

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique  
Université Saad DAHLAB – Blida 1



Faculté de Technologie



Département des Sciences de l'Eau et Environnement

Mémoire de Fin d'études de

**MASTER**

**Filière : Hydraulique**

**Spécialité : Sciences de l'Eau**

**Titre :**

*Caractérisation des eaux usées et étude  
de fonctionnement de la Station d'épuration  
de la ville de Béni-Messous (Alger)*

**Préparé par :**

**TOUMI Housseem eddine**

**Dirigé par : Mr BENSAFIA .D**

**Devant le jury composé de :**

- |                        |                   |              |
|------------------------|-------------------|--------------|
| • M. BOUDJAJA A.       | Prof-USD Blida 1, | Président    |
| • M. MESSAOUD NACER N. | M.CA-USD Blida 1, | Examineur    |
| • Mme. ANSER M.        | M.CA-USD Blida 1, | Examinatrice |
| • M. BENSAFIA D.       | M.AA-USD Blida 1, | Promoteur    |

**Année universitaire : 2014/2015**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# تأجيل

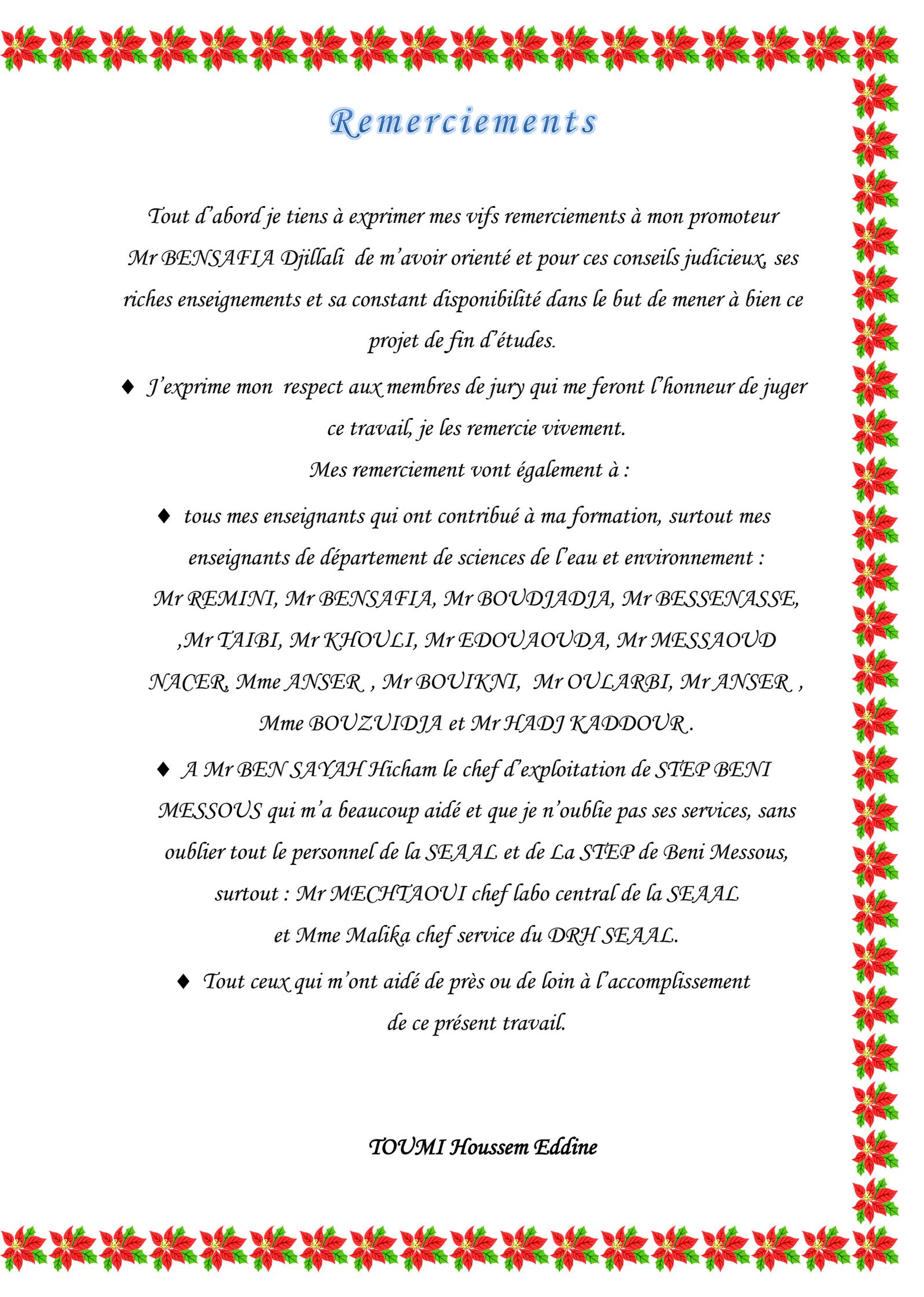
الحمد و الشكر لله على فضله و نعمه

## Dedicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à :

- ◆ *Mes très chers parents ;*
- ◆ *Mon grand frère TAKI Eddine et mes sœurs Kaouthar et Soumia.*
- ◆ *Toute ma famille, surtout mon cousin Ilyes ;*
- ◆ *Tous mes amis de département des SÉE, surtout : Noureddine, Samir, Missoum, Djalal, Karim, Hichem, Ali, Chouaib, Nacima, Lilia, ahlem, et Nawal ;*
- ◆ *Tous mes amis de la cité universitaire, surtout : Karime, Ali, Ayoub, Athmane, laid, Dida , Wassim, Abd Essamad, et Billal.*
- ◆ *Tous mes amis de l'université de Blida, surtout : Abdallah, Abd errezak, Amine , Boualem, Keltoum, Insaf, Imane, Sofiane, Naim, Sofia, Wissam, Mouloud, tarek, Saliha, Amine.*
- Tous mes amis de l'nstitue National de Pêche et d'aquaculture d'Alger, surtout :*
  - ◆ *Fethi et Raouf.*
  - ◆ *Tous mes amis de l'ENSM Bouismail surtout : Idris et Mehdi.*
  - ◆ *Tous mes amis de Golden park, surtout : Hassan, Abd elhadi et Mouna.*
  - ◆ *Tous mes amis de l'assosiation BIAV surtout : ZAREB abd elkarim.*
  - ◆ *Tous mes chers amis de Tebessa surtout, Walid, Saif Eddine et Raouf.*
  - ◆ *Tout ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans ma formation.*

TOUMI Housseem Eddine



## Remerciements

*Tout d'abord je tiens à exprimer mes vifs remerciements à mon promoteur Mr BENSAFIA Djillali de m'avoir orienté et pour ces conseils judicieux, ses riches enseignements et sa constant disponibilité dans le but de mener à bien ce projet de fin d'études.*

◆ *J'exprime mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur de juger ce travail, je les remercie vivement.*

*Mes remerciement vont également à :*

◆ *tous mes enseignants qui ont contribué à ma formation, surtout mes enseignants de département de sciences de l'eau et environnement :*  
*Mr REMINI, Mr BENSAFIA, Mr BOUDJADJA, Mr BESSENASSE,*  
*,Mr TAIBI, Mr KHOULI, Mr EDOUAOUA, Mr MESSAOUD*  
*NACER, Mme ANSER , Mr BOUIKNI, Mr OULARBI, Mr ANSER ,*  
*Mme BOUZUIDJA et Mr HADJ KADDOUR.*

◆ *A Mr BEN SAYAH Hicham le chef d'exploitation de STEP BENI*  
*MESSOUS qui m'a beaucoup aidé et que je n'oublie pas ses services, sans*  
*oublier tout le personnel de la SEAAL et de La STEP de Beni Messous,*  
*surtout : Mr MECHTAOUI chef labo central de la SEAAL*  
*et Mme Malika chef service du DRH SEAAL.*

◆ *Tout ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à l'accomplissement*  
*de ce présent travail.*

**TOUMI Housseem Eddine**

## ملخص :

في هذه المذكرة قمنا بدراسة عمل محطة معالجة المياه المستعملة لمدينة بني مسوس ولاية الجزائر، و تحديد خصائص مياهها، قبل و بعد المعالجة، مع دراسة كل وحدة معالجة على حدى و مقارنتها بالمعايير المطلوبة لمتل هذه المحطة التي تعمل بالحمئة المنشطة بحمولة متوسطة.

قد تبين بان هذه المحطة تعاني من بعض المشاكل، من بينها ترسب الرمل في قنوات النقل عند مدخل المحطة، صعود الحمئة الى السطح في وحدتي الترسب الثانوي و التثخين، نسبة الازوت و الفسفور في المياه المعالجة مرتفعة و تفوق المعايير المعمول بها، كما انها لا تحتوي على وحدة معالجة ثالثية للتطهير من البكتيريا، مما يشكل خطرا على الوسط المستقبل.

من اجل تحسين عمل هذه المحطة و القضاء على مشاكلها، قمنا باقتراح حلول، من بينها انشاء وحدات إضافية و وحدة تطهير و تصميمها، تأكدنا من التصميم المناسب للمحطة و المشكك فيه، كما قمنا بتصميم المحطة لاستيعاب سعة متوسطة تبلغ 50400م<sup>3</sup> في اليوم 500.000 ساكن، لحدود سنة 2035.

كلمات مفتاح: محطة تصفية المياه المستعملة، حمئة منشطة، وصف

## Résumé :

Dans ce mémoire, nous avons étudié le fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Beni Messous dans la wilaya d'Alger, caractérisé ses eaux, avant et après l'épuration, avec l'étude de chaque unité de traitement séparément, nous avons ensuite comparé les résultats obtenues aux normes requises pour un Traitement par boues activées à moyen charge.

Nous avons observé plusieurs anomalies dans le fonctionnement de cette station, parmi ces problèmes, les dépôts de sable dans les canaux de transport à l'entrée de la station, la montée de la boue à la surface de clarificateur et de l'épaississeur, la concentration de l'azote et du phosphore dans l'eau traitée est élevée, aussi cette station ne dispose d'un traitement tertiaire ce qui constitue une menace pour le milieu récepteur.

Afin d'améliorer le fonctionnement de cette station et de surmonter les problèmes, nous avons proposé des solutions, parmi lesquelles, la création des ouvrages annexe et une unité pour la désinfection. Après vérification des dimensionnements de l'ouvrage de la STEP, nous avons un surdimensionnement des dégrilleurs et des dessableur-déshuileur. Il est constaté la raison pour laquelle un nouveau dimensionnement a été opérés pour accueillir une capacité moyenne de 50400 m<sup>3</sup>/j sont 500 000 éq.hab à l'horizon 2035.

**Mots clés :** STEP, boues activées, eaux usées, caractérisation, dimensionnement, DBO<sub>5</sub>, DCO, MES

## Abstract:

In this memory, we studied the operation of the treatment plant wastewater from the Beni Messous city W.Alger, and characterizing their waters, before and after treatment with the study of each processing unit separately and compare with the standards required for treatment by activated sludge medium load.

We find that there are several problems due to the failure of this station, among these problems sand deposits in the transport channels to the input of the station, the rise of the sludge to the clarifier surface and thickener, and the concentration of nitrogen and phosphorus in the treated water is high and exceeds the standards, as it does not contain a tertiary treatment unit for disinfection, which is a threat to the receiving environment.

To improve the operation of the station and eliminate the problems, proposed solutions, among these solutions, the creation of work schedule and a unit for disinfection, as we verified their true dimensions, as we 'have designed the resort to accommodate average capacity of 50,400 m<sup>3</sup>/day 500,000 Eq.Hab, Horizon 2035 .

**Keywords:** STEP, activated sludge's, waste waters, characterization, sizing, BOD<sub>5</sub>, COD,

## Sommaire :

- **Introduction générale** .....1

### **Chapitre I : Caractérisation des eaux usées**

I.1- Introduction	2
I.2-Normes de qualité des eaux usées	2
I.3-Origine des eaux usées	2
I.3.1-Eaux domestiques	2
I.3.2-Eaux industrielles	3
I.3.3-Eaux de ruissèlement	3
I.4-Nature de la pollution	3
I.4.2-Pollution organique	3
I.4.3- Pollution microbiologique	4
I.5-Caractéristiques des eaux usées domestiques et industrielles	4
I.5.1-Critère globaux de pollution	4
I.6- Les principaux paramètres de pollution	5
I.6.1- Paramètres physiques	5
I.6.2-Paramètres chimiques	6
I.7-Biodégradabilité des eaux usées	8
I.8-Paramètres influençant sur la qualité des rejets	9
I.8.1-Types des réseaux	9
I.8.2-Taille de l'agglomération	9
I.9-Normes des eaux de rejet	10
I.10-Impact des eaux usées sur l'environnement	10
I.11-Conclusion	11

### **Chapitre II : Procédés d'épuration des eaux usées**

II.1-Introduction	12
II.2- Prétraitement	12
II.2.1-Dégrillage	12
II.2.2-Dessablage	12
II.2.3-Dégraissage-déshuilage	13
II.3- Traitement primaire	13
II.3.1- Procèdes de décantation physique	13
II.3.2-Procèdes de décantation chimique	14
II.2.3-Procèdes physico-chimiques de l'épuration	14
II.3.4-Procèdes biologiques naturels	14
II.3.5- Procèdes biologiques artificiels	15
II.3.6-Elimination d'azote et du phosphore	18
II.3.7-Traitement des boues	21
II.4- Traitements complémentaires	22
II.4.1-Désinfection	23
II.4.2-Traitement des odeurs	23
II.5-Conclusion	25

## Chapitre III : station d'épuration à boues activées

III.1-Introduction .....	26
III.2- Dynamique des populations dans les stations a boues activées .....	27
III.3-Cinétique des boues activées à mélange complet .....	28
III.4-Technologie des boues activées .....	30

## Chapitre IV : Dysfonctionnement des stations d'épuration

IV.1-Introduction .....	34
IV.2-Rappel sur la biologie des boues activées .....	34
IV.2.1-Liquide interstitiel .....	34
IV.2.2-Microfaune .....	34
IV.3-Problèmes avec bactéries filamenteuses .....	36
IV.3.1-Foisonnement .....	36
IV.3.2-Mousses biologiques .....	37
IV.4-Problèmes sans bactéries .....	38
IV.4.1-Filamenteuses en excès .....	38
IV.4.2- Matières flottantes (instables) .....	40
IV.4.3-Fermentation des boues .....	41
IV.4.4-Niveau anormal du lit de boue .....	42
IV.5-Observations de la filière de traitement et de la boue .....	45
IV.6-Observation microscopique .....	46
IV.7-Indice de boue .....	47
IV.8-MES dans le bassin d'aération .....	48
IV.9-conclusion .....	48

## Chapitre V : présentation générale de la région d'étude

V.1-Introduction .....	49
V.2-Localisation géographique .....	49
V.3-Climatologie de la région .....	50
V.4-Présentation des constructeurs de la STEP .....	51
V.5-Présentation de la SEAAL .....	51
V.6-Sources d'effluents arrivés à la STEP .....	51
V.7-Les activités industrielles dans la région .....	52
V.8-Caractéristique générale de la population .....	52
V.9-Conclusion .....	52

## Chapitre VI : Description de fonctionnement de la STEP

VI.1-Introduction .....	53
VI.2-Base de dimensionnement décrit par le constructeur .....	53
VI.3-description de fonctionnement de la STEP .....	54
VI.4-Déversoir d'orage .....	55
VI.5-Prétraitement .....	55
VI.5.1-Dégrillage grossier .....	55
VI.5.2-Dégrillage fin .....	56
VI.5.3- Déshuilage dessablage .....	57
VI.5.4- Décantation primaire et pompage des boues .....	58

## Sommaire

VI.6-Traitement biologique .....	60
VI.7-Décantation secondaire et pompage des boues activées .....	61
VI.8- Station d'eau épurée .....	63
VI.8-Traitement des boues .....	64
VI.8.1-Epaississement des boues .....	64
VI.8.2-Bassin de stabilisation des boues .....	65
VI.8.3-Déshydratation mécanique des boues .....	66
VI.9-Conclusion .....	66

### **Chapitre VII : caractérisation des eaux usées de la STEP de BENI MESSOUS**

VII.1-Introduction .....	67
VII.2-matériels et méthodes .....	67
VII.2.1-mesure des débits .....	67
VII.2.2-Échantillonnage .....	67
VII.3-Paramètres analysées .....	68
VII.3.1-débit moyen mensuel .....	68
VII.3.2-pH .....	69
VII.3.3-température .....	70
VII.3.4- matières en suspension .....	70
VII.3.5-demande biologique en oxygène DBO <sub>5</sub> .....	71
VII.3.6-demande chimique en oxygène DCO .....	72
VII.3.7-azote total .....	38
VII.3.8-Phosphore totale .....	38
VII.4-Étude des indicateurs de performances (ratios) .....	74
VII.4.1-Ratio DCO/DBO <sub>5</sub> .....	74
VII.4.2-Ratio MES/DBO <sub>5</sub> .....	75
VII.4.3-Ratio DBO <sub>5</sub> /NT .....	76
VII.5-Conclusion .....	76

### **Chapitre VIII : Etude de fonctionnement de la STEP**

VIII.1-Introduction .....	77
VIII.2-Base de dimensionnement .....	77
VIII.3-Déversoir d'orage .....	78
VIII.4-Prétraitements .....	80
VIII.4.1-Dégrillage .....	80
VIII.4.2-Dessableur-dégraisseur .....	83
VIII.5-Décanteur primaire .....	85
VIII.6-Traitement secondaire .....	87
VIII.6.1-Bassin d'aération .....	87
VIII.6.2-décanteur secondaire .....	90
VIII.7-Epaississeur .....	92
VIII.8-Conclusion .....	94

