritaires dans les boues jeunes du fait de leur vitesse de croissance élevée, la part d'autotrophes (pour épuration de l'azote) augmente avec l'âge de boues.

L'épuration s'accompagne de production de biomasse (boues biologiques en excès), de libération de composés minéraux (nitrates notamment) et de dioxyde de carbone. [14]

b. Les carnivores et les prédateurs (zooplancton)

Ils participent à l'épuration des eaux par consommation des consommateurs primaires. Ils jouent un rôle essentiel dans la clarification des effluents car ils concentrent leur alimentation sur les formes bactériennes non agglomérées et donc susceptibles de demeurer dans l'eau épurée après clarification. [14]

c. Les espèces sarcophages

Elles se nourrissent d'une partie de matière organique inerte et des cadavres prélevés dans le floc. [14]

À l'aide d'un microscope on peut apercevoir les différents composants de la boue activée comme c'est indiqué dans la figure ci-dessous :



Figure II.11 : Vue au microscope

II.3.3.Évaluation de la DBO₅ et de la masse bactérienne en fonction du temps d'aération.

Lorsqu'on insuffle de l'air dans l'eau décantée (ou prétraitée) qui contient naturellement une population microbienne variée, on assiste à une évolution progressive de la masse totale des micro-organismes qui croit, se stabilise puis décroît tandis que la DBO de l'effluent diminue de façon continue mais à un rythme variable, une analyse plus poussée permet de distinguer quatre phases principales. Les différentes phases de l'évolution de la DBO et les MVS sont représentées sur la figure qui suit : [23]

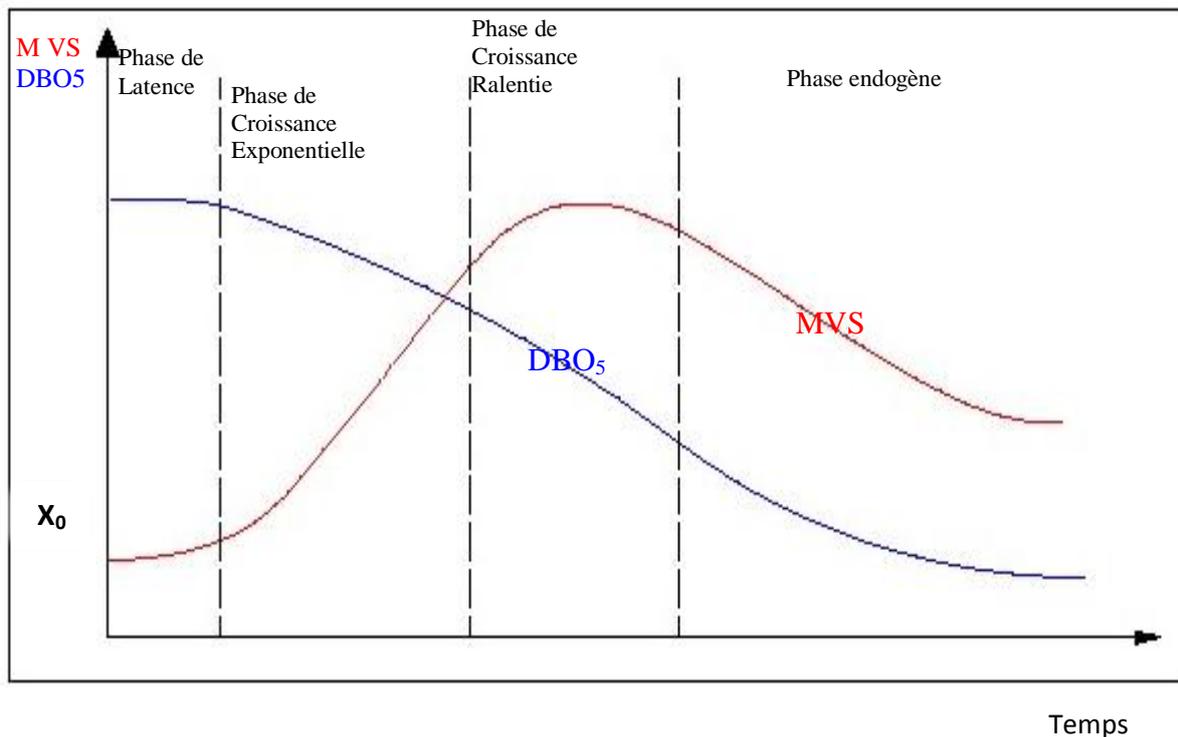


Figure II.12 : différentes phases de l'évolution de la DBO et MVS

Cette courbe peut être divisée en plusieurs parties

a. Phase de latence

La phase de latence est une phase où le taux de croissance est nul qui peut s'expliquer par différentes raisons. Les facteurs influençant sur cette phase sont l'âge de la souche, l'adaptation de la souche au nouveau milieu et le manque de facteurs de croissance nécessaire à cette dernière et pour la courbe de la DBO₅ on voit qu'elle reste constante parce qu'il y a pas une dégradation de la matière organique.

b. Phase de croissance exponentielle

Cette phase traduit la croissance maximale de la souche. Celle-ci trouve toute la nourriture nécessaire au développement optimal. Cette phase se traduit par une droite et le taux de croissance est déterminé par la pente. Ainsi la DBO diminue rapidement car la dégradation de la pollution se fait vite.

c. Phase de croissance ralentie

Cette phase traduit un milieu de moins en moins favorable à la croissance de la souche (épuisement de l'aliment ou accumulation des déchets toxiques ou l'évolution de l'environnement physique, par exemple le pH). le nombre de cellule présente est constant et traduit l'équilibre entre le nombre de cellules provenant de la multiplication et le nombre de cellules qui disparaissent par autolyse, la DBO décroît toujours en raison de la dégradation biologique qui continue.

d. La phase de déclin ou phase de respiration endogène

Elle traduit la mortalité de cellules. Le milieu n'a plus de nutriment et les enzymes sécrétés lysent les bactéries.

II.3.4. Paramètres de fonctionnement

a. La charge volumique C_v

Encore appelée charge organique, elle représente la masse de pollution arrivant chaque jour sur la station par unité de volume de réacteur. Son expression est :

$$C_v = \frac{Q_0 \cdot DBO_5}{V} \quad (\text{kgO}_2 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{j}^{-1}) \quad \dots \dots \dots \text{(II.1)}$$

Où Q_0 ($\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$) est le débit journalier d'eau brute à traiter.

DBO_5 ($\text{kgO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$) est la demande biologique en oxygène de l'effluent à cinq jours.

V (m^3) est le volume du réacteur.

b. Charge massique ou facteur de charge C_m

Appelée également charge de boues. Elle correspond au rapport entre la charge volumique et la concentration en biomasse dans le réacteur. Son expression est :

$$C_m = \frac{Q_0 \cdot DBO_5}{MVS} = \frac{C_v}{MVS} \quad (\text{kgO}_2 \cdot \text{kgMVS}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}) \quad \dots \dots \dots \text{(II.2)}$$

Les procédés sont classés en trois catégories différentes suivant leurs valeurs de charges volumique et massique. L'élimination de la seule pollution organique biodégradable permet de fonctionner à moyenne ou forte charge. En revanche, les performances actuelles exigées pour le traitement de l'azote et du phosphore nécessitent des installations à faible charge. Les rendements épuratoires dépendent donc de la charge de l'installation.

Tableau II.2 : Classification du procédé en fonction de C_v et C_m [15].

Classe du procédé	Charge volumique C_v ($\text{kgO}_2 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{j}^{-1}$)	Charge massique C_m ($\text{kgO}_2 \cdot \text{kgMVS}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$)
Aération prolongée	<0.3	< 0.07
Faible charge	0.3 – 0.4	0.07 – 0.15
Moyenne charge	0.5 – 1.15	0.15 -0.4
Forte charge	1.5-3	>0.4

c. Le temps de passage

Le temps de passage, noté t_s , représente le temps nécessaire pour qu'une goutte de liquide traverse le réacteur, c'est une caractéristique hydraulique du réacteur. Il intègre donc l'ensemble des débits transitant dans le réacteur. Le temps de passage est égal au temps de séjour moyen pour un réacteur ne comprenant pas de court-circuit ou de zone morte. Il est défini par :

$$t_s = \frac{V}{Q} \quad (j) \dots\dots\dots (\text{II.3})$$

Où V est le volume du réacteur (m^3)

Q est la somme des débits traversant le réacteur (débit de l'effluent, de recyclage, d'ajout des nutriments,...). (m^3/j)

d. Le « temps de passage fictif »

Basé sur le débit d'entrée de l'effluent. Contrairement au temps de passage défini précédemment, « ce temps de passage fictif », noté θ_1 , ne prend compte que le débit de l'effluent entrant en station. Il est couramment employé dans la littérature ou sur site industriel pour caractériser une station de traitement mais sans représenter toutefois le temps réellement passé par l'effluent dans le réacteur biologique. Il n'est donc représenté ici que comme critère de comparaison de différents sites de traitement. Il varie de 4 à 5 jours dans les bassins à aération prolongée à quelques heures seulement dans les bassins à forte charge. Son expression est :

$$\theta_1 = \frac{V}{Q_0} \quad (j) \dots\dots\dots (\text{II.4})$$

Où Q_0 est le débit de l'effluent en entrée de la station ($\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$).

e. L'âge des boues

L'âge des boues, noté θ_c , caractérise la « forme physiologique » des boues dans le bassin d'aération. Il représente le rapport entre la masse de boues dans l'aérateur et la vitesse d'extraction des boues par le système de purge.

$$\theta_c = \frac{M}{\frac{\Delta M}{\Delta T}} \quad (j) \dots\dots\dots (\text{II.5})$$

Où M est la masse de biomasse présente dans le système ($M = MVS \cdot V$) (kg_{MVS}).

$\frac{\Delta M}{\Delta T}$ est la vitesse d'extraction des boues ($\text{kg}_{MVS} \cdot \text{j}^{-1}$).

f. Le taux de recyclage

Le taux de recyclage, noté R , représente le rapport entre le débit de recyclage et le débit d'entrée de l'effluent en station

g. Consommation en oxygène

Les besoins théoriques en oxygène représentent la somme de l'oxygène consommé pour fournir l'énergie nécessaire à la synthèse plus l'oxygène consommé pour la respiration endogène.

✚ Pour la synthèse

Il a été montré expérimentalement qu'à une masse constante de cellules synthétisées correspond une masse de matière organique, exprimée par la DBO, éliminée. Pour une certaine quantité de la DBO ultime, une fraction a , de l'oxygène est utilisée pour la synthèse de a_m mg de la matière vivante cellulaire telle que : $a = 1.42a_m$

La valeur 1.42 provient du fait que pour oxyder une cellule de formule brute $C_5H_7NO_2$, il faut une quantité d' O_2 égale à 1.42 fois la masse de corps à dégrader et ce, selon la réaction suivante :



$$\text{❖ } M(C_5H_7NO_2) = 113 \text{ g mol}^{-1} \text{ et } M(5O_2) = 160 \text{ g mol}^{-1}$$

Pour les eaux usées urbaines $a = 0.55$ et $a_m = 0.39$ (par rapport à la DBO ultime et non la DBO₅). Pour permettre la création de nouvelles cellules vivantes, il a fallu au préalable fournir une certaine quantité d'énergie provenant de l'oxydation d'une certaine fraction a' de matières organiques. La DBO ultime éliminée sera utilisée à des fins énergétiques (a') et à des fins de synthèse de matières vivantes (a) de sorte que :

$$a + a' = 1 \quad \dots\dots\dots \text{(II.6)}$$

La quantité d'oxygène nécessaire pour la synthèse de nouvelles cellules aura pour expression :

$$qO_2 = a' \cdot L_e \quad \dots\dots\dots \text{(II.7)}$$

a' : consommation d' O_2 à des fins énergétiques ($kgO_2 \text{ kgDBO}_5^{-1}$)

✚ Pour la respiration endogène

La consommation d' O_2 pour la respiration endogène est proportionnelle à la biomasse présente. Son expression est :

$$qO_2 = b' \cdot X_a \quad \dots\dots\dots \text{(II.8)}$$

X_a : masse totale de boue présente dans l'aérateur exprimé en kg

b' : consommation d' O_2 pour l'auto-oxydation ($kgO_2 \text{ kgMVS}^{-1} \text{ j}^{-1}$)

Remarque

La consommation en oxygène global sera égale :

$$qO_2 = a' \cdot L_e + b' \cdot X_a \quad \dots\dots\dots \text{(II.9)}$$

Selon les charges, les valeurs moyennes des paramètres a' et b' sont données :

Tableau II.3 : Valeurs d'a' et b' en fonction des charges. [15]

Paramètres	Forte charge	Moyenne charge	Faible charge	Aération prolongée
a'(kgo ₂ kgDBO ₅ ⁻¹)	0.52	0.57	0.60	0.64
b'(kgo ₂ kgMVS ⁻¹ j ⁻¹)	0.11	0.08	0.07	0.07

II.3.5. Différents types d'épuration par boue activées

Le traitement des eaux usées par le procédé à boues activées peut être réalisé suivant deux procédés principaux qui sont :

a. Le mélange intégral

C'est un procédé permettant de mélanger instantanément les eaux décantées à travers la totalité du bassin d'aération. Ainsi, il existe dans le bassin une teneur constante des boues activées, une oxygénation homogène et une répartition uniforme de la pollution organique. De fait la charge organique appliquée est uniforme étant assurée par la dispersion de l'effluent.

b. Le mélange piston

Dans ce traitement l'effluent circule lentement dans le sens longitudinal. L'effluent injecté à un instant donné progresse donc en bloc (en piston).

On considère souvent un aérateur de ce type comme la succession de plusieurs cellules fictive en mélange intégrale.

II.3.6. Mécanisme d'élimination biologique de l'azote

Les eaux résiduaires contiennent différents composés azotés tel que les protéines, urée et produits de décomposition ainsi que l'azote sous forme minérale. Son élimination biologique se réalise en deux étapes :

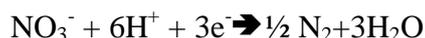
a. La nitrification

La nitrification consiste en l'oxydation de l'azote organique sous forme d'un ammoniac (NH₄⁺) en nitrite (NO₂⁻) puis en nitrate (NO₃⁻) par l'intermédiaire de micro-organismes autotrophes et en phase aérobie :



b. La dénitrification

La dénitrification est un processus dans lequel des bactéries hétérotrophes réduisent l'azote nitrique en azotes gazeux et cela en phase d'anoxie:



II.3.7. Traitement biologique du phosphore

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes, et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées).

Si l'on inclut dans le traitement un bassin anaérobie, cette assimilation biologique peut être augmentée. Les bactéries, placées dans des conditions de potentiel redox très bas, sur assimilent le phosphore par rapport à leur besoin. C'est ce que l'on appelle le traitement biologique du phosphore. Les bactéries peuvent relarguer le phosphore sur assimilé si elles sont placées durablement dans des conditions de redox plus hautes. À l'inverse, si elles sont extraites rapidement du traitement, c'est une méthode de traitement sans réactif du phosphore.

Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejets requis.

II.3.8. La clarification

Après passage dans le réacteur biologique, les boues sont séparées de l'eau épurée par décantation dans un clarificateur. Les boues récupérées par raclage et pompage au fond du bassin sont renvoyées en tête de bassin biologique. Cependant, une partie de ces boues est renvoyée vers le traitement des boues. L'eau épurée est rejetée dans le cours d'eau.

II.4. Traitement tertiaire

À l'issue du traitement secondaire, l'eau traitée est parfois directement rejetée en milieu naturel. Autrement, elle subit un troisième niveau de traitement lorsque les eaux usées traitées sont rejetées dans une zone sensible ou destinées à usage particulier (zone de baignade, prise d'eau pour l'adduction de l'eau potable à proximité, irrigation agricole, besoins urbains, usage industriel). Un traitement tertiaire consiste par exemple à éliminer le phosphore résiduel ou les micropolluants biologiques (micro-organismes) ou chimiques (molécules) encore présent dans les eaux traitées et qui menacent ou interdisent les usages envisagés. Dans le cas des micropolluants biologiques, on parle de « désinfection » de l'eau lorsqu'il s'agit d'en diminuer la charge bactérienne et virale.

Les techniques employées, souvent issues des traitements de potabilisation, peuvent être physiques (tamisage, microfiltration, adsorption sur charbon actif, membranes, rayonnement ultraviolet), chimiques (chlore, ozone, chaux, floculation).

❖ Les filtres à sable

L'opération de filtration consiste à faire passer les eaux épurées sur un lit filtrant constitué de sable. Des impuretés restent piégées entre les espaces inter granulaires du sable. Le degré d'encrassement est mesuré par un manomètre pour indiquer la nécessité d'un lavage.

Conclusion

On a pu dans ce chapitre étudier les différents procédés d'épuration des eaux usées ainsi que les traitements qui complètent ces procédés pour un bon traitement de l'effluent dans le but de respecter les normes de rejet des eaux usées.

En Algérie comme dans le reste du monde, le procédé d'épuration par boues activées est le plus utilisé car il permet un bon traitement de l'effluent ainsi qu'un bon rendement pour une meilleure protection de l'environnement.

Introduction

La maîtrise et la valorisation des boues d'épuration sont devenues une priorité pour l'avenir, face à l'expansion des zones urbaines, à la multiplicité des sites de dépollution, et à la législation toujours plus contraignante. Les boues ainsi issues des différentes étapes de traitement des eaux, ont vu leur volume considérablement augmenter ces dernières années. Les filières de traitement des boues se sont ainsi développées et améliorées en parallèle des sites de dépollution des eaux.

La destination finale des boues conditionne le choix de traitement. Ces filières ont pour objectifs principaux, de produire une boue de meilleure qualité en moindre quantité et sans risques pour l'environnement.

III.1. Composition et origine des boues

Les boues urbaines sont composées principalement d'éléments fertilisants, notamment en phosphore et en azote. On rencontre différents types de boues à traiter suivant le traitement des eaux mis en place sur la station d'épuration :

- ❖ Les boues primaires qui proviennent du traitement primaire des eaux usées par décantation ;
- ❖ Les boues biologiques, biomasse en excès provenant du traitement biologique secondaire. Elles sont aussi appelées boues secondaires ou boues activées ;
- ❖ Les boues mixtes, mélange de boues primaires et de boues biologiques. Elles proviennent de la totalité de la station ;
- ❖ Les boues physico-chimiques, provenant de la décantation après traitement par des réactifs (sels de fer, d'aluminium,...).

Le tableau suivant montre les différents types de boues, leurs origines ainsi que leurs compositions.

Tableau III.1: Différents types de boues de STEP. [16]

Type de boue	Boues primaires	Boues biologiques (boues activées)	Boues mixtes	Boues physico-chimiques
Origine	Traitement primaire par décantation	Traitement biologique secondaire	Traitement primaire et secondaire	Décantation après traitement avec un réactif
Composition et siccité	Matière inorganique	Composés organiques avec un petit pourcentage de composés organiques	Mélange de boues primaires et de boues biologiques	
	Couleur grise siccité 5%	Boues granulaire, de couleur brun-jaunâtre, pulvérulente et de décantation difficile siccité 1-2%	Siccité 5%	Siccité 4-5%

III.2. Procédés de traitement des boues

A la sortie des filières de traitement des eaux, les boues contiennent environ 95-99% d'eau. Cette dernière se présente normalement sous deux formes :

- ❖ Eau libre : faiblement absorbée, peut être éliminée par déshydratation mécanique ;
- ❖ Eau liée : attachée avec des bactéries ou d'autres particules, peut être éliminée par séchage thermique ($> 105^\circ$).

Le traitement des boues consiste donc tout d'abord à diminuer leur teneur en eau et à réduire de manière efficace leur charge polluante et fermentescible. Il s'agit de les préparer à une étape ultime de valorisation ou d'élimination. Il existe quatre principales techniques qui peuvent être complémentaires :

- ❖ L'épaississement ;
- ❖ La stabilisation ;
- ❖ Le conditionnement ;
- ❖ La déshydratation.

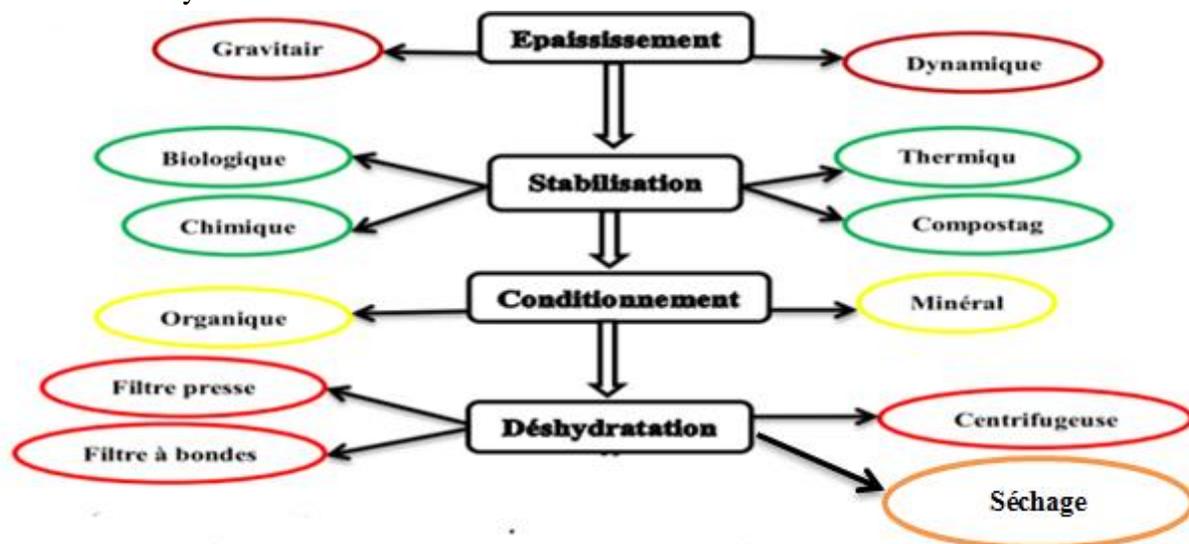


Figure III.1: Schéma des différentes étapes du traitement des boues.

III.2.1. Epaississement

L'épaississement est généralement la première étape du traitement des boues. C'est un procédé simple, consommant peu d'énergie. Il sert principalement à réduire le volume des boues brutes et constitue une étape préalable aux traitements suivants. Le taux de siccité obtenu peut atteindre jusqu'à 10% de matière sèche. Quelle que soit la technique utilisée, l'eau doit être recyclée en tête de STEP.

Diverses méthodes sont utilisées pour épaissir les boues :

- ❖ Epaississement gravitaire ;
- ❖ Epaississement dynamique.

III.2.1.1. Epaissement gravitaire : la décantation (ou sédimentation)

Cette technique est très répandue dans les grandes stations (10 000-100 000). Une hauteur de 3,5 à 4 m est préconisée pour le bassin de décantation, en tenant compte du volume de stockage, afin de faciliter le tassement de la boue. La siccité des boues à la sortie de ce procédé varie de 2 à 10% selon la nature des boues traitées. [16]

Ce procédé est peu coûteux (consommation énergétique de l'ordre de 1 à 7 kWh/tMS) et d'exploitation simple mais de faible performance sur les boues biologiques (boues très fermentescibles) avec une siccité de 1,5-2,5%. De plus, la mise en place de l'ouvrage nécessite une surface et un volume très importants. Le temps de séjour des boues dans l'épaisseur est environ 48h. La performance est variable selon la nature des boues :

- ❖ Boues primaire, 40-80 kg de MS/m²/jour
- ❖ Boues biologiques, 25kg de MS/m²/jour. [16]

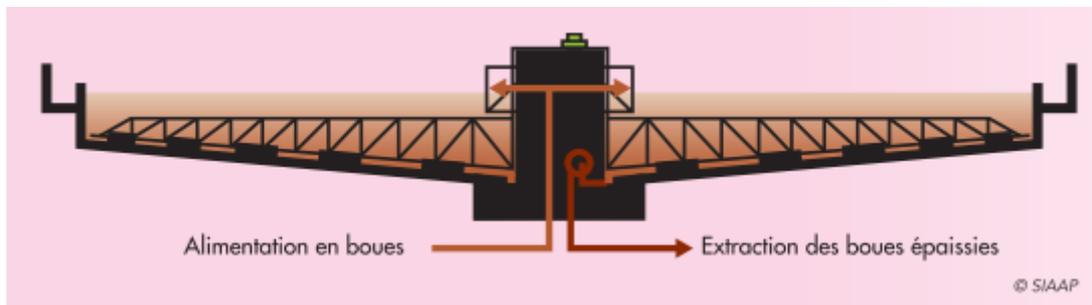


Figure III.2: Epaissement statique gravitaire.

III.2.1.2. Epaissement dynamique

a. La flottation

Bien adaptée aux boues biologiques, la flottation a l'avantage d'être un procédé rapide par rapport à la décantation et réalisé dans des installations compactes surtout avec les matières en suspension (MES) de faible décantabilité (siccité de 3,5-5%). Le procédé est basé sur une séparation de phases provoquée par une remontée à la surface des boues sous l'effet de la pression de fines bulles d'air. Les principaux inconvénients de cette technique sont les coûts d'exploitation élevés à cause d'une forte consommation énergétique (entre 60 à 100 kWh/tMS) et son fonctionnement délicat. Ce procédé est donc réservé principalement aux grandes stations (10 000 à 100 000 EH). [2]

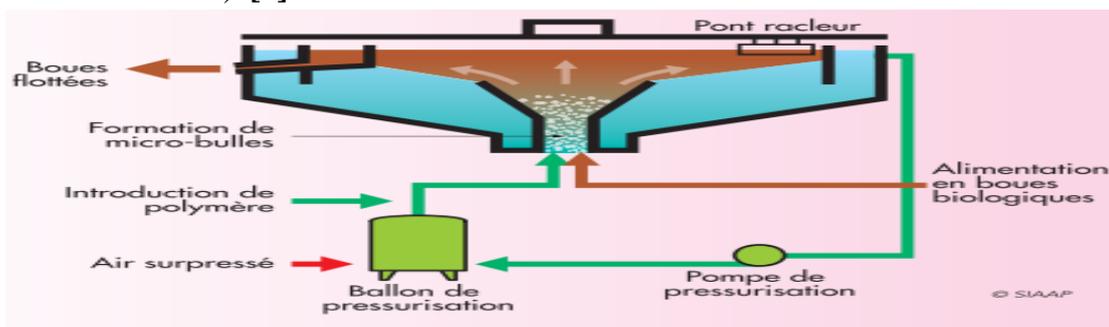


Figure III.3: Flottation.

b. La Centrifugation

Cette technique consiste en une séparation, sous l'effet de la force centrifuge, des phases liquide et solide en ajoutant aux boues un polymère en faible dose, permettant d'obtenir un bon compactage (siccité de 4-6%). Il s'agit d'un procédé rapide (il traite 100 m³ de boues par heure) et compact, mais très consommateur d'énergie (150 à 300 kWh/tMS) et très sensible à la qualité des boues.

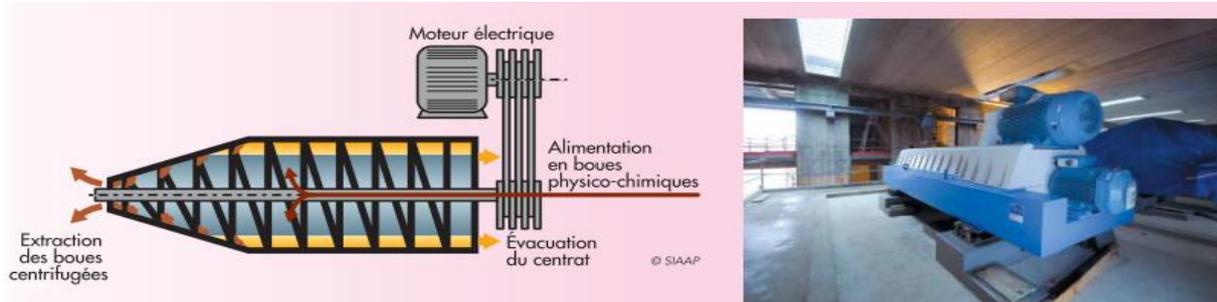


Figure III.4: Centrifugation.

c. Le Drainage

La boue, préalablement floculée par traitement physico-chimique, est épanchée sur un support filtrant qui est raclé en permanence par des lames en caoutchouc. Il existe des technologies variées. Les tables, grilles et tambours d'égouttage sont des techniques simples, efficaces et financièrement abordables alors que les bennes filtrantes, bien adaptées aux petites stations et de fonctionnement très simple, ont des coûts plus élevés et nécessitent une assistance technique importante.

Le tableau suivant présente une comparaison des techniques de l'épaississement sur quelques paramètres.

Tableau III.2: Comparaison des techniques de l'épaississement sur quelques paramètres. [16]

Type d'épaississement	Energie (kWh/tMS)	conditionnement	Siccité (%)
Décantation	10 à 20	-	1.50 à 2.5
Flottation	60 à 100	-	3.5 à 5
Centrifugation	150 à 300	Polymère (5kg/tMS)	4 à 6
Drainage	30 à 60	Polymère (1.5kg/tMS)	4.5 à 6

II.2.2. Stabilisation et hygiénisation

Bien que la stabilisation et l'hygiénisation présentent chacune une finalité différente, on peut les regrouper au sein d'une seule étape visant à réduire au maximum toutes les nuisances de natures biologiques que peuvent produire les boues déshydratées. Ces deux traitements sont souvent assurés par un même procédé.

La stabilisation consiste à réduire au maximum l'activité biologique de dégradation des boues et plus particulièrement leur fermentation. Elle réduit fortement la nuisance olfactive, les émissions de méthane, les risques de lixiviation, les populations bactériennes et la DBO₅.

L'hygiénisation est, quant à elle, destinée à réduire la présence d'agents pathogènes dans les boues afin d'éviter une contamination éventuelle dans le cas d'une utilisation pour la valorisation d'un écosystème (épandage par exemple). Ces deux étapes peuvent être assurées par différentes manières, on cite: [17]

- ❖ Digestion aérobie : le compostage (par voie biologique) ;
- ❖ Digestion anaérobie : la méthanisation (par voie biologique) ;
- ❖ Chaulage (par voie chimique) ;
- ❖ Stabilisation aux sels de nitrite (par voie chimique) ;
- ❖ Stabilisation aérobie thermophile (par voie physique) ;

III.2.3. Le conditionnement

Trois types de conditionnement peuvent être effectués avant la déshydratation :

- ❖ Le conditionnement minéral, avec utilisation de chaux et d'un coagulant (chlore ou sulfate ferrique). Il permet une forte augmentation de la siccité et une stabilisation des boues.
- ❖ Le conditionnement hydraulique au polymère, il peut être réalisé après un ajout de coagulant éventuel.
- ❖ Le conditionnement thermique, qui permet de dépasser 50% de siccité. Il est employé avec des boues digérées sur de grosses installations.

III.2.4. Déshydratation

La déshydratation constitue la seconde étape de réduction du volume des boues sur les boues épaissies, stabilisées ou non, afin d'obtenir une siccité des boues plus poussée (en moyenne comprise entre 20 et 30 % selon la nature des boues). La déshydratation représente plusieurs avantages : elle facilite le stockage et réduit donc le coût du transport, elle améliore la stabilisation (temps de séjour augmenté) et facilite une utilisation en agriculture. Il existe plusieurs techniques de déshydratation mécanique :

III.2.4.1. Les filtres presses

Le filtre-presse est une technique de déshydratation qui consiste à exercer mécaniquement une forte pression sur la boue. Cette dernière libère l'eau interstitielle au travers d'un filtre. Il se forme alors, avec les solides retenus, un « gâteau » plus ou moins sec.

Des réactifs de coagulation / floculation sont utilisés, leur fonction principale étant d'augmenter l'agglomération des particules. Cela permet de faciliter la filtration de ces particules. Le chlorure ferrique et la chaux sont les conditionnements les plus souvent choisis, mais il est aussi possible d'utiliser les électrolytes polymères. L'emploi de polymères et de toiles spécifiques facilite la dépose du gâteau, étape cruciale de la déshydratation. Il faut ensuite effectuer un lavage des toiles, plus la boue est « biologique » plus le lavage doit être puissant. Ce lavage génère d'ailleurs d'importantes quantités d'eaux chargées en MES, qui sont réintroduites en amont de traitement. La dilution des boues qui résulte doit être prise en compte afin de déterminer la capacité de l'installation.



Figure III.5: Filtre-presse.

Cette technique est très intéressante car elle s'adapte au type de boues traitées. De plus, les filtres presses s'intègrent à des petites stations (volume pas important). Par ailleurs, les couts d'investissement d'exploitation sont globalement raisonnables et le filtre-presse fait preuve d'une relative facilité de conduite. Il existe quatre techniques de filtres presse différentes :

- ❖ Les filtres à bandes ;
- ❖ Les filtres à plateaux ;
- ❖ Les filtres à membrane ;
- ❖ Les presses à vis.

III.2.4.2. La centrifugeuse

La centrifugeuse est le matériel qui a le plus évolué ces dernières années, ce qui lui a permis de se rapprocher et parfois d'égaliser les performances des filtres presses. Il s'agit d'une séparation des phases liquides et solide, du fait de leur densité, par accélération centrifuge dans un bol dans lequel tourne une vis. Cette vis racle et évacue la phase solide. En général, la conception de la vis est adaptée à un type de boue précis. La compacité de cette technologie permet de développer des unités mobiles de déshydratation, ce qui assure une certaine flexibilité du procédé. Elle représente de nombreux avantages par rapport au filtre-presse :

- ❖ Elle est adaptable aux boues difficiles à traiter (pour les boues urbaines huileuses, la séparation des insolubles est quasi-totale).
- ❖ L'automatisation du procédé est totale.
- ❖ Le procédé est fermé, plus compact qu'un filtre-presse.

Le principal atout des centrifugeuses résidait dans leur adaptation aux petites stations d'épuration, secteur que commencent à investir les promoteurs de filtres presses.