## Chapitre IX : dimensionnement de la STEP horizon 2035

IX.1-Introduction .....	95
IX.2-Donner de base de construction de la deuxième phase .....	95
IX.2.1-Débit d'eau usée .....	95
IX.2.2-Charge polluante .....	95
IX.3-Dimensionnement des ouvrages de la Station d'épuration .....	96
IX.3.1-Prétraitements .....	96
IX.3.1.1-Dégrillage .....	96
IX.3.1.2-Dessableur –déshuileur .....	97
IX.3.1.3-(Traitement primaire) Dimensionnement du décanteur primaire .....	99
IX.3.2-Traitement biologique (précédés a moyen charge) .....	101
IX.3.2.1-bassin d'aération .....	101
IX.3.2.2- clarificateur (décanteur secondaire) .....	104
IX.3.3-Traitement des boues .....	105
IX.3.3.1-Dimensionnement de l'épaississeur .....	105
IX.3.3.2-Dimensionnement du Stabilisateur aérobie .....	107
IX.3.4-Traitement tertiaire (désinfection) .....	109
IX.4-profil hydraulique .....	110
IX.5-Conclusion .....	110

## Chapitre X : recommandation pour l'amélioration du fonctionnement

X.1-Introduction .....	111
X.2-Déversoir d'orage .....	111
X.3-prétraitements .....	111
X.3.1-dégrilleurs grossiers .....	111
X.3.2-Dégraisseur .....	111
X.4-décanteur primaire .....	112
X.4-traitement secondaire et complémentaire .....	112
X.4.1-Bassin d'anoxie .....	112
X.4.2-Dégazage .....	115
X.4.3-déphosphatation .....	116
X.4-Décanteur secondaire et l'épaississeur .....	117
X.6-Traitement tertiaire (désinfection) .....	117
X.7-Conclusion .....	119

- **Conclusion générale** ..... 120
- **Annexe**

## Liste Des Tableaux :

<b>Tableau I.1:</b> Concentrations moyennes d'un effluent urbain.....	9
<b>Tableau I.2 :</b> quantité de pollution exprimée en DBO <sub>5</sub> et en MES en fonction du type de réseau de l'agglomération.....	9
<b>Tableau I.3 :</b> normes de rejets internationales.....	10
<b>Tableau II.1 -</b> Limites de gaz rejetés .....	24
<b>Tableau III.2–</b> Tableau des charges .....	30
<b>Tableau III.3 –</b> Quelques variantes du procédé. ....	31
<b>Tableau III.4 –</b> Composition d'un effluent de station a boues activées.....	31
<b>Tableau IV.1 –</b> Couleur des flottants.....	40
<b>Tableau IV.2 –</b> Valeurs seuil de l'indice de boue .....	47
<b>Tableau V.2 :</b> données climatologique de la région du STEP .....	49
<b>Tableau V.3:</b> les villes raccordé et caractéristiques des collecteurs.....	51
<b>Tableau V.4 :</b> les activités industrielle qui rejets dans le réseau raccordé à la de BENI MESSOUS .....	ANNEX 1
<b>Tableau VI.1 :</b> dotation principale de base de dimensionnement .....	53
<b>Tableau VI.2 :</b> temps de séjour de décanteur primaire.....	58
<b>Tableau VI.3 :</b> temps de séjour de décanteur secondaire.....	62
<b>Tableau VI.4 :</b> vitesse ascensionnelle du décanteur secondaire .....	62
<b>Tableau VIII.1 :</b> Les débits de base de dimensionnement .....	78
<b>Tableau VIII.2 :</b> Les charges massiques de base de dimensionnement .....	78
<b>Tableau VIII.3 :</b> vitesses et perte de charge en fonction des débits nominaux et pour chaque année d'exploitation.....	ANNEX 2
<b>Tableau VIII.4 :</b> vitesses et perte de charge en fonction des débits nominaux et débits de chaque année d'exploitation .....	ANNEX 2
<b>Tableau VIII.5 :</b> différents densité existant entre les différents composés .....	83
<b>Tableau VIII.6 :</b> critères de dimensionnement de Dessableur-dégraisseur .....	83
<b>Tableau VIII.7 :</b> les paramètres de fonctionnement du dessableur-dégraisseur.....	ANNEX 2
<b>Tableau VIII.8 :</b> valeur des paramètres de fonctionnement du décanteur primaire pour débits nominaux et pour chaque année d'exploitation .....	ANNEX 2
<b>Tableau VIII.9 :</b> Tableau : valeur des paramètres de fonctionnement du bassin d'aération.....	ANNEX 2
<b>Tableau VIII.10 :</b> variation des paramètres principale de fonctionnement du décanteur secondaire .....	ANNEX 2
<b>Tableau VIII.11 :</b> la variation des paramètres principaux de l'épaississeur .....	ANNEX 2
<b>Tableau IX.1:</b> Les débits de base de dimensionnement .....	95
<b>Tableau IX.2:</b> Les charges massique de base de dimensionnement .....	95
<b>Tableau IX.3 :</b> récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP.....	ANNEX 2
<b>Tableau IX.4:</b> Tableau récapitulatif des résultats des dimensions.....	ANNEX 2

## Liste Des Figures :

<b>Figure I.1 :</b> Exemple de courbe de DBO pour un effluent urbain .....	7
<b>Figure II.1 :</b> schéma du principe de fonctionnement d'une installation a lit bactérien .....	15
<b>Figure II.2 :</b> Schéma du traitement par le procédé des disques biologiques .....	16
<b>Figure I.3 :</b> Schéma de principe d'une station d'épuration à boues activée .....	17
<b>Figure II.4:</b> Schéma de principe d'une dénitrification par anoxie .....	19
<b>Figure II.5:</b> Principales étapes d'épuration et destinations des boues .....	21
<b>Figure III.1 :</b> schéma de principe d'une installation à boues activée .....	29
<b>Figure III.3 –</b> Age des boues et production de boues .....	32
<b>Figure IV.1 –</b> Observation microscopique : floc, microfaune et liquide interstitiel .....	34
<b>Figure IV.2 –</b> Tests de décantation en éprouvettes : effet de la dilution .....	36
<b>Figure IV.3 –</b> Bactéries filamenteuses .....	37
<b>Figure IV.4 –</b> Tests en éprouvettes – présence de flottants .....	37
<b>Figure IV.5 –</b> Mousse biologique en surface de bassin d'aération .....	37
<b>Figure IV.6 –</b> Mousse blanche de démarrage en surface de bassin d'aération .....	38
<b>Figure IV.7 –</b> Mousse blanche de détergents en surface de bassin d'aération .....	39
<b>Figure IV.8 –</b> Flottants de dénitrification en surface du Clarificateur .....	40
<b>Figure IV.9 –</b> Test en éprouvette – Remontée de boue .....	40
<b>Figure IV.10–</b> Décantation en éprouvette – Remontée de Boue .....	42
<b>Figure IV.12–</b> Flagellés (bactérie) .....	42
<b>Figure IV.12–</b> Goulotte de sortie commune à deux files avec perte de boue à gauche .....	43
<b>Figure IV.13–</b> Voile de boue haut dans le clarificateur .....	43
<b>Figure IV.14 –</b> Test en éprouvettes après 30 mn – eau interstitielle chargée .....	44
<b>Figure IV.15 –</b> Sortie station – rejet « chargé » suite à des pertes de MES du clarificateur .....	45
<b>Figure IV.1 –</b> <i>Microthrix Parvicella</i> – 500 X .....	46
<b>Figure V.1 :</b> carte explicative de la situation géographique de la STEP BENI MESSOUS .....	49
<b>Figure VI.1 :</b> déversoir d'orage .....	55
<b>Figure VI.2 :</b> dégrilleurs grossier .....	56
<b>Figure VI.3 :</b> extraction des refus de dégrilleurs .....	56
<b>Figure VI.4 :</b> dégrilleurs fin .....	57
<b>Figure VI.5 :</b> extraction des refus de dégrilleurs .....	57
<b>Figure VI.6 :</b> vue extérieur d'ouvrage déshuileur dessableur .....	58
<b>Figure VI.7 :</b> dessableur déshuileur .....	58
<b>Figure VI.8 :</b> citerne d'extraction des huiles .....	58
<b>Figure VI.9 :</b> classificateur à sable .....	58
<b>Figure VI.10 :</b> décanteur primaire .....	59
<b>Figure VI.11 :</b> décanteur vide .....	59
<b>Figure VI.13 :</b> ouvrage de répartition .....	59
<b>Figure VI.14 :</b> bassins d'aération .....	61
<b>Figure VI.15 :</b> aérateur de surface .....	61
<b>Figure VI.16 :</b> clarificateur .....	64
<b>Figure VI.17 :</b> ouvrage de répartition .....	64
<b>Figure VI.18 :</b> vis d'Archimède pour l'élévation des boues décanter .....	64
<b>Figure VI.19 :</b> sortie de l'eau décantée de la dernière étape du traitement .....	64
<b>Figure VI.22 :</b> épaisseur à vide .....	65
<b>Figure VI.23 :</b> vue extérieur de l'épaisseur .....	65
<b>Figure VI.24 :</b> bassin de stabilisation .....	66
<b>Figure 25 :</b> filtre à bande .....	66
<b>Figure 26 :</b> lit de séchage des boues .....	66
<b>Figure VII.1 :</b> variation des débits moyens mensuels à partir de mai 2014 à avril 2015 .....	68

<b>Figure VII.2</b> : variation de pH moyen mensuelle .....	69
<b>Figure VII.3</b> : variation de la température moyenne mensuelle .....	70
<b>Figure VII.4</b> : variation des MES moyen mensuelle .....	70
<b>Figure VII.5</b> : variation de la DBO <sub>5</sub> moyen mensuelle .....	71
<b>Figure VII.6</b> : variation de la DBO <sub>5</sub> moyen mensuelle .....	72
<b>Figure VII.7</b> : variation de l'azote total moyen mensuelle.....	73
<b>Figure VII.8</b> : variation du moyen mensuelle phosphore total .....	74
<b>Figure VII.9</b> : variation de ratio DCO/DBO <sub>5</sub> moyen mensuelle .....	74
<b>Figure VII.10</b> : variation de ratio MES/DBO <sub>5</sub> moyen mensuelle .....	75
<b>Figure VII.11</b> : variation du DBO <sub>5</sub> /NT moyen mensuelle .....	76
<b>Figure VIII.1</b> : Problème de diversement d'eau du au dépôt de sable dans les canaux de déversoir .....	79
<b>Figure VIII.2</b> : évolution annuelle de débit entré à la STEP .....	81
<b>Figure VIII.3</b> : vitesse moyenne annuelle du passage de l'eau dans le dégrilleurs grossier.....	81
<b>Figure VIII.4</b> : perte de charge dans le dégrilleurs grossier .....	82
<b>Figure VIII.5</b> : Vitesse moyenne annuelle du passage de l'eau dans le dégrilleurs moyen .....	82
<b>Figure VIII.6</b> : Perte de charge dans le dégrilleurs moyen .....	83
<b>Figure VIII.7</b> : la variation de la vitesse ascensionnelle .....	84
<b>Figure VIII.8</b> : la variation de la vitesse ascensionnelle dans le décanteur primaire .....	86
<b>Figure VIII.9</b> : la variation de temps de séjours dans le décanteur primaire .....	86
<b>Figure VIII.10</b> : la variation des débits d'extraction des boues .....	87
<b>Figure VIII.11</b> : variation mensuelle de la charge massique .....	88
<b>Figure VIII.12</b> : variation mensuelle de la charge volumique .....	89
<b>Figure VIII.13</b> : variation mensuelle de l'Age des boues .....	89
<b>Figure VIII.14</b> : variation de la vitesse ascensionnelle dans décanteur secondaire .....	91
<b>Figure VIII.15</b> : variation du temps de séjours des boues dans décanteur secondaire .....	91
<b>Figure VIII.16</b> : des boues flottantes au niveau de l'épaisseur .....	93
<b>Figure X.1</b> : Schéma de principe d'une zone d'anoxie .....	114
<b>Figure X.2</b> : Schéma de principe d'un dégazeur .....	116

## Liste des abréviations

Cm : Charge Massique

Cv : Charge Volumique

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

DRE : direction des ressources en eau

DXp : Boue Primaire

DXs : Boue Secondaire

EB : Eau Brute.

ED : eau décanté

EE : Eau Épuré.

MD : Matière Décantables

MES : Matière en Suspension.

MM : Matière Minérale

MND : Matière Non Décantables

MO : Matières Oxydables

MS : Matière Sèche.

MVS : Matière Volatile en Suspension.

$\text{NH}_4^+$  : Azote Ammoniacal

$\text{NO}_2^-$  : Azote Nitreux

$\text{NO}_3^-$  : Azote Nitrique

NT: Azote Total.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONM : office national de la météorologie

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

STEP : Station d'Épuration.

$\mu\text{S/cm}$  : micro siemens par centimètre.

# **Introduction générale**

### **Introduction générale :**

Les rejets des eaux usées urbaines et industrielles constituent la source de pollution de 1<sup>er</sup> ordre, Pour cela des pouvoirs publics ont pris conscience et ont lancé un programme de construction de STEP au niveau national, de plus de trois décennies.

Pour la protection de l'environnement, de la ressource hydrique et des barrages, l'Algérie a mis en service des stations d'épuration d'eau dont le nombre atteindra 200 infrastructures en 2016. Il y a 102 stations d'épuration d'eau en exploitation, alors qu'une quarantaine sont en construction pour être exploitées durant cette année 2015.

Les stations d'épuration des eaux usées en Algérie se prolifèrent, afin d'assurer la protection de l'environnement et des ressources en eau, il est bon dans notre pays, mais le très important, c'est le perfectionnement, l'amélioration du fonctionnement et la gestion d'exploitation de ces stations, à partir de la recherche scientifique et la coopération entre les gestionnaires de ces stations et les chercheurs scientifiques, afin d'atteindre un résultat optimal. Et le développement de ce domaine, qui est nouveau dans notre pays, et qui nous dépensons beaucoup d'argent pour lui, sans avantage économique.

Pour cette raison, nous voulons prendre exemple de l'une des stations d'épuration située dans la ville de Beni Messous wilaya d'Alger, et dont il est une station modèle au niveau national. Nous allons utiliser les informations disponibles afin d'étudier le fonctionnement et caractériser l'eau de cette STEP, on a étudié chaque ouvrage séparément, et comparer les résultats avec les normes et les valeurs recommandées.

Notre présent travail est ainsi constitué de deux partie distinctes : une partie recherche bibliographique constitué des chapitres, Caractérisation des eaux usées, procédés d'épuration des eaux usées, station d'épuration a boues activées et dysfonctionnement des stations d'épuration, et d'une partie expérimentale composées des chapitres, présentation générale de la région d'étude, description de fonctionnement de la STEP, Caractérisation des eaux de la STEP, étude de fonctionnement de la STEP, dimensionnement de la STEP horizon 2035, recommandation pour l'amélioration du fonctionnement.

# **Chapitre I :**

## **Caractérisation des eaux usées**

### **I.1- Introduction :**

Il y a une dizaine d'années, les techniques de traitement des eaux relevaient plus de l'art que d'une véritable science. Il n'en est plus ainsi aujourd'hui. On s'attache actuellement à l'élimination de polluants dits secondaires (azote, phosphore et matières organiques réfractaires) et aux possibilités de recyclage des eaux dans l'industrie ou en agriculture.

### **I.2-Normes de qualité des eaux usées :**

Les normes de qualité portent généralement soit sur les caractéristiques de l'eau réceptrice, soit sur celles de l'effluent déchargé. Les normes de qualité des eaux réceptrices sont établies en fonction de critères de dilution tenant compte du seuil toxique du polluant, ou en fonction d'exigences particulières établies pour le milieu récepteur. Quand les normes portent sur l'effluent, elles sont établies sur la base de la concentration en polluant qui peut être déversé ou en fonction du degré de traitement requis. (C.CARDOT ; 1999)

### **I.3-Origine des eaux usées :**

Les eaux usées proviennent de quatre sources principales

- les eaux usées domestiques ;
- les eaux usées industrielles ;
- les eaux de pluie et de ruissellement dans les villes ;
- le ruissellement dans les zones agricoles.

#### **I.3.1-Les eaux domestiques :**

Provenant des habitations, véhiculées par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. Elles se composent de :

- Des eaux vannes d'évacuation des toilettes.
- Des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bain.
- Des eaux usées de lavages.

Les polluants présents dans ces eaux, sont constitués en grande parties par des matières organiques, et de matières minérales. Ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension, et se caractérisent par:

- forte teneur en matière organique.
- sels minéraux (azote, phosphore).
- détergents.

### **I.3.2-Les eaux industrielles :**

Les eaux usées industrielles sont celles qui proviennent des diverses usines de fabrication ou de transformation. Elles peuvent contenir des substances organiques ou minérales corrosives. Les substances sont souvent odorantes, et colorées, et parfois toxiques et peuvent déstabiliser l'équilibre écologique des milieux récepteurs. Les eaux évacuées par les industries sont : les eaux de fabrication, les eaux de lavage des machines et les eaux de refroidissement. La composition des eaux usées dépend de nature de l'industrie : matières organiques et graisses (industries agro-alimentaires), acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques). Hydrocarbures (raffineries), métaux (traitement de surface, métallurgique). (C.CARDOT ; 1999)

### **I.3.3-Les eaux de ruissèlement :**

Ce sont les eaux pluviales ou de ruissellement urbain (lavage des chaussées, des marchés et des rues). Les eaux de service public contiennent des matières solides, graisses et huiles des lavages et des chaussees et même des fertilisant agricoles et pesticides. Ces derniers sont la cause des principales restrictions imposées à la réutilisation des eaux usées.

## **I.4-Nature de la pollution :**

### **I.4.1-Pollution minérale :**

Elle est constituée essentiellement des métaux lourds en provenance des industries métallurgiques, de traitement de minerais (exemple : plomb, cuivre, fer, zinc, mercure).

### **I.4.2-Pollution organique :**

La pollution organique des eaux urbaines se compose principalement de protides, de glucides et de lipides d'origine domestique ou industrielle (agroalimentaire). Il est à noter l'existence d'autres substances organiques utilisées ou fabriquées industriellement, c'est le cas des phénols, des aldéhydes et des composés azotés.

### **I.4.3- Pollution microbiologique :**

Le rejet urbain en général présente des conditions très favorables à la prolifération d'une variété de microorganismes : virus, bactéries, protozoaires, vers et microchampignons.