Tableau III.3: Comparaison des différents types de déshydratation. [16]

Technique de déshydratation	Type des boues	Siccité obtenue	conditionnement
Centrifugation	biologique	16-20 %	Polymère cationique 5-8kg/tMS
Filtre à bande		14-17 %	Polymère cationique 6kg/tMS
Filtre à plateaux		30-35 %	28-30% de chaux 8-10% FeCl ₃

On cite d'autres procédés de déshydratation :

- ❖ Le panier rotatif ;
- ❖ Le passoir fourrier ;
- ❖ Les sacs filtrants.

III.2.4.3. Séchage

Le séchage est une opération unitaire du traitement des boues consistant à évaporer de l'eau libre et liée. Plusieurs techniques de séchage sont envisageables :

a. Lit de séchage

Le principe du lit de séchage est d'épandre des boues liquides sur une grande surface avec un lit constitué de graviers et de sable. Il se pratique soit à l'air libre soit en bâtiment fermé avec une ventilation mécanique. Cette technique représente l'inconvénient d'être tributaire du climat, les temps de séchage sont relativement longs et les coûts de main d'œuvre élevés. Elle ne peut s'adapter qu'aux grandes stations en raison des surfaces nécessaires. Il existe plusieurs types :

- ❖ Séchage solaire ;
- ❖ Lit de sable ;
- ❖ Lagune de séchage ;
- ❖ Lit planté des macrophytes. [18]

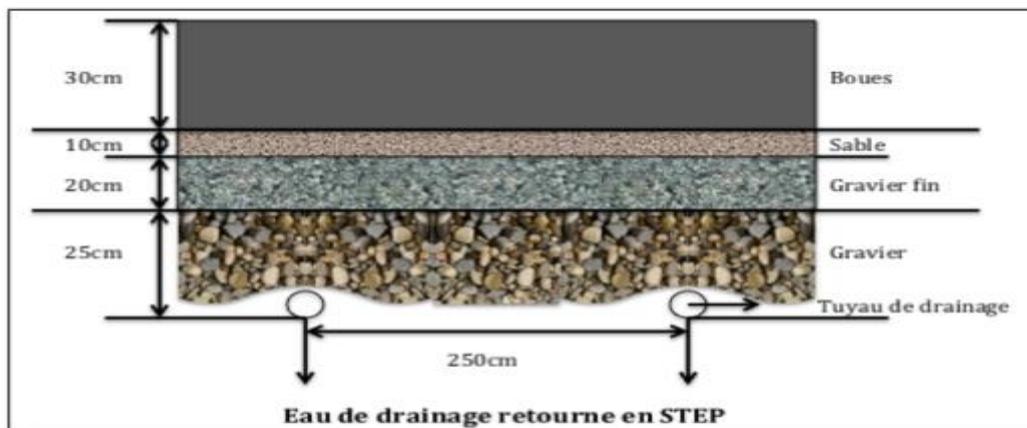


Figure III.6 : Schéma de la composition principale du lit de sable.

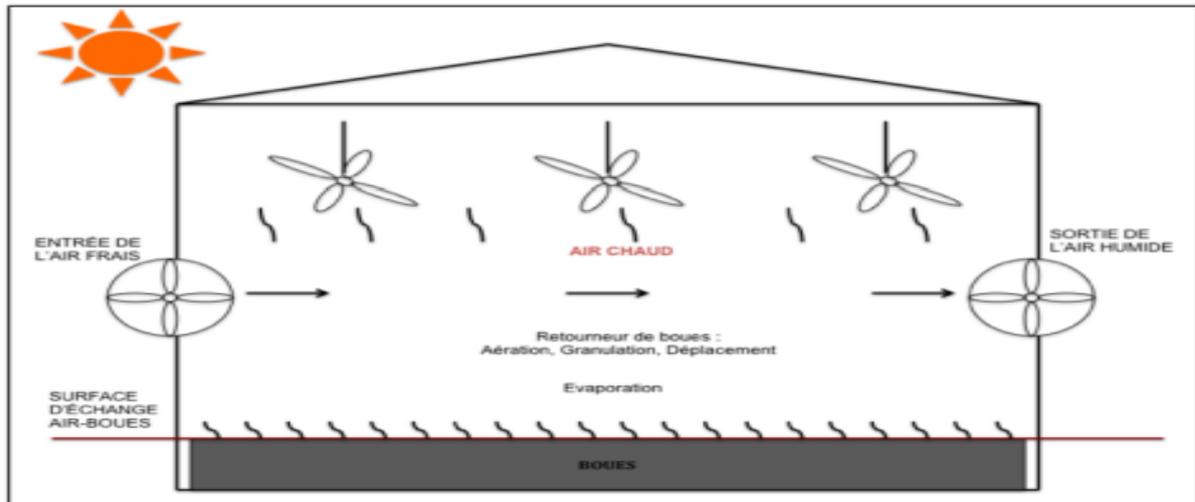


Figure III.7: Schéma du fonctionnement d'une serre à séchage solaire.

b. Séchage thermique

Ce type de séchage repose sur deux méthodes :

- ❖ Le séchage direct, c'est-à-dire que les boues sont au contact de la source chaude et que l'air est injecté directement pour permettre leur combustion. Il nécessite ensuite un traitement spécifique de cet air, chargé en polluants de toutes sortes. Les sécheurs directs ne peuvent généralement pas produire des boues de siccité supérieure à 70 % à cause de risques d'inflammation ou d'explosion.
- ❖ Le séchage indirect, qui est un séchage total. Les boues sont chauffées par un fluide caloporteur circulant dans des tuyaux parfaitement isolés. Les sécheurs indirects peuvent former, sans aucun danger, des boues de siccité supérieure à 90 % et parfois même à 95 %.

III.3. Destination des boues

Aujourd'hui, il existe deux filières concernant la destination des boues qui sont :

III.3.1.Principale filières

Les boues récupérées des STEP sont soit valorisées pour des fins agricoles ou énergétiques, ou bien éliminées.

III.3.1.1.Valorisation organique

Il s'agit de la solution la moins onéreuse mais également la plus fragile en raison des difficultés liées à l'acceptation par le monde agricole de ces « déchets » devenus « produits ».

a. Epandage des boues

Malgré les couts croissants de traitement des boues nécessaires à une valorisation agricole, l'épandage reste la filière la plus économe. Avant d'être épandues, les boues peuvent avoir subi un ou plusieurs traitements.

Malgré les intérêts qu'elle présente, cette valorisation a des limites. Elle est assez mal acceptée par les exploitants à cause la présence des ETM, des CTO et les germes pathogènes dans les boues. [19]

b. Valorisation sous forme de compost

Le compostage est d'abord un procédé de stabilisation de la matière organique puis un procédé de valorisation organique produisant un compost soumis aux mêmes contraintes réglementaires que l'épandage agricole.

Par ailleurs, le compostage présente plusieurs avantages par rapport à l'épandage. Parmi ces avantages on a :

- ❖ Réduction du volume des boues et de leur teneur en eau ;
- ❖ Réduction des odeurs ;
- ❖ Meilleure maniabilité (meilleure structure que les boues non compostées) ;
- ❖ Stabilisation et hygiénisation naturelles sans additifs chimiques ;
- ❖ Plus grand intérêt économique (une grande quantité d'humus riche en éléments fertilisants).

La valorisation agricole après compostage est garantie en raison de la qualité du produit final, s'il est commercialisé, peut garantir la rentabilité de l'opération.

A cause d'un apport trop faible carbone/azote, et de l'absence d'élément structurant, les boues de STEP ne sont pas compostables seules. Il est donc nécessaire de mélanger les boues avec des déchets verts qui permettent de structurer et d'aérer le substrat, afin d'obtenir un produit final de bonne qualité. Ce procédé nécessite des garanties quant à la qualité et à la quantité des deux flux (déchets verts et boues) afin d'assurer un mélange homogène dans la durée.

L'utilisation du compost fournit aux végétaux un support aéré, un réservoir d'eau et de nutriments. Ceci permet un enracinement important des végétaux, favorise leur productivité et diminue les risques d'érosion. [20]

III.3.1.2. Valorisation énergétique

Après une première déshydratation, les boues sont incinérées dans un four spécifique ou peuvent être mélangées avec d'autres déchets tels que des déchets ménagers et traités dans des installations de traitement thermique de déchets non dangereux.

Un des procédés les plus connus est le four à lit de sable fluidisé. Les températures de combustion sont généralement comprises entre 850 et 900 °C. En sortie de réacteur, du sable chaud est mélangé aux boues, afin de créer une turbulence facilitant la combustion, puis il est réintroduit en bas du réacteur de fluidisation. Le principal intérêt de cette technique réside dans le fait que la combustion est auto-entretenu si les boues ont une siccité supérieure ou égale à 26%.

La chaleur produite dans l'installation peut être valorisée dans un réseau de chaleur, permettant de réduire le coût de fonctionnement de l'usine.

Enfin, l'intérêt principal du traitement thermique des boues de STEP est tout d'abord de transformer les boues en cendres, avec une réduction de volume d'environ 90%. Ce produit

représente un déchet ultime qui sera stocké. De plus, la combustion des boues offre une possibilité de valorisation énergétique des boues, surtout dans les fours de capacité importante.

III.3.1. 3. La mise en décharge contrôlée

Elle consiste à enfouir les boues souvent mélangées avec les ordures ménagères selon les principales conditions (site étanche, compactage des résidus, récupération et traitement des jus de décharges,...). Afin d'éviter toute nuisance au niveau de stockage, les boues doivent être débarrassées des matières organiques fermentescibles.

De plus, pour réduire la production de lixiviats, et éviter une rapide saturation de la décharge, ne sont acceptées que les boues peu humides (humidité maximale de 70 %).

Remarque

La mise en décharge contrôlée de la boue nécessite des opérations préliminaires de stabilisation et de déshydratation poussée.

III.3.2. Filières facultatives

Ce sont de nouvelles techniques de valorisation des boues, parmi ces techniques, on trouve :

III.3.2.1. La co-combustion en cimenterie

Encore au stade expérimental en France, cette technique offre une possibilité d'élimination des boues d'épuration déshydratées ou séchées. En effet, les boues de siccité supérieure à 90 % ont un pouvoir calorifique important (de 10 à 12 MJ/kg). Elles peuvent donc être utilisées comme combustible et remplacer une partie de la consommation en énergie fossile. De plus, la chaleur produite par le processus peut être utilisée pour le séchage des boues. [16]

Cependant, pour pouvoir profiter de cette chaleur, la station d'épuration doit être à proximité de la cimenterie. En outre, la teneur en phosphore des boues peut être un élément limitant de cette technique. En effet, une teneur supérieure à 0,5 % de phosphore peut entraîner une diminution de la résistance mécanique.

III.3.2.2. La gazéification

La gazéification consiste à convertir à forte température (900-1100°C) une énergie contenue dans un matériau solide en un résidu inerte et un gaz calorifique valorisable ou d'électricité, avec des rendements énergétiques et un bilan environnemental favorables. Cependant, cette technique nécessite des boues préalablement séchées à 90 %, ce qui grève pour le moment le coût de cette solution alternative.

Remarque :

Le schéma suivant résume les différentes techniques de traitement des boues ainsi que leurs destinations. [16]

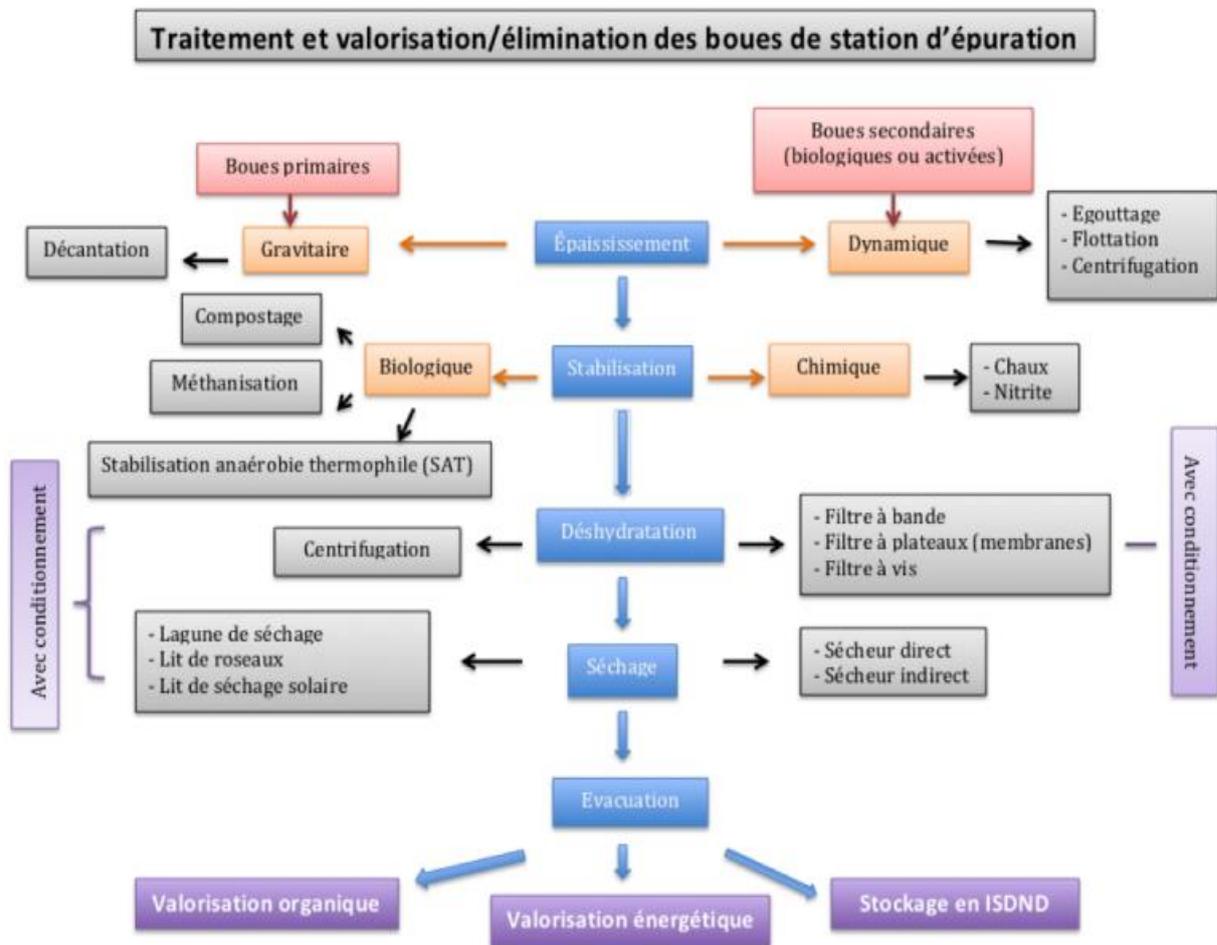


Figure III.11 : Techniques de traitement des boues et leurs destinations en France.

Conclusion

Le traitement des eaux usées conduit à la production de boues, qui contiennent des composés inertes et organiques, des polluants et des pathogènes. Un traitement adapté et performant de ces boues est donc indispensable pour maîtriser de façon globale l'assainissement des eaux usées.

Dans tous les cas, le choix de filières de valorisation ou d'élimination des boues produites doit prendre en compte l'existence et la pérennité des débouchés potentiels, notamment pour l'épandage, et essayer de mutualiser les équipements de traitement des déchets existant sur le territoire (plateforme de compostage, unité de valorisation énergétique à proximité,...).

Cependant, il faut également tenir compte des évolutions réglementaires, qui peuvent créer de nouvelles contraintes, ayant des impacts sur le coût de l'assainissement.

CHAPITRE III

Traitement des boues

Éléments des pannes

CHAPITRE IV:

Dysfonctionnements des STEP à boues activées

Introduction

Les problèmes biologiques, encore fréquents, limitent la fiabilité des stations d'épuration à boues activées. Complexes dans leur compréhension, leur maîtrise est parfois délicate pour les opérateurs chargés d'assurer le bon fonctionnement des installations. Ce chapitre est un aperçu sur les principaux dysfonctionnements biologiques rencontrés au niveau d'une station d'épuration à boues activées.

IV.1.Détection des dysfonctionnements

Les problèmes rencontrés au niveau d'une station d'épuration à boues activées peuvent être détecté selon deux manières différentes, soit visuellement ou bien au laboratoire.

IV.1.1.La détection visuelle

Cela consiste à repérer certains problèmes en se basant seulement sur des critères de contrôle visuels, parmi les anomalies détectées visuellement on a :

- ❖ L'observation visuelle de la surface des bassins ;
- ❖ La qualité des eaux épurées (turbide, claire,...) ;
- ❖ La mauvaise odeur.

IV.1.2.La détection au niveau de laboratoire

Cela se fait par l'utilisation de certaines méthodes et un ensemble d'appareillages. Cela permet de :

- ❖ Evaluation des paramètres physico-chimiques
- ❖ Détermination des indicateurs de performances (calcul des ratios DCO/DBO, MVS/MES.....)
- ❖ Réaliser les tests de décantation en éprouvette d'un litre (volume décanté en une demi-heure, aspect du surnageant...).
- ❖ L'observation microscopique de la boue.

L'analyse microscopique permet d'obtenir de l'information sur l'état de procédé biologique afin de pouvoir prendre rapidement des décisions adéquates dans le but d'apporter les correctifs nécessaires et limiter les risques que la situation ne dégénère encore plus.

L'analyse microscopique nous informera sur:

- ❖ La nature d'un problème de décantabilité: foisonnement filamenteux ou foisonnement non filamenteux. Dans le premier cas une chloration pourrait être envisagée alors que dans le deuxième cas, une chloration ne fera qu'empirer la situation ;
- ❖ Les propriétés à la décantation du floc en relation avec sa morphologie
- ❖ Un choc récent au procédé ;
- ❖ Un problème d'oxygène dissous en relation avec la faune dominante et certains types de bactéries filamenteuses ;
- ❖ Un problème de contrôle de l'âge des boues en relation avec le profil faunistique et certains types de filamenteuses ;
- ❖ La présence de septicité, in-situ ou non, en relation avec certains indicateurs et certains types de bactéries filamenteuses ;

- ❖ Un manque de nutriments en relation avec la présence de polysaccharides externes au floc et certains types de bactéries filamenteuses ;
- ❖ L'efficacité réelle d'une chloration en relation avec l'état des filaments
- ❖ La présence d'huiles et graisses dans les effluents.

IV.2.Dysfonctionnement des stations d'épurations à boues activées

Les différents problèmes rencontrés au niveau d'une station d'épuration à boues activées empêchent le bon fonctionnement de cette dernière. Ces problèmes perturbent le processus de traitement des eaux et influent négativement sur les rendements épuratoires de la STEP.

IV.2.1.Dysfonctionnements des ouvrages de prétraitement

IV.2.1.1.Le dégrilleur

Un défaut d'entretien ou une panne prolongée (équipement auto) entraîne une mise en charges des collecteurs et cela provoque :

- ❖ Rétention de dépôts en fermentation pouvant occasionner des perturbations de fonctionnement de la station ;
- ❖ Dépôt des sables au fond de l'ouvrage ;
- ❖ Dégagement d'odeurs ;
- ❖ Risque de colmatage du réseau ;
- ❖ La mise en charge du collecteur en amont.

IV.2.1.2.Déssableur-déshuileur

Parmi les problèmes rencontrés au niveau d'un déssableur-déshuileur on a :

- ❖ Mauvaise séparation des sables avec la matière organique ;
- ❖ Complicité dans la flottation des graisses en surface ;
- ❖ Dégagement d'odeurs ;
- ❖ L'encrassement de l'ouvrage ;
- ❖ La perturbation de l'aération.

IV.2.2.Traitement primaire

Parmi les dysfonctionnements rencontrés dans cet ouvrage on rencontre :

- ❖ Le maintien d'une concentration en boue inférieure à 15 g.l^{-1} permet de limiter le temps de séjour de la boue. Une mauvaise maîtrise des concentrations augmentent automatiquement le temps de séjour dans le décanteur, cela provoque une fermentation ;
- ❖ Une odeur désagréable ;
- ❖ La flottation des boues ;
- ❖ Evacuation des sables et graisses et leurs stockages.

IV.2.3.Traitement biologique

IV.2.3.1.Historique sur les problèmes biologiques

Le développement des microorganismes est une condition au bon fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées. Bien que nécessaire, cette condition n'est pas suffisante, les

caractéristiques de la biomasse influant directement sur la structure des floccs, leur densité est donc en définitive sur l'aptitude des boues à la décantation. En conséquence, difficultés d'ordre biologique riment le plus souvent avec difficultés de décantation.

Cette situation n'est pas nouvelle puisque les premières publications faisant référence à des problèmes biologiques remontent à 1932 où DONALDSON assimilait les microorganismes filamenteux aux mauvaises herbes du jardin, et constatait que leur présence en grand nombre limitait la décantation.

En 1969, PIPES, à partir de l'étude des tests de décantation en éprouvette propose une première typologie des boues décantant mal, il écrit les phénomènes de croissance dispersée, la défloculation, les floccs en tête d'épingle, les boues dénitrifiantes et les foisonnements.

En ce qui concerne la compréhension des mécanismes explicatifs de la croissance des microorganismes, CHUDOKA (1973) démontre l'importance des faibles concentrations qui favorisent le développement des germes. [21]

IV.2.3.2. Les principaux problèmes de décantation

Les difficultés de décantation ont pour origine des problèmes liés à :

- ❖ La floculation des boues ;
- ❖ La densité des boues ;
- ❖ La compaction des boues. [21]

a. Les difficultés liées à la floculation des boues

Croissance dispersée

Le test de décantation couplé à l'observation microscopique révèle une eau turbide, parfois laiteuse où seule est présente une population dense de bactéries dispersées. Cette situation peut être rencontrée lors du démarrage de la station (forte charge appliquée), ou après un incident majeur ayant détruit ou lessivé la biomasse initiale.

Défloculation

La qualité de l'eau traitée est/ou devient médiocre, on ne distingue pas de voile de boue (pas d'interface nette boue/eau) ni de microfaune lors de l'observation microscopique. Le degré de défloculation peut varier en fonction de l'intensité du toxique responsable du phénomène. Cet agent toxique est déversé le plus souvent accidentellement, parfois de façon cyclique. Les moyens d'action restent limités sauf dans le cas où l'arrivée du toxique peut être prévue et que des bassins de stockages amont sont installés (stations industrielles).

Dans les autres cas, la situation ne peut être rétablie qu'après le retour à la normale, c'est-à-dire lorsque le toxique n'est plus présent dans l'eau d'entrée, ou du moins à des concentrations tolérables par le procédé.



Figure IV.1 : Floculation des boues au niveau d'un décanteur.

b. Les difficultés liées à la densité des boues

✚ Fermentation des boues

Elle se traduit par des remontées de boue noirâtres et malodorantes en surface du décanteur secondaire, la flottation de ces boues s'explique par la présence de microbulles internes qui diminuent la densité apparente des boues. Ces bulles sont la résultante d'une activité de fermentation anaérobie au sein de la boue.

Les phénomènes de fermentation sont en général localisés (fond de décanteur, génie civil dégradé...) et ne provoquent dans un premier temps pas d'altérations notables du traitement. L'indice de boue et la décantation en éprouvette peuvent être tout à fait normaux.



Figure IV.2 : La fermentation des boues et conséquences

✚ Dénitrification « sauvage » dans le décanteur

Dans les installations nitrifiantes, lorsque la teneur en nitrates à la sortie du bassin d'aération est élevée ($> 10 \text{ mg N-NO}_3/\text{l}$), des phénomènes de dénitrification dans le clarificateur peuvent intervenir en cas de séjour prolongés des boues au fond d'ouvrage (environ 2h et plus).

Les microbulles d'azote gazeux entraînant vers la surface des particules de boue déjà décantée. Ces phénomènes sont fréquents en période chaude sur les petites stations d'épuration à bassin d'aération unique.

La stratégie à adopter pour résoudre ce problème consiste à modifier les consignes de l'aération et de la recirculation afin d'assurer une dénitrification au sein même du bassin d'aération. Une dissociation des fonctions aération/brassage est également conseillée (dès la conception) pour contrôler plus aisément le phénomène qui peut affecter négativement la qualité de l'eau en sortie et être parfois à l'origine de phénomènes de mousses stables.

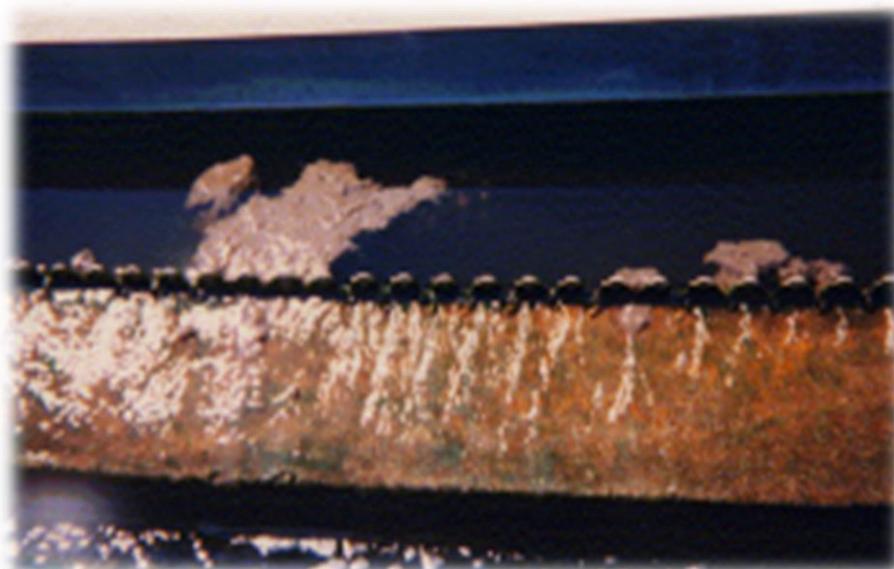


Figure IV.3 : Dénitrification sauvage dans un décanteur

✚ Mousses stables

Présentes en surface des bassins, elles sont plus au moins stables et visqueuses en fonction de leur concentration qui peut atteindre des valeurs très élevées (50 g MES/l). L'observation microscopique révèle systématiquement la présence de microorganismes filamenteux hydrophobes. Il en résulte que la problématique des mousses biologiques est très proche de celle du foisonnement des boues.

Les principales causes du développement de ces germes spécifiques des mousses sont à rapprocher :

- ❖ D'un âge de boue élevé ;
- ❖ De phénomène de septicité (réseau long, impact d'un séjour prolongé en prétraitement ou traitement primaire) ;
- ❖ La présence des graisses ;
- ❖ De déséquilibres nutritionnels.



Figure IV.4 : Mousses stables dans un décanteur

Différentes solutions ont été mises en œuvre pour combattre ce phénomène générateur de contraintes supplémentaires pour l'exploitant. Les résultats les plus performants ont été obtenus en mettant en œuvre une chloration pour une action curative à court terme ou une zone de contact pour une action préventive et curative à moyen terme.

Remarques

- ❖ Le problème des mousses est fréquemment associé à des indices de boues élevés (200 ml/g), il y aura en général des difficultés de décantation.
- ❖ Si les cas à mousses stables sont les plus fréquents, d'autres cas de moussage peuvent se présenter (mousses instables dues à l'apport massif de détergents, mousses colorées liées à des apports industriels).

c. Difficultés liées à la compaction des boues

✚ Gestion de la concentration des boues

C'est parfois le cas lorsque les soutirages des boues en excès ne permettent pas d'extraire en quantité suffisante les boues produites (période hivernale, impossibilité d'épandre les boues...).

Cela entraîne une augmentation anormale du stock de boue dans le bassin d'aération puis le décanteur, avec pour conséquences négatives une consommation excessive d'électricité (respiration des boues) et des risques de pertes de boue en sortie (réduction de la capacité hydraulique du clarificateur).



Figure IV.5 : Densité excessive des boues dans le bassin

✚ Le foisonnement

Il constitue un problème de décantation majeur des stations d'épurations urbaines et/ou industrielles (25 à 30 % des installations en Europe occidentale et aux Etats-Unis). Il résulte de la prolifération de bactéries filamenteuses dans les boues activées, en s'ensuit alors fréquemment une perte de biomasse avec l'eau épurée et parfois arrêt de l'installation.



Figure IV.6 : Le phénomène de foisonnement dans un décanteur.

Les causes de foisonnement sont principalement :

- ❖ La nature de la pollution à traiter (composition de l'eau résiduaire, évolution dans le temps, carences ou déséquilibres nutritionnels) ;
- ❖ La septicité des eaux résiduaires ;
- ❖ Les conditions d'aération ;
- ❖ Les conditions de mélange ;
- ❖ Les séjours prolongés des boues en fond de clarificateur ;
- ❖ Le mode d'écoulement des eaux à traiter (mélange intégral, flux piston).

Les principaux mécanismes de développement des germes filamenteux s'explique par :

- ❖ Leur morphologie particulière qui permet de meilleurs échanges avec le liquide interstitiel contenant le substrat et l'oxygène nécessaires au métabolisme ;
- ❖ Leur taux de croissance favorisé par des concentrations en substrat et en oxygène limitantes ;
- ❖ Leur métabolisme particulier dans ces cas spécifiques (effluents riches en composés soufrés ou en substrats facilement assimilables).

Remarque

Le tableau cité ci-dessous résume les différentes anomalies qui peuvent être observées au niveau d'une station d'épuration biologique fonctionnant à boues activées :

Tableau IV.1 : Les différentes anomalies observées au niveau d'une STEP à boues activées. [21]

Observations	Diagnostic	Recommandations
- Odeurs à l'arrivée à la station - Constats H ₂ S	- Stagnation des eaux usées dans les canalisations obstruées par des corps étrangers ou rejets de fosses septiques défectueuses. - Longueurs de refoulement pour de faibles débits.	- Améliorer le curage mécanique du réseau. - Contrôler les usagers pour faire le branchement à l'égout afin de supprimer les éventuelles fosses septiques anciennes. - Eviter le recours au refoulement, si le temps de séjour est trop long. - Prévoir les traitements adéquats complémentaires.
Bassin de décantation primaire		
-Compacité excessive des boues et difficulté d'extraction.	- Les boues contiennent des quantités anormales de sable.	- Revoir le fonctionnement correct des dessableurs et la vitesse d'écoulement en amont (réglages des pompes d'eau brutes). - Extraire plus fréquemment les boues.
- Capacité hydraulique insuffisante.	- Fond plat trop large du décanteur et pente insuffisante des parois. Jupe de répartition des eaux brutes trop immergée. - Fausse appréciation de la surface du plan d'eau.	- Revoir le profil en travers du décanteur. - Adopter une jupe de 0,5 à 0,6 m de diamètre est une immersion de 0,7 m. - La mesure se fait à 0,6 m sous le plan d'eau.
-Nappe d'huile ou de gazole à la surface.	-Un établissement industriel déverse ces substances directement dans le réseau. Il peut s'agir aussi de vidanges « sauvages » réalisées par des particuliers.	-Procéder à une enquête et repérer l'emplacement du rejet en visitant les regards des canalisations.
-Formation de bulles de gaz avec remontée de boues à la surface du bassin.	-Fermentation sur le radier du bassin (anaérobie). Les bulles de gaz allègent les boues, lesquelles remontent en surface.	-Extraire les boues plus fréquemment. -Maintenir le pH des boues au-dessus de 6,5.
Épuration par boues activée		
-Remontée de boues à la surface du clarificateur ou décanteur secondaire.	-Maladie d la boue appelée bulking, ou « gonflement » des boues	-Augmenter l'oxygénation ou chlorer les boues en retour au taux de 5mg/l ou évacuer plus rapidement les boues en excès
-Dépôt de graisse dans la cheminée centrale du clarificateur-décanteur.	-Les effluents contiennent des graisses émulsionnées qui gêne le processus biologique	-Contrôler le bon fonctionnement du dégraisseur en amont des installations
-L'eau du clarificateur-décanteur a une coloration jaune-grise.	-Présence d'argile colloïdale dans l'effluent, consécutive a de fortes pluies d'orage (système unitaire).	-Supprimer provisoirement la recirculation. Evacuer les boues fréquemment. -On peut précipiter l'argile en ajoutant à l'eau du clarificateur du sulfate d'alumine et de la chaux.

Tableau IV.2: les différentes anomalies observées au niveau d'une STEP à boues activées (suite)

Observations	Diagnostic	Recommandations
-Perturbations hydrauliques.	-Présence d'importantes infiltrations permanentes ou pseudo-permanentes. -Mauvaise admission des effluents : clifford mal conçu ou détérioré. -Sous-dimensionnement du clarificateur.	-Rechercher leur origine pour la réhabilitation. -Vérifier le dimensionnement du clifford sur la base d'une surface minimale de 1 m ² pour un débit traversier de 40 m ³ /h. -Vitesse ascensionnelle maximale de 0,6 m/h sur le débit de pointe.
-Problèmes de décantation.	-Bulking graisseux. -Dénitrification.	-Mettre un regard de dégazage ; la surface minimale est de 1 m ² pour un débit traversier de 100 m ³ /h. -Prévoir la recirculation : faible taux.
-Départ de boues.	-Problèmes de mousses liés à la dénitrification. -Mauvaise floculation et fermentation sur le clarificateur.	-Doper à l'O ₂ en été. -Augmenter l'aération. -La teneur en O ₂ dissous doit être supérieure à 1,5 mg/l. -Améliorer l'extraction des boues.
Qualité de l'effluent de sortie.	-Suivi des formes azotées.	Maintenir ou augmenter l'aération et contrôler le taux d'oxygène dessous.
-Boues noirâtres, odeurs putrides. -Eau épurée opalescente.	-Masse trop importante de boues -Pollution organique (anaérobie).	-Augmenter l'oxygénation. -Diminuer la masse des boues activées jusqu'à ce que la concentration en O ₂ dessous soit supérieure à 2 mg/l.
-Empoisonnement des boues du a un déversement accidentel de substances indésirables dans les canalisations. -Présence de boues flottant a la surface du clarificateur-décanteur.	-Recherche de produits suspects.	-Augmenter l'oxygénation et la recirculation au maximum, ou procéder à la javellisation des boues en retour. -Isoler le « lot » de boues contaminées, de façon à préserver la valorisation agricole (s'il y a lieu).

Conclusion

Les problèmes biologiques pénalisent le bon fonctionnement des stations d'épuration à boues activée, notamment les installations fonctionnant dans le domaine de l'aération prolongée (cas les plus fréquents).

Les problèmes biologiques et les problèmes de décantation vont de pair, leur complexité et le manque de moyens mis en œuvre pour les résoudre fut longtemps la cause d'une certaine confusion et de discussions souvent stériles.

Les vingt dernières années ont en revanche été riches en résultats qui, aujourd'hui, permettent de proposer pour un grand nombre de stations des solutions efficaces dans la mesure où elles sont appliquées à bon escient.

Ces solutions peuvent être des dispositions à prendre au niveau de l'exploitation (gestion des boues et de l'aération, optimisation des conditions de brassage, réduction du temps de séjour des boues en clarification...) ou au niveau de la conception (zones de contact pour les stations à faible charge, écoulement piston,...).

CHAPITRE V

Présentation de la STEP de *Présentation de la STEP de* Reghaia *Présentation de la STEP de*

Introduction

Le réseau d'assainissement est l'ensemble des collecteurs de décharge des eaux usées, pluviales et industrielles. Ces eaux peuvent être nuisibles envers l'environnement en cas de rejet sans traitement d'où vient l'utilité de l'épuration des eaux usées. C'est dans l'objectif de préserver l'environnement en générale et le lac de REGHAIA en particulier qu'une station d'épuration a été réalisée en 1997 à l'amont de ce dernier.

Dans ce chapitre on va définir les principales caractéristiques de la STEP de REGAIA ainsi la description détaillée de cette dernière.

V.1.Présentation de l'environnement de la STEP

V.1.1.Aperçu sur la STEP de REGHAIA

La station d'épuration de REGHAIA fait partie des 38 stations existante sur le littoral algérien, elle a été réalisée dans le cadre du schéma général d'assainissement Grand Alger.

Elle fait aussi partie des 6 stations exploitées par la SEAAL sur la wilaya d'Alger. Avec une capacité de traitement de 400.000 EH, classée deuxième derrière la station de BARAKI (actuellement à 900 000 EH).

La réalisation de la station a été faite en deux étapes :

- ❖ Traitement primaire : il a été réalisé par DEGREMONT avec une mise en service en 1997.
- ❖ Traitement biologique : il a été réalisé par Groupe C.G.E.C & WABAG avec une mise en service en 2008.

Actuellement la station d'épuration de REGHAIA est gérée par la SEAAL. Elle traite les effluents des communes suivantes :

- ❖ Reghaia ;
- ❖ Ain Taya ;
- ❖ Rouiba ;
- ❖ El Marsa ;
- ❖ Bordj El Bahri ;
- ❖ Bordj El Kiffan ;
- ❖ H'raoua ;

Remarque

La station traite aussi les eaux usées des deux zones industrielles, Rouiba et Reghaia qui regroupent 130 usines (un débit quotidien de 20 000 m³/j).

La station fonctionne selon le procédé des boues activées a faible charge (des fois en aération prolongée). Deux filières de traitement existantes dans la STEP qui sont :

- ❖ Filière traitement des eaux ;
- ❖ Filière traitement des boues.



Figure V.1: Photo satellite de la station d'épuration de REGHAIA.

Avec :

Filière eau

1. Entrée/bassin d'orage ;
2. Prétraitement ;
3. Décantation primaire (02 décanteurs);
4. Bassin biologique (02 bassins d'aération) ;
5. Clarification (03 clarificateurs);
6. Filtration (06 filtres).

Filière boues

7. Epaissement (02 épaisseurs) ;
8. Stockage des boues (02 bâches) ;
9. déshydratation (04 centrifugeuses) ;
10. aires de stockage des boues déshydratées.

Le tableau suivant résume les caractéristiques générales de la STEP :

Tableau V.1: caractéristiques générales de la STEP.

Nom	STEP REGHAIA
Adresse	STATION D'EPURATION DE REGHAIA RN 24 – REGHAIA
Maître d'ouvrage / Exploitant	Direction d'hydraulique W.ALGER / SEAAL
Constructeur	Traitement primaire : DEGREMONT Traitement biologique: Groupe C.G.E.C & WABAG
Année de mise en route	Traitement primaire : 1997 / Traitement biologique : 2008
Capacité nominale	400 000 EH

Source :SEAAL REGHAIA

V.1.2. Localisation géographique

La STEP de REGHAIA (wilaya d'ALGER) se trouve à la sortie nord de la ville, sur la RN24 reliant la ville de REGAIA à la ville d'AIN TAYA juste à proximité du lac. Elle s'étale sur un terrain plat d'une élévation d'environ 14 m par rapport au niveau de la mer avec une surface de 16ha.

Les coordonnées géographiques de la STEP sont les suivants : 36° 45' 30'' Nord et 3° 20' 18'' Est.



Figure V.2: Localisation de la STEP de REGHAÏA

V.1.3. Présentation de la SEAAL

La Société des Eaux et de l'assainissement d'Alger (SEAAL) Créée en 2006 est considérée comme un opérateur public chargé de la gestion des services de l'eau et de l'assainissement d'Alger. La SEAAL est une société par action détenue par l'Algérienne des eaux (ADE) et l'Office National de l'Assainissement (ONA) qui est un opérateur public de droit algérien activant sur l'ensemble de la wilaya d'Alger.

La SEAAL a réalisé 747 projets et chantiers d'eau et d'assainissement en 2009. Elle assure 20000 réparations de fuites et renouvèle 15000 branchements par an. Elle a rénovée aussi, 56 km de canalisations d'assainissement et traite 102 millions de m³ d'eaux usés par an. Le tableau suivant montre les différents STEP exploitées par la SEAAL sur Alger ainsi que leurs capacités :

Tableau V.2 : les STEP exploitées par la SEAAL sur Alger

La station d'épuration	Capacité nominale
BENI MESSOUS	500 000
STAOUELI	15 000
ZERALDA	200 000
SIDI ABDALLAH	200 000
BARAKI	1 800 000
REGHAIA	400 000

Source : SEAAL ALGER

V.2.Présentation des filières de traitement de la STEP**V.2.1.Caractéristiques générales**

La station d'épuration de Réghaia est de type boues activées fonctionnant en faible charge associée à une dénitrification en tête et à une déphosphatation simultanée par injection du chlorure ferrique. Les principales caractéristiques, les données de base de dimensionnement, le descriptif et le schéma de l'installation sont précisés ci- après.

Tableau V.3 : Données de base du constructeur, horizon 2017 (partie 1).

Capacité nominale	400 000 EH
Débit moyen journalier	80 000 m ³ /j
Débit moyen horaire	3 333 m ³ /h
Débit de pointe de temps sec	5 022 m ³ /h
Débit de pointe de temps de pluie	8 118 m ³ /h

Tableau V.4 : Données de base du constructeur (partie 2).

	Eau brute	Eau épurée	
		Concentration moyenne journalière sur échantillon	Valeur instantanée
MES	19 960 kg/j	20 mg/l	25 mg/l
DBO ₅	15 800 kg/j	15 mg/l	25 mg/l
DCO	28 560 kg/j	50 mg/l	90 mg/l
NGL	1 960 kg/j	10 mg/l	
Pt	540 kg/j	3 mg/l	
Coliformes fécaux		2 000/ 100 ml	
Coliformes totaux		10 000/ 100ml	
Œufs d'Helminthes		1 /1L	

Source :SEAAL REGHAIA

V.2.2.Descriptif de la filière

V.2.2.1.Filière eau

- ❖ Alimentation générale de la STEP : pompage à partir des 02 postes de relevage d'un débit théorique maximum de 12 000 m³/h ;
- ❖ mesure des eaux brutes et bassin d'orage ;
- ❖ Dégrilleur x 2 ;
- ❖ Dessableur déshuileur x3 ;
- ❖ Décanteurs primaires x2 ;
- ❖ Bassin d'aération x2 ;
- ❖ Nitrification Dénitrification x2 ;
- ❖ Déphosphatation par injection du FeCl₃ ;
- ❖ Clarificateurs x3 ;
- ❖ Filtration sur sable x6.

V.2.2.2.Filière boues

- ❖ Poste de pompage des boues primaires ;
- ❖ Poste de pompage des boues secondaires ;
- ❖ Poste de recirculation des boues secondaires et d'extraction des boues en excès ;
- ❖ Epaissement des boues x2 ;
- ❖ Stabilisation chimique des boues (injection de lait de chaux) ;
- ❖ Stockage des boues épaissies ;
- ❖ Préparation automatique du polymère ;
- ❖ Déshydratation des boues par centrifugation.

V.2.3.La composition de la STEP

V.2.3.1.Arrivée des eaux brute et l'ouvrage de Comptage

Les réseaux du type mixte de diamètre Ø800 et Ø1200, acheminent les eaux usées urbaines et industrielles vers l'entrée de la STEP.

Le comptage du débit se fait par mesure de hauteur d'eaux par des sondes ultrasons en amont de deux canaux venturisés.

Un By-pass général par manœuvre d'un batardeau de 1.6 m de largeur et 1.9 m de hauteur, contrôlant l'entrée général de la station.

Dimensionnement

Le canal venturi :

- Débit maximum : 9 360 m³/h.
- Nombre de canaux : 2
- Hauteur max : 2.5m
- Longueur des canaux : 17.4m
- Largeur d'un canal : 1.25 m
- Hauteur d'eau max : 0.9 m

Un bassin d'orage :

- Volume : 4 000 m³
- Pompe submersible : 2x 180 m³/h
- Agitateurs x 4

+ Fonctionnement

Les eaux usées sont acheminées de la tête de station vers le canal venturi pour quantifier le volume journalier. Un déversoir d'orage a été installé pour évacuer les eaux en excès. Le bassin d'orage est doté de deux pompes submersibles et un déversoir vers le canal de By-pass en cas de trop plein. Le comptage des eaux usées pompés du bassin d'orage vers le prétraitement se fait par calcul du temps de fonctionnement des pompes.

V.2.3.2.Echantillonnage automatique des eaux d'arrivée

Il permet de prélever automatiquement des échantillons représentatifs asservi au temps ou au débit dans une enceinte réfrigéré à l'abri de la lumière. Ces prélèvements sont effectués chaque 24h.

+ Dimensionnement

- Préleveur de marque LANGE/BUHER : nombre : - 02 (Entrée + Sortie) ;
-Dimensions : 1290 x 690 x 645 ;
- Boitier en acier inoxydable à double paroi avec deux portes;
- Bloc réfrigérant pour régulation de température à +4°C indépendant de la commande ;
- Commande à microprocesseur, clavier étanche pour programmation et écran LCD ;
- Tuyau d'alimentation et d'écoulement connectés au bol doseur.

+ Fonctionnement

Le fonctionnement du préleveur est commandé par un programme prédéfini (la durée entre un prélèvement d'un échantillon et un autre est choisie par l'exploitant).

V.2.3.3.Le prétraitement

a. Dégrillage

+ Dimensionnement

Dégrilleur automatique x 02

- Profondeur : 1.5 m
- largeur : 1m
- Espace entre les barreaux : 20 mm

Dégrilleur manuel x 01

- Profondeur : 1.9m
- largeur : 1 m
- Espace entre les barreaux : 30 mm

+ Fonctionnement

Deux dégrilleurs automatiques sont montés dans les canaux, chacun est composé d'une grille courbé en acier galvanisé à nettoyage automatique par un peigne rotatif diamétral. Un contacteur à flotteur monté en amont enclenche le nettoyage du champ de grille.

En cas d'arrêt des dégrilleurs, les eaux sont dirigées vers un dégrilleur manuel de secours. Les refus sont renvoyés vers une benne de stockage (d'une capacité de 6m³) au moyen d'un tapis roulant.

b. Dessaleur/ Dégraisseur

+ Dimensionnement :

- Nombre de canaux : 3
- Largeur : 4m
- Longueur : 28m
- Profondeur : 3.6m

- Surpresseurs d'air : 3 x 540 m³/h pour une pression de 0.3 bar (2+1 de secours)
- Air lift : 3 x 55m³/h
- Charge hydraulique au débit moyen journalier: 9.9m³/m²/h
- Temps de séjour au débit moyen journalier : 12 mn

✚ Fonctionnement

Afin de maintenir en suspension les matières organiques, les canaux sont brassés à l'air en continu par insufflation d'air à partir des supprimeurs. L'air est acheminé par des tuyauteries alimentant des nourrices installées au fond des bassins.

Dans le dernier tiers en aval, chaque canal est équipé de trois aérateurs mécaniques immergés, produisant des micros bulle d'air particulièrement favorables à la flottation des graisses. Ces dernières sont poussées par des racleurs vers une goulotte de récupération, puis dans une fosse de stockage.

Le sable décante dans la partie inférieure des canaux. Le mélange eau/ sable est relevé au moyen d'air lifts et envoyés vers une goulotte. L'extraction du sable se fait soit par une vis d'Archimède soit par un classificateur à sable.

V.2.3.4.Traitement primaire (Décanteur primaire)

✚ Dimensionnement

- Nombre de décanteurs : 2
- Diamètre des décanteurs : 42m
- Hauteur cylindrique : 2.6m
- Surface unitaire : 1385m²
- Volume unitaire : 3601m³
- Temps de séjour au débit moyen : 2.56 h
- Vitesse ascensionnelle au débit moyen : 1.20m/h
- Extraction des boues primaires : 2 pompes de 150m³/h, dont une en secours
- Débitmètre électromagnétique sur la canalisation des boues extraites

✚ Fonctionnement

L'alimentation du décanteur circulaire se fait en partie centrale. Une jupe de répartition assure une répartition équivalente du volume sur l'ensemble de surface des boues décantées sont racless et dirigées vers le puits à boue.

V.2.3.5.Traitement secondaire

a. Bassin d'aération

✚ Dimensionnement

- bassins d'aération fonctionnent en parallèle = 2
- volume de chaque bassin : $V = 11866 \text{ m}^3$
- longueur x largeur = 46.30 x 46.30
- chaque bassin est équipé de 3 turbines de surface du type à axe vertical et à vitesse lente
- diamètre de la turbine = 2900 mm
- capacité d'oxygénation = 207kg d'O₂/h
- capacité standard d'aération = 2,2 kg d'O₂ /kWh
- Puissance d'aérateur = 110kw/h

Fonctionnement

Pour le traitement de la pollution dans cet ouvrage, il est nécessaire de mettre un taux de biomasse épuratrice en cohérence avec la charge à traiter. La fourniture d'un taux d'oxygène de 1.8 à 2 g/l est indispensable pour le fonctionnement du système.

Afin d'éviter la décantation des boues dans le fond de l'ouvrage, les aérateurs doivent brasser efficacement le contenu du bassin.

b. Nitrification dénitrification

Dimensionnement

- Volume du bassin d'anoxie : 8890 m³
- Pompe de recirculation interne : 2 x 1667 m³/h
- Agitateur submersible de la zone d'anoxie : Vitesse du moteur 1500 tr/mn
Vitesse de l'hélice 244 tr/mn
- Puissance de l'agitateur : 10 kW

Fonctionnement

Une pompe de recirculation interne à hélices permet de réintroduire la plus grande part des nitrates qui sont produits dans le bassin biologique lors des phases d'aération vers le bassin d'anoxie favorisant ainsi la dénitrification.

Pour traiter la charge azotée, la liqueur mixte doit être recirculée de 200% à 400 % vers le bassin d'anoxie directement à partir du bassin d'aération. Un agitateur fonctionne en continu pour éviter tout dépôt de boues dans le fond du bassin.

c. Déphosphatation chimique

Dimensionnement

- 03 pompes doseuses d'un débit de 350 l/h dont une de secours.
- 01 pompe de transfert d'un débit de 10 m³/h (remplissage de la cuve de stockage).
- Cuve de stockage d'une capacité de 25m³.
- Bassin de rétention de la cuve de stockage du FeCl₃ :5m x 5m x 1.2 m.

Fonctionnement

Le produit est le FeCl₃ livré par camion citerne ou par tank, la pompe de transfert assure le relevage du produit et le remplissage de la cuve de stockage.

Les pompes doseuses à raison d'une pompe par bassin injectent le réactif en sortie du bassin d'aération. Le réglage du vernier de la pompe doit se faire en fonction de la charge du phosphore à traiter.

d. Clarificateur

Dimensionnement

- nombre de clarificateurs : 3
- Volume unitaire approximatif : 9200 m³.
- Hauteur d'eau: 3.48m.

- Diamètre de la jupe de tranquillisation : 9.2m.
- Débit de surverse au débit de pointe sur les 3 clarificateurs : 5.1m³/h.
- Vitesse ascensionnelle : 1.05m/h avec un décanteur à l'arrêt .
- Diamètre des décanteurs : 58m.
- Surface unitaire : 2640 m².
- Extraction des boues secondaires : 2 pompes de 100m³/h.
- Recirculation des boues secondaires : 3 pompes de 2222 m³/h
- Débitmètres électromagnétiques sur les canalisations des boues extraites et boues recirculées.

Fonctionnement

Le mélange eau-boue est admis dans une jupe appelée Clifford. L'eau épurée est évacuée par surverse et les boues sont récupérées sur le radier où une pente est aménagée pour faciliter leur reprise. Une lame siphonide évite le départ de flottants. Un pont racleur permet d'une part de récupérer rapidement les boues au fond de l'ouvrage et de les orienter vers le puits central et, d'autre part, de récupérer les flottants et de les diriger vers une fosse à écumes Les boues sont reprises par des pompes de recirculation vers le bassin d'aération.

Les eaux clarifiées sont reprises dans une double goulotte en partie supérieure pour être rejetées dans le milieu récepteur ou envoyées vers les filtres à sable pour le traitement tertiaire.

V.2.3.6. Traitement tertiaire (filtre sur sable)

Dimensionnement

- Nombre d'unité (Filtre) = 6
- Chaque filtre a les dimensions suivantes :
 - Longueur = 13m
 - Largeur = 6,5 m
 - Vitesse maximale de filtration = 10m/h
 - Les buses : largeur de fente 0,4 mm
 - Hauteur du matériel filtrant = 1,5 m
 - Hauteur de l'eau au dessus du filtre = 2m
 - Granulométrie de 0,95mm
- Quatre Pompe de relevage des eaux épurées d'un débit de 1850 m³/h dont une munie d'un variateur .

Fonctionnement

Le fonctionnement de la filtration est conçu selon un système de compensation de charge. Pour cela, une vanne de régulation, un indicateur de perte de charge et une sonde de mesure de niveau constituent un ensemble dont le rôle est d'assurer un niveau de filtre constant .En effet, durant un cycle de filtration, la régularisation est faite en amont par le capteur de niveau à sonde ultrasonique et en aval par la mesure de perte de charge qui indique le degré d'encrassement du sable. Aussi toute élévation du plan d'eau au dessus du matériel filtrant doit être corrigée par l'ouverture progressive de la vanne de régulation. Grâce à ce dispositif, le filtre reste en permanence sous la charge des eaux et à niveau constant déjà paramétré via la supervision (2 mètres). Quant au lavage, chaque filtre doit être lavé séparément tout en continuant la filtration sur les autres filtres en service.

V.2.3.7. Traitement des boues

a. Epaissement des boues

+ Dimensionnement

- 02 épaisseurs circulaires. - Diamètre intérieur = 18m
- Hauteur d'eaux cylindrique = 3.5m - Pente du radier : 15%
- Diamètre d'alimentation centrale : 1.4 m - Volume = 1000 m³
- Surface utile d'un épaisseur : 216 m²
- 02 pompes de boues épaissies de 28 m³/h chacune
- 02 débitmètres électromagnétiques pour comptage des boues épaissies (primaires et secondaires)

+ Fonctionnement

La station d'épuration de REGHAIA produit deux types de boues :

- ❖ Les boues primaires issues des deux décanteurs primaires.
- ❖ Les boues secondaires ou biologiques venant des trois clarificateurs.

Les deux types de boues sont traités séparément. Les boues primaires sont traitées dans le premier épaisseur, alors que les boues secondaires sont traitées dans le deuxième épaisseur.

Pour les boues primaires : il faut alimenter l'épaisseur à une concentration la plus faible possible et en continu. La limite haute de concentration ne doit pas dépasser 5 g/L car elles sont très fermentescibles et peuvent commencer à fermenter dans les décanteurs primaires.

L'épaisseur dédiée aux boues biologiques est alimenté régulièrement à l'aide d'une matrice horaire paramétrée via la supervision (à partir de la barre de commande).

Les boues une fois épaissies sont envoyées vers les bassins de stockage,

b. Stabilisation des boues

+ Dimensionnement

Le compartiment de préparation et du dosage de la chaux est constituée de :

- Un dévouteur dans le silo à chaux - volume de 80 m³, fond conique 60°, 3m de diamètre
- Une vis de dosage de chaux - Un convoyeur de chaux
- Un détecteur anti-bourrage - Un injecteur de chaux dans la cuve de préparation
- Un agitateur mélangeur - Une électrovanne d'eau et un débitmètre
- Contrôleur de niveau - Bac de préparation d'une capacité de 3 m³
- 03 pompes de dosages d'un débit max de 300 l/h; chaque pompe est munie d'un variateur de fréquence.
- 04 pompes de dosage d'un débit variant entre 100 et 700 l/h (injection dans les 4 centrifugeuses).

+ Fonctionnement

Le niveau bas de la cuve de préparation enclenche l'ouverture de l'électrovanne de l'eau de service et le démarrage simultané du dévouteur du silo, le doseur, le convoyeur et la vis d'injection de la chaux.

De la même façon, le niveau haut de la cuve induit la fermeture de l'électrovanne en premier lieu et l'arrêt immédiat des autres équipements.

Le lait de chaux est transporté vers les jupes de tranquillisation des deux épaisseurs par deux conduites en PEHD, trois pompes doseuses dont une de secours assurent le dosage voulu.

L'injection du lait de chaux dans les centrifugeuses est possible, selon le choix de l'opérateur, cette opération est assurée par quatre pompes doseuses placées à proximité des centrifugeuses.

c. Bache de stockage des boues

Les boues mixtes peuvent être stockées avant leur envoi vers la centrifugation, le stockage a pour but d'homogénéiser les deux types de boues produites au niveau de la STEP et ce par une agitation continue.

+ Dimensionnement

- Quantité des bâches : 02
- Longueur d'une bache : 9.3 m
- Largeur d'une bache : 9.3 m
- Profondeur : 5.1 m
- Volume d'une bache : 441 m³
- Un agitateur par bache : 434 tr/min
- Puissance de l'agitateur : 6.5 Kw
- Une mesure de niveaux par bache
- Trois pompes d'alimentation des bâches de stockage 23.2 m³/h
- Quatre pompes d'extraction de boues des bâches de stockage vers les centrifugeuses de 15 à 50 m³/h

+ Fonctionnement

Les boues épaissies primaires et biologique sont mélangés dans le même bassin . Les sondes de mesures de niveau des deux bâches permettent l'arrêt des pompes des boues épaissies une fois que le seuil prédéfini via la supervision est atteint.

d. Déshydratation des boues par centrifugation

+ Dimensionnement

- 04 Centrifugeuses de type : ANDRITZ SAS D 4 LL C 30 B HP
- 04 pompes d'alimentation des centrifugeuses à débit variable, entre (5 et 50 m³/h)
- Flux massique unitaire : 633 kg/h
- Vitesse nominale du bol : 3000 Tr/mn.
- Densité maximale admise : 1.02 kg/dm³
- Débit de fonctionnement max : 22 m³/h.
- Bol : -Diamètre intérieure.....D = 430 mm.
 - Longueur totale.....L = 20121 mm
 - Vitesse nominale.....V_n= 3000 tr/min
 - Vitesse maximale.....V_m= 3600 tr/min
 - Angle de la partie coniqueθ = 11°
 - Surface (bol conique exclu).....S = 5796 m²
 - Volume (bol conique exclu).....V = 482 m³

+ Fonctionnement

Les centrifugeuses sont alimentées à partir des bâches de stockages. Le régime permanent de fonctionnement de la centrifugeuse passe obligatoirement par les étapes suivantes

- ❖ Démarrage du bol.
- ❖ Démarrage de la vis.

- ❖ Démarrage de la pompe de polymère de floculation
- ❖ Alimentation en boues.
- ❖ Démarrage de la pompe gaveuse et de la pompe de polymère de lubrification

Les boues déshydratées sont envoyées vers 02 aires de stockage d'une capacité de 1000m². Tous les déchets (sable, graisse et boues déshydratées) sont évacués vers la décharge publique, le taux des métaux lourds n'est pas conforme pour une valorisation agricole.

V.2.3.8. Poste toutes eaux

Les eaux chargées issues du prétraitement, surverse des deux épaisseurs, chambre de déshydratation, les écumes des fosses des trois clarificateurs et les eaux usées venant du bâtiment d'exploitation sont évacués vers le poste toutes eaux. Les eaux chargées sont acheminées par gravité vers la fosse à l'exception des écumes qui sont relevées par pompage. Une fois dans le poste, les eaux seront renvoyées vers la tête de la STEP.

+ Dimensionnement

- Deux (02) pompes submersibles de 325 m³/h
- Poires de niveau

+ Fonctionnement

Les eaux chargées sont acheminées par gravité vers la fosse à l'exception des écumes qui sont relevées par pompage. Les poires de niveau assurent le fonctionnement automatique des deux pompes dont une en secours, ainsi leur protection contre la marche à sec.

V.2.3.9. Pont bascule

Le pont bascule est un système de pesage constitué d'une plate-forme métallique et des capteurs, il mesure le poids des déchets, sables, boues évacués et réactifs chimiques livrés.

+ Dimensionnement

- capacité maximum = 60 Tonnes
- température de fonctionnement = -10 à +40°C

+ Fonctionnement

La pesée se fait comme suit :

- ❖ Arrivée et stationnement du véhicule sur la plate-forme métallique.
- ❖ Remplir le document des pesées pour enregistrement et archivage.
- ❖ A la stabilité du pont-basculé, le poids d'entrée est mémorisé.
- ❖ Retour du véhicule après chargement ou déchargement.
- ❖ Une deuxième pesée est faite pour déduction du poids voulu

Le système de pesage est relié à un terminal électronique d'affichage et une imprimante.

V.2.3.10. Groupe hydrophore

Le groupe hydrophore fonctionne sous pression à partir de la bache des eaux filtrées il alimente la station pour les besoins de lavage de la salle de déshydratation nettoyage et l'arrosage des espaces verts.

+ Dimensionnement

- Débit de pompes : 02 64 m³/h
- Pression max = 16 bar
- Un pressostat
- Un réservoir à diaphragme

Fonctionnement

La pression chute dans le réservoir à diaphragme et enclenche la première pompe, si la consommation de l'eau industrielle est importante une deuxième valeur de la pression permet l'enclenchement de la deuxième pompe.

Remarque

Le synoptique de la station d'épuration ainsi que la photographie des ouvrages composant cette dernière sont données en **annexe N°1**

Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'avoir une idée sur les différents ouvrages composant la STEP de Reghaia et les caractéristiques de fonctionnements de chaque ouvrage. Malgré tous ces équipements on rencontre toujours des problèmes de dysfonctionnements, d'entretiens et de gestion. C'est pour cette raison qu'on va essayer de repérer ces problèmes et proposer des solutions dans les chapitres ultérieurs, dans l'objectif d'optimiser le fonctionnement de cette STEP.

CHAPITRE VI

Etude des performances épuration de la STEP de Reghaia

Introduction

Le fonctionnement des STEP est évalué sur la base des résultats des autocontrôles, un suivi rigoureux des STEP est indispensable pour assurer la bonne gestion de l'infrastructure existante.

Dans un souci de clarté, le chapitre suivant sera consacré à l'étude des performances épuratoires de la STEP de Reghaia. Cela consiste à identifier les indicateurs de suivi et d'optimisation en traitant les données disponibles pour les deux dernières années à savoir 2012 et 2013.

Ces indicateurs permettant de mettre en évidence les optimisations nécessaires et servons une fois mis en place, à piloter l'exploitation des installations. Les indicateurs en question (pH, MES, DBO₅, azote, phosphore...), sont des paramètres souvent chiffrés, permettant d'évaluer les performances et la qualité du traitement mis en place.

VI.1. Matériels et méthodes

VI.1.1. Mesure du débit

Pour la STEP de Reghaia, durant la période d'études la mesure du débit a été faite seulement à l'entrée de cette dernière. Les eaux usées sont acheminées de la tête de station vers un canal venturi pour quantifier le volume journalier, le comptage du débit se fait par la mesure de hauteur d'eaux par deux sondes ultrasons en amont de deux canaux venturisés, les valeurs sont enregistrées automatiquement et récupérées en suite.

VI.1.2. Echantillonnage

Comme le but de cette étude est de vérifier les performances de la STEP, nous prévoyons d'analyser les eaux à l'entrée et à la sortie de la station. Pour cela, deux points essentiels de prélèvement d'échantillonnage ont été choisis. Un de l'eau brute au niveau du canal venturi, l'autre de l'eau épurée à la sortie de la conduite des eaux traitées. Un troisième point de prélèvement à la sortie de décanteur primaire est prévu aussi.

L'échantillonneur permet de prélever automatiquement des échantillons représentatifs en fonction du temps ou du débit dans une enceinte réfrigérée à l'abri de la lumière. Sachant que le fonctionnement du préleveur est commandé par un programme prédéfini.

VI.1.3. Les principaux paramètres analysés

Une fois récupérés, les échantillons seront conservés jusqu'à l'analyse dans un lieu frigorifique au laboratoire. Les principaux paramètres analysés à l'entrée et à la sortie de la STEP sont : le pH, la conductivité électrique (CE), MES, DBO₅, DCO, les composés azotés (nitrates, nitrites, azote totale), le phosphore totale et la détermination de l'indice de Mohlman. Notant que les analyses sont faites au moins deux fois par semaine.

Les méthodes d'analyses sont données en **annexe N°1**.

VI.1.4. Indicateurs de performances

Les indicateurs de performances sont des paramètres qui permettent d'évaluer la performance d'un système ou d'un processus, la qualité d'un service... et de suivre dans le temps les résultats concernant la qualité de l'eau.

Les différents rapports entre les paramètres de pollution d'un effluent urbain strict et leurs significations sont indiqués en **annexe N° 2**.

Remarque

Pour les deux dernières années, la mesure de la température au niveau de la station de Reghaia n'a pas été effectuée par l'exploitant de cette dernière.

La température de la région est favorable au développement bactérien responsable de l'épuration.

VI.2. Résultats et discussions

Les résultats d'analyses ainsi que les différents calculs sont donnés sous forme de tableaux en **annexe N°2**. Dans ce chapitre, nous les avons représentés sous forme graphique.

VI.2.1. Evolution de la charge hydraulique

Le graphe ci-après représente la variation mensuelle de la charge hydraulique entrant à la STEP pendant les deux dernières années à savoir 2012 et 2013 :

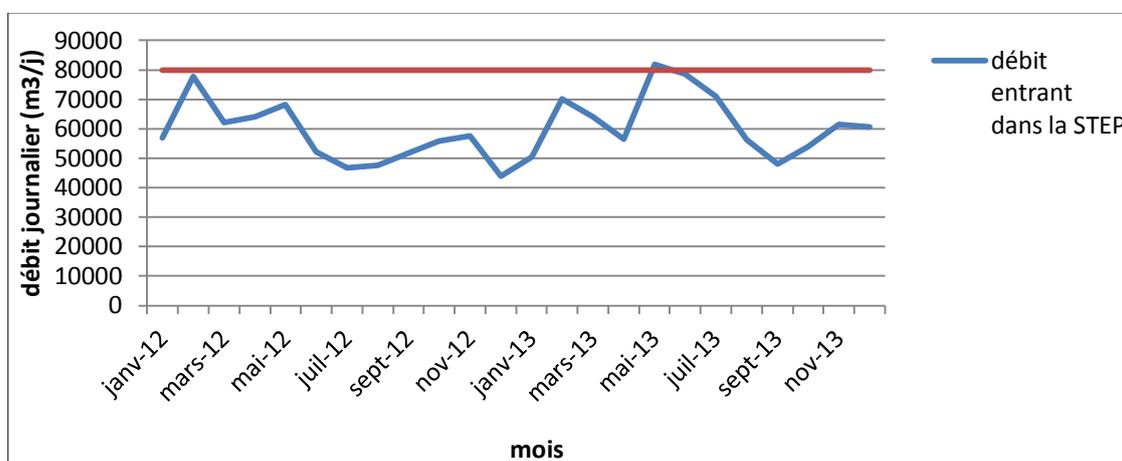


Figure VI.1: évolution moyenne mensuelle des débits des eaux brutes de la STEP.

A l'entrée de la station de la STEP, les débits sont nettement variables, allant 43971,87 m³/j mesuré en décembre 2012 à 81838 m³/j en mai 2013 avec une valeur moyenne qui est de l'ordre de 59922.34 m³/J, représentant respectivement 54,96% , 102.30% et 74,90% de la capacité nominale qui est de 80000 m³/j.

Durant la période allant de juin 2012 à janvier 2013 nous enregistrons des débits inférieurs au débit moyen, cela est dû à l'arrêt de 3 postes de relevage (Heraoua, Rouiba et Reghaia) pour

permettre le curage préventif des puisards. Cette situation entrainera une augmentation du temps de séjours dans les ouvrages de traitement.

Toutefois, des débits importants sont constatés durant l'année 2013 allant jusqu'à dépasser la valeur nominale de la STEP (mai 2013, ce qui pourra avoir un impact sur le rendement épuratoire du faite que le temps du séjour va diminuer).

Remarque

Le graphe suivant illustre les dépassements enregistrés au niveau de la STEP durant l'année 2013.