### **I.5-Caractéristiques des eaux usées domestiques et industrielles :**

L'intérêt croissant porté, dans ses multiples usages, à la qualité de l'eau, a conduit à définir pour les eaux usées, tant domestiques qu'industrielles, un certain nombre de paramètres spécifiques. Il s'agit de :

1. La DBO (demande biochimique en oxygène) qui définit la teneur en matières organiques dégradables ;
2. La DCO (demande chimique en oxygène) qui permet la mesure globale des matières organiques, biodégradables et réfractaires. Le COT (carbone organique total) et la DTO (demande totale en oxygène) mesurent aussi la teneur totale en matière organique ;
3. Les matières en suspension, totales et volatiles ;
4. Le résidu sec ;
5. Le pH, l'alcalinité, l'acidité ;
6. L'azote et le phosphore ;
7. Les métaux lourds et matières minérales.

### **I.5.1-Critère globaux de pollution :**

Pour évaluer et mesurer globalement la pollution des eaux résiduaires, plusieurs méthodes dites « critères globaux de pollution » sont disponibles depuis longtemps, mais toujours très utiles et utilisées. Pour les effluents urbains, si le réseau de collecte est unitaire (eaux usées + eaux pluviales) ou pseudoséparatif (eaux usées + partie des eaux pluviales), il s'agira de distinguer l'évaluation de la pollution par temps sec de celle par temps de pluie. Par temps sec, la pollution est généralement évaluée par la mesure des matières en suspension (MES, MVS, turbidité), de la pollution organique carbonée (DCO, DBO<sub>5</sub>, COT), des différentes formes d'azote (NK, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et des principales formes de phosphore (PT, orthophosphates, polyphosphates). (C.CARDOT ; 1999)

## **I.6-Principaux paramètres de pollution :**

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes. (J.RODIER ; 2009) On distingue les paramètres suivants:

### **I.6.1-Paramètres physiques :**

**I.6.1.1-Température :** La température est un paramètre dont le contrôle est indispensable surtout en présence d'effluents industriels. Ce paramètre peut influencer sur la solubilité des sels, la concentration de l'oxygène dissout et sur l'activité microbienne (la dissolution de l'oxygène étant inversement proportionnelle à la température) et peut donc avoir des actions néfastes sur la faune.

**I.6.1.2-pH :** Le potentiel d'hydrogène pH caractérise le degré d'acidité ou de basicité d'un milieu, il joue un rôle capital dans le traitement biologique, de préférence il doit être compris entre 6 et 8 pour une bonne performance du traitement.

**I.6.1.3-Conductivité :** Elle indique l'aptitude d'une eau à conduire le courant électrique. Celle-ci dépend de la teneur en sels dissous dans l'eau. Si les sels dissous augmentent, la conductivité augmente. Des variations de cette dernière peuvent influencer le traitement biologique et la décantation.

**I.6.1.4- Matières en suspension (MES et MVS) :** La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation. La méthode par centrifugation est surtout réservée aux eaux contenant trop de matières colloïdales pour être filtrées dans de bonnes conditions, en particulier si le temps de filtration est supérieur à une heure.

Un traitement à 525 °C permet d'obtenir par différence la teneur en matières organiques en suspension, appelées encore matières volatiles en suspension (MVS).

**I.6.1.5- Turbidité :** La turbidité des effluents résiduaux et des eaux polluées est en général très élevée. La mesure est effectuée au moyen d'un spectrophotomètre à 720 nm, car à cette longueur d'onde l'influence de la couleur est négligeable. Pour éviter l'interférence due à la présence de grosses particules décantables, il convient de les éliminer au préalable par décantation.

**I.6.1.6- Matières décantables :** Toute particule en suspension peut être théoriquement sédimentée (ou décantée), mais à une vitesse qui dépend principalement de la taille et de la densité de la particule, ainsi que de la température de l'eau.

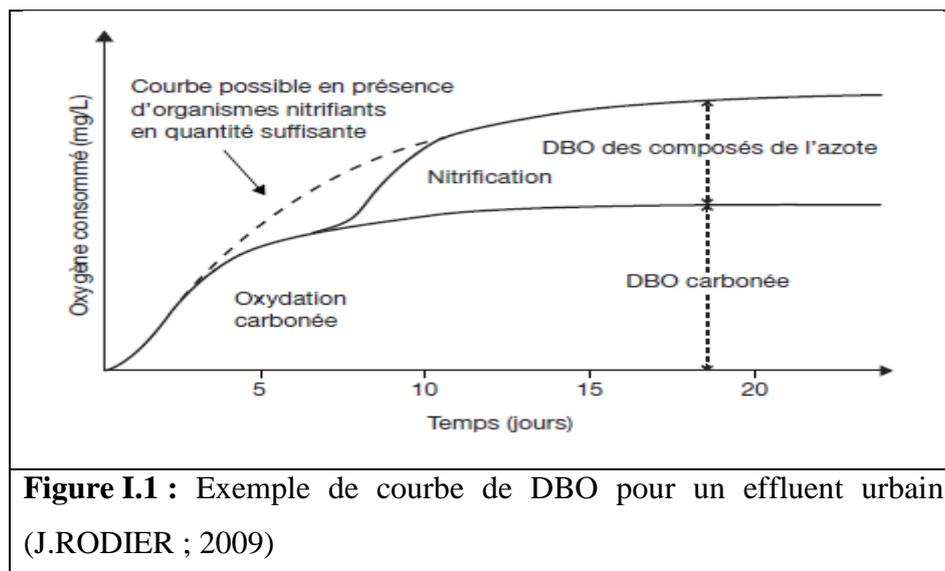
**I.6.1.7- Matières totales ou matières sèches (MS) :** Ce sont les matières déterminées par évaporation de l'eau brute tamisée. Elles peuvent aussi être calculées en faisant la somme des matières en suspension et des matières en solution.

## I.6.2-Paramètres chimiques :

**I.6.2.1- Demande biochimique en oxygène (DBO) :** Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation (avec l'intervention des bactéries) les matières organiques contenues dans une eau usée.

Matière organique + bactéries + oxygène  $\rightarrow$  Boues + gaz + eau

Généralement la pollution est dégradée d'une manière significative pendant une durée de 5 jours, au-delà de 5 jours la consommation en oxygène diminue énormément ainsi on a adopté la notion DBO<sub>5</sub> obtenue après 5 jours d'incubation à 20 °C et dans l'obscurité.(fig.I.1)



**I.6.2.2- Demande chimique en oxygène (DCO) :** Elle représente la quantité d'oxygène consommée par oxydation chimique de la totalité des matières organiques et minérales dissoutes dans l'eau. Le bichromate de potassium agissant en milieu sulfurique pendant deux heures à ébullition, oxyde presque entièrement les matières réductrices.

Ce test est particulièrement utile pour l'appréciation du fonctionnement des stations de traitement. La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation, etc.

**I.6.2.3- Matières oxydables :** Le terme « matières oxydables » (MO) correspond à une moyenne pondérée des 2 paramètres globaux DCO et DBO<sub>5</sub> :  $MO = (DCO + 2 DBO_5)/3$

**I.6.2.4- Carbone organique total (COT) :** La détermination du carbone organique par oxydation thermique catalysée ou par photooxydation porte sur l'ensemble des composés organiques (naturels ou de synthèse) présents dans les eaux résiduaires. Suivant que l'eau a été préalablement filtrée ou non, on obtiendra le carbone organique dissous (COD) ou le carbone organiques total (COT). Cette mesure peut permettre de faciliter l'estimation de la demande en oxygène liée aux rejets et d'établir éventuellement une corrélation avec le DBO et la DCO.

**I.6.2.5- L'Azote :** Pour évaluer l'azote dans les eaux résiduaires et pour suivre son évolution dans les réseaux et lors de l'épuration, il est indispensable de doser ses différentes formes minérales ou inorganiques :

- azote ammoniacal ou  $N-NH_4^+$ , - azote nitreux ou  $N-NO_2^-$ ,
- azote nitrique ou  $N-NO_3^-$ , et organique ou Norg.
- L'azote global (ou total) est alors défini par :

$$NGL = N_{total} = N_{organique} + N_{minéral} = N_{organique} + N-NH_4^+ + N-NO_2^- + N-NO_3^-$$

**I.6.2.6- Phosphore :** Dans les eaux résiduaires, le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (orthophosphates, polyphosphates) mais aussi sous forme de composés organiques. Ils pourront donc être dosés sur l'échantillon total et sur la phase soluble après séparation du phosphore insoluble par filtration sur membrane 0,45 µm.

**I.6.2.7- Eléments toxiques :** La présence des métaux lourds (plomb, mercure...etc) et des substances toxiques (hydrocarbures, phénols, .....), ils sont évalués par les tests biologiques.

**I.6.2.8- Microorganismes :** Les eaux résiduaires urbaines contiennent de nombreux germes (champignons, amibes, protozoaires, bactéries, virus) dont certains sont pathogènes. La présence de coliformes et de streptocoques témoigne d'une contamination fécale de ces eaux qu'il est impératif de les épurer pour préserver le milieu naturel. (J.RODIER ; 2009)

## **I.7-Biodégradabilité des eaux usées :**

La DCO et la DBO évaluent l'aptitude d'une eau usée à se biodégrader, ils présentent un intérêt primordial pour l'épuration des eaux résiduaires. C'est le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> qui va conditionner le choix du procédé de traitement (traitement de type biologique ou physicochimique).

Dans le cas d'une eau résiduaire urbaine qui contient une majorité de composés organiques biodégradables, on considère que la DBO ultime représente environ 80 à 90 % de la DCO et le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est généralement compris entre 1,5 et 2,5.

Pour les effluents industriels, qui peuvent contenir une fraction notable de composés non biodégradables, on pourra considérer selon le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> que l'aptitude à la biodégradation est plus ou moins favorable à un traitement biologique, les règles suivantes étant généralement retenues :

- DCO/DBO<sub>5</sub> < 3 effluent facilement biodégradable.
- 3 < DCO/DBO<sub>5</sub> < 5 effluent moyennement biodégradable.
- DCO/DBO<sub>5</sub> > 5 effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable.

Cet indice de biodégradabilité (DCO/DBO<sub>5</sub>) s'avère également très utile pour le suivi de l'efficacité de traitements biologiques, le rapport augmentant d'autant plus que le traitement biologique est plus poussé.

Le tableau I-1 nous donne une idée générale sur les concentrations moyennes d'un effluent urbain. Sachant que le débit varie de 150 l/hab/j en milieu rural à 350 l/hab/j en milieu urbanisé.

Paramètres de pollutions	Concentration moyenne (mg/l)	Quantité journalière moyenne par habitant (g/hab.j)
MES	100-400	90
DBO <sub>5</sub>	150-500	60
DCO	300-1000	120
NTK	30-100	15
Phosphore	10-25	4

**Tableau I.1:** Concentrations moyennes d'un effluent urbain (C.CARDOT ; 1999)

## I.8-Paramètres influençant sur la qualité des rejets :

### I.8.1-Types des réseaux :

Il existe trois (03) principaux systèmes d'évacuation :

- Système unitaire, qui collecte l'ensemble des eaux usées et des eaux pluviales.
- Système séparatif, qui collecte séparément les eaux usées et les eaux pluviales dans des canalisations différentes.

- Système pseudo-séparatif, ce système repose sur la collecte des eaux de toiture et d'espaces privés, dans la même conduite.

Type de réseau	DBO <sub>5</sub> (g/hab.jour)	MES (g/hab.jour)
Système unitaire	54	70
Système séparatif	74	90
Système pseudo-séparatif	64	80

**Tableau I.2 :** Quantité de pollution exprimée en DBO<sub>5</sub> et en MES en fonction du type de réseau de l'agglomération (S. HOULI ; 2007)

### I.8.2-Taille de l'agglomération :

Le volume d'eau usée rejetée par habitant et par jour varie avec la taille de l'agglomération et dans certain cas selon le niveau de développement (habitude de vie des citoyens), la tarification de l'eau potable et le type d'urbanisation (concentré ou éparpillé).

### I.9-Les normes des eaux de rejet :

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

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

**Tableau I.3 :** normes de rejets internationales. (S. HOULI ; 2007)

**I.10-Impact des eaux usées sur l'environnement :**

Les eaux usées, si elles étaient rejetées dans le milieu sans traitement, peuvent avoir des effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine. Ce risque dépend fortement de la composition des eaux usées :

- les matières en suspension provoque la mort des poissons par asphyxie et empêche la pénétration de la lumière dans les eaux,
- les matières oxydables consomment l'oxygène dissous et entraînent l'asphyxie des êtres vivants,
- les substances à effet toxique dans les rejets inhibe le développement de certains organismes aquatiques ou provoque leur mortalité,
- les composés azotés et phosphorés peuvent provoquer un développement exagéré de végétaux dans les eaux de surface (eutrophisation). (C.DAGOT et J.LAURENT ; 2014)

**I.11-Conclusion :**

la caractérisation des eaux usées dépend de différents paramètres, qui nous permet de classées ces eau à partir de leur nature, origines, des paramètres physique, chimique et biologique, et nous permettent de classer ces eaux selon leur nature, leur origine et les paramètres physico-chimique et biologique, ces paramètres nous permettons de faire le suivre de la filaire ou de procédé d'épuration, qui nous donnera, de meilleurs rendements épuratoires, en vue du respect du normes de rejets, c'est le butes de chapitre II suivante.

## **Chapitre II :**

### **Procédés d'épuration des eaux usées**

## **II.1-Introduction :**

L'objectif principal du traitement est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement. Les eaux usées sont constituées d'eau à 99%, le reste étant composé de matières de vidange, de déchets organiques et de détergents. Dans de nombreuses communautés, les eaux usées sont collectées grâce à un réseau souterrain de canalisations relié à une usine d'épuration.

Dans ce chapitre, nous allons chercher des différents types et méthodes d'épuration des eaux usées et essayer d'entourer sur tous les aspects de base théorique et pratique à partir de des informations et des recherches précédente dans ce domaine et qui pourrait nous bénéficier dans notre recherche.

## **II.2-Prétraitement**

Le prétraitement a pour objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Comprend le dégrillage pour retenir les déchets volumineux, le dessablage pour obtenir une meilleure décantation, le dégraissage et le déshuilage pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras.

### **II.2.1-Dégrillage :**

À l'entrée de la station d'épuration, les effluents bruts doivent subir un dégrillage (parfois un tamisage). Ainsi, les matières volumineuses (flottants, etc.) sont retenues au travers de grilles. Les dégrilleurs assurant la protection des équipements électromécanique et réduisant les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration. Généralement les vitesses moyennes de passage admises sont de l'ordre de 0,6 m/s à 1,40 m/s au débit de point (SATIN et al ; 1999).

### **II.2.2-Dessablage :**

Le sable et les matériaux lourds dont la sédimentation relève du cas des particules grenues, doivent être rapidement éliminés dans la chaîne d'épuration en vue d'éviter l'abrasion des corps des pompes et des équipements mécaniques, le colmatage des tuyauteries, et leur accumulation dans les réservoirs à boues et les digesteurs. Le dessablage concerne les particules minérales de granulométrie supérieure à 100  $\mu\text{m}$ .

### **II.2.3-Dégraissage-déshuilage :**

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent en une séparation de l'effluent brut, les huiles et les graisses étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau. Les graisses et les huiles sont issues non seulement des habitations, mais aussi des restaurants, des garages, des chaussées, des usines, des abattoirs, etc.

Les graisses et les huiles perturbent les traitements biologiques en limitant la diffusion de l'oxygène dans l'eau et en gênant la décantation des boues. Par leurs propriétés chimiques, elles peuvent également être source d'odeurs nauséabondes et de colmatage des canalisations. Elles diminuent aussi les performances de la déshydratation des boues. Enfin, les substances lipidiques favorisent le développement des bactéries filamenteuses, sources de graves perturbations sur les stations (CANLER, 2001 ; SEBASTIEN, 2006).

L'élimination des huiles et des graisses s'effectue par écumage manuel ou mécanisé. Elles sont récupérées dans un dégraisseur, ouvrage dans lequel, par diffusion de fines bulles d'air, les huiles et les graisses remontent à la surface où elles sont raclées. Les graisses peuvent soit être traitées sur la station soit être évacuées en C E T (centre d'enfouissement technique) (SEBASTIEN, 2006).

### **II.3-Traitement primaire :**

Le traitement primaire consiste en une étape de décantation. Cette phase permet d'éliminer une fraction des matières en suspension, jusqu'à 60 %, et de la matière organique, de l'ordre du tiers de la DBO5 entrante (DEGREMONT, 1989). Cette pollution constitue alors les boues primaires, fortement organiques et fermentescibles qui sont envoyées vers la chaîne d'épuration des boues (SEBASTIEN, 2006). Les procédés d'épuration primaire sont physiques, comme la décantation ou physico-chimique.

#### **II.3.1-Procèdes de décantation physique :**

La base de ces procédés de séparation solide-liquide est la pesanteur. La sédimentation a pour but d'éliminer les matières en suspension de la fraction liquide. Une sédimentation efficace est susceptible de retenir une fraction importante des matières sédimentables organiques. La charge du traitement biologique ultérieur peut être ainsi allégée. Les matières minérales grenues et les matières floculeuses en suspension chutent au fond du bassin ou demeurent en suspension dans les eaux.

### **II.3.2-Procédés de décantation chimique :**

Les procédés physico-chimiques de décantation consistent à alourdir les particules en suspension. Ils font appel aux techniques de coagulation ou de floculation clarification brutes. Les processus de coagulation et floculation sont employés pour séparer les solides en suspension de l'eau, lorsque la vitesse de décantation naturelle est trop lente pour obtenir une clarification efficace.

En effet, l'efficacité d'un décanteur peut être nettement améliorée par la floculation mécanique (système d'agitation) et par l'addition des produits chimiques. La turbidité et la coloration de l'eau sont dues à la présence des particules colloïdales de taille trop faible pour sédimenter. La première phase de ce traitement consiste donc à faire croître ces particules pour les amener à un niveau de taille où elles pourront facilement être séparées par décantation ou filtration. Cette phase de croissance est appelée la coagulation- floculation (SATAIN et al 1999).