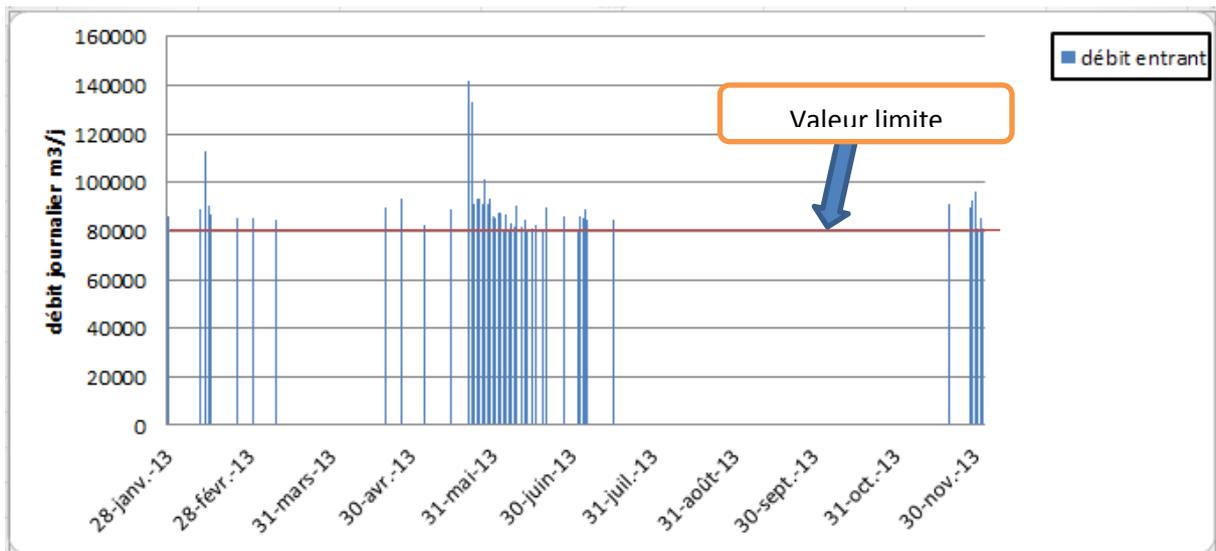


Figure VI.2 : Dépassesments des débits journaliers enregistrés au niveau de la STEP

Durant l'année 2013, la capacité nominale de la STEP a été dépassée pendant 52 jours (les valeurs journalières supérieures à 80 000 m³/j sont données en annexe N°) avec une moyenne de dépassement estimée à 89352 m³/j qui représente 111,69% la capacité nominale de la STEP.

VI.2.2. Evolution des paramètres physico-chimiques

a. Le potentiel hydrogène (pH)

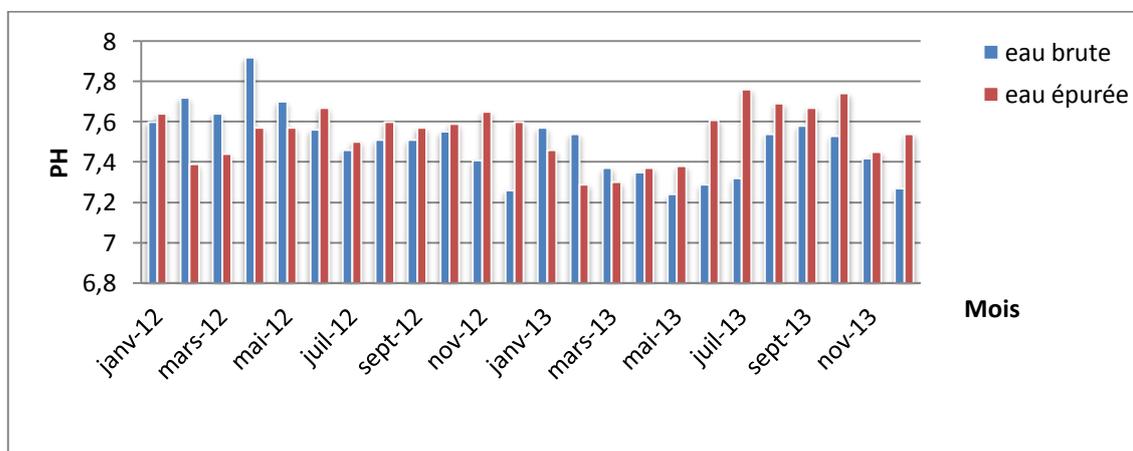


Figure VI.3 : Évolution moyenne mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP

A l'entrée de la station, les valeurs du pH varient entre 7,24 et 7,92 avec une moyenne de 7,49. Ces valeurs sont voisines de la neutralité et sont conformes à celles obtenues dans les eaux résiduaires urbaines et rentrent dans de l'intervalle favorisant le développement des bactéries épuratrices (6,5-8,5).

Pour les eaux épurées les valeurs du pH oscillent entre 7,29 et 7,76 avec une moyenne de 7,54. Une telle amplitude de pH n'aura aucun impact sur l'environnement en générale, sur la flore et la faune en particulier vu que ces valeurs obtenues sont conformes à la norme des rejets des eaux en milieu récepteur.

b. La conductivité électrique (CE)

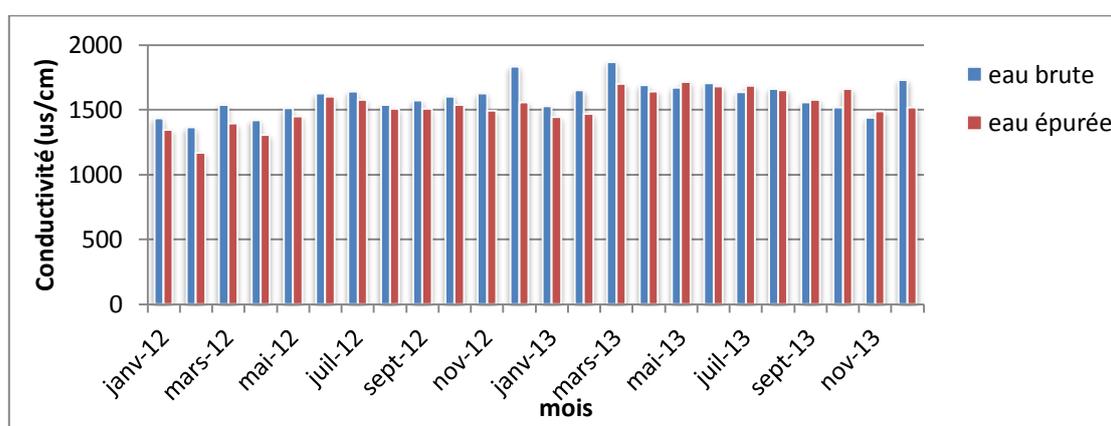


Figure VI.4: Évolution moyenne mensuelle de la CE à l'entrée et à la sortie de la STEP.

La conductivité électrique à l'entrée de la STEP présente des variations plus au moins importantes d'une période à une autre. Avec des valeurs qui varient de 1364,97 µs/cm (février 2012) à 1870,36 µs/cm (mars 2013) et une moyenne de 1604,23 µs/cm.

C'est la même constatation à sortie de la STEP avec une légère différence dans les valeurs (les valeurs à la sortie sont inférieures à celle d'entrée pendant 22 mois), les valeurs sont comprises entre 1170,47 µs/cm (février 2012) et 1713,85 µs/cm (mai 2013) avec une moyenne de 1453,82 µs/cm.

Les résultats obtenus mettent en évidence une minéralisation relativement importante de ces eaux, cette minéralisation est due principalement à l'apport des eaux industrielles (un débit moyen de 20 000 m³/j). Dans le cas où ces eaux seront utilisées pour l'agriculture, on doit éviter de les utiliser pour irriguer des plantes sensibles aux sels même sur des sols ayant un bon drainage.

c. Les matières en suspensions MES

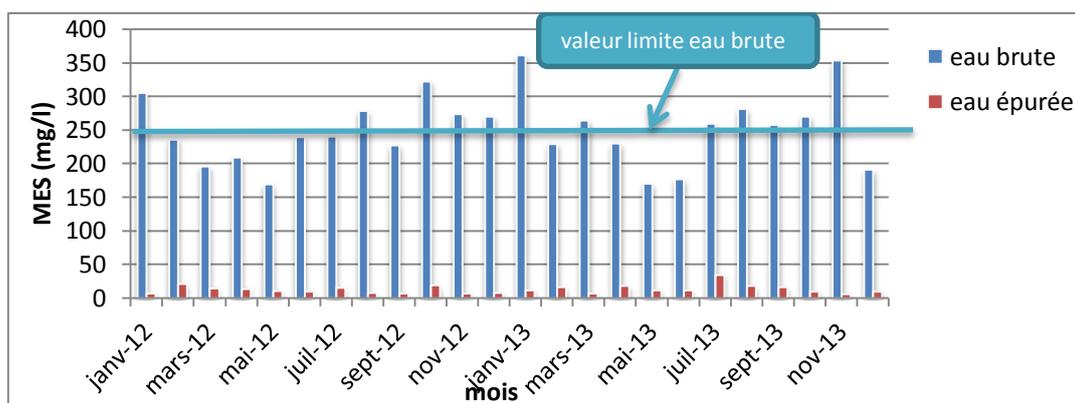


Figure VI.5: Évolution moyenne mensuelle des MES à l'entrée et à la sortie de la STEP

Les eaux usées brutes arrivant à la STEP de Reghaia sont caractérisées par une concentration moyenne de 250,83 mg/l en MES avec une concentration maximale de 361,5 mg/l et une concentration minimale de l'ordre de 169,70 mg/l qui représente respectivement 100,53%, 144,89% et 68,02% de la capacité nominale de la STEP estimé à 249,5 mg/l, sachant que cette valeur a été dépassé durant 12 mois pendant la période d'étude (50% des cas). Cette augmentation est due à l'apport solide dans les canalisations par temps de pluie (réseau unitaire).

A la sortie de la station, les valeurs de MES oscillent entre 6,60 mg/l et 35 mg/l comme valeurs extrêmes minimales et maximales, respectivement, avec une moyenne de 13,21 mg/l. Notant que durant la période d'étude, les valeurs moyennes manuelles de MES à la sortie sont conformes à la norme des rejets prescrite dans le journal officiel de la république algérienne (MES=30 mg/l) à l'exception de juillet 2013 ou on a enregistré une concentration moyenne supérieur à la norme. En général, la valeur moyenne à la sortie de la STEP est conforme à la norme de rejet fixée par l'OMS qui est de 20 mg/l ainsi à la norme algérienne.

Le rendement d'élimination varie entre 86,53% et 98,14% avec une moyenne de 94,5%.

d. La demande biologique en oxygène DBO₅

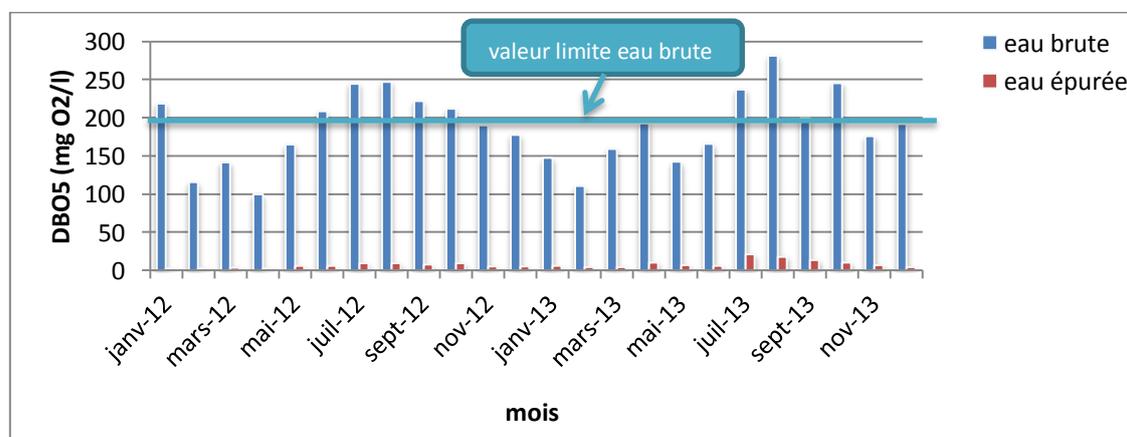


Figure VI.6: Évolution moyenne mensuelle de la DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP

L'analyse des concentrations de la DBO₅ de l'eau brute à l'entrée de la station aboutit à une moyenne de 187,68 mg/l avec des valeurs minimale et maximale de l'ordre de 100,56 mg/l et 281,43 mg/l respectivement, alors qu'elle est conçue pour une capacité nominale de 197,5 mg/l. Le long de la période d'étude, les valeurs moyennes mensuelles de la DBO₅ ont dépassé la capacité nominale pendant 10 mois, ce qui représente 41,47% des cas. On remarque aussi que durant la période allant de février à mai (pour les deux années d'étude), les valeurs de la DBO₅ sont inférieures de la moyenne enregistrée, ce qui peut être justifié par une forte dilution à l'entrée de la STEP.

Sachant qu'en Algérie la norme de rejet de la DBO₅ est estimée à 30 mg/l, la valeur moyenne de la DBO₅ des eaux épurées au niveau de la STEP de Reghaia est de 7,98 mg/l avec des valeurs extrêmes de 9,93 mg/l et 21,13mg/l.

Même si des valeurs de la DBO₅ supérieures à la capacité nominale de la STEP ont été enregistrées pendant plusieurs mois à l'entrée de cette dernière, les rendements d'abattements de la DBO₅ obtenus sont élevés allant de 91,11%(juillet 2013, arrêt de l'un des décanteurs secondaire pendant une semaine) à 98.66% avec une valeur moyenne de 95.89%. Ces rendements sont conformes au procédé par boues activée à faible charge.

e. La demande chimique en oxygène DCO

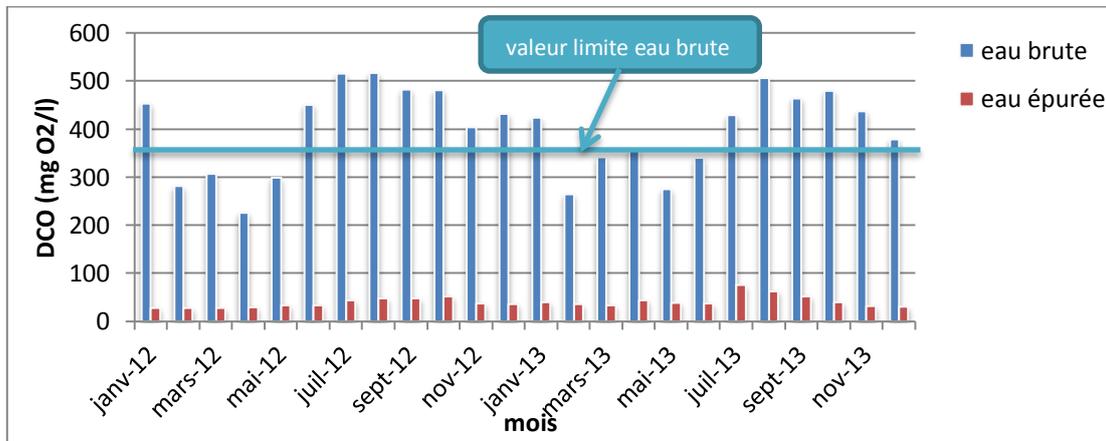


Figure VI.7: Évolution moyenne mensuelle de la DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP

Les teneurs en DCO enregistrées à l'entrée de la STEP sont comprises entre 226,11mg/l (avril 2012) et 517,56(aout 2012) mg/l, avec une moyenne de 398,16mg/l. La capacité nominal de la STEP qui est de 357 mg /l a été dépassé pendant 15 mois (soit 62,5% des cas) Ceci est relié à la mauvaise estimation de la DCO lors du dimensionnement, sachant qu'un débit industrielle important provenant de la zone industrielle est traité au niveau de la STEP (20000 m³/j) avec des valeurs de la DCO plus importante que celles des eaux usées domestiques, facteur négligé lors de la conception.

A la sortie, les valeurs oscillent entre 27,36 mg/l et 75,19 mg/l avec une moyenne de 40,17 mg/l, ces valeurs sont conformes à la norme algérienne (entre 90 mg/l et 120 mg/l) ainsi qu'à la norme fixée par l'OMS (90mg/l).

Les rendements d'abattements de la DCO sont compris entre 82,49% et 93,72% avec une moyenne de 89,71%, notant que la plus faible valeur a été enregistrée suite à l'arrêt de l'un des décanteurs secondaire pendant une semaine (juillet 2013).

f. Phosphore totale Pt

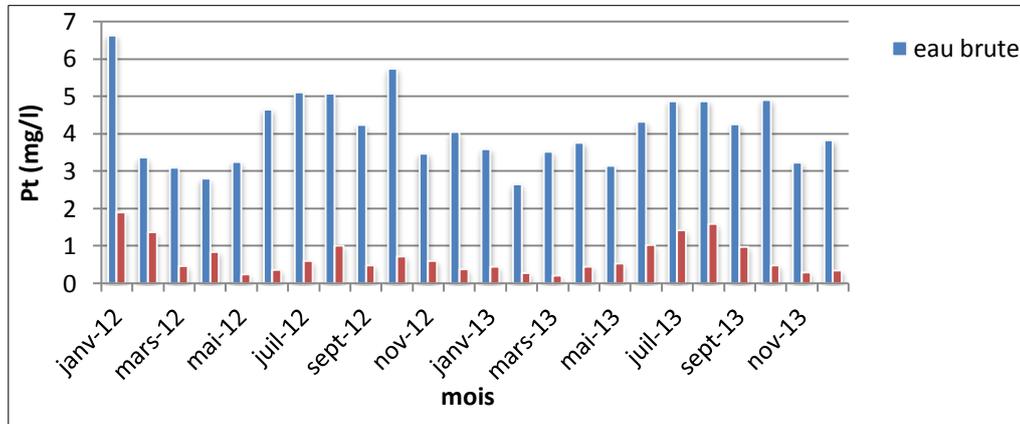


Figure VI.8: Évolution moyenne mensuelle des othophosphates à l'entrée et à la sortie de la STEP

Les concentrations du phosphore totale à l'entrée de la STEP varient entre 2,66 mg/l (février 2013) et 6,63 (janvier 2012) mg/l avec une valeur moyenne de 4,1 mg/l. A l'exception de la valeur enregistrée en janvier 2012, toutes les autres valeurs sont inférieures à la capacité nominale de la STEP en termes de phosphore total, sachant que cette dernière est de l'ordre de 6,3 mg/l.

Les concentrations en phosphore total à la sortie de la station varient entre 0,22 mg/l et 1,91 mg/l avec une valeur moyenne de 0.72 mg/l. le long de la période d'étude. Ainsi, ces valeurs obtenues sont inférieures à la norme fixée par l'OMS qui est de 2 mg/l et largement inférieures à la norme algérienne qui est de 10 mg/l.

Les rendements d'abattements du phosphore total oscillent entre 59,93 % et 93,75 % avec une moyenne de 82,93 %, on constate une performance d'élimination très variable durant les deux années observées.

g. Azote total

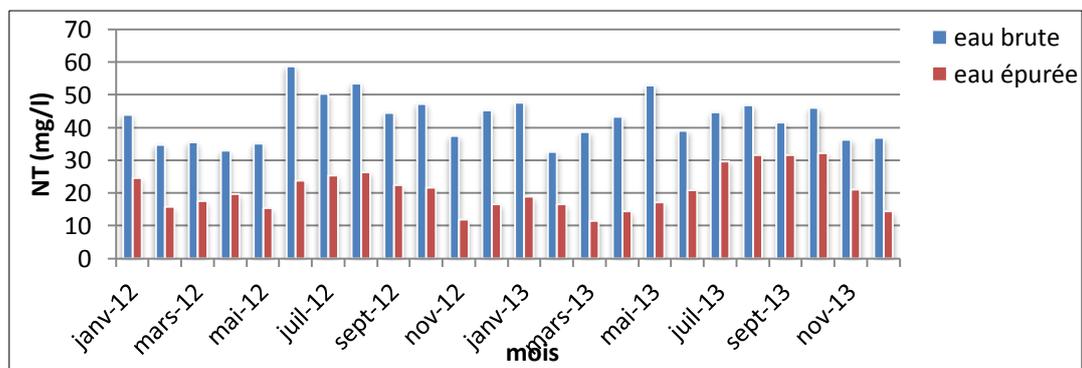


Figure VI.9: Évolution moyenne mensuelle de l'azote total à l'entrée et à la sortie de la STEP

L'analyse des eaux usées à l'entrée de la STEP montre que les valeurs en azote total varient entre 32,63 mg/l (février 2013) et 58,66 mg/l (juin 2012) avec une moyenne de 42,75 mg/l. Ces valeurs dépassent largement la capacité nominale de la STEP qui est de 23,7 mg/l.

A la sortie, les concentrations en azote total oscillent entre 11,56 mg/l (mars 2013) et 32,22 mg/l (octobre 2013) avec une moyenne de 20,9 mg/l. ces valeurs dépassent la norme fixée par l'OMS et par le journal officiel de la république algérienne qui est de 10 mg/l. Le mauvais abattement en azote est dû principalement aux fortes charges qui arrivent à la station (des concentrations en azote qui dépassent largement la capacité nominale) et les faibles temps de séjours enregistrées dans la zone anoxie. En effet, les rendements épuratoires moyens d'élimination de l'azote sont estimés à 50,9 %.

h. Les nitrates

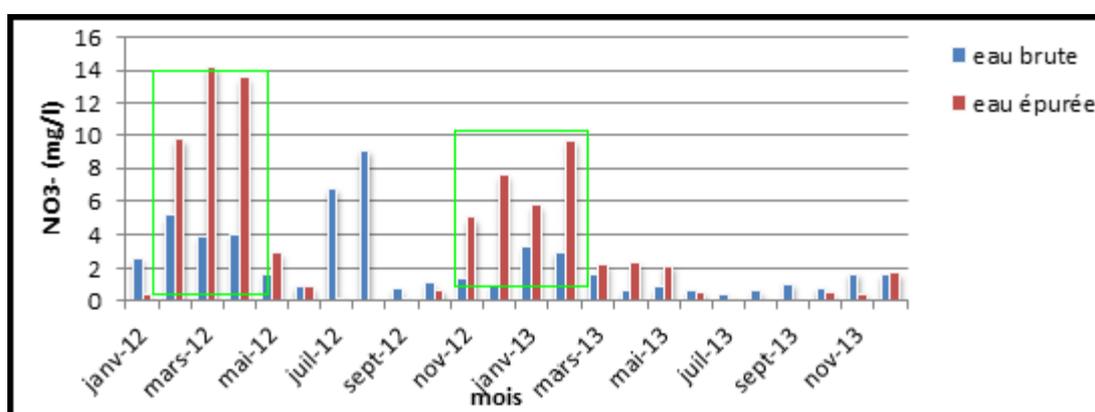


Figure VI.10: Évolution moyenne mensuelle des nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP

Les nitrates représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. L'hystogramme des teneurs en nitrates dans la STEP de Reghaia montre qu'à l'entrée les valeurs sont comprises entre 0,43 mg/l (juillet 2013) et 9,12 mg/l (août 2012) avec une moyenne de 2,3 mg/l.

A la sortie, des variations considérables ont été enregistrées allant de 0,08 mg/l (septembre 2013) à 14,24 mg/l (mars 2012) avec une moyenne de 3,4 mg/l, dépassant ainsi la norme fixée par l'OMS (10mg/l) pendant deux mois consécutifs (mars et avril 2012). Par contre, les faibles concentrations observées à partir du mois de mai 2013 jusqu'au mois d'octobre 2013 traduisent une mauvaise nitrification dans le bassin d'aération qu'est confirmée par l'augmentation des concentrations en azote ammoniacal (voir figure VI.10)

i. L'azote ammoniacal

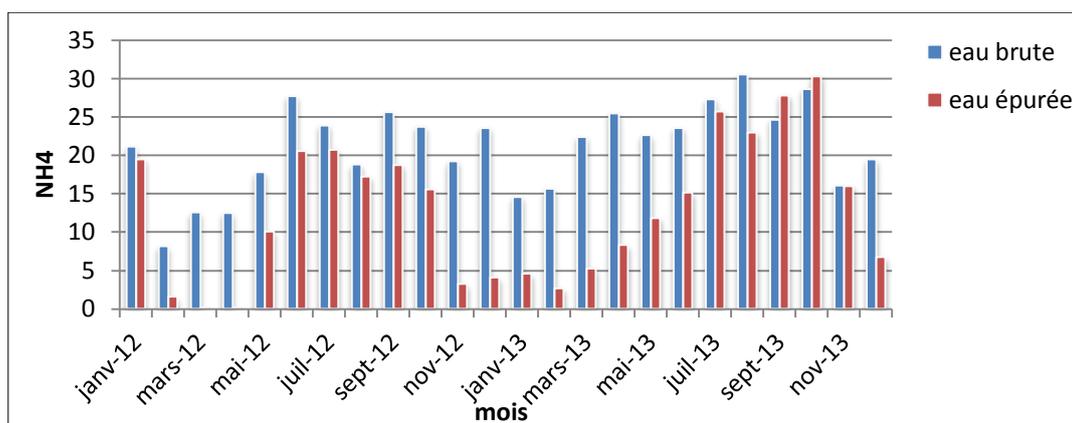


Figure VI.11: Évolution moyenne mensuelle de NH_4^+ à l'entrée et à la sortie de la STEP

A l'entrée de la station les concentrations d'ammonium varient entre 8,16 mg/l (février 2012) et 30,59 mg/l avec une moyenne de 21,08. Ces variations sont fonction de la température et du temps de séjour dans le réseau de collecte.

A la sortie de la STEP, une oscillation importante des concentrations en ammonium a été observée. Allant de 0,17 mg/l (avril 2012) à 30,29 mg/l (octobre 2013) avec une moyenne de 12,88 mg/l. Dans la plupart des cas (70,83%) ces valeurs dépassent la norme fixée par l'OMS qui est de 5 mg/l. Ces fortes concentrations peuvent être justifiées par une faible nitrification suite à une aération insuffisante, des fortes charges organiques entrantes ou bien à des toxiques (des métaux tel que Cu, Ag, Pb...) inhibant l'activité des bactéries nitrifiantes.

VI.2.3. Autres paramètres

a. Indice de mohlman (indice de boue)

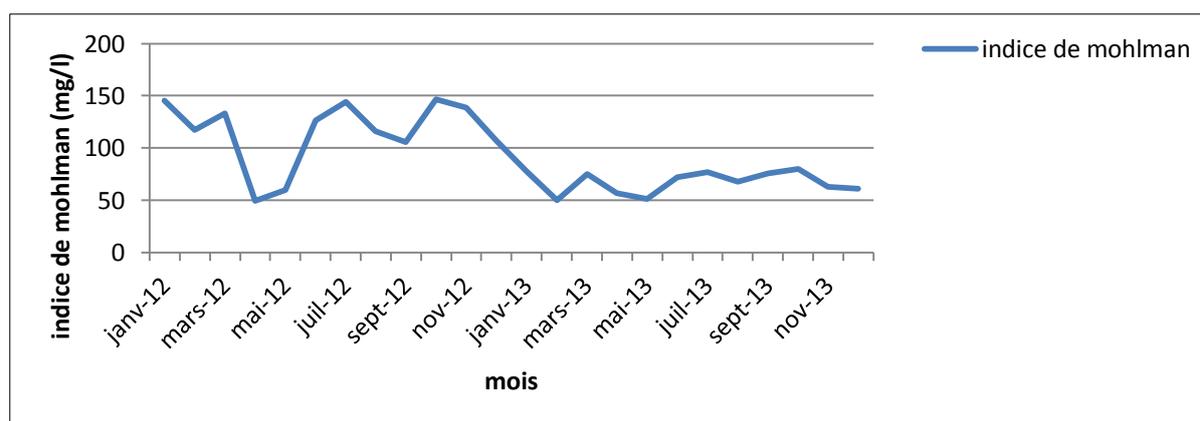


Figure VI.12: Évaluation moyenne mensuelle de l'indice de boue.

L'indice des boues est utilisé pour apprécier l'aptitude des boues à la décantation. Les valeurs de l'indice de mohlman obtenues pendant la période d'étude sont comprises entre 49,16 mg/l et 146,74 ml/g avec des variations plus ou moins importantes donnant ainsi une moyenne de 91,50 mg/l. Ces résultats sont < 150 ml/g, donc la sédimentation des boues dans le décanteur secondaire s'effectue facilement. En effet, la déshydratation des boues est facilitée par des

indices de boues faibles qui entraînent une réduction des doses de réactifs. Cependant, un indice de boue voisin de 80 ml/g traduit une bonne décantation mais les boues sont difficiles à pomper. Tandis que pour un indice de boue égale à 150 ml/g, la décantation est très lente.

b. Quantité du sable récupéré

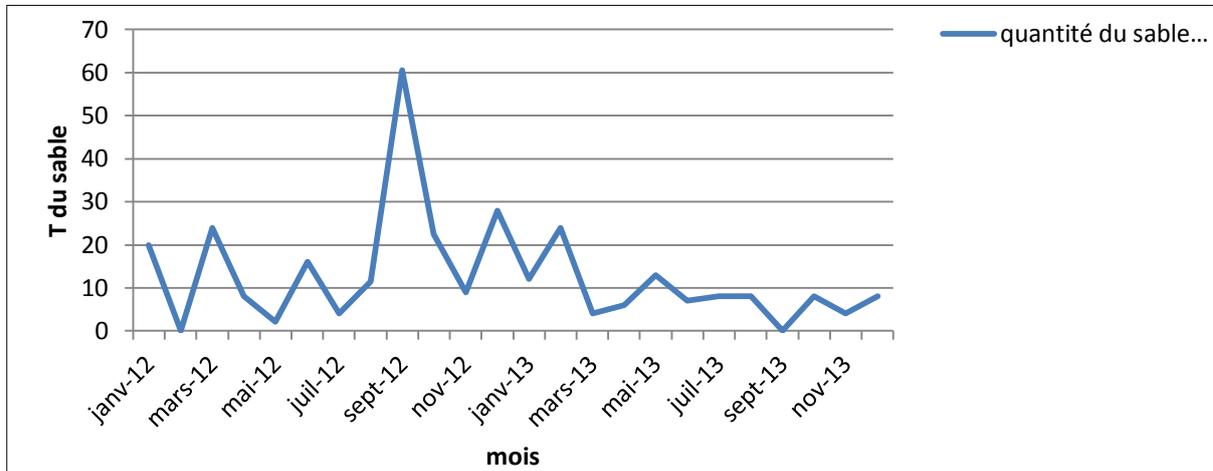


Figure VI.13: Évaluation moyenne mensuelle de La quantité du sable récupéré à la STEP

Durant ces deux dernières années une quantité de sable estimée à 307,68 tonnes a été récupéré au niveau de la STEP avec une moyenne de 12,82 tonnes par mois. Cela confirme les valeurs importantes des MES enregistrées le long de l'étude. La récupération se fait aléatoirement et non suivant un planning précis, c'est pourquoi, on constate une variation importante entre les valeurs mensuelles.

Notant que, la qualité du sable est médiocre vu la présence de la matière organique à cause d'un mauvais brassage.

VI.2.4. Interprétation des indicateurs de performances (ratio)

a. Indice de biodégradabilité : rapport DCO/DBO₅

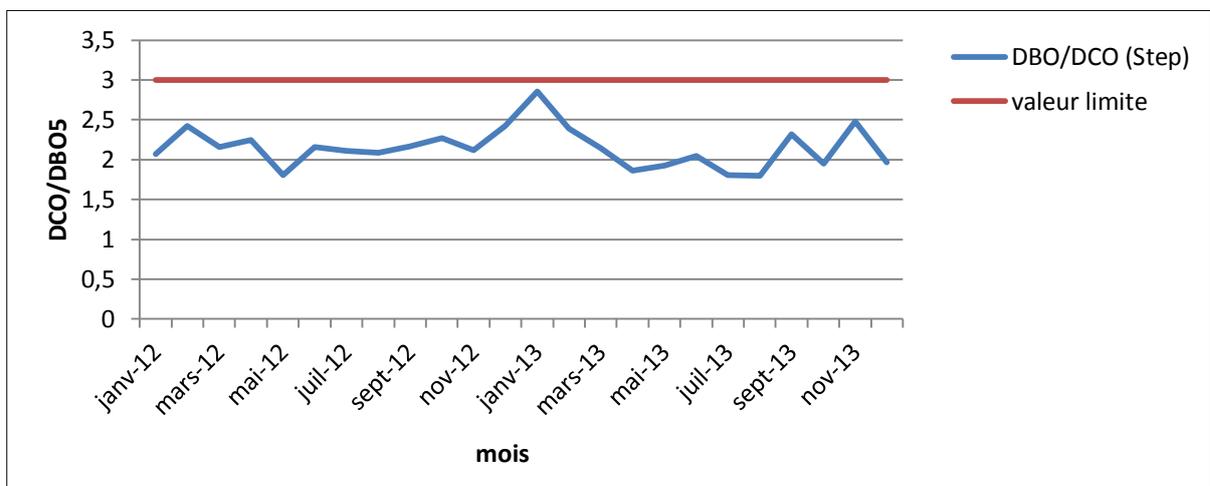


Figure VI.14: Variation du rapport DCO/DBO₅ à l'entrée de la STEP

Ce rapport représente la biodégradabilité de l'effluent. Pour notre station, il est compris entre 1,8 et 2,86 avec une moyenne de 2,15 à l'entrée de la station. La valeur moyenne nous permet de déduire que la matière organique de l'effluent est biodégradable, donc un traitement biologique est suffisant malgré la forte présence des eaux industrielles.

b. Equilibre nutritionnel

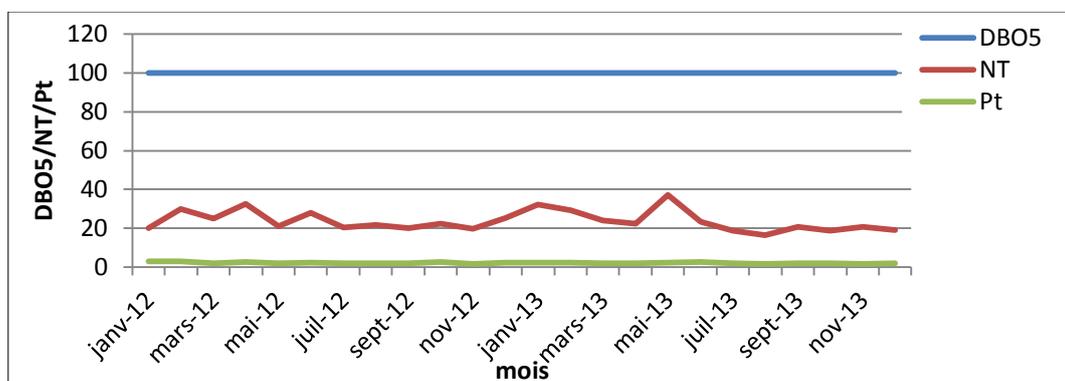


Figure VI.15 : Évolution moyenne mensuelle du rapport $DBO_5/ N_t/ P_t$ à l'entrée de la STEP

Le rapport C/N/P exprime l'équilibre nutritionnel. Le métabolisme bactérien s'accompagne de besoins azotés sous forme d'azote ammoniacal et de besoins phosphorés sous forme d'orthophosphates dans des formes bien précises. Dans le cas d'une station d'épuration des eaux usées type aérobie, le ratio C/N/P doit être de 100 /5/1. Notant que les composés carbonés sont déterminés via la DCO, la DBO_5 et le COT. Pour notre cas, on a calculé le ratio avec la DBO_5 .

Dans le cas de la STEP de Reghaia, pour une concentration en DBO_5 de 100 mg/l, les concentrations moyennes en N_t et P_t sont de 23,75 et 3,02 respectivement. Ces valeurs représentent des hausses de 475% pour le N_t et de 302% pour P_t par rapport au ratio théorique. Ces concentrations élevées en N_t et P_t sont liées à des rejets industriels (agroalimentaires) provoquant pour la biomasse de la station en aval des déséquilibres nutritionnels. Pour conclure, on peut dire qu'il y a un excédant en azote et en phosphore à éliminer.

c. MES/ DBO_5

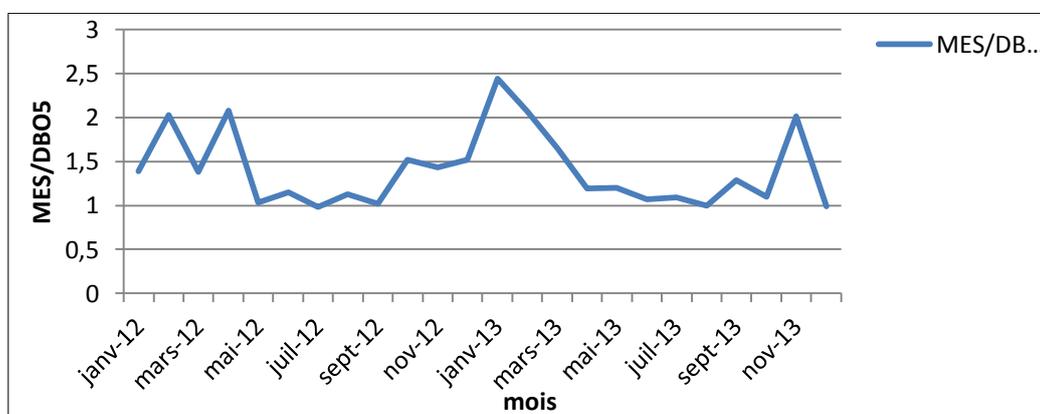


Figure VI.16 : Variation du rapport MES/DBO_5 à l'entrée de la STEP

Ce ratio, indique la répartition de la pollution particulaire par les MES et de la pollution dissoute représentée par la DBO₅. Les valeurs enregistrées varient entre 0,98 et 2,44 avec une moyenne de 1,41. On remarque que le taux de la pollution de ces eaux est plutôt particulaire (58,5 % en moyenne), ce qui caractérise un réseau essentiellement unitaire.

d. Ratio NH_4^+/NT

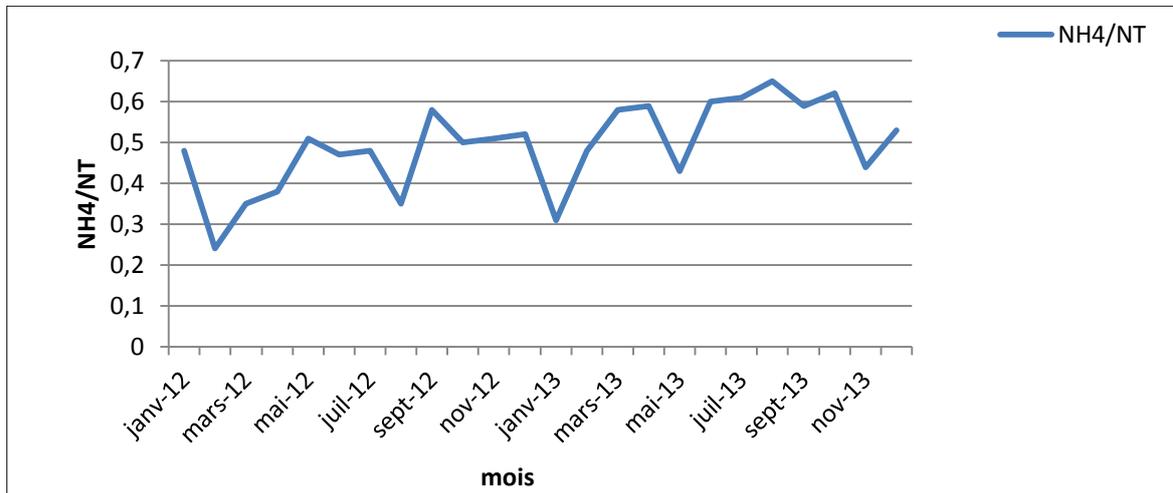


Figure VI.17: Variation du rapport NH_4^+/NT à l'entrée de la STEP

Ce ratio caractérise la pollution azotée de l'effluent et indique le degré d'ammonification durant le transfert de l'eau dans le réseau. Les résultats obtenus varient entre 0,24 et 0,65 avec une moyenne de 0,49.

Les résultats obtenus montrent que l'azote organique est transformé en azote ammoniacal qui est la forme d'azote la plus soluble utilisée par les bactéries épuratrices.

e. Ratio DCO/Pt

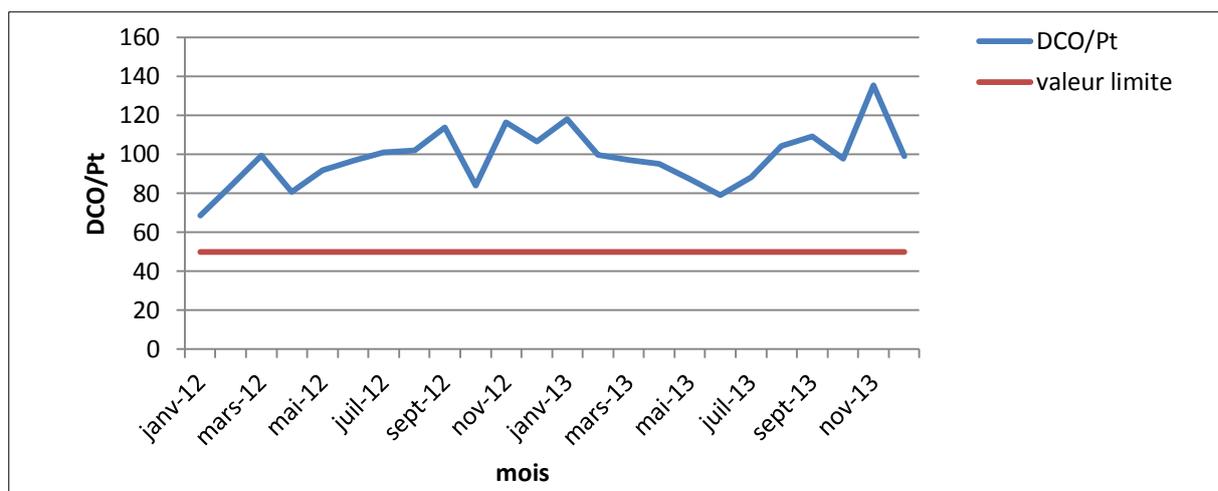


Figure VI.18 : Variation du rapport DCO/Pt à l'entrée de la STEP

Le rapport DCO/Pt indique la mixité relative de l'effluent ainsi que la possibilité du traitement biologique du phosphore. Concernant notre station, les valeurs oscillent entre 68,42 et 135,47 avec une valeur moyenne de 98,08. Les valeurs obtenues sont largement supérieures à la valeur limite qui est de 50, cela confirme le bon rendement d'élimination du phosphore (une moyenne de 76,26%). En effet, car la déphosphatation biologique est efficace en présence d'une quantité suffisante de la DCO facilement biodégradable.

Le rapport très élevé de DCO/Pt indique une aptitude au traitement biologique du phosphore, excluant ainsi l'installation d'un poste de traitement physicochimique au sein de la station.

f. Ratio DCO/NT

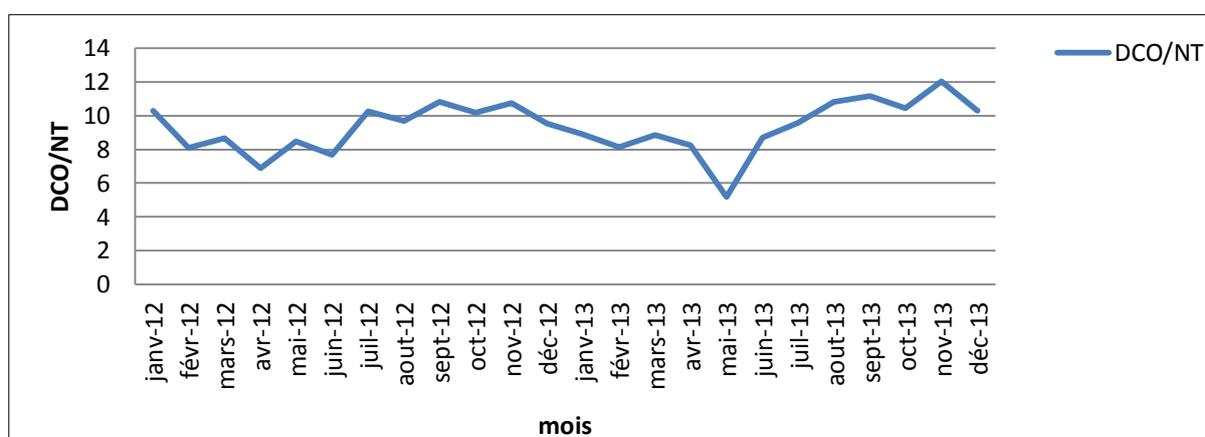


Figure VI.19 : Variation du rapport DCO/NT à l'entrée de la STEP

Ce ratio indique les possibilités et la faisabilité de la réaction de nitrification et donne une idée générale sur le taux d'abattement de l'azote. Le rapport DCO/NT est d'environ 4 à 5 pour un effluent urbain.

Les valeurs obtenues du ratio DCO/NT sont comprises entre 5,20 et 14,34 avec une moyenne de 9,32. En effet, ces valeurs importantes et non stables sont dues à des variations arbitraires des charges polluantes à l'entrée de la STEP causées par des événements pluvieux importants d'une part et la qualité des eaux industrielles d'autre part. Ces valeurs élevées perturbent la réaction de nitrification et donc influencent le taux d'abattement de l'azote. Il est à noter que plus ce rapport est élevé plus la vitesse de nitrification est faible ce qui est confirmé.

g. Ratio boue réelle/boue théorique

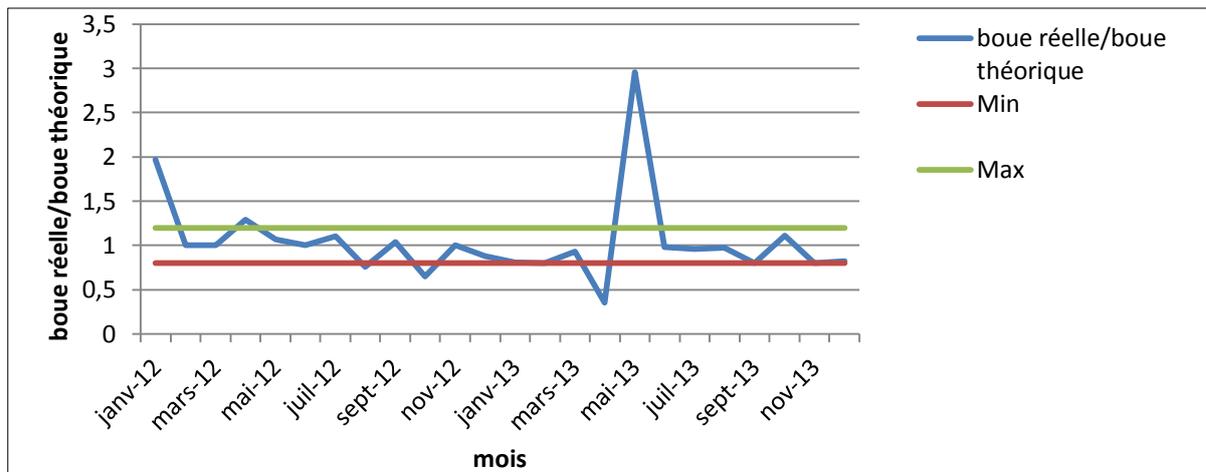


Figure VI.20 : Variation du rapport boue réelle/boue théorique

1,04. Durant les deux années d'étude, 79,17% des cas sont dans les normes, c'est-à-dire entre 0,8 et 1,2 (la norme du ratio pour la STEP du Reghaia).

La valeur maximum obtenue en avril 2013 est due au débit important traité durant ce mois (un débit qui dépasse la capacité nominale de la STEP).

Nous constatons aussi qu'on a obtenu des valeurs inférieures à la norme durant 3 mois, cela peut être expliqué la nature de l'effluent à l'entrée de la STEP mais aussi par la charge appliquée.

h. Ratio quantité polymère consommée kg/quantité boue réelle T

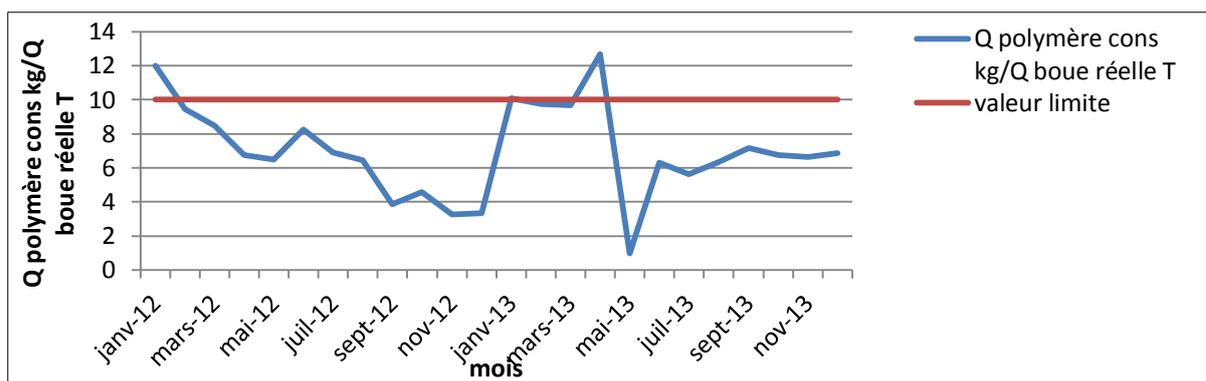


Figure VI.21 : Variation du rapport quantité polymère consommée/ quantité boue réelle

L'ajout en polymère dépend principalement de la nature de la boue et la méthode utilisée pour le traitement de cette dernière. Le taux de traitement en polymère s'exprime en kg de polymère par tonne de matière sèche obtenue. Notre station opte pour le système du traitement par centrifugeuses, sachant qu'en épaissement et en déshydratation les taux de traitement appliqué sont différents entre une centrifugeuse et un filtre à bandes.

Les valeurs obtenues au niveau de la STEP de Reghaia oscillent entre 0,98 et 12,66 avec une moyenne de 7,03 sachant que la valeur limite est de 10 (valeur à ne pas dépasser). Les variations arbitraires du ratio sont dues au non maitrise de l'injection de polymère.

i. Ration consommation électrique kWh / kg DBO₅ éliminée

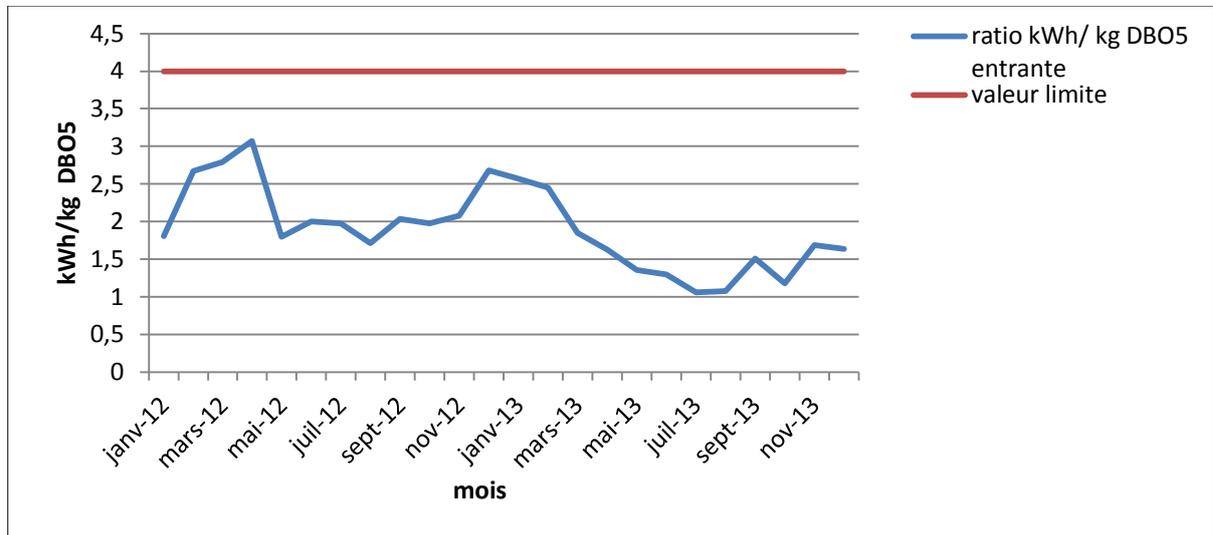


Figure VI.22 : Variation du rapport consommation électrique/ DBO₅ éliminée

La valeur limite de ce ratio fixée par le constructeur au niveau de la STEP de Reghaia est de 4, les valeurs obtenues le long de la période d'étude sont inférieures. En effet, elles varient entre 1,06 et 3,07 avec une moyenne de 1,91. Cela confirme que la consommation en énergie électrique est bien maitrisée au niveau de la STEP ;

j. Poste de relèvement : ratio consommation d'énergie électrique (kWh)/ volume relevé (Mm³)

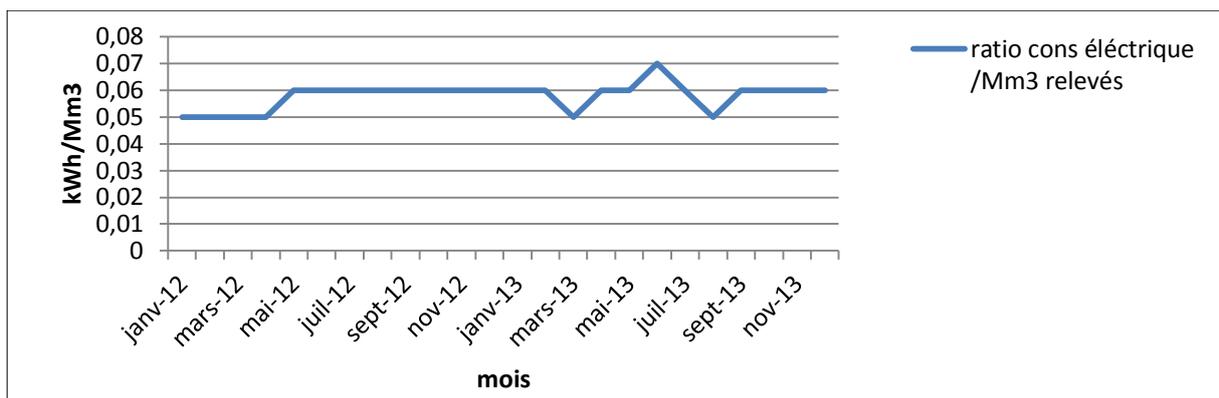


Figure VI.23 : Variation consommation d'énergie électrique/ volume relevé

Le graphe ci-dessus représente la variation de la consommation d'énergie électrique par rapport au volume relevé au niveau du poste de relèvement. Nous remarquons que ce ratio est relativement stable le long de la période d'étude, les valeurs oscillent autour de 0,58 donc on peut conclure que la consommation d'énergie est compatible avec le volume relevé.

VI.2.5. Valorisation agricole des boues de la STEP de Reghaia

Pour pouvoir utiliser les boues d'épuration pour des fins agricoles, certaines conditions doivent être respectées. Pour notre cas, on s'intéresse aux éléments traces métalliques et les différentes concentrations mesurées durant l'année 2013.

Les ETM sont naturellement présents dans le sol et certains sont même indispensables aux plantes. Des expérimentations de longue durée en France et en Angleterre ont permis de montrer que les taux de transfert des ETM du sol vers les végétaux étudiés sont inférieurs à 1% des quantités apportées sur les sols. Cependant, la teneur en certains éléments dans les boues peut être élevée, et des apports répétés de boues par épandage pourraient à long terme entraîner des accumulations incompatibles avec la qualité des cultures. De plus, les plantes à croissance rapide comme les cultures légumières (laitue, épinard, carotte...) accumulent particulièrement certains métaux, ce qui justifie que les boues ne puissent être épandues sur ce type de culture.

Pour la bonne utilisation des boues, des concentrations limites en éléments traces métalliques (ETM) ont été fixés. Le tableau suivant illustre les valeurs limites des différents ETM en France :

Tableau : concentrations limites en ETM des boues en France

Elément	Valeurs limites BOUES (mg/kg,MS)
	Dir.86/278/CEE
Cadmium	20-40
Cuivre	1000-1750
Mercure	16-25
Nikel	300-400
Plomb	750-1200
Zinc	2500-4000

Au niveau de la STEP de Reghaia, l'analyse des ETM des boues produites se fait mensuellement. Les résultats obtenus durant l'année 2013 sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau : les concentrations en ETM obtenus durant l'année 2013 au niveau de la STEP de Reghaia

	unité	Zinc	Mercure	Cadmium	Nickel	Cuivre	Plomb
févr-13	mg/kg,MS	816	10	4	16	104	172
mars-13	mg/kg,MS	608	-	4	84	168	132
avr-13	mg/kg,MS	3136,4	0,445	5,6	22	78,8	332,4
mai-13	mg/kg,MS	3670,15	-	8,03	7,41	119,73	254,36
juin-13	mg/kg,MS	3200,8	-	14,8	23,6	112	271,8
juil-13	mg/kg,MS	2630	0,205	15,2	20	110	238
août-13	mg/kg,MS	2759,2	0,08	16	23,2	110	204
sept-13	mg/kg,MS	4136	0,17	24,8	24	156	113,2
oct-13	mg/kg,MS	4748	-	6,4	35,2	160	250,8
nov-13	mg/kg,MS	5080	-	15,2	32	151,6	193,6
déc-13	mg/kg,MS	5760	-	7,6	37,6	137,2	129,6

Les concentrations en ETM des boues obtenues durant l'année 2013 sont inférieures aux valeurs limites à l'exception du Zinc où on a enregistré des valeurs trop importantes durant ces quatre derniers mois.

Ces concentrations excessives en Zinc sont dues à un rejet industriel non traité au niveau de l'usine. Une fois le processus du traitement dans cette usine reprendra, les concentrations en Zinc vont diminuer. Aussi, le zinc est un oligo-élément nécessaire à la vie des organismes vivants mais en quantité faible. Pour des concentrations de l'ordre de 0,05 mg/l, le zinc réduit l'activité de la microflore des rivières. C'est un élément toxique vis-à-vis des bactéries, des protozoaires, des huitres... Dans l'ensemble les concentrations obtenues sont favorables à un épandage agricole des boues sans avoir un effet négatif sur les cultures.

Toutefois, des études comportant le suivi du devenir de micropolluants métalliques (mobilité, biodisponibilité, transferts) et de leurs effets sur le système sol-eau- plante doivent être réalisées pour éviter tout risque de contamination de l'homme et protéger son environnement. Il conviendrait de préciser que la valorisation agricole de la production totale des boues en Algérie pour l'année 2012 est de 25 %.

Conclusion

D'après les résultats obtenus lors des différentes analyses effectuées sur les eaux brutes et les eaux traitées pendant les deux années d'étude 2012 et 2013, on a détecté les problèmes suivants :

- ❖ Un débit important qui arrive dans la station d'épuration, surtout en 2013 où on a enregistré même des débits dépassant la capacité nominale de la STEP ;
- ❖ Des concentrations des paramètres physicochimiques importantes. Pour les deux années d'études, les valeurs des MES ont été supérieures à la capacité nominale de la STEP durant 12 mois, alors que pour la DBO₅ la capacité nominale de la STEP a été dépassée 10 mois. Enfin, concernant la DCO les valeurs sont au-delà de la capacité nominale le long de 15 mois ;
- ❖ L'élimination insuffisante d'azote ;
- ❖ Problème de dénitrification ;
- ❖ Le non maîtrise de l'injection de polymère.
- ❖ Le problème des coupures électriques au niveau de la STEP.
- ❖ Un excès dans les concentrations du zinc durant les quatre derniers mois.

CHAPITRE VII

Vérification des paramètres de *ΔΕΙΞΕΙΝ ΤΗΝ ΚΑΤΑΡΤΙΣΤΙΚΗΝ* fonctionnement de chaque *ΣΥΜΠΕΡΙΦΕΡΑΣΗΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΡΤΙΣΤΙΚΗΣ* ouvrage

Introduction

La vérification des différents paramètres de fonctionnement de chaque ouvrage de la station d'épuration de Reghaia va nous permettre de faire diagnostic sur l'état actuel de la STEP et détecter les dysfonctionnements possibles afin de pouvoir résoudre ces derniers. Le calcul va se faire avec les charges polluantes (MES, DBO₅) et le débit réel entrant à la STEP pendant la période étudiée.

VII.1.Débit et charges de dimensionnement

Pour la vérification des différents paramètres, on a choisi la moyenne des débits dépassant la capacité nominale de la STEP pendant l'année 2013. Pour les charges, les valeurs prises en comptes sont celles obtenues durant la dernière année à savoir 2013. Les résultats relatifs aux débits et charges polluantes (DBO₅, DCO et MES) obtenus ainsi que les données de base de dimensionnement de la STEP de Reghaia sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau VII.1 : Données de base de dimensionnement et les débits et charges obtenus durant la dernière année (2013)

Débits et charges	Nominal	Période d'étude
Débit moyen journalier (m ³ /j)	80 000	89352
Débit moyen horaire à temps sec (m ³ /h)	3333	3723
Débit de pointe de temps de pluie (m ³ /j)	194832	217608
Débit de pointe de temps de pluie (m ³ /h)	8118	9067
Charge massique en MES (Kg/j)	19960	22711,49
Charge massique en DBO ₅ (Kg/j)	15800	19863,84
Charge massique en DCO (Kg/j)	28560	35025,09

D'après les résultats obtenus lors des deux années d'étude consternant le débit, on constate que les charges hydriques et les charges polluantes connaissent une augmentation considérable lors de l'année 2013 dépassant la capacité nominale de la STEP à plusieurs fois (**annexe N°2**). De fait, la vérification de fonctionnement des différents paramètres va se faire selon le débit ($Q=89352 \text{ m}^3/\text{j}$) qui représente la moyenne des débits illustrés en (**annexe N°2**).

Remarque

Il est à noter que cette augmentation du débit et des charges est due à l'augmentation du taux de raccordements suite à des travaux achevés par la SEAAL dans la région et l'apparition de nouvelles industries dans la région.

VII.2.Paramètres de fonctionnement de chaque ouvrage

La vérification des paramètres de fonctionnement sera réalisée pour la période d'étude à savoir les deux dernières années suivant les différentes étapes de traitement à savoir :

- ✚ Le prétraitement ;
- ✚ Le traitement primaire ;

- ✚ Le traitement secondaire ;
- ✚ Le traitement des boues.

VII.2.1.Prétraitement

Le prétraitement comprend le dégrillage et le dessablage-déshuilage.

VII.2.1.1.Le dégrillage

a. Dégrillage grossier

Durant la période de mon stage au niveau de la station de Reghaia, le dégrillage grossier est assuré temporairement par un dégrilleur manuel suite à la détérioration de dégrillage mécanique.

Remarque

Le dimensionnement d'un nouveau dégrilleur grossier mécanique est proposé dans le chapitre 9.

b. Le dégrillage moyen

Les paramètres à vérifier dans cet ouvrage sont :

- ❖ La vitesse de passage ;
- ❖ Les pertes de charges ;
- ❖ La quantité de détritiques retenus par ces grilles.

✚ Vitesse de passage :

La vitesse de passage est calculée par la formule suivante :

$$V = \frac{Q}{S.O.C} \dots\dots\dots(V.1)$$

V : vitesse de l'eau brute à travers les grilles ;

Q : débit de l'eau brute ;

C : coefficient de colmatage, pour une grille mécanique $C = 0,5$

S : surface de la grille, elle est calculée par la relation suivante : $S = h \times L$

❖ **h** : la hauteur de l'eau dans le dégrilleur, $h = 1,5m$

❖ **L** : largeur de la grille, $L = 1m$

On a deux grilles montées en parallèles, donc : $S = 2 \times L \times H$

O: fraction de surface libre de la grille. Donnée par : $O = e/e+d$

❖ **e** : espacement entre les barreaux ; $e = 20mm$

❖ **d** : épaisseur des barreaux ; $d = 10mm$

✚ Pertes de charges

KIRSHMER a établi une formule donnant la perte de charge dans une grille en fonction du coefficient de forme des barreaux et l'angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal. L'expression des pertes de charges est donnée comme suit :

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \frac{v^2}{2g} \sin \alpha \dots\dots\dots(V.2) [1]$$

Avec:

- ❖ **ΔH**: perte de charge (m)

- ❖ **e** : espacement entre les barreaux, $e = 2\text{cm}$
- ❖ **d** : épaisseur des barreaux, $d = 1\text{cm}$
- ❖ **g** : accélération de la pesanteur, $g = 9,81\text{ m/s}^2$
- ❖ **V** : vitesse d'écoulement dans la grille (m/s)
- ❖ **β** : coefficient dépendant de la forme des barreaux, $\beta = 1,79$ (forme circulaire).
- ❖ **α** : angle d'inclinaison de la grille, $\alpha = 75^\circ$

✚ Détritus retenus par le dégrilleur

Les refus sont envoyés vers une benne de stockage au moyen d'un tapis roulant. Le volume de déchets retenus en m^3/an se calcule par la formule suivante :

$$\text{pour } V_{\max} : R_G = \frac{15 \times N_{eh}}{e}$$

$$\text{pour } V_{\min} : R_G = \frac{12 \times N_{eh}}{e}$$

R_G : refus de la grille

N_{eh} : nombre d'équivalent habitant $N_{eh} = 400000\text{ eq.h}$

Tableau VII.2 : Les paramètres du dégrilleur moyen.

	Débits nominaux		Période étudiée		valeur recommandée [7]
	$Q_{m.t.s}$	$Q_{p.t.p}$	$Q_{m.t.s}$	$Q_{p.t.p}$	
Vitesse de passage (m/s)	0,92	2,24	1,02	2,51	0,6 à 1,4
Perte de charge (mm)	29,62	175,62	36,41	220,5	≤ 150
Quantité de détritus retenus ($\text{m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$)	2400	3000	2455,14	3068,93	-----

En analysant les résultats obtenus on remarque :

- ❖ les vitesses de passages sont dans les normes pour le débit moyen à temps sec nominal et aussi pour celui de la période d'étude. Alors que pour les débits de pointes à temps de pluie, la vitesse de passage est nettement supérieure aux valeurs recommandées pour les deux cas. Donc l'ouvrage est sous dimensionné par rapport aux débits de pointes à temps de pluie.
- ❖ Les pertes de charge augmentent avec l'augmentation des débits, ce qui est expliqué par des valeurs importantes pour les deux débits de pointe à temps de pluie dépassant ainsi les valeurs préconisées. Alors que pour les débits moyens les pertes de charge sont conformes aux des valeurs recommandées.

VII.2.1.2. Dessableur-dégraisseur

La STEP de Reghaia est doté d'un dessableur-déshuileur de type rectangulaire. Le travail suivant consiste à vérifier la charge superficielle, le temps de séjour ainsi que le débit d'air nécessaire qu'il faut injecter dans cet ouvrage.

Vitesse ascensionnelle

La vitesse ascensionnelle est calculée par la formule suivante :

$$V_a = \frac{Q}{S_h} \dots\dots\dots(V.3)$$

- ❖ S_h : surface horizontale est donnée par la relation suivante : $S_h = L \times l \times N$ $S_h = 336 \text{ m}^2$
 - N : nombre de canaux, $N = 3$
 - L : longueur des canaux, $L = 28\text{m}$
 - l : largeur unitaire des canaux, $l = 4\text{m}$

Vitesse d'écoulement

Elle est calculée par la relation suivante :

$$V_e = \frac{Q}{S_v} \dots\dots\dots(V.4)$$

- ❖ S_v : surface verticale donnée par $S_v = l \times H \times N$ $S_v = 43,2 \text{ m}^2$
 - H : hauteur d'eau, $H = 3,6\text{m}$
 - L : largeur des canaux, $l = 4\text{m}$
 - N : nombre de canaux, $N = 3$

Temps de séjour

Le temps de séjour représente le rapport entre le volume et le débit. Il est donné par :

$$t_s = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots(V.5)$$

Avec : V : volume de l'ouvrage, $V = L \times l \times H \times N = 28 \times 4 \times 3,6 \times 3 = 1209,6 \text{ m}^3$

Débit d'air à insuffler dans le désableur

La quantité d'air à insuffler varie de 1 à 1,5 m³ d'air/m³ d'eau. Pour notre station le volume est de $V_{air} = 1,5 \text{ m}^3 \text{ d'air/m}^3 \text{ d'eau}$. Le débit d'air est donné par la formule suivante :

$$Q_{air} = V_{air} \times Q_p \dots\dots\dots(V.6)$$

Q_p : débit de la station

Tableau VII.3 : Les paramètres de fonctionnement du dessableur-dégraisseur.