### **II.2.3-Procédés physico-chimiques de l'épuration :**

L'épuration chimique, coûteuse et difficile à réaliser, s'applique plutôt aux eaux résiduaires industrielles ou aux eaux usées contenant en proportion notable des résidus d'usines susceptibles d'entraver le développement des processus biologiques. La mise en œuvre des procédés physico-chimiques à l'épuration des eaux urbaines trouve une adaptation satisfaisante aux effluents domestiques avec variation de charges polluantes de toute nature contenant, en particulier, des éléments inhibiteurs ou toxiques.

Les rendements épuratoires sont excellents, car l'élimination des MES se situe entre 80 et 95 %, celle des matières organiques entre 65 et 75 % et, enfin, celle des phosphates à 90 % (SATAIN et al, 1999) ;

### **II.3.4-Procédés biologiques naturels :**

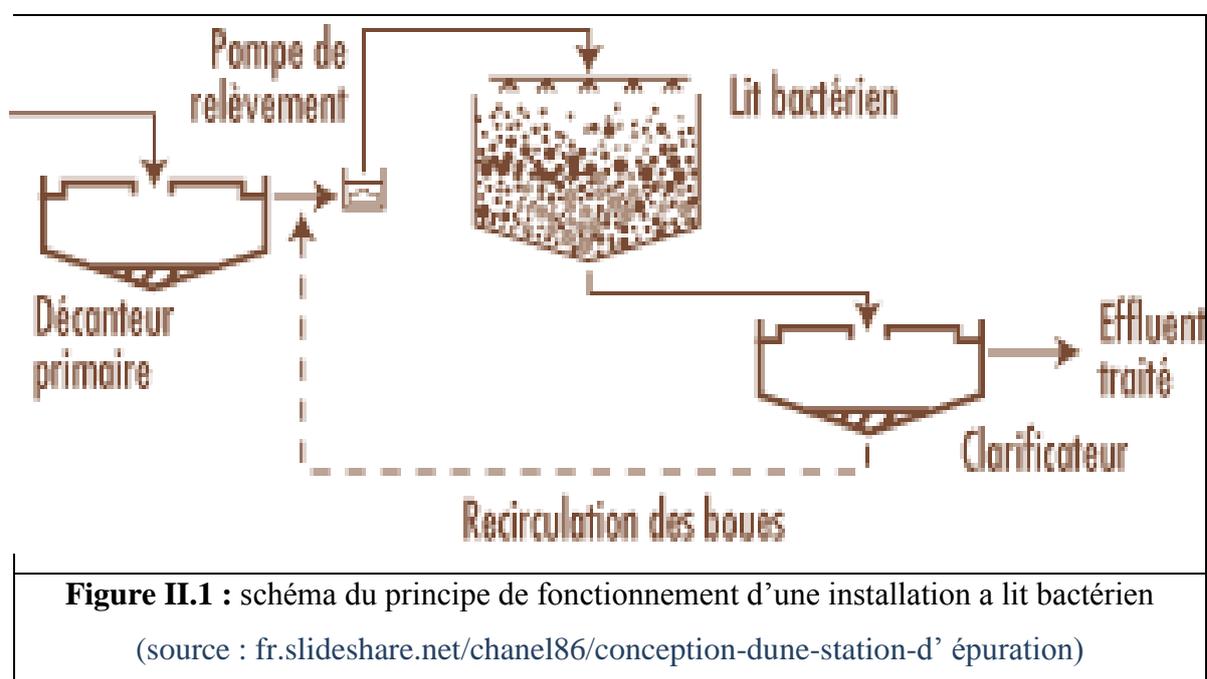
Les procédés biologiques naturels réalisent l'épuration par le sol, ou, grâce à l'énergie solaire, les matières organiques polluantes sont dégradées. En pratique, ils se présentent sous trois aspects et peuvent servir d'épuration complémentaire des effluents d'une station d'épuration biologique artificielle, afin de parfaire l'élimination de substances indésirables, comme l'azote et le phosphore. Ils comprennent l'épandage sur le sol, le bassin de lagunage et la filtration par le sol (CHRISTOPHE et JULIEN, 2014 ; SATAIN et al, 1999)

### II.3.5- Procèdes biologiques artificiels

Les procédés biologiques artificiels comprennent des dispositifs qui permettent de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques, tels qu'ils se produisent en milieu naturel. On utilise trois grands types de procédés : traitement par boues activées, les lits bactériens, la biofiltration, les disques biologiques tournants (CHRISTOPHE et JULIE, 2014).

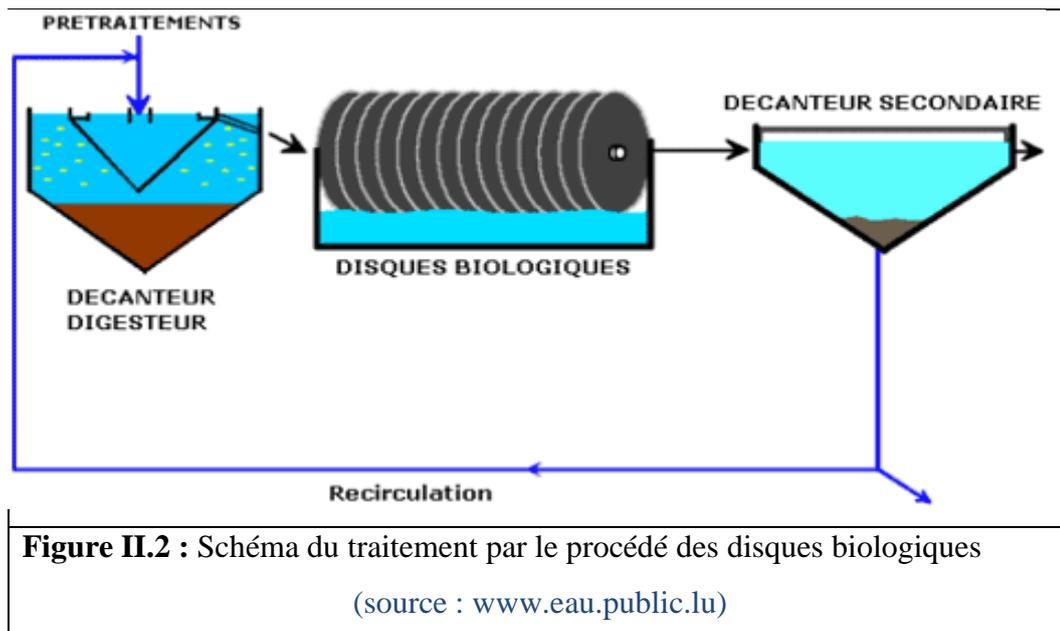
#### II.3.5.1-Lits bactériens :

L'écosystème bactérien épurateur est fixé et se développe sur des supports naturels (pouzzolane, laves, granit) ou synthétiques, grâce à l'arrosage par l'effluent de ce garnissage. L'aération se fait par tirage naturel, le milieu étant insaturé. Ces procédés fonctionnent soit en forte charge (0,4 à 1  $\text{kg/m}^3 \cdot \text{j}$  jusqu'à 10 en très forte charge), nécessitant alors la mise en place d'une recirculation pour aboutir aux normes d'épuration et une vitesse d'auto-curage (contrôle l'épaisseur du bio-film), ou en faible charge (0,08 à 0,4  $\text{kg/m}^3 \cdot \text{j}$ ) sans recirculation des eaux ou des boues (CHRISTOPHE et JULIEN, 2014).



### II.3.5.2-Bio-disques :

Les supports sont des disques rotatifs en polystyrène d'environ 2 m de diamètre et 2 cm d'épaisseur, à moitié immergés dans l'effluent. Les bactéries se développent en biofilm, dont l'épaisseur est fixée par les forces de cisaillement liées à la rotation des disques sur le support. L'aération est due au passage dans l'air des disques tandis que l'effluent à dégrader ruisselle sur les bio-films. (CHRISTOPHE et JULIEN, 2014)



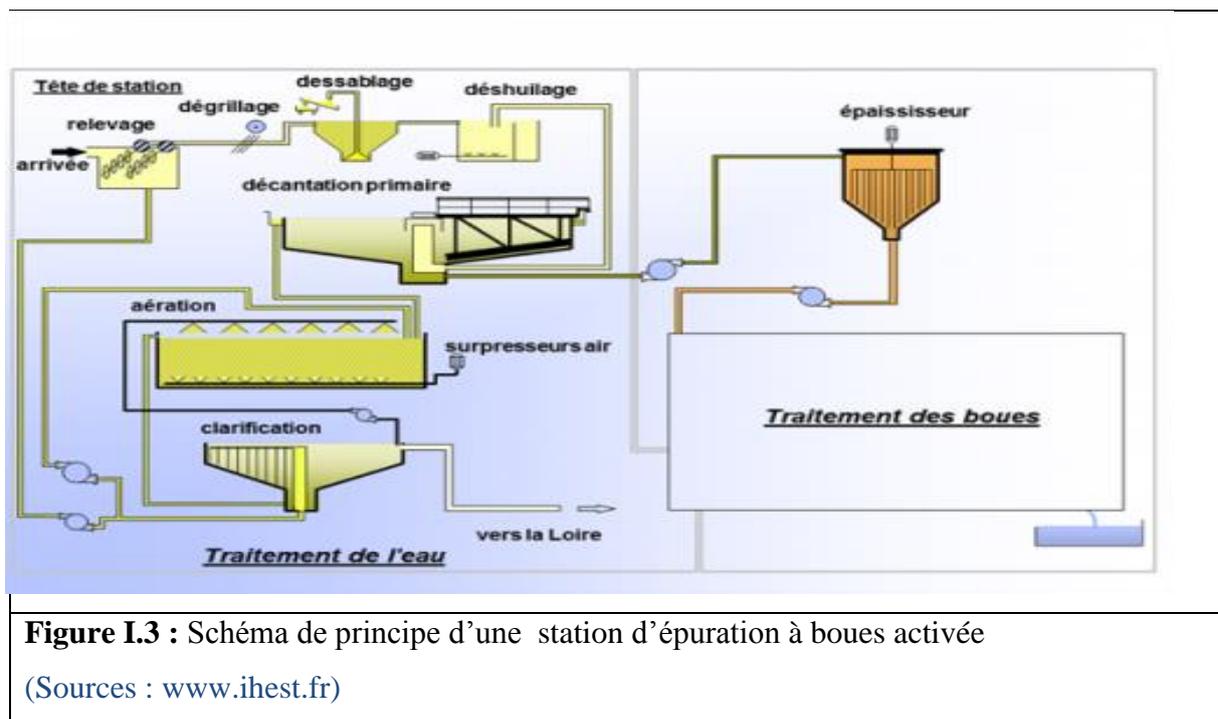
**Figure II.2** : Schéma du traitement par le procédé des disques biologiques

(source : [www.eau.public.lu](http://www.eau.public.lu))

### II.3.5.3- Boue Activée :

Le traitement biologique aérobie de la pollution par un écosystème bactérien floccule en suspension (liqueur mixte) dans un bassin aéré et agité. La liqueur mixte est séparée au sein d'un clarificateur, rejetant l'eau épurée et les boues concentrées. Un recyclage et une extraction de boue au niveau du clarificateur permettent le maintien d'une concentration constante de biomasse active dans le bassin de boue activée et de contrôler la croissance bactérienne et la production nette de boue.

La limitation en charge organique favorise la structuration de la biomasse sous forme de floccs décantables. Plusieurs régimes de charge, fonction du rapport entre la quantité journalière de  $DBO_5$  à traiter et la quantité de MVS présente peuvent être appliqués selon différents critères : efficacité de la station, volume de Bassin d'aération, nitrification (CHRISTOPHE et JULIEN, 2014).



#### II.3.5.4-Réacteur à membrane :

Ce type de système est un réacteur à boue activée dans lequel la séparation liquide-solide est assurée par une membrane de filtration (ultrafiltration ou microfiltration). La concentration en biomasse épuratrice peut alors être très importante et l'âge des boues supérieur à 30 jours avec une forte productivité (CHRISTOPHE et JULIEN, 2014).

#### II.3.5.5-Bio-filtres :

L'effluent traverse, de manière ascendante ou descendante un média filtrant (technologiquement optimisé) au sein duquel s'effectuent les opérations d'oxydation et de filtration. L'aération se fait par insufflation d'air. Les biofiltres nécessitent des opérations de lavage à l'air et à l'eau afin de séparer les particules emprisonnées dans le massif et l'eau épurée.

Ces installations se positionnent généralement en aval d'un prétraitement physico-chimique de coagulation, floculation, décantation et peuvent traiter selon leur exploitation les matières carbonées ou azotées (CHRISTOPHE et JULIEN, 2014).

### II.3.6-Elimination d'azote et du phosphore :

#### II.3.6.1-Elimination de la pollution azotée :

Dans les eaux usées urbaines, l'azote se présente essentiellement sous la forme d'azote organique  $N_{org}$  (urines, protéines) et d'azote ammoniacal  $NH_4^+$ . Il est rejeté 13 à 15 g d'azote par habitant et par jour dont les 2/3 sous la forme ammoniacale et 1/3 sous forme organique (urée).

L'élimination de l'azote est insuffisante après les traitements préliminaires - primaires et secondaires, d'où la nécessité d'envisager un traitement tertiaire.

Il faut noter que les mauvaises conditions de conception et d'exploitation restituent des eaux traitées contenant souvent entre 20 et 50 mg de  $NH_4^+$ , ce qui correspond à une charge de 5 à 7 g de N/hab.jour,

##### II.3.6.1.1-Ammonification :

L'ammonification est la première étape de la transformation de l'azote organique en azote ammoniacal réalisée par des bactéries, autant en milieu anoxique qu'aérobie, suivant la réaction :



##### II.3.6.1.2-Nitrification – Dénitrification

###### ○ Nitrification

Le principe de la nitrification consiste en l'oxydation, par des bactéries autotrophes aérobies, de l'azote ammoniacal en azote nitrique (nitrates). Les espèces, dites nitrifiantes, sont des bactéries autotrophes qui tirent leur énergie de l'oxydation de l'ammoniaque et qui utilisent les sources de carbone minéral ( $CO_2$ ) pour synthétiser la matière vivante. Les bactéries responsables de la nitrification sont les Nitrosomonas et les Nitrobacter. La nitrification s'effectue en deux étapes :

- la nitrattation, oxydation des ions ammonium en nitrites, selon la réaction simplifiée suivante:



Cette réaction est due principalement aux bactéries de genre Nitrosomonas ;

- la nitrattation, oxydation des nitrites en nitrates, selon la réaction simplifiée suivante :



Cette réaction est due principalement aux bactéries de genre Nitrobacter.

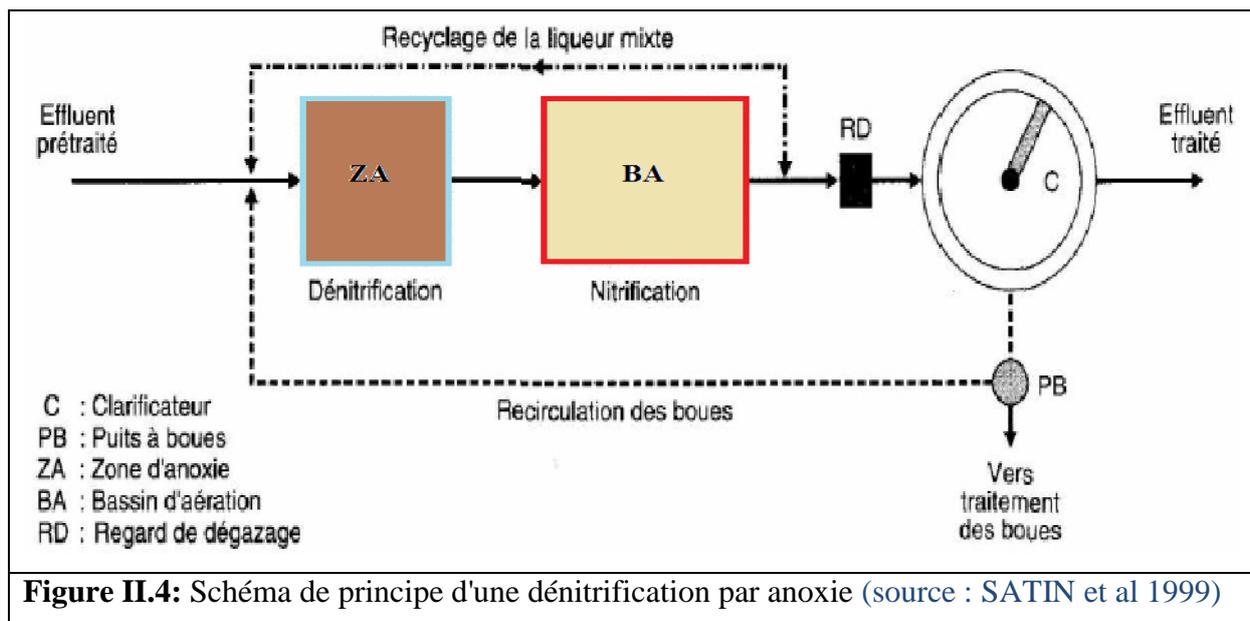
○ **Dénitrification :**

Les espèces dénitrifiâtes ont la propriété d'utiliser, en cas de carence du milieu en oxygène, l'oxygène de certains composés chimiques, notamment des nitrates. Les nitrates sont alors réduits en azote gazeux. Une proportion non négligeable (environ 50 %) des espèces présentes dans une boue activée classique est susceptible de réagir selon le processus de dénitrification. Donc, le principe de la dénitrification, conduisant à l'élimination totale de l'azote, est une réduction des nitrites et nitrates en azote gazeux qui se dégage dans l'atmosphère, selon la réaction suivante :



Les nitrates jouent le rôle d'accepteur final d'électrons à la place de l'oxygène. Cela reste donc un métabolisme aérobie malgré la stricte absence d'oxygène dissous. Ainsi, la dénitrification hétérotrophe nécessite, pour se réaliser, la présence de pollution carbonée qui peut être puisée directement dans l'eau brute ou ajoutée (éthanol, méthanol, etc.).