		Débit nominal	Période étudiée	Objectifs attendus par le constructeur [7]
Vitesse ascensionnelle (m/h)	Q moyen TS	9,92	11,08	10 à 50
	Q _{max} de pluie	24,16	26,99	
Vitesse d'écoulement (m/s)	Q moyen TS	0.02	0.024	0,2 à 0,5
	Q _{max} de pluie	0.052	0.058	
Temps de séjours (mn)	Q moyen TS	21,77	19,49	15 à 20
	Q _{max} de pluie	8,94	8	5 à 10
Débit d'air m ³ /h		12177	13600,5	1620

D'après les résultats portés sur le tableau ci-dessus on constate que :

- ❖ Pour les vitesses ascensionnelles, les valeurs obtenues font partie des valeurs recommandées. Alors que pour les vitesses d'écoulement, elles sont inférieures à celle exigée par la littérature. Ces dernières sont nettement supérieures aux vitesses ascensionnelles. Cette situation peut provoquer une faible sédimentation des sables dans l'ouvrage. Des dépôts de sable vont se faire dans les ouvrages implantés en aval et gêner le traitement biologique ultérieur.
- ❖ Pour le temps de séjour, les valeurs sont dans les normes exigées à l'exception de celle de débit nominal à temps de pluie qui dépasse de peu la limite exigée.
- ❖ Le débit d'air injecté dans le bassin est de $1620 \text{ m}^3/\text{h}$, cette valeur est nettement inférieure aux valeurs calculées. Cela va provoquer une mauvaise flottation des graisses et va maintenir les matières organiques en contact avec les sables (la séparation des graisses avec les sables est faible).

VII.2.2. Décanteur primaire

Dans le décanteur primaire, nous vérifions le rendement d'abattement des charges polluantes, les vitesses ascensionnelles, le temps de séjour des eaux à traiter ainsi que le débit d'extraction des boues.

VII.2.2.1. Rendement des charges polluantes

Les rendements des deux décanteurs primaires sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau VII.4 : Rendements épuratoires du décanteur primaire

Charges polluantes	Rendements moyens %		Valeurs préconisées [7]
	2012	2013	
MES	58,36	40,59	70
DBO ₅	35,31	32,92	30
DCO	37,62	28,81	30

Le décanteur primaire a pour objectif de diminuer les charges polluantes avant d'atteindre le traitement biologique en éliminant 30% des charges initiales en DBO₅ et DCO, et 70 % des charges en MES.

Les rendements obtenus à la sortie de décanteur primaire de la station d'épuration de Reghaia sont aux voisinages des valeurs recommandées pour l'année 2012. Cependant, l'année 2013 est marquée par un rendement d'élimination des MES très inférieure aux normes recommandées.

Cette situation peut engendrer une élévation des frais d'exploitation de la STEP par augmentation de la consommation d'oxygène dans l'aérateur.

VII.2.2.2. Vitesse ascensionnelle

La vitesse ascensionnelle dans le décanteur primaire est donnée comme suit :

$$V_a = \frac{Q}{S} \dots\dots\dots (V.7)$$

❖ **S** = surface horizontale des deux décanteurs, $S = N \times \Pi D^2 / 4$

- **N** : nombre de décanteurs $N=2$
- **D** : diamètre d'un décanteur $D= 42m$

$$S = 2770,88 \text{ m}^2$$

VII.2.2.3. Temps de séjour

Le temps de séjour représente le rapport entre le volume et le débit. Il est donné par :

$$t_s = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots (V.8)$$

❖ **V** : volume de l'ensemble des deux décanteurs, $V= H \times N \times \Pi D^2 / 4$

avec :

- **H** : hauteur d'un décanteur, $H = 2,6m$
- **N** : nombre de décanteurs $N=2$

$$V = 7204,3m^3$$

VII.2.2.4. Débit d'extraction

Le débit d'extraction est donné par la formule suivante :

$$Q_{ext} = \frac{m_b}{C_b} \dots\dots\dots (V.9)$$

- ❖ **m_b** : la masse de la boue à extraire.
- ❖ **C_b** : concentration de la boue extraite.

Tableau VII.5 : Les paramètres de fonctionnement du décanteur primaire.

		Débit nominal	Période étudiée	Valeur recommandée [7]
Vitesse ascensionnelle (m/h)	Q moyen TS	1,20	1,34	≤ 2
	Q _{MAX} de pluie	2,93	3,27	
Temps de séjours (h)	Q moyen TS	2,16	1,93	< 3
	Q _{MAX} de pluie	0,89	0,79	
Débits d'extractions (m ³ /h)		-	195	150

En analysant les résultats obtenus, on remarque :

- ❖ les vitesses ascensionnelles dans le décanteur primaire sont inférieures à la valeur recommandée pour les débits moyens à temps sec et supérieures pour les débits de pointe à temps de pluie.
- ❖ Pour le temps de séjour, les valeurs obtenues pour les débits moyens à temps sec sont conformes aux normes exigées que ce soit pour la valeur nominale ou bien celle obtenue durant la période d'études, contrairement aux débits de pointe à temps de pluie où on observe un temps de séjours trop faible pour les deux cas. Un faible temps de séjour dans le décanteur va avoir une influence sur le rendement épuratoire de ce dernier, c'est-à-dire ce

temps est insuffisant pour une bonne décantation (le rendement moyen en MES durant l'année de 2013 dans le décanteur est faible suite à la diminution de temps de séjour).

- ❖ Sachant qu'au niveau de décanteur primaire une pompe d'extraction des boues d'une capacité de 150m³/h est disponible. Cette pompe ne sera pas suffisante pour extraire les boues de l'année 2012 vu qu'on a enregistré un débit moyen de 195m³/h.

VII.2.3. Traitement secondaire

VII.2.3.1. Bassin d'aération

Dans cet ouvrage les paramètres à vérifier sont la charge massique, la charge volumique, l'âge des boues et le temps de marche des aérateurs.

✚ La charge massique

Dans le but d'obtenir une efficacité optimale du système épuratoire, il est nécessaire de maintenir dans les bassins biologiques un rapport entre substrat nutritif et quantité de microorganismes le plus constant possible, ce rapport est appelé charge massique C_m

$$C_m = \frac{\text{kg DBO}_5 \text{ jour}}{\text{MS} \times \text{taux MVS} \times V_{ba}} \dots\dots\dots \text{(V.10)}$$

- ❖ **kg DBO₅** : flux de DBO₅ journalier à traiter ;
- ❖ **MS** : concentration en matières sèches de la boue dans le bassin d'aération en g/L ;
- ❖ **Taux de MVS** : % de matières volatiles dans les boues activées.
- ❖ **Vba** : volume du bassin d'aération en m³, pour notre station $V_{ba} = 23732 \text{ m}^3$ (volume de deux bassins en parallèles).

✚ Charge volumique

La charge volumique est calculée comme suit :

$$C_v = \frac{\text{kg DBO}_5 \text{ jour}}{V_{ba}} \dots\dots\dots \text{(V.11)}$$

✚ Temps de marche des aérateurs

Le temps de marche des aérateurs (t_{ma}) se calcule en faisant le rapport entre le besoin en air dans le bassin d'aération et la capacité de six (06) turbines d'aération, comme suit :

$$t_{ma} = \frac{\text{le besoin en air dans le bassin d'aération}}{\text{la capacité de six (06) turbines}}$$

Le besoin en air dans le bassin d'aération

1 kg de DBO₅ → 1 kg d'O₂

La capacité de six (06) turbines

1 turbine → 207 kg d'O₂ / h

6 turbine → 1242 kg d'O₂ / h

Tableau VII.6: Les paramètres du bassin d'aération pour le débit nominal et la période étudiée.

	Débit nominal	Période étudiée	Valeur recommandée à moyenne charge [2]	Valeur recommandée à faible charge [7]
La charge massique (kg DBO ₅ /kg MVS.j)	0,117	0,23	0.2 à 0.4	0,1 à 0,2
La charge volumique (kg DBO ₅ /m ³ .j)	0,43	0,56	0.5 à 1.5	< 0,4
âge des boues (j)	-	3,65	4 à 10	10 à 30
Le temps de marche des aérateurs (h/j)	8,26	10,72	< 24

D'après les résultats obtenus on constate que :

- ❖ Les valeurs de la charge massique et volumique obtenue durant la période d'études montre que la STEP passe de fonctionnement à faible charge vers la moyenne charge suite à l'augmentation considérable de débit ainsi que des charges polluantes entrantes dans station. Par ailleurs, le rapport C_v/C_m est de l'ordre de 2,43g/l en moyenne. En effet, la concentration des boues du bassin d'aération doit être adaptée à la charge de pollution reçue par la station. Ainsi pour une station fonctionnant à sa charge nominale, la concentration est de 4 g/l (office international de l'eau).
- ❖ L'âge des boues enregistré est faible par rapport aux valeurs préconisées, cela a un lien direct avec l'augmentation des charges entrantes à la STEP et le passage de la moyenne charge à la faible charge.
- ❖ Le temps de marche des aérateurs durant la période d'étude, est en moyenne de 10,72h supérieure au temps de marche consacré au débit nominal qui est de 8,26h. Toutefois, il est à noter que pour l'élimination des composés azotés en bassin unique (cas de la STEP de Reghaia), le temps cumulé de fonctionnement des aérateurs au débit nominal est d'environ 14 h/j avec des périodes d'arrêt pour dénitrifier de 2h au maximum. Ainsi, cette sous-aération peut entraîner non seulement un risque important de fonctionnement pour cette station fonctionnant à sa charge nominale, voir un dépassement de charge en 2013 mais aussi une mauvaise élimination de la pollution azotée.

VII.2.3.2. Clarificateur

Le rendement de clarificateur est conditionné par les vitesses ascensionnelles, le temps de séjour, le flux massique au radier ainsi que le débit de recirculation. Nous allons vérifier ces paramètres durant ces deux dernières années.

Vitesse ascensionnelle

Elle traduit la vitesse de remontée de l'eau dans le clarificateur. Le dimensionnement de la surface de ce dernier est fonction de cette charge hydraulique limite admissible (ou vitesse ascensionnelle) qui elle-même dépend des caractéristiques de la boue.

$$V_a = Q / S \quad (\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}) \dots \dots \dots (\text{V.12})$$

- **Q** : débit max horaire à l'entrée de la station

- **S** : surface utile (partie cylindrique) $S = 3 \times 2640 \text{ m}^3$

✚ Flux massique au radier

Le flux massique au radier (F_m) se calcule en faisant le rapport entre la quantité de boue biologique produite et la section de clarificateur :

$$F_m = \frac{q_{bb}}{S} \dots\dots\dots (V.13)$$

- q_{bb} : la quantité de boue produite dans le clarificateur ;
- **S** : surface d'un clarificateur

$$q_{bb} = (Q_m + Q_r) \times C_{Ib} \dots\dots\dots (V.14)$$

✚ Débit de recirculation

Le débit de recirculation (Q_r) est calculé par la formule suivante :

$$Q_r = Q_m \times R_t \dots\dots\dots (V.15)$$

- Q_m : débit moyen ;
- R_t : le taux de recirculation $R_t = 1$ [2]

✚ Temps de séjour de boue

On le calcule par la relation suivante :

$$\text{temps de séjour de la boue} = \frac{\text{masse de boue dans le clarificateur}}{\text{quantité horaire de boue recirculée}}$$

La concentration moyenne dans le lit de boue (C_{Ib}) est obtenue d'une façon approchée par la formule suivante :

Concentration moyenne de la boue :

$$C_{Ib} = \frac{(2 \times C_{ba} + C_{br})}{3} \dots\dots\dots (V.16)$$

- C_{ba} : concentration en MES des boues du bassin d'aération
- C_{br} : concentration en MES des boues recirculées. (Valeur mesurée ou calculée). Cette valeur peut être estimée à partir du taux de recirculation (T_r). À l'équilibre, le taux de recirculation (T_r) détermine le facteur d'épaississement de la boue ($F_{ép}$) :

$$F_{ép} = \frac{C_{br}}{C_{ba}} = 1 + \frac{1}{T_r} \dots\dots\dots (V.17)$$

En fonction de l'indice de boue observé, il existe une valeur C_{br} théorique limite qui ne peut être dépassée. Ainsi,

- ❖ Si $IB < 200 \text{ mL.g-1}$: C_{br} limite à retenir = $1000/IB$
- ❖ Si $IB > 200 \text{ mL.g-1}$: C_{br} limite à retenir = $1200/IB$

Exemple

Pour un taux de recirculation, $T_r = 100 \%$ soit 1, $F_{ép} = 1 + \frac{1}{1} = 2$

Soit $C_{br} = 2 \times C_{ba}$

Estimation de la quantité horaire de boue recirculée : ce paramètre est fonction du débit de recirculation et de la concentration en MES des boues recirculées.

$$\text{Quantité horaire de boue recirculée} = \text{débit recirculé} \times C$$

Tableau VII.7 : Les paramètres de fonctionnement du clarificateur pour le débit nominal et la période étudiée.

		Débit nominal	Période étudiée	Valeur recommandée [7]
Vitesse ascensionnelle (m/h)	Q _{max} de pluie	1,03	1,15	0,6 à 0,8 faible charge 1,5 à 2 moyenne charge
Temps de séjour hydraulique(h)	Q _{max} de pluie	-	4,26	< 3
Flux massique au radier (kg MS/m ² /h)		-	8,15	< 6,2
Débit de recirculation (m ³ /h)		6666	2804,42	3 × 2222

En analysant le tableau ci-dessus on constate :

- ❖ Sachant que le fonctionnement de la STEP est passé à la moyenne charge, les valeurs des vitesses ascensionnelles obtenues sont inférieures à celle exigées par la littérature (> 1,5 m/h pour la moyenne charge). Cela va provoquer des pertes de boue qui sont dues à des problèmes de conception d'ouvrage ou à des remontées de boue (dénitrification sauvage, boue légère, boue fermentée,...).
- ❖ Le temps de séjour des boues dans le clarificateur est assez important vu la quantité de boues importantes qui arrive dans ce dernier. C'est la charge massique réelle de la station qui fait que ces temps de séjours ont augmentés pour atteindre une moyenne de 4,26h. Il est à préciser qu'une stagnation prolongée des boues dans le clarificateur peut être à l'origine de :
 - Dégazage lié à une dénitrification « sauvage » ou à la fermentation des boues ;
 - Septicité des boues qui est synonyme de prolifération des bactéries filamenteuses responsables de la mauvaise décantation de moussage biologique ;
 - Appauvrissement de la microfaune.
- ❖ Le débit de recirculation est assuré au moyen de trois pompes dont une est munie d'un variateur d'une capacité de 2222m³/h par pompe. Sachant qu'un débit de recirculation moyen de 2804,42 m³/h a été obtenu, l'utilisation de deux pompes sera suffisante.

VII.2.4. Traitement des boues

D'une façon générale, les équipements de la filière boue doivent être dimensionnés pour pouvoir traiter la totalité de la production de boue de la station sans provoquer l'accumulation anormale et prolongée de boue dans le décanteur primaire, le bassin d'aération, le clarificateur ou l'épaississeur.

VII.2.4.1. Les épaisseurs

Dans cet ouvrage, nous vérifions le flux massique, le temps de séjour des boues et le débit d'extraction.

+ Flux massique appliqué

Le flux massique appliqué (F_{ma}) se calcule en faisant le rapport entre la quantité de boue entrée à l'épaisseur et la section de l'épaisseur:

$$F_{ma} = \frac{q_{be}}{S} \dots\dots\dots (V.18)$$

- q_{be} : La quantité de boue entrée à l'épaisseur ;
- S : surface d'un seul épaisseur. $S = 216 \text{ m}^2$

+ Temps de séjour des boues

Le temps de séjour (t_s) des boues se calcule en faisant le rapport entre la quantité de boue entrée à l'épaisseur et Le débit massique de boue qui doit être extrait ainsi :

$$t_s = \frac{q_{be}}{m_{bex}} \dots\dots\dots (V.19)$$

- m_{bex} : Le débit massique de la boue à extraire. $m_{bex} = C_{pex} \times B_{ép}$
- C_{pex} : capacité de la pompe d'extraction. $C_{pex} = 28 \text{ m}^3/\text{h}$
- $B_{ép}$: concentration de la boue épaisse. $B_{ép} = 10 \text{ g/l}$ (donnée de l'exploitant).

Remarque

Le traitement des boues primaires et des boues secondaires au niveau de la station d'épuration du Reghaia se font séparément dans les deux épaisseurs, donc la vérification des paramètres sera faite pour les deux types de boues.

a. Epaisseur des boues primaires

Les résultats de calcul des différents paramètres de l'épaisseur primaire sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau VII.8 : Paramètres d'épaulement des boues primaire pour la période étudié.

		Débit nominal	Période étudiée	Valeur recommandée [7]
Flux massique appliqué (kg MS/m ² /j)	Q moyen TS	-	40,5	30 à 60
	Q _{max} de pluie	-	98,63	
Temps de séjours des boues (h)	Q moyen TS	-	31,25	24h en été
	Q _{max} de pluie	-	76,10	48 h en hiver
Débit d'extraction (m ³ /h)	Q moyen TS	-	36,58	28
	Q _{max} de pluie	-	89,09	

En analysant le tableau ci-dessus on constate :

- ❖ la valeur obtenue durant la période étudiée pour le débit moyen à temps sec fait partie de l'intervalle recommandée. Alors que pour le débit de pointe à temps de pluie la valeur obtenue dépasse largement celles exigées.
- ❖ Concernant le temps de séjour des boues dans l'épaississeur, les valeurs obtenues pour les différents débits (débit moyen à temps sec, débit de pointe à temps de pluie) dépassent largement la valeur recommandée, cela est dû à l'augmentation de la quantité de boue entrant dans l'épaississeur. Un temps de séjour prolongé des boues secondaires provoque la fermentation dans l'épaississeur. En effet, les surnageants d'épaississeurs qui retournent en tête du traitement sont alors souvent responsables de problèmes biologiques (foisonnement, mousses) et des dégagements de mauvaises odeurs.
- ❖ Les débits d'extraction ne seront pas satisfaits par la pompe existante vu que les débits trouvés sont supérieurs à la capacité de la pompe.

b. Épaississeur des boues secondaires

Les résultats de calcul des différents paramètres de l'épaississeur primaire sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau VII.9 : Paramètres d'épaississement des boues secondaires la période étudiée.

		Débit nominal	Période étudiée	Valeur recommandée [7]
Flux massique appliqué (kg MS/m ² /j)	Q moyen TS	-	73,58	30 à 60
	Q _{max} de pluie	-	179,20	
Temps de séjours des boues (h)	Q moyen TS	-	56,7	24h en été
	Q _{max} de pluie	-	138,09	48 h en hiver
Débit d'extraction (m ³ /h)	Q moyen TS	-	7	28
	Q _{max} de pluie	-	17,05	

En analysant le tableau ci-dessus on constate :

- ❖ Des valeurs importantes du flux massiques dépassant les valeurs recommandées ont été évaluées durant la période étudiée pour le débit moyen à temps sec et pour le débit de pointe à temps de pluie.
- ❖ Concernant le temps de séjour des boues dans l'épaississeur, les valeurs obtenues pour le débit moyen à temps sec et pour le débit de pointe à temps de pluie dépassent largement la valeur recommandées qu'est de 24h, cela est dû à l'augmentation de la quantité de boue entrante dans l'épaississeur. Un temps de séjour prolongé des boues secondaires provoque la fermentation dans l'épaississeur, chose qu'on doit éviter car cela provoque des problèmes biologiques et nuisances olfactives (mauvaise odeur).
- ❖ Les débits d'extraction pour les deux débits seront satisfaits par la pompe existante vu que les débits trouvés sont faibles par rapport à la capacité de la pompe.

Remarque

Les valeurs importantes obtenues peuvent être expliquées par la concentration élevée des boues qui ont atteint une moyenne de 60 g/l en 2012 et 62 g/l pour l'année 2012. Ainsi, ces valeurs sont supérieures à celles des consignes d'exploitation comprises entre 35 et 45 g/l.

VII.2.4.2. Stabilisation chimique des boues

Au niveau de la station d'épuration du Reghaia la stabilisation des boues se fait par voie chimique en ajoutant la chaux. Le pH est le seul paramètre à vérifier afin de s'assurer de la bonne stabilisation des boues. Il suffit de s'assurer que l'alcalinité est suffisamment élevée pour que l'activité des micro-organismes soit bloquée. Durant la période étudiée, la mesure du pH n'a pas été effectuée malgré son importance. D'autre part, la quantité de la chaux ajoutée

Conclusion

D'après les résultats trouvés lors de la vérification du fonctionnement de chaque ouvrage aux différents débits à savoir :

Au débit nominal

- La vitesse de passage à travers le dégrilleur moyen dépasse la vitesse préconisée pour le débit de pointe à temps de pluie ;
- Les pertes de charges dépassent la valeur recommandée pour le débit de pointe à temps de pluie concernant le débit de pointe à temps de pluie ;
- Le temps de séjour dans le déssableur déshuileur dépasse la valeur recommandée pour le débit moyen à temps sec ;
- Le débit d'air à injecter dans le déssableur déshuileur est trop faible par rapport à la valeur recommandée, donc on a un problème de sous aération ;
- La vitesse ascensionnelle dans le décanteur primaire dépasse la valeur préconisée pour le débit de pointe à temps de pluie ;
- Le temps de séjour dans le décanteur primaire est faible pour le débit de pointe à temps de pluie ;
- Le rendement en MES dans le décanteur primaire est inférieur à la valeur recommandée ;
- Vitesse ascensionnelle faible dans le clarificateur.

Au débit réel

- La vitesse de passage à travers le dégrilleur moyen dépasse la vitesse préconisée pour le débit de pointe à temps de pluie ;
- Les pertes de charges dépassent la valeur recommandée pour le débit de pointe à temps de pluie concernant le débit de pointe à temps de pluie ;
- Le débit d'air à injecter dans le déssableur déshuileur est trop faible par rapport à la valeur recommandée, donc on a un problème de sous aération et de perte de matières organiques avec le sable ;
- La vitesse ascensionnelle dans le décanteur primaire dépasse la valeur préconisée pour le débit de pointe à temps de pluie ;

- Le temps de séjour dans le décanteur primaire est faible pour le débit de pointe à temps de pluie ce qui a traduit un faible taux d'élimination de MES ;
- La pompe disponible pour l'extraction des boues primaire est insuffisante pour extraire les boues disponibles ;
- Le rendement en MES dans le décanteur primaire est inférieur à la valeur recommandée ;
- Le fonctionnement de la STEP bascule de la faible charge à la moyenne charge ;
- L'âge des boues dans le bassin d'aération est inférieur à la valeur recommandée ;
- Vitesse ascensionnelle faible dans le clarificateur ;
- Temps de séjour hydraulique important dans le clarificateur ;
- Le temps de séjour des boues dans les deux épaisseurs primaire et secondaire dépassent la valeur recommandée ;
- Le flux massique appliqué dans l'épaisseur primaire dépasse la valeur préconisée pour le débit de pointe à temps de pluie ;
- Le flux massique appliqué dans l'épaisseur secondaire dépasse la valeur préconisée pour le débit de pointe à temps de pluie et le débit moyen à temps sec.

CHAPITRE VIII

Solutions à envisager pour l'optimisation du fonctionnement de la STEP

Introduction

L'étude effectuée dans les chapitres précédents nous a permis de faire un diagnostic sur les installations existantes dans la STEP de Reghaia. Plusieurs anomalies ont été détectées au niveau des différents ouvrages ce qui génèrent des perturbations de fonctionnement et limite les rendements épuratoires de la station. Dans ce chapitre on propose des solutions pour l'amélioration de fonctionnement de la STEP.

VIII.1.Solutions et recommandations

VIII.1.1.L'auto-surveillance au niveau de la STEP

On a constaté que certains paramètres importants ne sont pas mesurés au niveau de la STEP de Reghaia. Et pour agir en conséquence on propose les recommandations suivantes:

- ✚ L'installation d'un débitmètre à la sortie de la STEP
- ✚ Du fait que la mesure des concentrations en métaux lourds se fait une fois par mois pour les boues uniquement ; l'équipement de laboratoire avec un matériel adéquat s'avère nécessaire afin de permettre de faire une mesure régulière que ça soit aussi bien pour les boues que pour les eaux. Ceci afin d'assurer un bon suivi et de détecter les excès en métaux lourds provoqués par les industries en amont de la station.
- ✚ Songer à faire la mesure de la température et l'azote Kjeldahl total au niveau de la station.
- ✚ Songer à faire la mesure des MVS à l'entrée de la STEP.

VIII.1.2.Dégrilleur

VIII.1.2.1.Dégrilleur grossier

Comme il est déjà mentionné dans les chapitres précédents, le dégrilleur automatique de la STEP a été détérioré. On propose à présent le dimensionnement d'un nouveau dégrilleur calculé à base de débit obtenu durant la période étudiée.

Calcul de la Fraction de surface occupée par les barreaux :

$$O = \frac{d}{d+e} = \frac{2}{2+8} = 0,2$$

$$O=0,20$$

Tel que :

- ❖ **d** : épaisseur des barreaux (cm). $d = 2$ cm
- ❖ **e** : espacement entre les barreaux. $e = 8$ cm.

a. Calcul de la surface

$$S = \frac{Q_P}{V \times O \times C} = \frac{2,52}{1 \times 0,20 \times 0,5} = 6,30 \text{ m}^2$$

$$S=6,30 \text{ m}^2$$

b. Calcul de la longueur mouillée

$$L_0 = \frac{t}{\sin \alpha} = \frac{1,8}{\sin 60^\circ} = 2,08 \text{ m}$$

$$L_0=2,08 \text{ m}$$

- ❖ **t** : le tirant d'eau (profondeur d'eau à l'amont)
- ❖ **α** : angle d'inclinaison de la grille

c. Calcul de la largeur de la grille

$$l = \frac{S}{L_0} = \frac{6,30}{2,08} = 3,02 \text{ m}$$

$$l = 3,02 \text{ m}$$

De préférence on prend deux dégrilleurs en parallèle chacun de largeur $l = 1,5 \text{ m}$ (une largeur commercialisée)

d. Nombre d'ouvertures N_0

$$N_0 \times 0,08 + (N_0 - 1) \times 0,02 = 1,5$$

$$N_0 = 15$$

e. Nombre de barreaux N_b

$$N_b = N_0 - 1 = 15 - 1$$

$$N_b = 14$$

f. Calcul des pertes de charge :

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \frac{v^2}{2g} \sin \alpha$$

Tableau VIII.1 : Les valeurs de β' en fonction de la forme des barreaux. [22]

Type de barreau	β'
Section rectangulaire	2,42
Section rectangulaire en semi-circulaire à l'amont	1,83
Section rectangulaire avec arrondi semi-circulaire à l'amont et à l'aval	1,67
Section circulaire	1,79
Section ovoïde avec une grande largeur à l'amont	0,76

$$\Delta H = 1,79 \times \left(\frac{2}{8}\right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{1^2}{2 \times 9,81} \sin 60^\circ = 12 \text{ mm}$$

$$\Delta H = 12 \text{ mm}$$

g. Calcul des refus des grilles :

Le volume des débris retenus par la grille est fonction de l'espacement entre les barreaux et de la qualité des eaux à épurer.

$$\frac{12N_{eh}}{e} \leq V \leq \frac{15N_{eh}}{e}$$

e : espacement entre les barreaux en cm.

$$\text{❖ Pour } V_{\max} : R_G = \frac{15 \times N_{eh}}{e} = \frac{15 \times 409190}{8} = 767 \text{ m}^3/\text{an}$$

$$R_{G\max} = 767 \text{ m}^3/\text{an}$$

$$\text{❖ Pour } V_{\min} : R_G = \frac{12 \times N_{eh}}{e} = \frac{12 \times 409190}{8} = 614 \text{ m}^3/\text{an}$$

$$R_{G\min} = 614 \text{ m}^3/\text{an}$$

N_{eh} : nombre d'équivalents habitants correspondant au débit de dimensionnement ($89352 \text{ m}^3/\text{h}$).

Concernant le dégrilleur manuel, le constat de dépôt de sable n'est pas réellement problématique. On pensera toutefois, à faire pomper ce sable de temps en temps, par exemple en même temps que les opérations de nettoyage du PR environs tous les deux mois.

Tableau VIII.2 : Les caractéristiques de nouveau dégrilleur grossier

Paramètres	Unité	résultats
Fraction de surface occupée par les barreaux	-	0,80
la surface totale	m ²	6,30
la longueur mouillée	M	2,08
largeur de la grille calculée	M	3,02
Largeur de la grille commerciale		2×1,5
Nombre d'ouvertures	-	15
Nombre de barreaux	-	14
La perte de charge	Mm	12
refus des grilles	Pour V _{max}	767
	Pour V _{min}	614

IX.1.2.2. Dégrilleur moyen

Des vitesses de passages dans le dégrilleur dépassant la valeur préconisée ont été enregistrées pour le débit nominal et les débits de la période étudiée. D'autre part, les pertes de charge obtenues sont largement supérieures à la valeur recommandée. C'est pour cela qu'on propose de remplacer le dégrilleur existant par un dégrilleur dont les dimensions sont les suivantes :

✚ Calcul de la Fraction de surface occupée par les barreaux :

$$O = \frac{d}{d+e} = \frac{2}{1+2} = 0,67$$

O=0,67

Tel que :

- ❖ **d** : épaisseur des barreaux (cm). d = 2 cm
- ❖ **e** : espacement entre les barreaux. e = 8 cm.

a. Calcul de la surface

$$S = \frac{Q_P}{V \times O \times C} = \frac{2,52}{1 \times 0,67 \times 0,5} = 7,52 \text{ m}^2$$

S=7,52 m²

b. Calcul de la longueur mouillée

$$L_0 = \frac{t}{\sin \alpha} = \frac{1,8}{\sin 75^\circ} = 1,86 \text{ m}$$

L₀=1,86 m

- ❖ **t** : le tirant d'eau (profondeur d'eau à l'amont)
- ❖ **α**: angle d'inclinaison de la grille

c. Calcul de la largeur de la grille

$$l = \frac{S}{L_0} = \frac{7,52}{1,86} = 4,04 \text{ m}$$

l = 4,04 m

De préférence on prend deux dégrilleurs en parallèle chacun de largeur **l = 2 m** (une largeur commercialisée)

d. Nombre d'ouvertures N₀

N₀= 67

$$N_0 \times 0,02 + (N_0 - 1) \times 0,01 = 2$$

e. Nombre de barreaux N_b

$$N_b = N_0 - 1 = 25 - 1$$

$$N_b = 66$$

f. Calcul des pertes de charge

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \frac{v^2}{2g} \sin \alpha$$

$$\Delta H = 1,79 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{1^2}{2 \times 9,81} \sin 75^\circ = 35 \text{ mm}$$

$$\Delta H = 35 \text{ mm}$$

g. Calcul des refus des grilles

Le volume des détritiques retenus par la grille est fonction de l'espacement entre les barreaux et de la qualité des eaux à épurer.

❖ Pour V_{\max} : $R_G = \frac{15 \times N_{eh}}{e} = \frac{15 \times 409190}{2} = 3069 \text{ m}^3/\text{an}$

$$R_{G\max} = 3069 \text{ m}^3/\text{an}$$

❖ Pour V_{\min} : $R_G = \frac{12 \times N_{eh}}{e} = \frac{12 \times 409190}{2} = 2455 \text{ m}^3/\text{an}$

$$R_{G\min} = 2455 \text{ m}^3/\text{an}$$

Tableau VIII.3 : Les caractéristiques de nouveau dégrilleur moyen

Paramètres		Unité	résultats
Fraction de surface occupée par les barreaux		-	0,67
la surface totale		m ²	7,52
la longueur mouillée		m	1,86
largeur de la grille calculée		m	3,02
Largeur de la grille commerciale			2×2
Nombre d'ouvertures		-	66
Nombre de barreaux		-	67
La perte de charge		Mm	35
refus des grilles	Pour V_{\max}	m ³ /an	3069
	Pour V_{\min}		2455

VIII.1.3. Dessableur déshuileur

Le plus grand problème rencontré actuellement au niveau du dessableur est la mauvaise séparation des sables avec la matière organique ainsi que la mauvaise flottation des graisses. Les surpresseurs d'air mises en place pour l'insufflation d'air ne suffisent pas pour assurer la bonne décantation des sables et aussi une flottation importante des graisses. Afin de pouvoir remédier à ce problème on propose de renforcer l'aération dans le dessableur par l'installation de nouveaux surpresseurs d'air (un surpresseur d'une capacité de 1500m³/h pour chaque canal).

Pour le traitement des graisses un système d'aération de type « diffuseur à clapets » permettra de réduire les difficultés d'exploitation liées aux bouchages par la filasse de la turbine d'hydro-injection (quand l'aérateur est au repos, le clapet se ferme automatiquement et empêche l'intrusion de la filasse dans les turbines).

VIII.1.4. Décanteur primaire

Les charges ainsi que les débits importants arrivant à la STEP ont fait que le temps de séjour dans le décanteur primaire soit faible. Cela a eu une influence directe sur le rendement (un abattement faible des MES dans le décanteur durant l'année 2013). Le redimensionnement du décanteur primaire va nous permettre de savoir si une extension de cet ouvrage est nécessaire. Ceci en comparant les dimensions du décanteur qu'on va redimensionner avec l'existant.

VIII.1.4.1. Redimensionnement de décanteur primaire

Les principaux paramètres de calcul du décanteur sont :

- ❖ La charge superficielle (vitesse limite de chute) qui est définie par :

$$V_{\text{lim}} = \frac{Q_{\text{ptp}}}{S}$$

- **Q**: débit de la station.