Pour obtenir une dénitrification, il faut être dans des conditions anoxiques. Elles peuvent être obtenues, soit dans un bassin séparé et privé d'oxygène. Soit à l'intérieur du floc bactérien. En effet, il existe un gradient de concentration en oxygène dissous à l'intérieur du floc : la dénitrification se ferait au centre tandis que l'extérieur resterait en milieu aérobie. La température et le pH ne sont pas des éléments limitant pour la réaction de dénitrification (SATIN et al 1999).



**Figure II.4:** Schéma de principe d'une dénitrification par anoxie (source : SATIN et al 1999)

### II.3.6.2-Elimination de la pollution carbonée

Généralement le taux d'épuration exigé pour le rejet des effluents dans le milieu naturel n'est pas atteint par une simple épuration préliminaire et primaire. Les traitements secondaires, conçus à l'origine essentiellement pour l'élimination de la pollution carbonée et des matières en suspension, ont pour objet de poursuivre l'épuration de l'effluent provenant du décanteur primaire ou issu d'un prétraitement. Il s'agit de transformer, par voie biologique le plus souvent, ces eaux décantées en amont, dans des limites permettant d'assurer l'imputrescibilité de l'effluent grâce à la stabilisation des matières organiques. A ce stade de stabilisation définitive, on évacue tous les déchets, les boues et les gaz.

Les procédés les plus couramment utilisés aujourd'hui mettent en œuvre des installations biologiques, tant pour l'épuration des eaux usées urbaines que pour celles de certaines eaux résiduaires industrielles. On les classe généralement en :

- Procédés biologiques naturels ;
- Procédés biologiques artificiels.

En dehors de ces procédés d'épuration par la voie biologique on peut aussi avoir recours aux moyens chimiques et aux procédés physico-chimiques. (DESHAYES. M 2008)

### II.3.6.3-Élimination de la pollution phosphorée :

L'élimination du phosphore rencontre dans les eaux usées urbaines peut être très insuffisante à la suite d'une épuration secondaire classique en fonction de la sensibilité du milieu récepteur à ce paramètre. Il peut donc être indispensable d'améliorer l'élimination de cette pollution. La quantité de phosphore rejeté dans les eaux urbaines est de l'ordre de 3 à 4 g par habitant et par jour. Il faut rappeler que les concentrations de phosphore présent dans une eau usée urbaine est de 25 mg/l pour le phosphore total (PT) et de 20 mg/l pour les orthophosphates,.

Les stations d'épuration biologique classiques ont une efficacité limitée sur le phosphore. Dans les stations biologiques actuelles, on constate que l'élimination du phosphore est de l'ordre de 1 % de la DBO<sub>5</sub> éliminée, ce qui correspond à un rendement épuratoire moyen de 20 %. Si l'élimination poussée de cet élément est indispensable, on fait appel à des traitements supplémentaires :

- techniques physico-chimiques par ajout de sels ferriques ou de chaux, avec précipitation du phosphore (la plus utilisée) ;
- techniques biologiques;

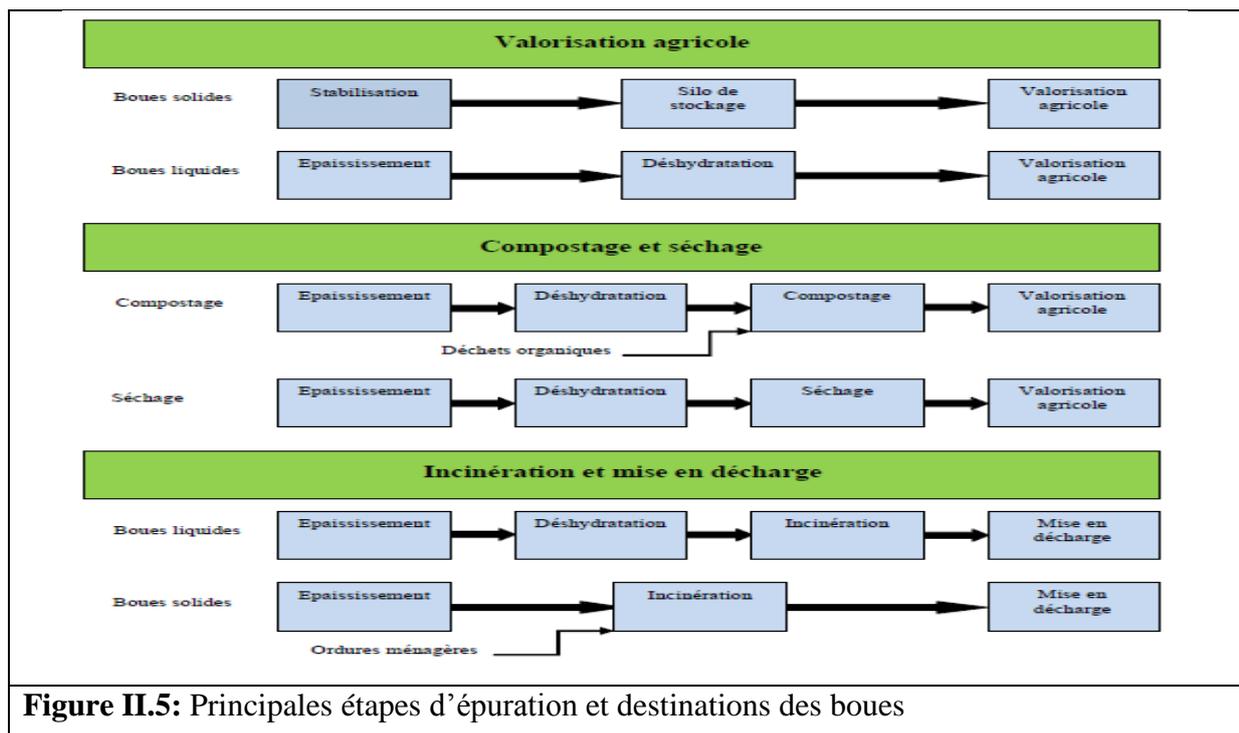
- techniques par échange d'ions ;
- techniques de production d'algues ;
- techniques électrochimiques. Etant donné les couts élevés d'investissement et les contraintes d'exploitation, l'application de ces quatre dernières techniques n'a pas été réalisée à l'échelle industrielle.

### II.3.7-Traitement des boues :

La production de boues par équivalent habitant et par jour est de 30 à 60 g de matière sèche par jour, soit 1 à 3 litres de boues non épaissies. Devant la quantité croissante de boues produites, et face à la difficulté que rencontrent les concepteurs et exploitants des stations d'épuration pour l'évacuation de ces boues, il devient nécessaire d'améliorer les traitements de réduction de la matière organique (taux en matières organiques d'environ 60% avant traitement). Le traitement des boues a pour objectifs de :

- réduire la fraction organique afin de diminuer leur pouvoir fermentescible et les risques de contamination (stabilisation) ;
- diminuer leur volume total afin de réduire leur coût d'évacuation (déshydratation).

Le but principal est de traiter ces boues produites de façon à les valoriser en agriculture pour l'amendement des sols et comme engrais, d'autant plus que leur mise en décharge est interdite pour les grandes agglomérations. (DESHAYES, 2008)



**Figure II.5:** Principales étapes d'épuration et destinations des boues

## **II.4- Traitements complémentaires :**

### **II.4.1-Désinfection :**

Cette traitement a pour objectif principal d'améliorer la qualité bactériologique de l'effluent épuré afin de protéger les zones sensibles (zone de bai gonade et zone conchylicole), la réduction des germes pathogènes s'opérant par une désinfection physico-chimique des effluents épures. Les techniques usuelles ou en cours de développement décrites ci-après mettent en œuvre un agent chimique ou physique afin d'assurer la destruction des micro-organismes.

#### **Principales techniques :**

Après les traitements biologiques ou physicochimiques classiques, il peut être nécessaire, voire indispensable, de désinfecter les eaux résiduaire avant rejet. C'est le cas des déversements d'eaux urbaines épurées qui s'effectuent à proximité d'une prise d'eau pour l'adduction d'eau potable, les baignades, les plages, les établissements piscicoles ou de conchyliculture.

#### **II.4.1.1-Désinfection au chlore :**

Cette technique n'élimine qu'une partie des germes pathogènes. On utilise alors le pouvoir oxydant du chlore avec un contact supérieur à 30 min au débit de pointe.

Pour obtenir 99,9 % de réduction des conformes, les doses admises sont les suivantes :

- après les lits bactériens : 3 à 10 mg/1 ;
- après les boues activées : 2 à 8 mg/1 ;
- après filtration sur sable ou passage sur charbon actif : 1 à 5 mg/1. Plus le rejet est chargé et moins la chloration est efficace. La décantation est donc un critère important à observer.

#### **II.4.1.2-Désinfection au brome :**

La désinfection des eaux usées au brome peut être envisagée en dissolvant du brome liquide dans de l'eau. Il faut toutefois éviter de manipuler du brome liquide, car il dégage des vapeurs suffocantes dangereuses, ce qui réduit son utilisation.

#### **II.4.1.3-Désinfection par l'ozone :**

Le traitement se réalise dans des colonnes de contact où l'eau et l'air ozone circulent à contre-courant pour obtenir un véritable brassage des fluides. Très souvent l'ozone est utilisé en combinaison avec le chlore gazeux.

#### **II.4.1.4-Désinfection par rayonnement UV :**

Ce procédé est utilisé pour le traitement de l'eau potable ; c'est aussi une technique simple et efficace qui peut également trouver sa place dans la chaîne d'épuration des eaux usées.

#### **II.4.1.5-Désinfection par lagunage :**

Les stations d'épuration conventionnelles (lits bactériens, boues activées à moyenne ou forte charge) éliminent environ 90 % de la charge microbienne initiale ; par ailleurs, des abattements du taux d'élimination de 99 % sur les coliformes fécaux sont couramment obtenus à l'aval des lagunes.

#### **II.4.1.6-Désinfection par membranes :**

L'élimination de la pollution bactérienne, contrairement aux matières organiques et azotées, a été peu envisagée jusqu'à ce jour dans les filières d'épuration (SATAIN et al., 1999).

### **II.4.2-Traitement des odeurs :**

#### **II.4.2.1-Origines et compositions des odeurs :**

La collecte et le traitement des eaux résiduaires urbaines et industrielles génèrent des produits malodorants. En effet, ces eaux usées chargées en matières organiques particulières et dissoutes en composés azotés (dont l'ammoniac) peuvent induire directement ou indirectement, par l'intermédiaire de leurs sous-produits d'épuration (graisses, boues), la formation d'odeurs désagréables suivant un processus biologique de fermentation.

Les odeurs viennent aussi des composés présents dans l'eau brute ou génèrent lors des différentes étapes de l'épuration. Les sources les plus importantes d'odeurs sont :

- les prétraitements ;
- les puits à boues ;
- les épaisseurs gravitaires ;
- les conditionnements et la déshydratation mécanique des boues ;
- la réception et le traitement des matières de vidange.

### II.4.2.2-Elimination des odeurs :

Les émissions de molécules odorantes peuvent être réduites au moyen de solutions préventives (conception du réseau et de la station d'épuration) ou par des solutions curatives. Dans ce dernier cas, il convient d'assurer le confinement des sources odorantes dans des enceintes hermétiques (local couvrant l'ensemble des traitements ou couverture propre à chaque ouvrage), puis la ventilation de chaque enceinte, ainsi que la désodorisation de l'air vicié extrait (mise en légère dépression des ouvrages couverts) (SATIN et al., 1999)

Les concentrations limites de gaz rejetés :

Type de polluant	Concentrations limites en sortie d'épuration (mg/m <sup>3</sup> )
H <sub>2</sub> S	0,1
Sulfures totaux en H <sub>2</sub> S	0,15
NH <sub>3</sub>	1
Amines	0,1
Aldéhydes, cétones, acides organiques	0,4

**Tableau II.1** : Limites de gaz rejetés

Les sources les plus importantes d'odeurs sont :

- Les prétraitements
- Les puits à boues
- Les épaisseurs gravitaires
- Le conditionnement des boues

Pour éviter ces nuisances, les ouvrages sensibles seront couverts et munis d'un système de ventilation ainsi que d'une unité d'épuration biologique des odeurs.

On distingue généralement deux types d'épuration biologique des odeurs : les bio-filtres et les bio-laveurs. Dans les premiers, la biomasse est supportée par un plancher spécifique et l'air traverse le massif (souvent de la tourbe). Les seconds réalisent un deuxième filtre grâce à une suspension. La biomasse est libre, et l'épuration se produit dans un réacteur. (DESHAYES. M 2008)

**II.5-Conclusion :**

Les procédés d'épuration des eaux usées est un sujet très importants et très vaste et dépend de types, et des caractéristiques des eaux à traiter, et leur degrés de pollution, ou des autres facteurs comme la taille de l'agglomération, l'existence d'un prétraitement des effluent des industries avant leur rejet dans le réseau d'assainissement, On dit que les prétraitements et les traitements primaires sont utilisés pour éliminer les huiles, les matières flottantes ou en suspension, pour la neutralisation ou pour l'égalisation. Ils conditionnent l'eau en vue d'un traitement biologique ultérieur ou en vue d'un rejet dans le milieu naturel récepteur, avant un traitement complémentaire pour éliminer les bactéries, les germes pathogène, les substances indésirables et toxiques ; pour assurer la qualité de l'eau traiter qui peut être réutilisé sans aucun danger, ou rejeter dans le milieu naturel sans aucune perturbation écologique.

## **Chapitre III :**

### **Station d'épuration à boues activées**

### III.1-Introduction :

Le procédé à boues activées consiste en un réacteur biologique aérobie, où les microorganismes flottent librement dans un liquide aéré, sous forme de petits amas appelés BIOFLOCS. Le mélange eau usée-bioflocs est appelé LIQUEUR MIXTE.

Le procédé, inventé à Manchester en 1914, reproduit industriellement l'effet épurateur des rivières. Il est devenu le principal procédé actuel d'épuration. Les flocons de boue activée ont un diamètre apparent pouvant atteindre 3-5 mm, et sont composés des mêmes microorganismes que le biofilm des lits bactériens : c'est une biocénose bactérienne avec prédateurs. Il lui faut au moins deux semaines pour atteindre sa concentration usuelle de 3-4 g/l (valeurs extrêmes : de 1 à 8 g/l) en matières de suspension volatiles (MSV) (F. EDELINE, 1993) . Pour épurer à 95 % un substrat quelconque, une boue activée doit contenir au moins 1 mg ATP/l. On caractérise une installation par sa « charge » :

- $C_h$  : charge hydraulique ( $m^3$  d'eau usée traités par  $m^3$  d'aérateur et par jour)
- $C_v$  : charge organique ou volumique (kg  $DBO_5$  appliqués par  $m^3$  d'aérateur et par jour)
- $C_m$  : charge biologique ou massique (ou charge des boues) (kg  $DBO_5$  appliqués par kg de biomasse et par jour)

La biomasse se formant lentement, il est nécessaire de la recycler, de sorte qu'on peut distinguer deux temps de séjour différents :

$T_{s_{liquide}}$  = temps de séjour du liquide dans l'aérateur ;

$T_{s_{boues}}$  = temps de séjour des cellules dans l'installation (ou « âge des boues »). On verra que l'âge des boues conditionne fortement leurs propriétés.

Généralement, on adopte  $T_{s_{boues}} > 3$  j et à forte charge  $0,2 < T_{s_{boues}} < 0,4$  j, car les valeurs intermédiaires donnent des boues à mauvaise sédimentabilité.

Toute défaillance dans l'exploitation des ouvrages augmente les risques de dysfonctionnements et, par conséquent, diminue les potentialités de la station. Les exemples dans ce domaine sont nombreux, mais il convient simplement de rappeler que pour la conduite d'une station d'épuration, un personnel bien informé assurant un suivi régulier reste le meilleur garant de la qualité du traitement.

### III.2- Dynamique des populations dans les stations à boues activées :

Dans une station à boues activées, la biomasse est continuellement séparée de l'eau épurée dans le décanteur secondaire, et recyclée dans le bassin aérateur. Toutefois, la biomasse, du fait de l'utilisation du substrat, a tendance à croître et, pour la maintenir constante, on est obligé d'en éliminer un certain pourcentage chaque jour. Il en résulte que la biomasse est totalement renouvelée au bout d'un certain nombre de jours, appelé « âge des boues » ou  $T_{S_{\text{boues}}}$  (temps de séjour des cellules) .

$$T_{S_{\text{boues}}} = \frac{\text{biomasse présente}(=BV)}{\text{biomasse purgée chaque jours}} = \frac{M}{\Delta M/\Delta t} \quad (\text{III.1})$$

$B$  = concentration des boues (maintenue constante par les purges) ;

$V$  = volume de l'installation (y compris la partie du décanteur secondaire contenant des boues).

$M$  = biomasse totale en place ;

$\Delta M$  = quantité de biomasse évacuée pendant le temps  $\Delta t$  (purge discontinue).

Puisque  $B$  est constant, la purge correspond exactement à la biomasse synthétisée pendant le même temps. Ceci est vrai à l'échelle de la biomasse totale, mais pas nécessairement pour chaque microorganisme qui la compose. Soient en effet des microorganismes de biomasse  $B_i$  et caractérisés par des taux de croissance  $\mu_i$ .

On a évidemment  $\sum_i B_i = B$ , et pour chaque organisme la croissance pendant  $T_{S_{\text{boues}}}$  vaut :

$$(B_i)_1 = (B_i)_0 e^{\mu_i T_{S_{\text{boues}}}} \quad (\text{III.2})$$

Si l'indice 1 désigne la sortie, et 0 l'entrée. Or la purge élimine tous les organismes au même pourcentage, mais selon la composition du mélange à la sortie. La proportion des divers organismes a cependant changé entre 0 et 1, à l'avantage des organismes à croissance rapide, de sorte que la proportion de ces derniers ne cesse de croître.

Théoriquement, l'élimination des organismes lents est inéluctable et complète. En pratique cependant, la situation est plus complexe, et les biomasses ne deviennent jamais monospécifiques. En effet, les différences de  $\mu$  sont souvent ténues, de sorte que l'avantage des rapides peut parfois se retourner au profit des lents grâce aux facteurs suivants :

- la concentration en substrat fluctue, et  $\mu$  peut être plus ou moins éloigné de  $\mu^{\wedge}$  ;
- à la limite, un organisme rapide peut avoir sélectivement éliminé tout son substrat pendant le séjour de l'eau  $T_{\text{liquide}}$ , ce substrat devient alors limitant et la croissance s'arrête ;
- la composition du substrat peut, par ses variations, favoriser successivement divers organismes ;
- les changements de température peuvent également renverser l'ordre des  $\mu$  ;
- l'organisme le plus rapide est aussi le plus exposé à la prédation.

Des équilibres très complexes sont donc atteints, mais aucun organisme ne peut subsister dans une station si sa croissance est inférieure au taux de purge. On peut formuler comme suit ce critère de rétention :

Soit  $M$  la masse de boue activée ( $M = BV$ ) et  $\Delta M$  la portion de cette masse soutirée à chaque cycle, de durée  $\Delta t$  quelconque. On peut définir un taux de dilution  $D_c$  de la biomasse par

$$D_c = \frac{\Delta M}{M \Delta t} = \frac{1}{T_{sboues}} [T^{-1}] \quad (\text{III.1})$$

Pour qu'un organisme  $i$  subsiste, il faut que  $\mu_i \geq D_c$ , or  $\mu_i$  est donné par l'équation de Monod :

$$\mu_i = \frac{S}{K_{si} + S} \quad (\text{III.3})$$

D'où on tire facilement :

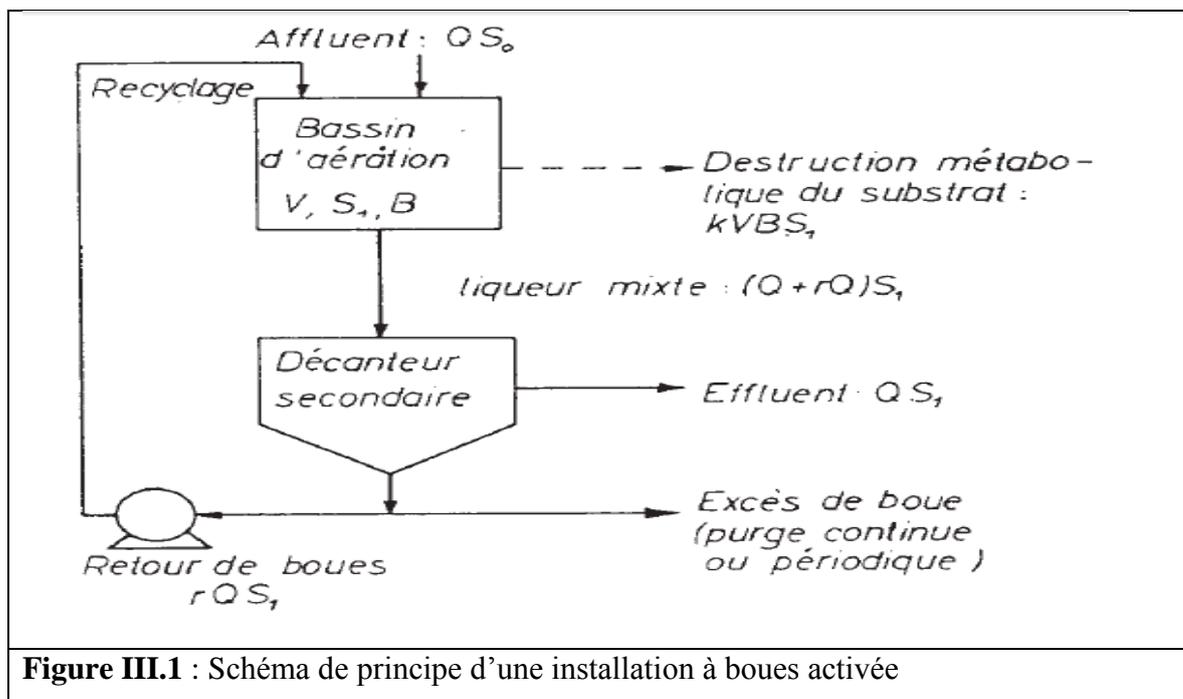
$$\hat{\mu}_i \geq \frac{\Delta M}{M \Delta t} \left( \frac{K_{si} + S}{S} \right) = \frac{1}{T_{sboues}} \left( \frac{K_{si} + S}{S} \right)$$

Si  $K_s$  est négligeable devant  $S$ , la parenthèse tombe, et on peut dire plus simplement que l'âge des boues  $T_{sboues}$  doit être supérieur à  $1/\hat{\mu}_i$  pour que l'organisme  $i$  soit retenu dans l'installation. On définit ainsi un seuil par tout ou rien. Son application à la nitrification est particulièrement nette. (F. EDELINE, 1993)

### III.3-Cinétique des boues activées à mélange complet :

Cette approche est généralement connue sous le nom de modèle de MCKINNEY ou d'ECKENFELDER. On peut se faire une idée déjà satisfaisante d'une station à boues activées, comportant un aérateur et un décanteur, moyennant quelques simplifications. Soit le schéma de la figure III.2 On établira sur ce circuit un bilan massique basé sur les hypothèses suivantes :

- le réacteur est homogène (sa concentration en substrat et en biomasse est partout la même, en particulier la valeur de  $S_1$  est celle de la sortie de liqueur mixte) ;
- aucune épuration n'a lieu dans le décanteur ;
- la purge de la boue en excès est négligeable dans le bilan massique ;
- la vitesse de métabolisation est d'ordre 1 par rapport à  $S$ , c'est-à-dire que le substrat est limitant (équation de MONOD pour  $S$  petit) ; le modèle ne s'applique donc pas aux appareils à forte charge (où la vitesse est d'ordre zéro) ni aux très faibles charges (où  $S_1 \cong 0$ , et où le métabolisme est partiellement endogène) ;
- la portion de métabolisme endogène ou d'entretien est négligeable dans le bilan ;
- la liqueur mixte recyclée est considérée comme uniquement constituée d'eau.



Charge	Degré d'épuration Obtenu	Ch org kg DBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> j	Ch. Des boues activées kg DBO <sub>5</sub> /kg B.j	Durée De séjour h ou j	charge kg O <sub>2</sub> par kg DBO <sub>5</sub>	Air m <sup>3</sup> par kg DBO <sub>5</sub>	Energie kWh par kg DBO <sub>5</sub>	Product. de boue kg B/kg DBO <sub>5</sub> éliminé
Très faible	Minéralisation totale = Fossé d'oxydation	0,18	0,05	1-5 j	2	> 45	0,42	≤ 0,30
Faible	complète + nitrification partielle	0,7	0,7	0,2	5 h	1,3-1,5	0,46-0,52	≅ 0,75
Moyenne	complète, avec DBO <sub>5</sub> résiduelle de ≅ 25	1,8	0,5	2 h	0,7-1,1	16-24	0,25-0,38	≅ 0,9

Forte	complète avec DBO5 résiduelle de $\cong 40$	3,6	1,0	1,3 h	0,6-0,8	13-18	0,21-0,28	1,2
Très forte	complète avec DBO5 résiduelle de $\cong 80$	7,2	2,0	0,7 h	0,3-0,6	7-13	0,11-0,21	$\geq \square 1,4$

**Tableau III.2**–Tableau des charges (valable pour fines bulles injectées a au moins 3 m de profondeur).D'après WLB 12 (1968), R. Kohler).

**OC** : Capacité d'oxygénation

**BA** : Matières en suspension (sec).

### III.4-Technologie des boues activées :

#### -Domaines de charge et variantes :

Le procédé admet d'assez nombreuses variantes, que l'on peut d'abord classer en fonction de la charge biologique, (kg DBO5/kg B.j) qui les caractérise. Comme la charge entraîne un « temps de séjour » et aussi un « âge des boues », la biocénose variera d'un type à l'autre, par l'effet sélectif ainsi provoqué. On distingue traditionnellement des charges très faibles à très fortes, échelonnées plus ou moins géométriquement comme il apparaît dans le tableau III.2. Certaines variantes portent en outre un nom, qui se réfère à des particularités techniques des dispositifs employés. Quelques-unes de ces variantes sont présentées numériquement au tableau III.3.

Selon le principe mis en œuvre, la géométrie des réacteurs change profondément, ainsi que le mode d'aération appliqué. L'aération peut être réalisée par de très nombreux dispositifs, qui ne seront pas étudiés ici. (f. Edeline, 1993)

Type	Charge normale		$\rho$ % DBO	Age des Boues j
	kg DBO5/m <sup>3</sup> .j	kg DBO5/kg MVS.j		
Aération prolongée Conventionnel +	0,32	0,05-0,20	85-95	10 – $\infty$
aération étagée	0,55	0,20-0,50	95	4-14
Charge étagée	0,80	0,20-0,50	95	4-14

Contact-stabilisation	1,10	0,20-0,50	90	4-15
Aération brève	1,6-6,4	0,50-3,50	60-85	0,8-4

**Tableau III.3** : Quelques variantes du procédé. (D'après Lawrence et McCarty)

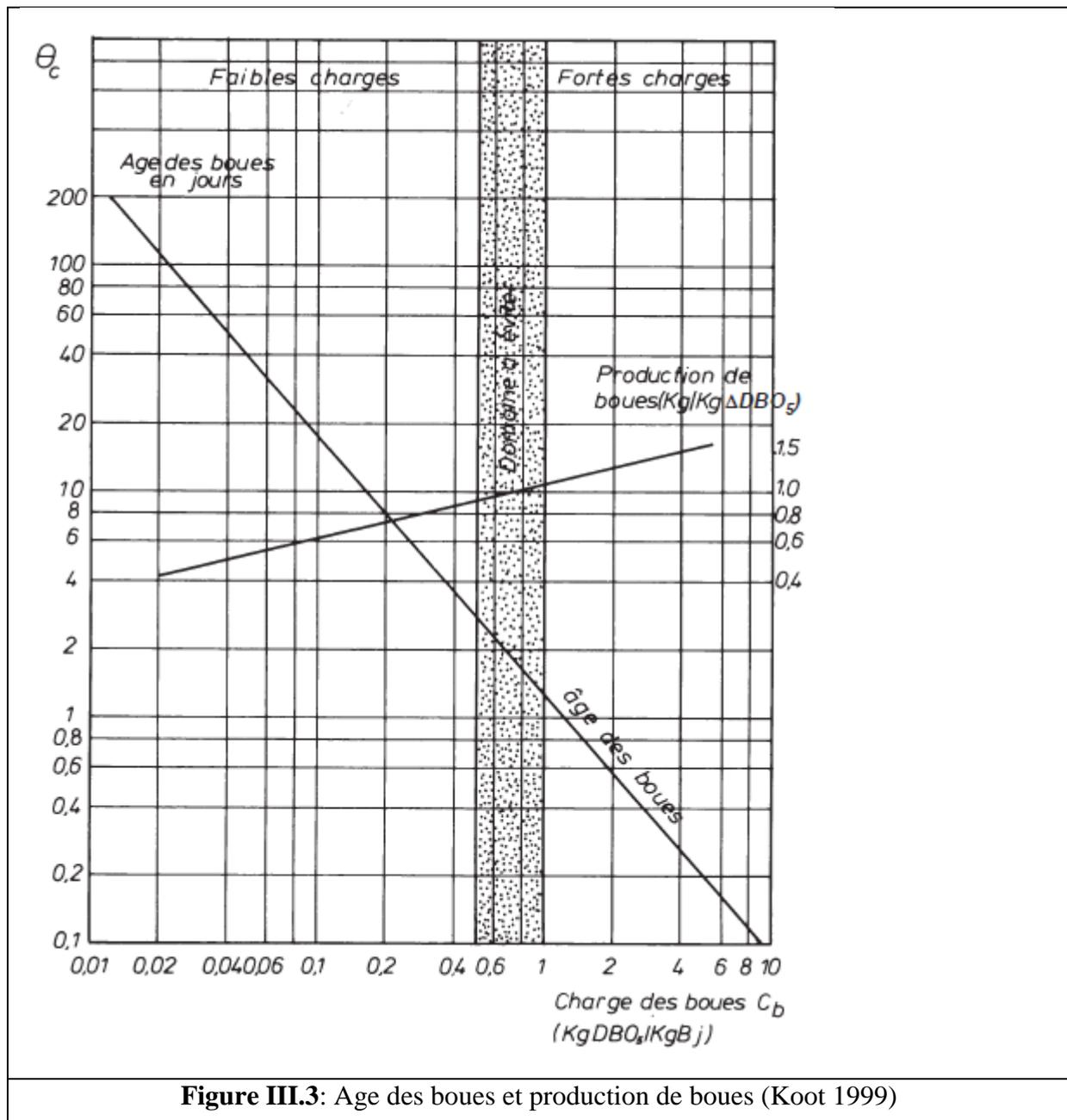
Charge des boues C <sub>b</sub> kg DBO <sub>5</sub> /kg MS. J		0,15	0,30	0,50	1,00	Eau (*) brute
DBO <sub>5</sub>		5	16	6 25	50	230
DCO		20	50	70	120	370
N — NH <sub>4</sub>		2,5	22	35	36	12
N — NH <sub>2</sub> R		0,5	1	2	3	38
N — NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		29	10	1	0	0
N — N <sub>2</sub> (dénitrification)		10	7	2	0	—
boue en excès	en DCO mg O <sub>2</sub> /l	120	140	150	160	—
	en N-NH <sub>2</sub> R mg/l	8	10	10	11	—

**Tableau III.4** : Composition d'un effluent de station a boues activées.

d'après Beuthe (1970).

(\*) Eau brute decantée.

On n'a pas intérêt à appliquer n'importe quelle valeur de C<sub>b</sub> ou de T<sub>S<sub>boues</sub></sub>, et il vaut mieux tenir compte de quelques autres éléments. Par exemple : la DBO résiduelle de l'effluent cesse de diminuer lorsque T<sub>S<sub>boues</sub></sub> ≥ 2 j, ou C<sub>b</sub> ≤ 1,1 j<sup>-1</sup>. La quantité de la boue secondaire est idéale pour 5 ≤ T<sub>S<sub>boues</sub></sub> ≤ 8j. Mais on va souvent jusqu'à 30 j, et même 100 j, dans le but de réduire la production de boue.



En exprimant les charges en DCO, on peut proposer, sous réserve d'essais :

$$a = 0,54$$

$$b' = 0,0094 \text{ j}^{-1}$$

$Y = 0,47$  si la biomasse est en poids, et  $0,67$  si elle est en DCO

$$b = 0,02 \text{ j}^{-1}$$

$$\hat{\mu} = 3,0 \text{ j}^{-1} \text{ à } 10 \text{ }^\circ\text{C}, \text{ et } K_s = 20 \text{ mg DCO/l.}$$

Le domaine  $0,4 < T_{s_{\text{boues}}} < 3$  produit des boues de mauvaise qualité, sans doute à cause du manque de protozoaires : le  $T_{s_{\text{boues}}}$  est insuffisant pour qu'ils se maintiennent, mais la charge reste trop faible pour qu'il y ait bonne floculation des boues. L'âge des boues (en jours) est une fonction inverse de la charge des boues  $C_b$ , et on peut lire comme suit les âges normalement

associés aux charges :

$$T_{\text{boues}} = 1,224 C_b^{-1.125}$$

Une boue vieille ( $T_{\text{boues}} = 100$  j.) est une boue « brûlée », accompagnée de nombreuses cellules mortes et débris de cellules, flocculant mal et provoquant des difficultés au clarificateur secondaire.

De même, et pour les mêmes raisons de sédimentabilité de la boue, les charges comprises entre 0,5 et 1,0 kg DBO5/kg B j. (F. EDELINE, 1993)

## **Chapitre IV :**

# **Dysfonctionnement des stations d'épuration**

### IV.1-Introduction :

L'épuration biologique des eaux résiduaires par le procédé des boues activées est principalement basée sur l'activité métabolique de cultures bactériennes maintenues en suspension en état aérobie dans le bassin d'aération alimenté par l'eau à épurer. (Canler ;1993) L'efficacité et la fiabilité de l'épuration restent étroitement dépendantes du bon déroulement de la phase de décantation, celle-ci constituant, en effet, le dernier maillon de la chaîne de traitement avant rejet au milieu naturel. La séparation boue-eau traitée par sédimentation est assurée par le décanteur secondaire ou clarificateur placé à l'aval du bassin d'aération.

### IV.2-Rappel sur la biologie des boues activées :

La boue activée est constituée de l'ensemble « floc-eau interstitielle ». Le floc désigne un agglomérat composé de particules (ou débris) diverses (végétales, animales, minérales) et de colonies bactériennes.

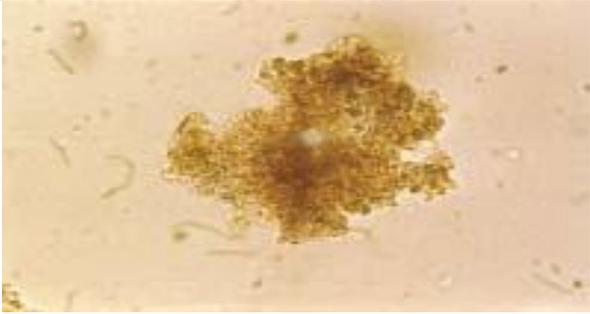
**IV.2.1-Liquide interstitiel :** représente dans la plupart des stations la qualité des eaux de sortie. C'est donc un indicateur du niveau de traitement. Ainsi, plus la charge massique est élevée, moins le niveau de traitement sera élevé et plus l'eau interstitielle contiendra de bactéries dispersées.

**IV.2.2-Microfaune :** est composée d'animaux microscopiques nommés protozoaires et métazoaires. Ces organismes participent à l'élimination des bactéries libres qui constituent leurs proies et à la cohésion du floc par leurs déjections. Leur observation au microscope, donne des indications sur la qualité du traitement et peut révéler rapidement d'éventuelles anomalies de fonctionnement. Pour de plus amples informations sur ce point particulier, on peut se procurer le manuel « Aide au diagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des boues activées », Cemagref Éditions, 1999.