- **S** : surface totale

- ❖ Le temps de séjours est compris entre 1 et 3 heures. [2]
- ❖ La hauteur d'eau dans l'ouvrage : la hauteur minimale est de 2m

a. Le Volume du décanteur

On prend $t_s = 1$ h

$$V = Q_p \times t_s = 9067 \times 1 = 9067 \text{ m}^3$$

$$V = 9067 \text{ m}^3$$

$$V_1 = V_2 = \frac{V}{2} = \frac{9067}{2} = 4533,5 \text{ m}^3$$

$$V_1 = V_2 = 4534 \text{ m}^3$$

b. La surface horizontale du décanteur

La hauteur du décanteur primaire est comprise entre 2 à 5m, on prend $H = 2,6$ m

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{4534}{2,6} = 1744 \text{ m}^2$$

$$S_h = 1744 \text{ m}^2$$

Remarque

Il faut prévoir une hauteur de revanche contre le débordement avec $h_r = 0,75$ m
Donc on prend $H_{\text{total}} = 2,6 + 0,75 = 3,35$ m

c. Le diamètre du décanteur

$$D = \sqrt{\frac{4S_h}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1744}{\pi}} = 45,20 \text{ m}$$

$$D = 47,12 \text{ m}$$

Avec :

- ❖ **D** : diamètre du décanteur (m) ;

Le tableau suivant représente les dimensions du décanteur primaire existant et recalculé

Tableau VIII.4 : les dimensions du décanteur primaire existant et recalculé

Paramètres	Désignations	unités	Valeurs existantes	Valeurs recalculées
Débit	Q_p	m^3/s	2,25	2,52
Surface horizontale	S_h	m^2	1385*2	1744*2
Volume	V	m^3	3601*2	4534*2
Hauteur d'eau+hauteur de revanche	H_{total}	m	3,1	3,35
Diamètre	D	m	42	47,12

On remarque une grande différence entre le volume existant et celui recalculé avec les données actuels. C'est pourquoi il faut faire l'extension de cet ouvrage.

VIII.1.4.1. Extension du décanteur primaire

a. Le Volume du décanteur

$$V_{extension} = V_{recalculé} - V_{existant}$$

Avec : $V_{recalculé} = 9068 m^3$
 $V_{existant} = 7202 m^3$

$$V_{ex} = 1866 m^3$$

$$V_{extension} = 9068 - 7202 = 1866 m^3$$

b. La surface horizontale du décanteur

La hauteur du décanteur primaire est comprise entre 2 à 5m, on prend $H=2,6 m$

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{1866}{2,6} = 717,69 m^2$$

$$S_h = 718 m^2$$

Il faut prévoir une hauteur de revanche contre le débordement $h_r = 0,75 m$
 Donc on prend $H_{total} = 2,6 + 0,75 = 3,35 m$

c. Le diamètre du décanteur

$$D = \sqrt{\frac{4S_h}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 718}{\pi}} = 30,23 m$$

$$D = 30,5 m$$

Les caractéristiques du décanteur primaire proposé pour l'extension sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau VIII.5 : Les dimensions du nouveau décanteur primaire

Paramètres	Désignations	Unités	Valeurs existantes
Volume	V	m^3	1866
Surface horizontale	S_h	m^2	718
Hauteur d'eau+hauteur de revanche	H_{total}	M	3,35
Diamètre	D	M	30,5

Pour la période étudiée, le débit d'extraction des boues primaires est estimé à environ $195 m^3/h$. les pompes existantes (2 dont une en secours) de $150 m^3/h$ sont insuffisantes et doivent

être remplacées par des pompes de capacité unitaire d'environ 200 m³/h. un nouveau dimensionnement des conduites de refoulement devra être fait dans ce cas.

IX.1.5. Bassin d'aération

Pendant la période étudiée, la station est passée d'un fonctionnement à faible charge au fonctionnement à moyenne charge suite à l'augmentation des débits et charges polluantes entrantes. Cela a provoqué un âge des boues faible dans le bassin d'aération. Le redimensionnement du bassin d'aération va nous permettre de savoir si une extension de cet ouvrage est nécessaire. Ceci en comparant les dimensions du bassin qu'on va redimensionner avec l'existant.

VIII.1.5.1. Redimensionnement du bassin d'aération

Le bassin d'aération est dimensionné sur la base des charges massique et volumique. Le bassin sera de forme rectangulaire, de longueur L, de largeur B et de hauteur H. relation recommandée par TABASARAN.

$$\diamond B/H = 1 \text{ à } 2$$

a. le volume du bassin

$$V_b = L_0/C_v$$

$\diamond C_v$: Charge volumique (kg DBO₅/ m³.j). $C_v = 0,48$ kg DBO₅/ m³/ j
C'est la valeur moyenne enregistré en 2013.

$\diamond L_0$: charge polluante à l'entrée du bassin (kg DBO₅/j). $L_0 = 13904,69$ kg/j

D'où : $V_b = 13904,69/0,48 = 28968 \text{ m}^3$

$$V_b = 28968 \text{ m}^3$$

On prend deux bassins en parallèle d'où :

$$V_1 = V_2 = V_b/2 = 28968/2$$

$$V_1 = V_2 = 14484 \text{ m}^3$$

b. La hauteur du bassin

Elle est prise généralement entre 3 et 5m donc on prend : $H = 5\text{m}$

La hauteur de revanche du bassin doit être $h \geq 60$ cm. On prend $h = 60\text{cm}$.

c. Surface horizontale du bassin

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{14484}{5} = 2896,8 \text{ m}^2$$

$$S_h = 2896,8 \text{ m}^2$$

d. Largeur et longueur d'un seul bassin

On opte pour un bassin carré, donc :

$$B = L = \sqrt{S_h} = \sqrt{2896,8} = 53,82 \text{ m}$$

$$B = L = 54 \text{ m}$$

Le tableau suivant représente les dimensions du bassin d'aération existant et du bassin recalculé

Tableau VIII.6 : les dimensions du bassin d'aération existant et recalculé

Paramètres	désignations	Unité	Valeurs existantes	Valeurs recalculées
Volume du bassin	V	m ³	11866*2	14484*2
Nombre	N	--	2	2
Hauteur du bassin	H	M	5,53	5
Surface horizontale du bassin	S _h	m ²	2143,7*2	2896,8*2
Largeur du bassin	L	m	46,3	54
Longueur du bassin	l	m	46,3	54

On remarque une grande déférence entre le volume existant et celui recalculé avec les données actuels. C'est pourquoi il faut faire l'extension de cet ouvrage.

VIII.1.5.2.Extension du bassin d'aération

a. Le volume du bassin

$$V_{\text{extension}} = V_{\text{recalculé}} - V_{\text{existant}}$$

Avec : $V_{\text{recalculé}} = 9068 \text{ m}^3$

$$V_{\text{existant}} = 7202 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{extension}} = 9068 - 7202 = 5236 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ex}} = 5236 \text{ m}^3$$

b. La hauteur du bassin

Elle est prise généralement entre 3 et 5m donc on prend : $H = 4\text{m}$

La hauteur de revanche du bassin doit être $h \geq 60 \text{ cm}$. On prend $h = 60\text{cm}$.

c. Surface horizontale du bassin

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{5236}{4} = 1309 \text{ m}^2$$

$$S_h = 1309 \text{ m}^2$$

d. Largeur et longueur d'un seul bassin

On prend la même longueur que celles des bassins existants, $L = 46,30 \text{ m}$

la largeur sera donc :

$$B = S_h / L = 1309 / 46,3 = 28,27 \text{ m}$$

$$B = 28,3 \text{ m}$$

Tableau VIII.7 : Les dimensions de nouveau bassin d'aération

Paramètres	désignations	unité	Valeurs existantes
Volume du bassin	V	m ³	5236
Nombre	N	--	1
Hauteur du bassin	H	m	4,60
Surface horizontale du bassin	S _h	m ²	1309
Largeur du bassin	B	m	28,3
Longueur du bassin	L	m	46,30

L'installation de variateurs de débit sur les pompes de recirculation permettra d'appliquer une recirculation continue et homogène dans le temps. De cette façon on devrait pouvoir homogénéiser les temps de séjour dans les zones de contact et d'anaérobie et ainsi leur permettre de mieux assurer leurs fonctions respectives.

VIII.1.6. Clarificateur

Durant la période étudiée, la station a fonctionné à moyenne charge avec des vitesses ascensionnelles inférieures à la valeur recommandée, ce qui peut provoquer un départ de boues. Pour éviter ce problème, on propose d'augmenter la recirculation des boues pour arrêter l'évolution du voile de boues dans le clarificateur.

La faible dénitrification a provoqué la remontée des boues à la surface du clarificateur. En effet une période anoxique trop courte dans le bassin d'aération ne permet pas la transformation complète de la quantité importante des nitrates formés en azote gazeux ceci a provoqué une dénitrification au fond du clarificateur et l'azote dégagé a entraîné les boues en surface.

Par temps de forte pluie d'orage, une couleur jaune-grise de l'eau a été constatée, celle-ci est due à la présence de l'argile colloïdale dans l'effluent. Pour remédier à ça, on propose de supprimer la recirculation provisoirement et évacuer les boues, précipiter l'argile en ajoutant à l'eau de clarificateur du sulfate d'alumine ou de la chaux. [21]

Le temps de séjour en absence d'oxygène doit être le plus faible possible (en harmonie avec le processus de dénitrification abordé précédemment) afin d'éviter tout passage en anaérobie de la boue qui aurait par conséquence la détérioration de la qualité des boues, perturbant par la suite le traitement biologique de l'eau et aussi le traitement des boues.

Pour éviter tout risque de développement de bactéries filamenteuses dans le clarificateur un temps de séjour dépassant pas deux heures est préconisé.

VIII.1.7.Épaisseur (gravitaire)

Au niveau des deux épaisseurs les valeurs enregistrées de flux massique et de temps de séjour durant la période étudiée dépassent les valeurs recommandées par le constructeur. Ce qui fait que ces deux ouvrages sont sous dimensionnés. Pour les boues primaires, on propose une extension de l'épaisseur. Pour la pompe d'extraction des boues primaires, elle doit être remplacée par une autre de capacité supérieure. Le dimensionnement des conduites de refoulement devra être vérifié en conséquence.

VIII.1.7.1.Redimensionnement de l'épaisseur des boues primaires

a. Volume

$$V = Q_p \times t_s = 3344,87 \times 1 = 3344,87 \text{ m}^3$$

$$V = 3344,87 \text{ m}^3$$

t_s : temps de séjours = 1j.

b. Surface horizontale

Pour une profondeur de $H = 3.5\text{m}$. On calcule :

$$S_h = 955,68 \text{ m}^2$$

$$S_h = V/H = 3344,87/3,5 = \mathbf{955,68 \text{ m}^2}$$

c. Diamètre du bassin

Les bassins ont une forme circulaire de surface $S_h = \frac{\pi D^2}{4}$

$$\text{Donc : } D = \sqrt{\frac{4S_h}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 955,68}{\pi}} = \mathbf{34,88 \text{ m}}$$

D= 35 m

Tableau VIII.8 : Les dimensions de l'épaisseur existant et celui recalculé

Paramètres	désignations	unité	Valeurs existantes	Valeurs recalculées
Volume unitaire	V	m ³	1000	3344,87
Hauteur	H	m	4,63	3,5
Surface horizontale unitaire	S _h	m ²	216	955,68
Diamètre	D	m	18	35

VIII.1.7.2. Extension de l'épaisseur des boues primaires

a. Le volume d'extension

$$V_{ex} = V_{recalculé} - V_{existant}$$

$$\text{Avec : } V_{recalculé} = 3344,87 \text{ m}^3$$

$$V_{existant} = 1000 \text{ m}^3$$

$$V_{ex} = 3344,87 - 1000 = \mathbf{2344,87 \text{ m}^3}$$

V= 2344,87 m³

b. Surface horizontale

Pour une profondeur de **H = 3.5m**. On calcule :

$$S_h = V/H = 2344,87/3,5 = \mathbf{669,96 \text{ m}^2}$$

S_h= 669,96 m²

c. Diamètre du bassin

Les bassins ont une forme circulaire de surface $S_h = \frac{\pi D^2}{4}$

$$\text{Donc : } D = \sqrt{\frac{4S_h}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 669,96}{\pi}} = \mathbf{29,2 \text{ m}}$$

D= 29 m

Tableau VIII.8 : Les dimensions de nouvel épaisseur des boues primaires

Paramètres	Désignations	Unités	Valeurs existantes
Volume	V	m ³	2344,87
Surface horizontale	V S _h	m ²	669,96
Profondeur	H	m	3,5
Diamètre	D	m	29

VIII.1.8. Stabilisation des boues

La stabilisation des boues se fait par voie chimique par l'ajout de la chaux entrainant une consommation importante d'énergie électrique (l'ajout se fait par des pompes doseuses). Sachant

que durant la période étudiée, les concentrations des boues à la sortie des deux épaisseurs sont assez importantes allant jusqu'à 70 g MS/l. Avec des telles concentrations, on propose de passer directement à la déshydratation afin de réduire les coûts d'exploitations.

VIII.1.9. Déshydratation des boues

Le problème majeur rencontré au niveau des centrifugeuses c'est la mauvaise maîtrise des quantités de polymères à injectés dans ces dernières. En effet, un surplus des polymères provoque un surcoût d'exploitation. Pour minimiser les coûts d'exploitation dans les centrifugeuses, on propose de réduire le taux de polymères injectés. Toutefois, on doit déplacer le point d'injection actuellement placé à l'entrée des centrifugeuses vers la conduite d'alimentation en boue, environ 7 m avant l'arrivée de la boue dans la centrifugeuse. Ainsi le polymère se mélange mieux avec la boue.

VIII.2. Traitement tertiaire

La station d'épuration de Reghaia est dotée d'un traitement tertiaire qui est les filtres à sable. Pour assurer le bon fonctionnement de ces filtres, on propose de procéder à leurs lavages régulièrement en fonction de débit traité.

Nous proposons de renforcer le traitement tertiaire existant par un bassin de désinfection afin de mieux protéger le lac de Reghaia situé en aval de la STEP. La chloration est la technique de désinfection la mieux adaptée, elle est bien maîtrisée est relativement simple.

En effet, Le chlore est un agent oxydant fort qui réagit facilement avec plusieurs substances organiques et inorganiques trouvées dans les eaux usées. Il est particulièrement efficace pour détruire les bactéries, mais moins efficace contre les virus.

Au cours du traitement tertiaire, le chlore est utilisé sous les formes suivantes : chlore gazeux, hypochlorite de sodium (eau de javel) ou bioxyde de chlore. Les étapes de dimensionnement du bassin de désinfection sont mentionnées en dessous :

VIII.2.1. Dose du chlore à injecter

La dose du chlore nécessaire dans les conditions normales pour un effluent traité est de 5 à 10 mg/l pour un temps de contact de 30 minutes. [6]

On utilise une dose de 10 mg/l pendant un temps de contact de 30 mn.

VIII.2.2. Dose journalière en chlore

$$D_j = Q_{\text{moy}} \cdot (Cl_2) = 89352 \times 0,01 = 893,52 \text{ kg/j}$$

VIII.2.3. Calcul de la quantité de l'eau javel

On prend une solution d'hypochlorite à 48° [6]

1° de chlorométrie → 3,17 g de Cl₂/ NaClO

20° de chlorométrie → X

$$X = 3,17 \cdot 20 / 1 = 63,4 \text{ g de Cl}_2 / \text{NaClO}$$

VIII.2.4. La quantité d'hypochlorite de sodium nécessaire

$1 \text{ m}^3(\text{NaClO}) \rightarrow 63,4 \text{ Kg de Cl}_2$

$Q_j \rightarrow 504$

$$Q_j = \frac{893,52}{63,4} = 14,09 \text{ m}^3 (\text{NaClO})/j$$

VIII.2.5. La quantité annuelle d'hypochlorite de sodium

$$Q_a = Q_j \cdot 365 = 14,09 \cdot 365 = 5142,85 \text{ m}^3 (\text{NaClO}) / \text{an}$$

VIII.2.6. Dimensionnement du bassin de désinfection

$Q_{\text{ptp}} = 9067 \text{ m}^3 / \text{h}$ (débit de pointe au temps de pluie)

$T_s = 30 \text{ mn}$

a. Le volume du bassin

$$V = Q_{\text{pte}} \cdot T_s = 9067 \cdot 30/60 = 4533,5 \text{ m}^3$$

$$V = 4533,5 \text{ m}^3$$

On prend deux bassins en parallèle et chacun d'eux a les dimensions suivantes :

$$V = 4534/2 = 2267 \text{ m}^3$$

b. La hauteur du bassin

On prend $H = 4 \text{ m}$

$$H = 4 \text{ m}$$

c. La surface horizontale

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{2267}{4} = 566,88 \text{ m}^2$$

$$S_h = 567 \text{ m}^2$$

d. La largeur et la longueur

Notre bassin a une forme rectangulaire de surface $S_h = L \times B$

On prend : $L = 2 \times B$

$$B = \sqrt{\frac{S_h}{2}} = 16,83 \text{ m.} \quad \text{On prend:}$$

$$B = 17 \text{ m}$$

Alors : $L = 2 \times 17 = 34 \text{ m}$

$$L = 34 \text{ m}$$

Avec :

L : longueur du bassin de désinfection.

B : largeur du bassin de désinfection.

Tableau VIII.9 : Résultats de dimensionnement du bassin de désinfection

Caractéristiques du bassin	Unité	Valeurs calculées
Volume	m ³	4534
Hauteur	m	4
Surface horizontale	m ²	567
Longueur	m	34
Largeur	m	17
Dose journalière en chlore	Kg/j	893,52
La quantité d'hypochlorite nécessaire	m ³ /j	14,09
La quantité annuelle d'hypochlorite	m ³ /an	5142,85

Conclusion

Les solutions et les propositions apportées à cette station pour optimiser son fonctionnement sont le fruit d'une étude de diagnostic détaillée et approfondie. La mise en place des différentes solutions proposées pour l'optimisation de la station de Reghaia va permettre le bon fonctionnement de cette dernière.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a été consacré à l'optimisation du fonctionnement de la station d'épuration de Reghaia, en commençant par l'interprétation de l'évolution des débits, les paramètres de pollution ainsi que le suivi des rendements épuratoires durant les deux dernières années à savoir 2012 et 2013. L'analyse des différentes données nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- ✚ Des charges hydrauliques importantes arrivant à la STEP surtout en 2013 dépassant la capacité nominale de la STEP à plusieurs reprises avec un apport industriel estimé à 20 000 m³/j.
- ✚ Les autres paramètres physico-chimiques ne constituent pas un obstacle pour le traitement biologique. Toutefois, les valeurs de la conductivité à la sortie sont très élevées ce qui limite l'utilisation de ces eaux pour l'irrigation.
- ✚ Des rendements épuratoires répondant aux attentes du constructeur, à l'exception de l'abattement de la pollution azotée qui pose souvent problème.

Notre étude a également porté sur les indicateurs de performances que nous avons choisis en fonction des données disponibles. De ce fait, nous avons pu tirer au clair les remarques suivantes :

- ✚ L'élimination insuffisante de l'azote
- ✚ Le non maitrise de l'injection de polymère
- ✚ Problème de dénitrification
- ✚ Concentration en excès du Zinc dans les boues.
- ✚ La qualité médiocre des sables récupérés (mauvaise brassage)
- ✚ Un rendement d'abattement en MES faible dans le décanteur primaire en 2013 (un rendement de 40%)

Par la suite on a procédé à la vérification de fonctionnement des différents ouvrages composant la station. Plusieurs anomalies ont été détectées tels que:

- ✚ les vitesses de passages et les pertes de charge importante dépassant les valeurs préconisées enregistrées dans le dégrilleur
- ✚ des temps de séjour dans le décanteur primaire et le bassin d'aération sont faibles. Par contre, ils sont importants dans le clarificateur.
- ✚ La capacité des pompes disponibles pour les différents ouvrages sont faibles à l'exception de bassin d'aération.
- ✚ Les temps de séjours des boues dans les deux épaisseurs dépassent les valeurs recommandées

D'autre part, la comparaison entre les différents ouvrages existants au niveau de la STEP et ceux obtenus après redimensionnement de ces derniers a confirmé la nécessité de l'extension de certains ouvrages à savoir :

- ✚ Le décanteur primaire ;
- ✚ Le bassin d'aération ;
- ✚ L'épaississeur des boues primaires.

Il vient de signaler que des pollutions soudaines de nature industrielle ont été enregistrées à maintes reprises durant ces deux années d'observation (notamment le problème engendré par les concentrations faramineuses en Zinc cité auparavant). Un problème dont la solution réside à sensibiliser et pourquoi pas à obliger les industriels à traiter leur rejets conformément aux lois en vigueur.

Au terme de cette étude, nous devons insister sur le fait que le bon fonctionnement de cette STEP constitue une des nécessités les plus absolues dans la région vu son influence sur l'environnement. On parle ici d'un des sites les plus protégés classés comme patrimoine mondial par l'UNESCO et qui abrite une grande variété d'espèces végétales et animales assez rares ; et qui n'est autre que le grand lac de Réghaia.

Références bibliographiques

- [1] **ABDELKADER GAID**, épuration biologique des eaux urbaines TOME2, office de publication universitaire, Alger, 1984, 260p.
- [2] **AKROUR Zehira et AOUDAD Sonia**, étude des performances et des procédés d'un système d'épuration en vue de la réalisation d'une STEP cas de sous bassin versant Mechtras. MFE (ingénieur) U.M.M.T.O promotion 2005/2006.
- [3] **DAFFRI Amel**, Biodégradation des crésols par le microbiote des eaux usées de la ville de Constantine, mémoire de magister U.Mentouri-Constantine, 2008.p5.
- [4] **DEVILLERS Juliette, SQUILBIN Marianne, YOURASSOWSKY Catherine**, Qualité physico-chimique des eaux de surface, l'IBGE (institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement).
- [5] **Yves PIETRASANTA, Daniel BONDON**, le lagunage écologique: Edition Economica 1994.
- [6] **METAHRI Mohammed Said**, Thèse de doctorat, élimination simultanée de la pollution azotée et phosphorée des eaux usées traités par des procédés mixtes, cas de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou, UMMTO p9.
- [7] **SEAAL, 2012**. Station d'épuration de Reghaia, notice de fonctionnement et d'exploitation, Alger, 154p.
- [8] **CSHPF. (1995)**., Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, p22.
- [9] **DJEDDI Hamsa**, utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Mémoire de Magister 2007, U.Mentouri-Constantine.
- [10] **Faby J.A., Brissaud F. (1997)**., L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, p76.
- [11] **Technique de l'ingénieur**. Traitement physico chimique de la pollution soluble, volume G1270.
- [12] **OLIVIER Alexandre, LAGRANGE Cécile et RAYNALD Victor**. Station d'épuration des petites collectivités 39p.
- [13] **Mohand-Said OUALI**. Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux, 2^{em} édition, office des publications universitaires, Alger, 2008
- [15] **ALEXANDRE et al**. Thèse 2, 1997
- [16] **AMORCE**. Boues de station d'épuration : techniques de traitement, valorisation et élimination, série technique, 2012.

- [19] **SYPREA**. Le recyclage agricole : enjeux, contraintes et avenir juillet 1997.
- [20] **Houot S et al.** Qualité des composts issus de déchets ménagers : apport du site Qualiagro, 2012.
- [20] **Denis BALLAY et Philippe Duchène**, POLLUTEC 94 Dysfonctionnements biologiques dans les stations d'épuration en boues activées, 1994. p10.
- [21] **Marc Satin et Béchir Selmi**. Guide technique de l'assainissement, 3^{em} édition, p661.
- [22] **GAIDE A.** Epuration biologique des eaux usées urbaines, tome 2, OPU, Alger, 1984, 186p.
- [23] **MIMOUN Youcef**. Études des performances épuratoires de la station d'épuration de Beni Messous (w.Alger) 2012.

Site consultés

- [14] **www.fne.asso.fr** Consulter le 09/03/2014.
- [17] **Office international de l'eau**. Service national d'information et de la documentation sur l'eau (SNIDE). La stabilisation des boues de station d'épuration : technique de mesure de procédé, 2001, en ligne disponible sur
« **www.oleau.org/documentation/IMG/PDF/StabBoues.pdf** » consulter le 15/04/2014.
- [18] **BRISON C.** Le séchage solaire des boues : état actuel de l'art et retours d'expérience, en ligne disponible sur « **[www. Fndae.fr/documentation/PDF/Fndae_36_chap_1_2](http://www.Fndae.fr/documentation/PDF/Fndae_36_chap_1_2)** » consulté le 15/04/2014.

ANNEXE N° 01

Synoptique et photographie de la *SAISON DE LA SAISON* **STEP** *STEP*



Figure 12 : Centrifugeuse



Figure 13 : Poste toutes eaux



Figure 14 : Pont bascule



Figure 15 : Groupe hydrophore



Figure 6 : Décanteur primaire



Figure 7 : Réacteur biologique



Figure 8 : Clarificateur

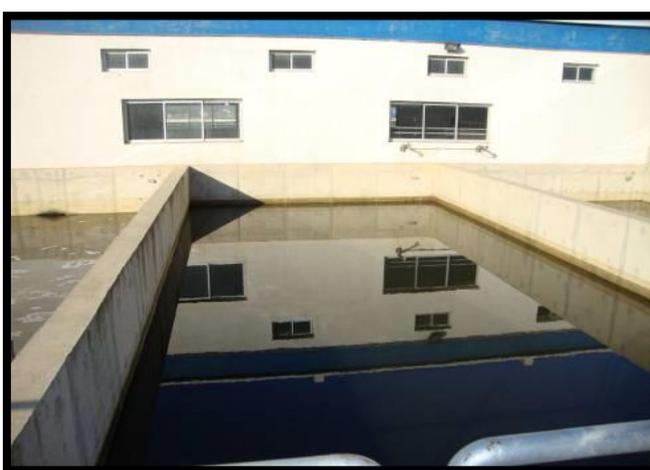


Figure 9 : Filtre plein pendant le fonctionnement

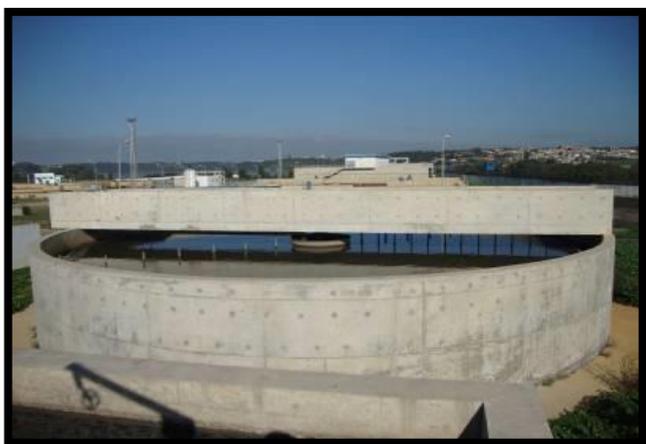


Figure 10 : Epaisseur biologique



Figure 11 : Bâche de stockage des boues



Figure 2 : Ouvrage de comptage (STEP REGHAÏA).



Figure 3 : Dégrilleur



Figure 4 : Déchets dégrilleur



Figure 5 : Dégraisseur-Dessaleur (STEP REGHAÏA).

Le synoptique de la station d'épuration est précisé ci-après :

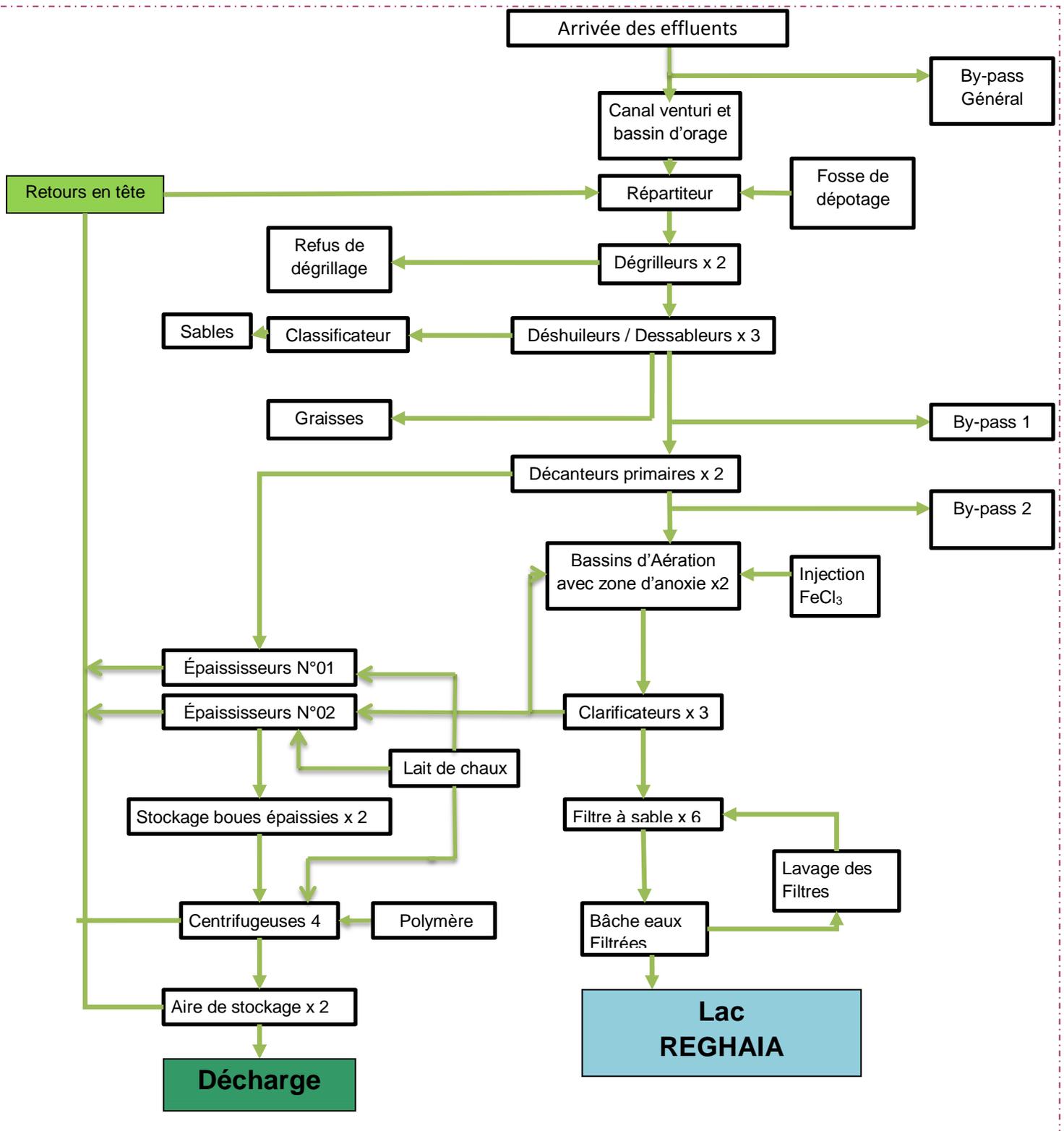


Figure 1: Le synoptique de la station d'épuration

ANNEXE N° 02

Les méthodes d'analyses

- ✚ On met les tares dans le dessiccateur ;
- ✚ On pèse les tares après séchage ;
- ✚ On met les tares dans le four à 560°C pendant 2h pour brûler la matière organique ;
- ✚ On pèse les tares après séchage.

VI.1.4.2 Calculs

Le calcul de la quantité de la MES, la MVS et la MS s'effectue d'après les relations

$$[\text{MES}]_{\text{boue}} = \frac{P_{\text{séché}} - P_{\text{tare}}}{V} \text{ (mg/l)}$$

$$[\text{MVS}] = \frac{P_{\text{séché}} - P_{\text{calciné}}}{P_{\text{séché}} - P_{\text{tare}}} * 100 \text{ (mg/l)}$$

$$[\text{MS}] = \frac{P_{\text{séché}} - P_{\text{tare}}}{P_{\text{rempli}} - P_{\text{tare}}} \text{ (mg/l)}$$

V: Le volume de l'échantillon introduire dans les pots de la centrifugeuse ;

P_{Seche}: La masse de la tare contenant l'échantillon après l'étuvage à 105°C ;

P_{tare}: La masse de la tare vide ;

P_{rempli}: La masse de la tare contenant l'échantillon ;

P_{calciné}: La masse de la tare contenant l'échantillon après l'étuvage à 560°C.

VI.1.7 Mesure de l'indice de Molhman ou Indice de boue

L'indice de Mohlman est souvent appelé IB est le volume occupé par un gramme de MES après décantation d'une demi-heure de un litre de boue active dans une éprouvette graduée. Cet indice permet d'évaluer la décantation des boues dans le clarificateur.

$$\text{Indice de Mohlman} = \frac{\text{Volume boues décanté après 30 minutes}}{\text{Concentration en MES boues}}$$

B. filière boue

Chaque jour six échantillons des boues sont récupérés à travers différents ouvrages comme suit :

Tableau IV.2 : l'abréviation de différentes boues

Source de la boue	abréviation
La boue activée du bassin d'aération 1	B _{A1}
La boue activée du bassin d'aération 2	B _{A2}
La boue de retour	B _R
La boue primaire	B _P
La boue stabilisée	B _S
La boue épaissie	B _E
La boue déshydratée	B _D

VI.1.4.1 Mode opératoire de l'analyse des MES et MVS, MS

Le mode opératoire se diffère comme suit selon la nature de la boue

a. Pour Les boues du BA1, BA2, BR et BP

Les quatre (04) boues seront analysées simultanément, d'après le protocole ci-dessous :

- ✚ On remplit les 12 tubes de la centrifugeuse (5000 tours /s) avec de la boue (trois tubes pour chaque boue) ;
- ✚ On fait marcher l'appareil pendant 20 minutes ;
- ✚ On pèse quatre tares à vide ;
- ✚ Après 20 minutes l'appareil s'arrêtera et on aura les 12 tubes ;
- ✚ On rejette le surnageant et on met la boue décantée dans les tares après agitation manuelle ;
- ✚ On pèse les tares remplies ;
- ✚ On met les tares dans l'étuve pendant 24h à 105°C ;
- ✚ On met les tares dans le dessiccateur qui absorbe l'humidité dégagée par les échantillons ;
- ✚ On pèse les tares après séchage.

b. Pour Les boues du BE, BS et BD

On procède pour ces boues comme suit :

- ✚ On pèse trois tares à vide ;
- ✚ On remplit les tares avec de la boue ;
- ✚ On pèse les tares remplis ;
- ✚ On met les tares dans l'étuve pendant 24h ;

- ✚ on remplit la fiole avec de l'eau distillée jusqu'à 1000ml et on agite quelques minutes ;
- ✚ on prend 200ml de la solution ;
- ✚ dans la filtration à fibre de verre on met le filtre et on verse les 200ml de la solution ;
- ✚ On fait marcher la pompe qui aspire l'air pour permettre à la solution de passer a travers le filtre ;
- ✚ On fait passer 100ml de l'eau brute et 100ml de l'eau épurée (c'est-à-dire l'eau a l'entrée et a la sortie de la station) a travers les deux autres filtres et on les rend dans les tares ;
- ✚ On met les tares dans l'étuve à 105°C pendant 2h ;
- ✚ On pèse les tares après séchage.