**Figure IV.1 :** Observation microscopique : floc, microfaune et liquide interstitiel

Les bactéries peuvent se développer selon trois types de croissance :

 <p>Croissance dispersée</p>	<p><b>Dispersée</b> : les bactéries sont libres les unes par rapport aux autres dans le liquide interstitiel. Cette situation s'observe lors du démarrage de la station, en condition de forte charge massique. Les nouvelles cellules peuvent se disperser ou bien rester groupées au sein d'une colonie structurée par un mucilage exopolysaccharidique.</p>
 <p>Croissance floculée</p>	<p><b>Floculée</b> : les bactéries sont regroupées en amas, très souvent autour d'un support organique ou minéral (le floc). La cohésion de l'ensemble est assurée par la production d'exopolysaccharides (EPS). Ce type de croissance est recherché dans le traitement de l'eau usée.</p>
 <p>Croissance filamenteuse</p>	<p>Filamenteuse : lors de la multiplication cellulaire, la séparation des cellules mère et fille n'a pas lieu en totalité, les cellules mère et fille restent en contact voire partagent une paroi cellulaire. Ce type de croissance, que l'on observe également chez les champignons conduit à la formation de filaments pouvant atteindre 500 µm de long. Les conditions du milieu sont un facteur déterminant. (Canler ;1993)</p>

### IV.3-Problèmes avec bactéries filamenteuses :

Les principaux dysfonctionnements dus aux bactéries filamenteuses sur station se manifestent sous deux formes :

- **Foisonnement** : mauvaise décantation de la boue suite à une augmentation du volume occupé par celle-ci,
- **Moussage** : formation d'une couche épaisse de mousse en surface des ouvrages.

Les causes sont bien souvent d'origines multiples (conception, exploitation, composition de l'effluent...) et le choix des solutions nécessite une analyse globale : conception, fonctionnement et exploitation de la station.

#### IV.3.1-Foisonnement :

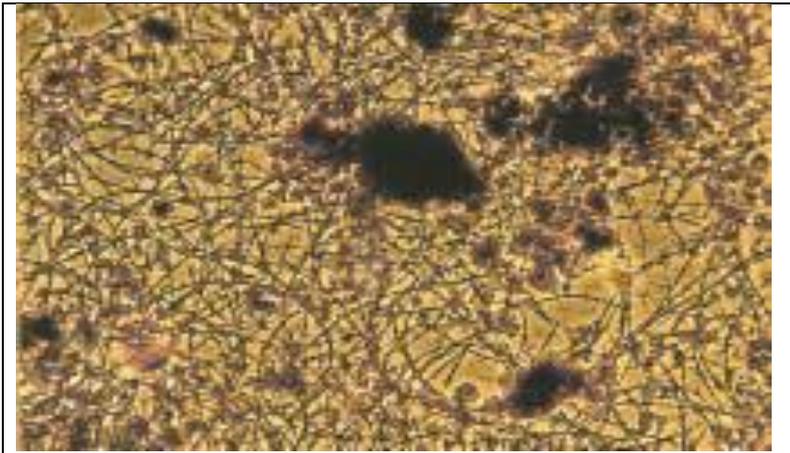
Le foisonnement (*bulking* en anglais) est caractérisé par un indice de boue supérieur ou égal à  $200 \text{ mL.g}^{-1}$ . Au-delà de  $150 \text{ mL.g}^{-1}$ , des difficultés de décantation apparaissent. Qu'une boue décantant correctement a un indice de boue de l'ordre de  $100 \text{ mL.g}^{-1}$ .

Un développement filamenteux important limite fortement les capacités hydrauliques du clarificateur et peut entraîner des dépôts de boue dans le milieu naturel (Canler ;1993). Dans la station, le foisonnement est souvent associé à :

- Une détérioration de la qualité du rejet en cas de perte de boue épisodique ou chronique;
- Un floc légèrement floconneux avec un volume décanté important lors du test de décantation, qui rend impératif la dilution des échantillons de boue (figure IV.2). L'indice de boue est alors supérieur à  $200 \text{ mL.g}^{-1}$ . Lors de l'observation microscopique, on observe une densité importante de microorganismes filamenteux (figure IV.3).



**Figure IV.2** : Tests de décantation en éprouvettes : effet de la dilution  
(dilutions successives au demi)



**Figure IV.3** : Bactéries filamenteuses – 500 X

L'indice de boue moyen observé sur le parc français des stations d'épuration, en aération prolongée est de 150 mL.g-1 hors stations soumises à des crises aiguës de foisonnement.

#### **IV.3.2-Mousses biologiques :**

Les mousses forment des amas de flottants très stables de couleur marron clair à foncé et de structure visqueuse. Leur densité tend à s'accroître progressivement au cours du temps. Ces mousses sont peu déstructurées par une agitation de surface et reforment rapidement un tapis uniforme en absence d'agitation. Les bulles de gaz favorisent la flottation. Ces flottants constituent un milieu favorable au développement privilégié de certaines bactéries\* filamenteuses responsables de moussage. (Canler ;1993)

Dans ces mousses, l'analyse microscopique révèle très souvent la présence importante de bactéries filamenteuses associées à des floccs ou libres dans l'eau interstitielle. En règle générale, la densité de ces microorganismes spécifiques est plus élevée dans les échantillons de mousse que dans ceux prélevés directement dans les boues.



**Figure IV.4** : Tests en éprouvettes – présence de flottants



**Figure IV.5** : Mousse biologique en surface de bassin d'aération

Dans certains cas extrêmes, on a calculé que les mousses peuvent représenter jusqu'à 1/3 de la biomasse totale, avec des concentrations en matières sèches pouvant atteindre  $100 \text{ g.L}^{-1}$ , voire des hauteurs dépassant un mètre. Les paramètres de fonctionnement (charge massique) et d'exploitation de la station sont alors fortement dégradés par cette situation (diminution du transfert d'oxygène).

#### **IV.4-Problèmes sans bactéries :**

##### **IV.4.1-Filamenteuses en excès**

###### **IV.4.1.1-Mousses de démarrage :**

Ces mousses blanchâtres et légères se développent rapidement dès la mise en service de la station d'épuration (figure IV.6). Elles disparaissent lorsque la boue activée arrive à maturité (début de floculation\*, amorce d'un traitement carboné et charge massique inférieure à  $1,5 \text{ kg DBO}_5.\text{kg}^{-1} \text{ MVS.j}^{-1}$ ). L'efficacité limitée (DCO et  $\text{DBO}_5$  de sortie élevée, tensioactifs) du traitement accompagne ce phénomène transitoire.

Ces mousses blanchâtres sont associées à :

- un effluent de sortie turbide (croissance bactérienne dispersée) ;
- une boue de couleur claire et faiblement concentrée dans le bassin d'aération ;
- une décantation en éprouvette difficile (interface eau-boue floue, particules en suspension non décantables) ;
- une microfaune représentée par des bactéries libres et des protozoaires principalement de type Flagellés.



**Figure IV.6 :** Mousse blanche de démarrage en surface de bassin d'aération.

Hors mise en route de l'installation, ce problème peut également survenir lors d'un incident majeur : arrivée d'un toxique ayant provoqué la destruction d'une part importante de la biomasse. En règle générale, la situation se normalise rapidement (une à deux semaines) à l'exception des cas les plus graves (toxicité aiguë) où les difficultés peuvent perdurer. (Canler ;1993) Bien souvent, pour des charges massiques élevées (de l'ordre de  $1,5 \text{ kg de DBO}_5 \cdot \text{MVS}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ ) dues à une période transitoire, il faut favoriser l'amorce du mécanisme de floculation (agglomérat de bactéries) soit par :

- une limitation de la charge à traiter (*by-pass* transitoire) pour diminuer la charge massique et faciliter la floculation ;
- l'apport de biomasse extérieure de bonne qualité ( $\text{IB} < 150 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$  de MES) ;
- l'ajout de coagulant\*– floculant (floculation des particules).

#### IV.4.1.2-Autres mousses :

Ces mousses, similaires à celles de démarrage, sont souvent liées à l'utilisation massive de détergents (figure IV.7) même biodégradables (apports industriels), à l'apport important de matières organiques colloïdales (sang,...) ou à l'arrivée d'hydrocarbures.



**Figure IV.7 :** Mousse blanche de détergents en surface de bassin d'aération

Cette situation se différencie de celles engendrant les mousses de démarrage par : un effluent de sortie le plus souvent de bonne qualité (sauf si l'apport est important et engendre une toxicité) ;

- un test de décantation en éprouvette des boues activées satisfaisant (séparation nette entre la boue et l'eau) ;
- l'observation au microscope de bactéries\* libres en faible nombre et de protozoaires en quantité importante (et avec une diversité élevée). S'il s'agit d'apports ponctuels, le phénomène peut être limité dans le temps. S'il perdure, il peut provoquer à terme l'apparition de mousses biologiques stables.

Les solutions passent par l'identification du problème, puis la suppression des apports (de type industriel bien souvent) ou l'ajout d'antimousse.

#### IV.4.2-Matières flottantes (instables) :

Ces flottants instables se caractérisent par la présence de particules de boues non associées à des bactéries\* filamenteuses. Un simple arrosage (ou averse de pluie) suffit à les rabattre. La couleur est un bon critère de détermination de leur origine qui peut être variée.

Couleur des flottants	Blanchâtre	Marron clair	Marron foncé ou noir
Origine	Dégraissage insuffisant Boulettes de graisse	Dégazage insuffisant ou dénitrification incomplète	Boues fermentées suite à l'anaérobiose

**Tableau IV.1** : Couleur des flottants (Canler ;1993)

Il est impératif d'évacuer ces flottants instables pour éviter de passer à une forme stable Dénitrification Ce type de flottants est de couleur claire. C'est une structure instable facilement désagrégée par l'agitation ou par temps de pluie en raison de la présence de microbulles d'azote gazeux produites par le processus de dénitrification au sein des floes. Une observation microscopique ne révèle pas d'anomalie particulière (peu de bactéries filamenteuses).

Ces flottants se forment principalement sur le clarificateur. Ils peuvent aussi être constatés lors d'un test en éprouvette d'une durée supérieure à 30 minutes (figure IV.9). Ils sont liés à une dénitrification insuffisante en amont du clarificateur.



**Figure IV.8** : Flottants de dénitrification en surface du Clarificateur



**Figure IV.9** : Test en éprouvette – Remontée de boue

Ce problème peut survenir sur des stations conçues pour traiter uniquement la pollution carbonée (moyenne ou forte charge massique) et où la nitrification s'installe quand même de manière spontanée et non maîtrisable par l'exploitant. (Canler ;1993)

Les raisons de cette installation peuvent être une sous-charge organique entraînant une «sur-aération» rendant ainsi l'oxygène disponible pour la nitrification. Le phénomène est aggravé par une température élevée permettant une croissance rapide des bactéries nitrifiantes.

Pour éviter une dénitrification dans le clarificateur, les solutions passent par une meilleure maîtrise des plages d'aération et d'anoxie, ainsi que des conditions de brassage. Lors de périodes transitoires où l'apport en nitrates augmente, une recirculation plus importante peut permettre de limiter le phénomène en réduisant le temps de séjour des boues dans le clarificateur.

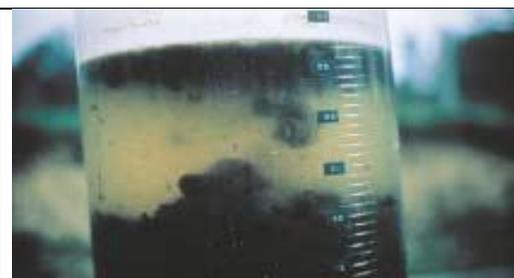
- Dégazage insuffisant (phénomène d'aéro-flottation) :

Toute dénivellation supérieure à 0,5 m entre le bassin d'aération et le décanteur secondaire impose l'installation d'un dégazeur. Dans le cas particulier de l'aération fines bulles à haute profondeur d'immersion des diffuseurs (supérieure à 7 m), une sursaturation de l'azote atmosphérique se produit dans le bassin d'aération. Lors de l'arrivée de la boue dans le clarificateur (profondeur maximale de l'ordre de 3 m), cet azote dégaze et produit un phénomène similaire à la dénitrification biologique. (F. EDELINE, 1993)

La solution à ce problème nécessite impérativement un bon dégazeur, Par ailleurs, pour les petites installations, c'est souvent l'entraînement important de gaz au niveau de la chute d'eau qui est source de remontée de boue au niveau du décanteur secondaire.

#### **IV.4.3-Fermentation des boues :**

Ce type de flottants est caractérisé par une couleur noirâtre associée à des odeurs désagréables et à un bullage. Leur aptitude à flotter s'explique par la présence de gaz (méthane) généré par des réactions anaérobies de dégradation de la matière organique (figure IV.10). Lors de l'observation microscopique, une microfaune spécifique des conditions d'anaérobie, de type Flagellés (diplomanadidæ et/ou hexamitidæ) est identifiée (Ces flottants peuvent apparaître en surface du clarificateur ou dans des zones peu agitées des bassins en amont de cet ouvrage.



**Figure IV.10** : Décantation en éprouvette –  
Remontée de Boue



**Figure IV.12** : Flagellés (bactérie)

Les principales causes d'apparition sont :

- un défaut de raclage du radier (mauvaise adaptation de la racle au radier ou racle décrochée) ;
- les zones mortes, sous la goulotte interne du clarificateur ou sur les montants du pont racleur, sur le puits central du clarificateur ou sur le puits de recirculation ;
- une agitation insuffisante dans certaines zones du bassin (puissance mise en œuvre insuffisante) ;
- une sous-aération importante.

La mise en fermentation complète des boues est exceptionnelle et ne se rencontre qu'en cas d'arrêt prolongé de l'aérateur (en cas de panne, par exemple). Les fermentations sont généralement localisées, ce qui ne provoque pas d'altération profonde de la qualité du traitement mais peut favoriser, sur le long terme, le développement de bactéries\* filamenteuses (lors du redémarrage de la station d'épuration). Il est conseillé d'éliminer la boue après un arrêt prolongé de fonctionnement de la station (après arrêt des aérateurs ou du pont racleur). (Canler ;1993)

#### **IV.4.4-Niveau anormal du lit de boue :**

Cette expansion se caractérise par un voile de boue élevé dans le clarificateur et peut s'accompagner de pertes de boue ponctuelles lors d'à-coups de charge hydraulique. L'indice de boue ne révèle pas forcément des valeurs incorrectes mais nécessite de fortes dilutions lors du test en éprouvette.

L'observation microscopique montre un floc bien formé. La qualité de traitement, hors épisode de perte de boue, est satisfaisante.

Les causes sont une combinaison de différents facteurs :

- une concentration en boue trop forte dans le bassin d'aération ;
- un dysfonctionnement du poste de recirculation (panne ou dimensionnement trop faible) ;
- un indice de boue élevé et/ou une surcharge hydraulique.
- un problème de raclage dans le clarificateur.

Quand la situation perdure, le temps de séjour de la boue dans le clarificateur augmente et devient la cause du développement de bactéries filamenteuses.

Les solutions passent par une meilleure maîtrise du taux de boue (concentration de MES la plus faible possible compatible avec la charge à traiter et les objectifs de rejets) et par un écrêtement des pointes hydrauliques.



**Figure IV.12** : Goulotte de sortie commune à deux files avec perte de boue à gauche



**Figure IV.13** : Voile de boue haut dans le clarificateur

#### Défloculation et floc léger :

- La défloculation est caractérisée par une déstructuration du floc et se manifeste par une augmentation de la turbidité\* de l'effluent de sortie (figure 15). Lors de l'observation microscopique, on observe une microfaune peu nombreuse ou peu diversifiée, voire absente (problème de toxiques). (Canler ;1993)

Les origines sont donc :

- L'apport de toxiques rejetés par certaines industries ;
- La présence de fortes concentrations de sel dans le réseau (intrusion d'eau de mer) ; qui modifie rapidement la pression osmotique dans les bactéries entraînant une destruction des cellules par plasmolyse ;
- Des conditions de charges massiques extrêmes (très forte – un à-coup – ou très faible);
- Une nitrification excessive avec chute du pH.



**Figure IV.14** : Test en éprouvettes après 30 mn – eau interstitielle chargée

Les solutions passent par :

- Une suppression de l'apport de ces toxiques ou leur apport de manière plus étalée

La toxicité d'un produit est toujours fonction de sa concentration ;

- Une meilleure protection du réseau ;
- L'étalement de la charge à traiter dans le cas d'à-coups de charge notamment pour les effluents industriels
- La neutralisation des effluents.

Le floc léger présente les mêmes caractéristiques que lors d'une défloculation mais l'observation microscopique révèle une population normale de Protozoaires (en termes de diversité et de quantité). (F. EDELINE, 1993)

Ces floes légers sont dus à l'absence de particules les tantes et souvent associés à des taux de MVS élevés. Ce cas est souvent rencontré avec des effluents industriels peu concentrés en matières en suspension (industries agroalimentaires et pharmaceutiques particulièrement) ou sur des stations urbaines équipées d'un décanteur primaire ou de prétraitements physico-chimiques. Les solutions passent d'office par le lestage du floc, par l'ajout de réactifs physico-chimiques, ou par la modification des conditions d'alimentation (*by-pass partiel* du primaire sous réserve que la capacité d'aération le permette). (Canler ;1993)



**Figure IV.15** : Sortie station – rejet « chargé » suite à des pertes de MES du clarificateur

#### **IV.5-Observation de la filière de traitement et de la boue :**

L'identification d'un problème biologique nécessite une analyse de la filière de traitement (configuration et paramètres de fonctionnement) couplée à une analyse de la structure de la boue (observations visuelles et microscopiques).

La démarche proposée ci-dessous correspond à une observation détaillée de l'ensemble de la filière de traitement. Les différents points à approfondir sont listés dans la fiche technique 1 « Identification du problème ». Les points pouvant favoriser un dysfonctionnement biologique devront être améliorés, avant la mise en place d'une technique dite curative. Suite à l'observation des différents postes, il convient de lister les éventuels événements survenus sur l'installation sur une période de une à deux fois l'âge de boue précédant l'analyse détaillée de l'installation. Les principaux points à identifier sont de trois types :

- les apports ponctuels et exceptionnels d'effluents à traiter (matières de vidange\*, curage de réseaux,...) ;
- les incidents mécaniques (aération, recirculation,...);
- les problèmes d'exploitation.