✚ Calcul

Le calcul se fait selon la relation suivante :

$$[\text{MES}] = \frac{P_{\text{séché}} - P_{\text{tare}}}{V_{\text{éch}}} \text{ (mg/l)}$$



Figure VI.2 : filtration à fibre de verre

Avec :

P_{séché} : La masse de la tare contenant l'échantillon après étuvage à 105°C ;

P_{tare} : La masse de la tare vide avec le filtre préalablement séché ;

V_{éch}: Volume de la prise d'essai.

VI.1.3.4 Mesure du pH

Le potentiel d'hydrogène se mesure a l'aide d'un pH-mètre; le pH de l'eau brute et celle épurée est compris entre 7 et 8.

VI.1.3.5 Mesure de la conductivité électrique

Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre; elle donnée en µs/cm.

VI.1.3.6 Les formes azotées

On distingue les formes azotées suivantes :

- ✚ Azote total ;
- ✚ Nitrate ;
- ✚ Ammonium.

Les méthodes d'analyse de ces différentes formes sont les suivantes :

- ✚ Détermination de l'azote ammoniacal : par acidimétrie ; par colorimétrie ou par spectrophotométrie (la plus courante) ;
- ✚ Détermination de l'azote Kjeldahl (NTK) : par minéralisation au sélénium (la plus utilisée) ou par distillation ;
- ✚ Détermination des nitrites et nitrates : par colorimétrie ou par spectrophotométrie.

- ✚ Le premier flacon « Étalon » : dans une fiole de 500ml, on met 300ml d'eau distillée plus une capsule de la DBO5 nutritive, on agite, puis on met 133ml de ce mélange dans un flacon et on ajoute 7ml de la DBO5 et 15ml de l'eau brute ;
- ✚ Le deuxième flacon : pour connaître le volume de l'eau brute à ajouter dans le flacon, on utilise la valeur de la DCO déjà déterminée dans l'étape précédente et on la multiplie par 0,8 ; la valeur trouvée correspond dans le tableau des gammes DBO5, Tableau III.2, à un volume qui est le volume de l'eau brute nécessaire dans le flacon.
- ✚ De la même manière on trouve le volume d'eau épurée nécessaire dans le troisième flacon.

Tableau VI.1 La sélection du volume d'échantillon [12]

Gamme de DBO mg/l	Volume nécessaire (ml)
0-35	420
0-70	355
0-350	160
0-700	95

Après avoir remplir les flacons avec les volumes nécessaires, on met les cupules et on ajoute l'hydroxyde de lithium qui sert à absorber le CO₂ et de la graisse pour que l'oxygène injecté ne se gaspille pas, on met les flacons dans un réfrigérons et on les ferme avec des bouchons qui contiennent des tuyaux qui injectent de l'oxygène, on règle la température a 20°C et on laisse les flacons pendant 5 jours, puis on lit directement le résultat du DBO5.



Figure VI.1 : Le DBO mètre

VI.1.3.3 Mesure des matières en suspension (MES)

- ✚ **manipulation**
- ✚ on prend trois tares en aluminium et on les pèse à vide ;
- ✚ dans chaque tare on met un filtre et on pèse à nouveau ;
- ✚ dans une fiole de 1000ml on met 100ml de la solution de la cellulose microcristalline ;

VI.1.3 paramètres analysés

A. Filière eau

VI.1.3.1 Mesure de la demande chimique en oxygène(DCO)

a. Manipulation

On prend cinq éprouvettes et on met dans :

- ✚ la première éprouvette: 10ml d'eau distillée ;
- ✚ la deuxième et la troisième éprouvettes : dans chacune 10ml d'hydroginophtalate de potassium ;
- ✚ la quatrième éprouvette : 10ml d'eau brute ;
- ✚ la cinquième éprouvette : 10ml d'eau épurée .
- ✚ on met dans les éprouvettes 5ml de dichromate de potassium qui sert à accélérer l'opération ;
- ✚ on ajoute dans les éprouvettes 15ml de la solution d'acide sulfurique sulfate d'argent ;
- ✚ on ferme sur les éprouvettes avec des tubes en verre ;
- ✚ on met les éprouvettes sur une plaque chauffante équipée d'une haute qui serve à aspirer les gaz qui se dégages, pendant 2h a 150°C ;
- ✚ puis on laisse refroidir pendant 10 minutes et on vérifie le titrage.

b. Vérification du titrage

Dans une fiole de 100ml, on met 10ml de dichromate de potassium et on ajoute de l'acide sulfurique jusqu'à 100ml, on met le mélange dans un bécher et on ajoute 2 gouttes de féroïen, on met le bécher sur un agitateur puis on ajoute goutte à goutte la solution de fer II et d'aluminium jusqu'à ce que on obtient la couleur rouge brique, on lit ainsi le volume correspondent :

La valeur du titrage = $2,4/V$ et elle doit être égale à 0.12

c. Calcul

Après refroidissement des éprouvettes on ajoute dans chacune 45ml de l'eau distillée et deux gouttes de féroïen puis on fait le titrage et on note les volumes obtenus

$$DCO = \frac{8000 \times \text{titre}}{v} \times (V_{\text{blanc}} - V_{\text{éch}})$$

VI.1.3.2 Mesure de la demande biochimique en oxygène(DBO)

Deux méthodes sont fortement utilisées pour la détermination de la DBO : la méthode par dilution et la méthode respirométrique et nous on va travailler avec la première.

a. manipulation

On prépare trois (03) flacons comme suit :

ANNEXE N° 03

Les résultats d'analyses des différents paramètres

Tableau N°10 : Les dépassements de débits durant l'année 2013 par rapport à la capacité nominale de la STEP

Date	Débit	% par rapport à la capacité nominale	journée	Débit	% par rapport à la capacité nominale	journée	Débit	% par rapport à la capacité nominale
28 janvier 2013	86245	107,81	29 mai 2013	90796	113,50	27 juin 2013	85713	107,14
09 février 2013	89261	111,58	30 mai 2013	93007	116,26	02 juillet 2013	80593	100,74
11 février 2013	113169	141,46	31 mai 2013	86091	107,61	03 juillet 2013	86154	107,69
12 février 2013	90044	112,56	01 juin 2013	85128	106,41	04 juillet 2013	85294	106,62
13 février 2013	87093	108,87	02 juin 2013	87582	109,48	05 juillet 2013	89122	111,40
23 février 2013	85 085	106,36	03 juin 2013	87576	109,47	06 juillet 2013	84938	106,17
01 mars 2013	85633	107,04	04 juin 2013	80360	100,45	16 juillet 2013	84834	106,04
10 mars 2013	84357	105,45	05 juin 2013	87133	108,92	20 novembre2013	90978	113,72
20 avril 2013	89498	111,87	06 juin 2013	80056	100,07	28 novembre2013	89813	112,27
26 avril 2013	93612	117,02	07 juin 2013	82854	103,57	29 novembre2013	92402	115,50
05 mai 2013	82133	102,67	08 juin 2013	81491	101,86	30 novembre2013	96209	120,26
15 mai 2013	89074	111,34	09 juin 2013	90202	112,75	01 décembre2013	81046	101,31
22 mai 2013	141730	177,16	11 juin 2013	82033	102,54	02 décembre2013	85206	106,51
23 mai 2013	133422	166,78	12 juin 2013	84334	105,42	03 décembre2013	81285	101,61
24 mai 2013	91440	114,30	13 juin 2013	80149	100,19	Moyenne	89352	111,69
25 mai 2013	93277	116,60	15 juin 2013	80788	100,99			
26 mai 2013	93619	117,02	16 juin 2013	82340	102,93			
27 mai 2013	91369	114,21	19 juin 2013	80287	100,36			
28 mai 2013	101041	126,30	20 juin 2013	89562	111,95			

Tableau N°9 : Déchets récupérés de la filière du prétraitement.

	2012		2013	
	Sables (kg)	Graisses (m ³)	Sables (kg)	Graisses (m ³)
Janvier	20000	3,5	12000	18
Février	0	0	24000	0
Mars	24000	3	4000	13
Avril	8120	0	6000	7
Mai	2060	0,5	13000	12
Juin	16000	0	7000	0
Juillet	4000	25	8000	7
Aout	11500	13	8000	39
Septembre	60500	10	0	0
Octobre	22500	27	8000	24
Novembre	9000	0	4000	24
Décembre	28000	13	8000	0

Tableau N°8 : Caractéristiques de poste de relèvement.

	2012					2013				
	Volume relevé en milliers de m ³	Energie consommée cumulée (MWh)	Durée des coupures en heure	Nombres de coupures	Ratio de la consommation électrique PR en MWh / Mm3	Volume relevé en milliers de m ³	Energie consommée cumulée (MWh)	Durée des coupures en heure	Nombres de coupures	Ratio de la consommation électrique PR en MWh / Mm3
Janvier	10 079	479	64,2	65,0	0,05	7 912	504	41,3	57,0	0,06
Février	12 265	620	208,5	124,0	0,05	8 031	500	93,1	76,0	0,06
Mars	11 760	530	31,2	66,0	0,05	8 313	450	51,5	37,0	0,05
Avril	9 537	492	93,0	94,0	0,05	8 615	512	47,1	22,0	0,06
Mai	8 475	489	74,2	33,0	0,06	8 307	506	31,2	25,0	0,06
Juin	8 446	482	34,1	73,0	0,06	17 941	1 171	33,1	50,0	0,07
Juillet	7 284	457	68,2	66,0	0,06	9 396	586	82,3	45,0	0,06
Aout	8 039	484	129,2	106,0	0,06	9 980	516	37,4	44,0	0,05
Septembre	7 450	453	87,1	69,0	0,06	8 320	513	82,3	63,0	0,06
Octobre	7 435	452	44,1	47,0	0,06	9 264	515	31,0	35,0	0,06
Novembre	8 631	494	64,3	78,0	0,06	9 867	574	65,0	57,0	0,06
Décembre	7 490	429	44,4	26,0	0,06	10 593	643	45,5	58,0	0,06

Tableau N°7 : Ratios caractérisant la consommation électrique au niveau de la STEP.

	Consommation électrique moyenne (KWh / j)	Débit traité (m ³ /j)	Charge de DBO ₅ entrante dans la STEP (kg/j)	Ratio consommation électrique/Débit traité (KWh/m ³)	Ratio consommation électrique/DBO ₅ (KWh/ Kg DBO ₅)
2012					
Janvier	22 547	56883,13	12474	0,40	1,81
Février	24 239	77831,50	9065	0,31	2,67
Mars	24 685	62232,09	8851	0,40	2,79
Avril	19 800	64172,00	6453	0,31	3,07
Mai	20 385	68274,10	11299	0,30	1,80
Juin	21 786	52202,80	10905	0,42	2,00
Juillet	22 776	46779,45	11476	0,49	1,98
Aout	20 121	47640,00	11791	0,42	1,71
Septembre	23 463	51791,97	11524	0,45	2,04
Octobre	23 448	55769,93	11831	0,42	1,98
Novembre	22 854	57662,43	10994	0,40	2,08
Décembre	20 991	43971,87	7838	0,48	2,68
2013					
Janvier	19 226	50421,00	7471	0,38	2,57
Février	19 107	70238,00	7804	0,27	2,45
Mars	18 943	64000,00	10240	0,30	1,85
Avril	17 784	56560,00	10908	0,31	1,63
Mai	15 845	81838,00	11662	0,19	1,36
Juin	16 970	78556,00	13067	0,22	1,30
Juillet	17 889	71100,00	16897	0,25	1,06
Aout	17 042	56266,00	15835	0,30	1,08
Septembre	14 525	47988,00	9598	0,30	1,51
Octobre	15 584	53947,00	13262	0,29	1,18
Novembre	18 298	61429,00	10842	0,30	1,69
Décembre	19 152	60582,00	11662	0,32	1,64

Tableau N°6 : Résultats des ratios pour les paramètres physicochimiques.

	Paramètres (entrée de la STEP) (mg/l)						Ratio					
	MES (mg O2/l)	DBO5 (mg O2/l)	DCO (mg O2/l)	Nt (mg /l)	N-Nh4 (mg /l)	Pt (mg /l)	DCO/DBO ₅	MES/DBO ₅	N-Nh ₄ /NT	DCO/Pt	DCO/NT	
2012												
Janvier	305,57	219,29	453,64	44 ,00	21,12	6,63	2,07	1,39	0,48	68,42	10,31	
Février	236,24	116,47	281,47	34,71	8,16	3,37	2,42	2,03	0,24	83,52	8,11	
Mars	196,10	142,22	307,61	35,49	12,56	3,10	2,16	1,38	0,35	99,23	8,67	
Avril	209,28	100,56	226,11	32,91	12,53	2,80	2,25	2,08	0,38	80,75	6,87	
Mai	169,70	165,50	298,75	35,17	17,79	3,26	1,81	1,03	0,51	91,64	8,49	
Juin	239,50	208,89	451,28	58,66	27,69	4,66	2,16	1,15	0,47	96,84	7,69	
Juillet	241,24	245,33	516,47	50,39	23,94	5,11	2,11	0,98	0,48	101,07	10,25	
Aout	278,81	247,50	517,56	53,52	18,80	5,07	2,09	1,13	0,35	102,08	9,67	
Septembre	227,12	222,50	482,06	44,50	25,63	4,24	2,17	1,02	0,58	113,69	10,83	
Octobre	322,28	212,14	481,11	47,30	23,76	5,74	2,27	1,52	0,50	83,82	10,17	
Novembre	273,61	190,67	404,11	37,54	19,26	3,47	2,12	1,43	0,51	116,46	10,76	
Décembre	270,37	178,24	431,84	45,21	23,57	4,05	2,42	1,52	0,52	106,63	9,55	
2013												
Janvier	361,50	148,18	424,36	47,71	14,61	3,60	2,86	2,44	0,31	117,88	8,89	
Février	229,82	111,11	265,27	32,63	15,67	2,66	2,39	2,07	0,48	99,73	8,13	
Mars	264,75	160,00	341,77	38,60	22,41	3,52	2,14	1,65	0,58	97,09	8,85	
Avril	230,36	192,86	357,91	43,32	25,51	3,77	1,86	1,19	0,59	94,94	8,26	
Mai	170,57	142,50	275,14	52,87	22,61	3,15	1,93	1,20	0,43	87,35	5,20	
Juin	177,64	166,36	341,00	39,09	23,53	4,32	2,05	1,07	0,60	78,94	8,72	
Juillet	259,71	237,65	429,31	44,77	27,34	4,87	1,81	1,09	0,61	88,15	9,59	
Aout	281,73	281,43	507,20	46,79	30,59	4,87	1,80	1,00	0,65	104,15	10,84	
Septembre	258,13	200,00	464,60	41,63	24,68	4,26	2,32	1,29	0,59	109,06	11,16	
Octobre	270,38	245,83	480,31	45,98	28,64	4,91	1,95	1,10	0,62	97,82	10,45	
Novembre	354,08	176,5	437,58	36,40	16,04	3,23	2,48	2,01	0,44	135,47	12,02	
Décembre	191,43	192,50	379,43	36,83	19,45	3,83	1,97	0,99	0,53	99,07	10,30	

Tableau N°5 : Résultats de la filière des boues (suite)

2012	MS (g/l)			MVS (%)			IM (ml/g)			IB (ml/g)		
	BA1	BA2	moyenne	BA1	BA2	moyenne	BA1	BA2	moyenne	BA1	BA2	moyenne
Janvier	7,2	7,1	7,15	44,92	45,9	45,41	143,21	147,43	145,32	----	----	----
Février	5,03	4,78	4,91	29,75	28,75	29,25	117,21	116,94	117,08	----	----	----
Mars	6,23	6,55	6,39	26,25	26,75	26,5	131,67	135,05	133,36	58,30	64,87	61,59
Avril	4,75	5,28	5,02	26	26,75	26,375	46,49	51,82	49,16	52,23	52,50	52,37
Mai	5,35	6,66	6,01	33,25	33,6	33,425	51,01	68,43	59,72	102,38	10,614	104,26
Juin	7,27	7,5	7,39	42,67	42	42,335	132,31	120,12	126,22	80,5	78,21	79,36
Juillet	6,5	7,2	6,85	42,5	43	42,75	150,32	138,63	144,48	105,32	10,322	104,27
Aout	7,68	8,28	7,98	46	47	46,5	120,13	112,50	116,32	78,28	92,67	85,48
Septembre	8,33	10,25	9,29	44,25	44,5	44,375	116,90	94,29	105,60	76,07	76,00	76,04
Octobre	6,02	7,5	6,76	40	41,4	40,7	152,74	140,74	146,74	72,47	74,17	73,32
Novembre	6,17	6,3	6,24	38,33	38,25	38,29	135,75	141,94	138,85	47,43	51,82	49,63
Décembre	5,85	5,15	5,50	33	34,5	33,75	104,09	110,00	107,05	32,48	32,29	32,39
2013												
Janvier	5,56	5,24	5,4	29,80	29,20	29,50	74,29	80,81	77,55	64,69	62,26	63,48
Février	6,2	7,3	6,75	26,00	27,25	26,63	50,60	49,00	49,80	52,78	44,75	48,77
Mars	8,58	9,78	9,18	25,75	25,25	25,50	74,05	76,10	75,08	49,44	48	48,72
Avril	8,42	9,4	8,91	27,40	27,00	27,20	55,81	57,48	56,65	42,28	44,7	43,49
Mai	7,75	8,2	7,98	26,50	26,75	26,63	48,00	54,00	51,00	39,78	39,28	39,53
Juin	9,04	9,94	9,49	30,50	31,50	31,00	71,32	72,80	72,06	43,89	44,95	44,42
Juillet	9,16	8,88	9,02	38,75	39,25	39,00	77,82	75,45	76,64	49,26	50,67	49,97
Aout	8,4	8,6	8,5	41,75	40,00	40,88	67,00	68,76	67,88	47,28	48,65	47,97
Septembre	7,04	6,96	7	42,00	41,67	41,84	74,40	76,85	75,63	44,25	45,39	44,82
Octobre	-	-	-	-	-	-	79,37	80,58	79,98	46,79	49,83	48,31
Novembre	5,2	5,2	5,2	42,00	41,00	41,50	78,60	47,13	62,87	42,73	44,4	43,57
Décembre	6,59	7,01	6,8	35,00	35,00	35,00	61,80	60,00	60,90	43,08	41,64	42,36

Tableaux N° 4: Résultats de la filière des boues

	Q. boue humide (T)	Siccité (%)	Quantité de boue réelle (T MS)	Quantité de boue théorique (T MS)	Quantité polymère consommée kg	Ratio boue réel / boue théorique	Ratio de la consommation polymère/ boue réelle (kg/T MS)
2012							
Janvier	684	35,588	266,416	135	3200	1,97	12,01
Février	792	34,57	313,726	313	2962	1,00	9,44
Mars	708	39,11	345,269	345	2925	1,00	8,47
Avril	840	36,14	451,058	350	3050	1,29	6,76
Mai	1 048	33,69	353,740	330	2300	1,07	6,50
Juin	1 109	31,31	335,909	336	2 775	1,00	8,26
Juillet	1 282, 5	32,36	383,687	350	2 650	1,10	6,91
Aout	1192,5	33,26	293,742	387	1 900	0,76	6,47
Septembre	1389,5	34,52	387,186	373	1 500	1,04	3,87
Octobre	1276	30,68	299,872	459	1 375	0,65	4,59
Novembre	1395	35,93	393,195	395	1 280	1,00	3,26
Décembre	1575	32,06	364,441	416	1 225	0,88	3,36
2013							
Janvier	1263,7	31,35	267,84	332	2700	0,81	10,08
Février	1461,3	34,71	274,077	343	2675	0,80	9,76
Mars	1488	35,74	302,892	326	2925	0,93	9,66
Avril	1115,5	35,40	122,41	354	1550	0,35	12,66
Mai	599,75	34,68	865,31	292	850	2,96	0,98
Juin	1601,49	34,30	332,64	339	2100	0,98	6,31
Juillet	1808,46	32,90	400,116	417	2250	0,96	5,62
Aout	1980	32,86	354,425	365	2250	0,97	6,35
Septembre	1736,210	31,82	282,411	351	2025	0,80	7,17
Octobre	1931,766	31,35	282,031	255	1900	1,11	6,74
Novembre	1863,4	31,75	343,343	430	2275	0,80	6,63
Décembre	1313	31,61	229,482	281	1575	0,82	6,86

Tableau N°3 : Rendements épuratoires concernant les MES, DBO5, DCO

	Charges entrantes (T/J)			Charges sortantes (T/J)			Charges éliminées (T/J)			Rendements épuratoires (%)		
	MES	DBO ₅	DCO	MES	DBO ₅	DCO	MES	DBO ₅	DCO	MES	DBO ₅	DCO
2012												
Janvier	17,382	12,474	25,804	0,402	0,167	1,622	16,980	12,307	24,182	97,69	98,66	93,72
Février	18,387	9,065	21,907	1,655	0,256	2,197	16,732	8,809	19,710	91,00	97,18	89,97
Mars	12,204	8,851	19,143	0,889	0,253	1,703	11,315	8,598	17,440	92,72	97,15	91,11
Avril	13,430	6,453	14,511	0,902	0,207	1,887	12,528	6,246	12,624	93,28	96,80	86,99
Mai	11,586	11,299	20,397	0,724	0,444	2,263	10,862	10,855	18,134	93,75	96,07	88,91
Juin	12,503	10,905	23,558	0,500	0,325	1,715	12,003	10,580	21,843	96,00	97,02	92,72
Juillet	11,285	11,476	24,160	0,734	0,458	2,070	10,551	11,018	22,090	93,50	96,01	91,43
Aout	13,283	11,791	24,657	0,395	0,464	2,281	12,888	11,327	22,376	97,03	96,06	90,75
Septembre	11,763	11,524	24,967	0,350	0,414	2,487	11,413	11,110	22,480	97,02	96,40	90,04
Octobre	17,974	11,831	26,831	1,063	0,562	2,881	16,911	11,269	23,950	94,09	95,25	89,26
Novembre	15,777	10,994	23,302	0,420	0,327	2,141	15,357	10,667	21,161	97,34	97,03	90,81
Décembre	11,889	7,838	18,989	0,362	0,243	1,595	11,527	7,595	17,394	96,96	96,90	91,60
2013												
Janvier	18,227	7,471	21,397	0,602	0,312	1,981	17,625	7,159	19,416	96,70	95,83	90,74
Février	16,142	7,804	18,632	1,148	0,328	2,481	14,994	7,476	16,151	92,89	95,80	86,69
Mars	16,944	10,240	21,873	0,462	0,328	2,135	16,482	9,912	19,738	97,27	96,80	90,24
Avril	13,0291	10,908	20,243	1,046	0,601	2,489	11,983	10,307	17,754	91,97	94,49	87,71
Mai	13,959	11,662	22,517	1,012	0,573	3,194	12,947	11,089	19,323	92,75	95,09	85,81
Juin	13,955	13,067	26,788	0,950	0,515	2,904	13,005	12,552	23,884	93,19	96,06	89,16
Juillet	18,465	16,897	30,524	2,488	1,502	5,346	15,977	15,395	25,178	86,53	91,11	82,49
Aout	15,852	15,835	28,538	1,030	1,039	3,543	14,822	14,796	24,995	93,50	93,44	87,59
Septembre	12,387	9,598	22,295	0,785	0,662	2,497	11,602	8,936	19,798	93,67	93,11	88,80
Octobre	14,586	13,262	25,911	0,563	0,571	2,123	14,023	12,691	23,788	96,14	95,70	91,81
Novembre	21,751	10,842	26,880	0,405	0,445	1,929	21,346	10,397	24,951	98,14	95,89	92,82
Décembre	11,597	11,662	22,987	0,594	0,303	1,844	11,003	11,359	21,143	94,88	97,40	91,98

Tableau N°2 : Les différentes analyses effectuées sur les eaux usées à la sortie de la STEP

	Eau épurée								
	Ph	Conduc- tivité (us/cm)	MES (mg/l)	DBO5 (mg O2/l)	DCO (mg O2/l)	Nt (mg /l)	N-NO3 (mg /l)	N-Nh4 (mg /l)	Pt (mg /l)
2012									
Janvier	7,64	1346,40	7,071	2,93	28,51	24,60	0,42	19,49	1,91
Février	7,39	1170,47	21,26	3,29	28,23	15,79	9,78	1,57	1,37
Mars	7,44	1395,39	14,28	4,06	27,36	17,66	14,24	0,18	0,47
Avril	7,57	1306,61	14,06	3,22	29,41	19,74	13,56	0,17	0,85
Mai	7,57	1450,05	10,60	6,50	33,14	15,34	2,96	10,11	0,25
Juin	7,67	1600,06	9,58	6,22	32,85	23,75	0,87	20,55	0,37
Juillet	7,50	1575,53	15,69	9,80	44,25	25,42	0,25	20,76	0,61
Aout	7,60	1508,06	8,29	9,75	47,89	26,42	0,09	17,22	1,01
Septembre	7,57	1506,29	6,76	8,00	48,02	22,42	0,16	18,74	0,49
Octobre	7,59	1536,50	19,06	10,07	51,66	21,61	0,71	15,59	0,73
Novembre	7,65	1492,83	7,28	5,67	37,13	11,83	5,07	3,22	0,61
Décembre	7,60	1557,63	8,23	5,53	36,27	16,64	7,60	4,05	0,38
2013									
Janvier	7,46	1445,43	11,94	6,18	39,29	18,86	5,75	4,59	0,45
Février	7,29	1471,00	16,35	4,67	35,32	16,59	9,74	2,71	0,29
Mars	7,30	1698,46	7,22	5,12	33,36	11,56	2,26	5,29	0,22
Avril	7,37	1643,43	18,49	10,63	44,00	14,44	2,35	8,31	0,46
Mai	7,38	1713,85	12,37	7,00	39,03	17,28	2,20	11,85	0,54
Juin	7,61	1679,29	12,09	6,55	36,97	20,95	0,54	15,14	1,03
Juillet	7,76	1686,13	34,99	21,13	75,19	29,70	0,20	25,72	1,42
Aout	7,69	1652,19	18,31	18,47	62,96	31,66	0,11	22,99	1,59
Septembre	7,67	1578,00	16,35	13,79	52,03	31,65	0,08	27,77	0,99
Octobre	7,74	1659,31	10,43	10,58	39,36	32,22	0,50	30,29	0,48
Novembre	7,45	1490,92	6,60	7,25	31,41	21,02	0,46	16,01	0,30
Décembre	7,54	1516,12	9,80	5,00	30,43	14,47	1,72	6,71	0,35

Tableau N°1 : Les différentes analyses effectuées sur les eaux usées à l'entrée et de la STEP

	Débit (m ³ /J)		Eau brute								
	entrant	sortant	pH	Conduc- tivité (us/cm)	MES (mg /l)	DBO5 (mg O2/l)	DCO (mg O2/l)	Nt (mg /l)	N-NO3 (mg /l)	N-Nh4 (mg /l)	Pt (mg /l)
2012											
Janvier	56883,13	-	7,60	1435,20	305,57	219,29	453,64	44 ,00	2,64	21,12	6,63
Février	77831,50	-	7,72	1364,94	236,24	116,47	281,47	34,71	5,14	8,16	3,37
Mars	62232,09	-	7,64	1539,89	196,10	142,22	307,61	35,49	3,96	12,56	3,10
Avril	64172,00	-	7,92	1420,56	209,28	100,56	226,11	32,91	4,14	12,53	2,80
Mai	68274,10	-	7,70	1513,90	169,70	165,50	298,75	35,17	1,64	17,79	3,26
Juin	52202,80	-	7,56	1626,39	239,50	208,89	451,28	58,66	0,94	27,69	4,66
Juillet	46779,45	-	7,46	1641,28	241,24	245,33	516,47	50,39	6,79	23,94	5,11
Aout	47640,00	-	7,51	1535,88	278,81	247,50	517,56	53,52	9,12	18,80	5,07
Septembre	51791,97	-	7,51	1574,44	227,12	222,50	482,06	44,50	0,77	25,63	4,24
Octobre	55769,93	-	7,55	1604,61	322,28	212,14	481,11	47,30	1,13	23,76	5,74
Novembre	57662,43	-	7,41	1625,78	273,61	190,67	404,11	37,54	1,43	19,26	3,47
Décembre	43971,87	-	7,26	1833,79	270,37	178,24	431,84	45,21	0,97	23,57	4,05
2013											
Janvier	50421,00	-	7,57	1527,00	361,50	148,18	424,36	47,71	3,31	14,61	3,60
Février	70238,00	-	7,54	1649,91	229,82	111,11	265,27	32,63	3,03	15,67	2,66
Mars	64000,00	-	7,37	1870,36	264,75	160,00	341,77	38,60	1,68	22,41	3,52
Avril	56560,00	-	7,35	1690,27	230,36	192,86	357,91	43,32	0,65	25,51	3,77
Mai	81838,00	-	7,24	1672,07	170,57	142,50	275,14	52,87	0,87	22,61	3,15
Juin	78556,00	-	7,29	1703,64	177,64	166,36	341,00	39,09	0,71	23,53	4,32
Juillet	71100,00	-	7,32	1636,31	259,71	237,65	429,31	44,77	0,43	27,34	4,87
Aout	56266,00	-	7,54	1660,67	281,73	281,43	507,20	46,79	0,63	30,59	4,87
Septembre	47988,00	-	7,58	1558,20	258,13	200,00	464,60	41,63	1,09	24,68	4,26
Octobre	53947,00	-	7,53	1520,62	270,38	245,83	480,31	45,98	0,80	28,64	4,91
Novembre	61429,00	-	7,42	1441,00	354,08	176,5	437,58	36,40	1,70	16,04	3,23
Décembre	60582,00	-	7,27	1729,57	191,43	192,50	379,43	36,83	1,63	19,45	3,83

Tableau 11 : signification des différents rapports de pollution

Ratio	Effluent urbain strict	signification
DCO/DBO ₅	2,2-2,4	Indiquera la mixité et la biodégradabilité de l'effluent
MES/DBO ₅	0,8-1,2	Aura une influence sur le %MVS de l'effluent et la production de boues en excès
DBO ₅ /NTK	4-5	Indiquera la mixité relative de l'effluent et influencera le dimensionnement du réacteur biologique en cas de traitement de l'azote (nitrification)
N-NH ₄ /NTK	0,6-0,8	Indiquera le degré d'ammonification réalisé durant le transfert de l'effluent dans le réseau ainsi que de la présence potentielle d'une situation « septique » (notamment lors de la présence de conduite de refoulement)
DCO/Pt	44-50	Indiquera la mixité relative de l'effluent, les potentialités et la faisabilité d'un traitement biologique du phosphore
MVS/MES	0,65-0,75	Indiquera « l'organicité » de l'effluent ainsi que sa mixité relative, et aura une incidence importante sur : <ul style="list-style-type: none"> -la production de boues biologiques en excès ; -la qualité mécanique des boues activées (définie par son IM ou IB) ; -Le taux de MVS dans le réacteur biologique ; -le dimensionnement du réacteur biologique tant pour le traitement de la pollution carbonée que pour la nitrification et la dénitrification simultanée (dans le même bassin ; - le dimensionnement du clarificateur (indirectement par l'influence sur IM) ; - le dimensionnement de la filière boue (directement par l'influence sur la production de boue et indirectement par l'influence sur IM) ;
DCO/NTK	8,8-12	Indiquera la mixité relative de l'effluent et aura une influence sur la dénitrification et sur l'intérêt d'une zone d'anoxie dissociée du bassin d'aération

ANNEXE N° 04

Les charges massiques et *Les charges massiques et* **volumiques** *volumiques*

Tableau : les différentes valeurs de C_m et C_v obtenues durant les deux dernières années

	Charge en DBO ₅ entrante (kg/j)	MS (g/l)	MVS (%)	Charge massique (kg DBO ₅ /kg MVS.j)	Charge volumique (kg DBO ₅ /m ³ .j)
2012					
Janvier	12474	7,15	45,41	0,16	0,53
Février	9065	4,91	29,25	0,27	0,38
Mars	8851	6,39	26,5	0,22	0,37
Avril	6453	5,02	26,375	0,21	0,27
Mai	11299	6,01	33,425	0,24	0,48
Juin	10905	7,39	42,335	0,15	0,46
Juillet	11476	6,85	42,75	0,17	0,48
Aout	11791	7,98	46,5	0,13	0,50
Septembre	11524	9,29	44,375	0,12	0,49
Octobre	11831	6,76	40,7	0,18	0,50
Novembre	10994	6,24	38,29	0,19	0,46
Décembre	7838	5,50	33,75	0,18	0,33
2013					
Janvier	7471	5,4	29,50	0,20	0,31
Février	7804	6,75	26,63	0,18	0,33
Mars	10240	9,18	25,50	0,18	0,43
Avril	10908	8,91	27,20	0,19	0,46
Mai	11662	7,98	26,63	0,23	0,49
Juin	13067	9,49	31,00	0,19	0,55
Juillet	16897	9,02	39,00	0,20	0,71
Aout	15835	8,5	40,88	0,19	0,67
Septembre	9598	7	41,84	0,14	0,40
Octobre	13262	-	-	-	-
Novembre	10842	5,2	41,50	0,21	0,46
Décembre	11662	6,8	35,00	0,21	0,49

ANNEXE N° 05

Le profil hydraulique

Le profil hydraulique

Profil hydraulique :

Le profil hydraulique consiste à calculer les différents niveaux d'eau le long de la chaîne de traitement, qui nous renseignent sur la position de la ligne de charge.

désignations	Côtes du terrain (m)	Côtes du radier (m)	Plan d'eau (m)	Cotes piézométrique	Distances cumulées
Dégrilleur mécanisé	16,30	16,30	1,8	18,10	0
Déssableur-déshuileur	16,10	13	3,6	16,60	26,42
Décanteur primaire	15,32	12,82	2,6	15,42	120,84
Bassin d'aération	15,20	11,20	4	15,20	184,60
Décanteur secondaire	13,90	11,1	3,8	14,90	321,10
Filtre à sable	16,07	13,07	3,5	16,57	398,01
Bassin de désinfection	13,74	10,74	4	14,74	537,03