L'odeur et la couleur de la boue permettent d'évaluer l'état d'aération. Une légère odeur de terre (humus) est indicatrice d'une bonne aération. Une odeur d'égout révèle un manque d'oxygène, une forte odeur d' $H_2S$  (œuf pourri) ou de mercaptans (choux) indique un problème de fermentation de la boue. En général, une couleur brune à marron clair est indicatrice d'une bonne aération. En revanche, certains types d'effluents comme ceux de porcheries, tanneries ou fromageries (...) engendrent des odeurs et des couleurs particulières qui doivent être prises en compte pour l'appréciation du niveau d'aération.

Les effluents de sortie limpides, indiquent un bon degré de traitement. Une turbidité élevée est liée à la présence importante de bactéries\*dispersées révélant un traitement limité (sous-aération,

charge massique élevée, ...). Dans certains cas, une coloration de l'effluent traité peut être observée. Elle est induite par la nature des effluents (industriels) ou par la présence d'algues (sous-charge importante de l'installation ou en traitement tertiaire). (Canler ;1993)

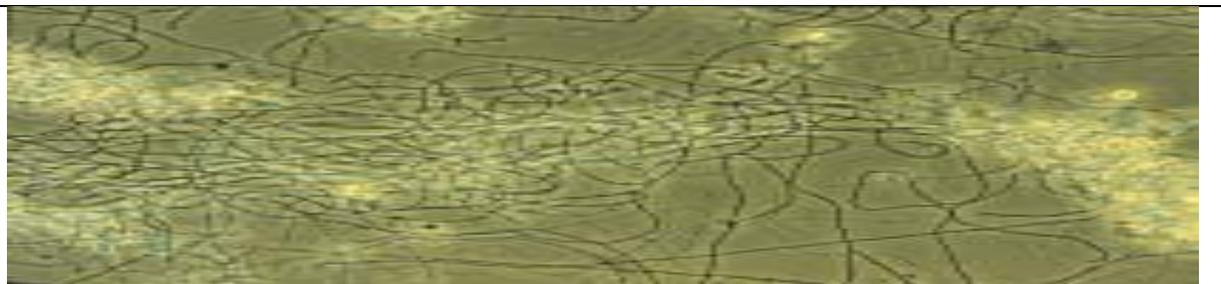
En exploitation, le maintien du voile de boue du clarificateur au niveau le plus bas (à une distance minimale de 1,5 m de la surface) est l'objectif permanent. Son observation à une position proche de la surface est révélatrice de dysfonctionnement aussi bien biologique qu'hydraulique.

#### **IV.6-Observation microscopique :**

L'étude microscopique d'une boue activée est indispensable pour faciliter la compréhension du fonctionnement d'une station d'épuration.

Une observation régulière permet d'apprécier l'évolution des phénomènes biologiques dans le temps. Un lien peut alors être établi entre la dynamique des populations de microorganismes des boues et les conditions d'alimentation (qualité et quantité), de fonctionnement et de gestion de l'installation L'observation microscopique permet l'analyse des différentes composantes de la boue : liquide interstitiel, compartiment bactérien (caractéristiques du floc et du type de croissante) et microfaune. Par exemple, la présence importante de Spirilles est indicatrice d'une fermentation, à rapprocher de l'apport d'eau septique (réseaux, zone anaérobie, matières de vidange ou filière boue) ou de la présence de dépôts en fond d'ouvrage. (F. EDELINE, 1993)

L'identification précise des bactéries filamenteuses est primordiale dans la mesure où les actions à engager pour maîtriser cette croissance doivent être adaptées aux types de filaments présents. Plusieurs types de filaments peuvent être présents au sein d'un même échantillon de boue, ce qui peut compliquer le choix de solutions.



**Figure IV.16 :** *Microthrix Parvicella* – 500 X

On dénombre dans les boues activées une vingtaine de types de filaments susceptibles de se développer. Tous ces filaments ne sont pas responsables de moussage, mais malheureusement la plupart sont en mesure de provoquer des difficultés de décantation (foisonnement des boues) qui limitent les potentialités hydrauliques des stations d'épuration.

L'identification précise des bactéries filamenteuses représente donc une étape essentielle dans la caractérisation du phénomène. Des clés de détermination basées sur l'observation de critères morphologiques ont été mises au point notamment par Eikelboom (1983) et Jenkins (1986) et reprises par le *Cemagref*.

L'identification précise des filaments demande une maîtrise des critères de détermination, connaissance qui s'acquiert facilement par une pratique régulière. En exploitation courante, l'observation microscopique pratiquée régulièrement ne prend que quelques minutes. Un microscope performant, équipé en contraste de phase sur tous les objectifs est absolument nécessaire. Un objectif à fort grossissement ( $> 1\ 000\ X$ ) facilite grandement l'identification des filaments fins pour lesquels la segmentation cellulaire est difficilement observable. (F. EDELINE, 1993)

#### IV.7-Indice de boue :

L'indice de boue est utilisé pour apprécier l'aptitude d'une boue à la décantation. Une dérive croissante doit alerter l'exploitant sur un développement de bactéries filamenteuses.

IB < 100 mL.g-1 de MES	Condition idéale : les boues sédimentent facilement et sont le plus souvent bien minéralisées (MVS < 65 %)
100 < IB < 150 mL.g-1 de MES	Condition acceptable pour des installations fonctionnant dans le domaine de la faible charge – aération prolongée
IB > 150 mL.g-1 de MES	Difficultés possibles de décantation liées au développement de bactéries filamenteuses

**Tableau IV.2** : Valeurs seuil de l'indice de boue (F. EDELINE, 1993)

L'indice de boue est un outil indispensable pour l'exploitant. Il sert à :

- suivre l'évolution de la qualité des boues à titre préventif ou après la mise en œuvre de solutions curatives ;
- gérer la concentration de boue sur les petites stations dans la mesure où l'indice reste stable dans le temps ;
- caractériser les boues en vue de leur déshydratation. En effet, la déshydratation est généralement facilitée par des indices de boue faibles et les doses de réactifs plus faibles vérifient les limites hydrauliques du clarificateur.

**IV.8-MES dans le bassin d'aération :**

Les concentrations en matières en suspension (MES) doivent être adaptées à la charge polluante reçue afin de respecter la charge massique de fonctionnement. La concentration doit systématiquement être maintenue inférieure à 4 g/L pour des effluents urbains.

En effet, des valeurs plus élevées peuvent occasionner :

- des situations de limite hydraulique du clarificateur et un engorgement de celui-ci ;
- des risques de sous-aération ;
- une carence nutritionnelle (charge massique faible) ;
- des dépôts ;
- des surconsommations électriques

**IV.9-conclusion :**

Compte tenu des informations contenues dans ce chapitre, nous avons réussi à comprendre et à analyser des problèmes de fonctionnement au niveau de la STEP de Beni Messous. Les chapitres suivants aborderont les principales causes de dysfonctionnement de cette STEP tant pour le plan d'exploitation, conception ou qualité de l'effluent. Nous envisagerons des solutions et des recommandations en vue d'améliorer le fonctionnement de cette STEP.

## **Chapitre V :**

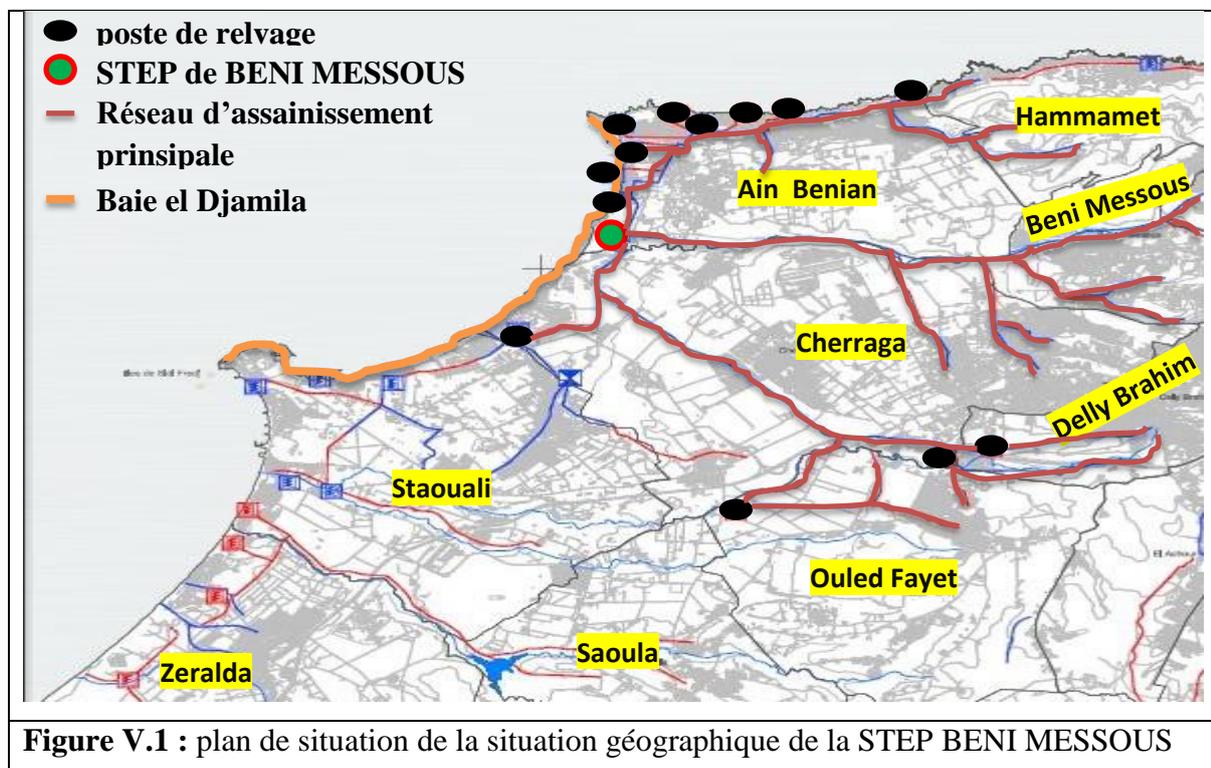
### **Présentation générale de la région d'étude**

### V.1-Introduction :

La station d'épuration de Beni Messous est l'une parmi 4 Step de wilaya d'Alger, La STEP de Beni Messous reçoit les effluents de la zone Ouest d'Alger. Le réseau de collecteurs existant et projeté est constitué de 100 km de réseau, de 9 stations de pompage et de la STEP de Beni Messous. Dans une première phase de construction exploiter a partire de juin 2008 par la SEAAL, cette STEP aura une capacité de traitement de 250.000 équivalents-habitants (EH). Et à juin 2015, ils ont prévoit que l'apport puisse doubler par la deuxième phase qui est en cour de réalisation. la STEP situer dans une zone étatique, touristique et agricole, subit une exploitation intensive en tant que zone périurbaine de loisirs et de détente. Ce qui influe sur le débit et la qualité des effluents entré dans la STEP.

### V.2-Localisation géographique :

. La station d'épuration de BENI MESSOUS situer a les cordoniers ( $36^{\circ}46'59''N$ ) ( $02^{\circ}53'53''E$ ) dans la ville d'AINE EL BENIANE wilaya d'Alger, à l'extrémité d'oued Beni Messous, s'étendue sur un terrain en pente, d'une altitude de 12.46 en amont à 3.32 m en aval. Elle est située sur la route nationale N°11, en bordure de la mer. La STEP est délimitée par la mer Méditerranée, à l'Ouest, par l'Oued Béni Messous au Sud, par la RN 11 entre la ville d'Ain Benian et la ville de Staoueli à l'Est et au nord par l'institut d'hôtellerie. Cette STEP occupée une superficie totale d'environ 12,7 ha.



. Le bassin versant de la zone de projet est un sous bassin versant de l'oued Béni- Messous. Ce dernier s'étend de Bouzaréah à Chéraga entre des altitudes maximale et minimale variant de 360 à 100 m au niveau de l'exutoire. En l'occurrence l'oued Béni- Messous compte 5,72 km de long; sa pente moyenne est de 4,63% et il draine une superficie totale de 18,23 km<sup>2</sup>. Le périmètre de ce bassin est estimé à 17,98 km.

**V.3-Climatologie de la région :** le climat de cette région est un climat est typiquement méditerranéen avec des étés chauds et secs, mais avec des hivers doux et pluvieux, la précipitation fluctuent entre 600 mm et 800 mm. La plupart des précipitations annuelles se produisent entre octobre et avril. Les températures sont plutôt uniformes : la température moyenne journalière (maximale et minimale) tourne autour de 11 °C - 12 °C en janvier, le mois le plus froid de l'année, alors que la température moyenne journalière (maximale et minimale) tourne autour de 25 °C - 26 °C en juillet - août, les mois les plus chauds de l'année. Les étés sont longs et ensoleillés, avec un air plutôt humide sur la côte, mais également avec des brises de mer.

Mois	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	jui.	août	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale moyenne (°C)	5,9	6,4	7	9	12	15,6	18,5	19,1	17,1	13,7	9,6	7	11,7
Température moyenne (°C)	11,3	11,9	12,8	14,7	17,7	21,3	24,6	25,2	23,2	19,4	15,2	12,1	17,4
Température maximale moyenne (°C)	16,5	17,3	18,5	20,4	23,5	27	30,6	31,2	29,2	25,1	20,7	17,2	23,1
Précipitations (mm)	80	81,8	73,4	61,1	39,9	16,7	4,6	7,4	34,2	76	96,4	115,2	686,6
Nombre de jours avec précipitations	11,4	10,6	9,7	9,1	7,3	2,5	1,5	2,5	5,3	8,6	11,1	12,1	91,7

**Tableau V.2 :** données climatologique de la région du STEP (d'après l'ONM)

#### V.4-Présentation des constructeurs de la STEP :

L'étude de La STEP de Beni Messous a été réalisée par le bureau d'étude Autrichien VA TECH WABAG, la conception a été faite par l'entreprise China Geo Engineering Corporation et le Cabinet Merlin comme ingénieurs conseils, la mise en route de cette STEP a débuté en 2007 et exploité pendant 1 année par WABAG et à partir de juin 2008 exploitée par la SEAAL jusqu'à ce jour, pour la première phase. La 2<sup>ème</sup> phase est en cours de réalisation, l'étude et la suivie se fait par le même bureau d'étude, et la réalisation fait par l'entreprise algérienne AmenHyd.

#### V.5-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 893 projets et chantiers d'eau et d'assainissement en 2014. Elle assure 28950 réparations de fuites et renouvèle 26000 branchements par an. On renouvèle, aussi, 142 Km de canalisations d'assainissement et traite 102 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usés par an.

#### V.6-Sources d'effluents arrivés à la STEP :

Les effluents arrivés à la STEP issues de 3 collecteurs branchés à l'entrée du STEP, comme il y a des postes de relevage des eaux qui sont dans un réseau de niveau bas que le réseau de ces collecteurs pour assurer l'entrées de l'eau gravitairement, ces poste de relevage est contrôlé à distance par un système de supervision satellitaire informatisée.

Collecteur	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Diamètre (mm)	Villes raccordées
Collecteur de Beni-Messous	1.25	1500	-Beni-Messous, -Cherraga -Bouzaréah
Collecteur de Ain-Benian	1.22	1200	Ain-Benian
Collecteur de Delly-Brahim	0.389	800	-Delly-Brahim -Ouled Fayet - Staoueli

**Tableau V.3:** les villes raccordé et caractéristiques des collecteurs (DRE W.Alger).

**V.7-Les activités industriels dans la région :** il y a plusieurs activités industrielles dans cette région, comme industries pharmaceutique, textiles, chimiques et agroalimentaire. En résumés tous les industries présentées dans les trois commune principale qui leur réseaux d'assainissement raccordé à STEP BENI MESSOUS, dans le tableau V.4, (voir l'annexe 1)

**V.8-Caractéristique générale de la population :** S'il est une représentation répandue et récurrente, revenant dans tous les discours, c'est celle décrivant Alger comme une agglomération tentaculaire d'une taille démesurée par rapport au reste des agglomérations du pays, entérinant le mythe d'une macrocéphalie métropolitaine préjudiciable au « développement équilibré du territoire ». Ce serait une sorte de pieuvre dont la tête aurait démesurément grandi et dont les tentacules contrôleraient l'ensemble des fonctions vitales du pays. Des organismes aussi sérieux que l'un Habitat donnent des chiffres calculés à partir de tendances d'évolution observées dans le passé qui accréditent cette idée : La ville d'Alger a eu une population de 3 269 000 habitants en 2005 et de 3 741 000 habitants en 2014, soit respectivement 9,5% et 11% de la population totale du pays.

#### **V.9-Conclusion :**

La STEP de BENI MESSOUS situé dans une zone touristique, Pour cela, il existe une différence entre le nombre de population dans la période d'été et l'hiver, ce Qui affectent sur le débit la charge en polluant des eaux usées arrivés à la station, Ceci ce que nous observons clairement dans chapitres suivantes.

Compte tenu de la situation de la step de Beni Messous, dans une zone touristique, il existe une différence entre le nombre de population en période d'été et d'hiver. Ceci affecte directement le débit et la charge polluante arrivées à la step, phénomène que nous observons dans le chapitre qui suit.

## **Chapitre VI :**

### **Description de fonctionnement de la STEP**

**VI.1-Introduction :**

La station d'épuration de la ville de BENI MESSOUS est constituée par la chaîne d'opérations unitaires suivantes du type mécanique, physique et biologique donnant naissance à un procédé traitement dit à boue activée moyen charge :

- Dégrillage grossier et fin
- Dessablage/déshuilage
- Station de dépotage
- Décanteurs primaires
- Station de pompage des boues primaires
- Bassin d'aération
- Décanteurs secondaires
- Station de pompage des boues recyclées et de boues activées en excès
- Epaisseur
- Bassin de stabilisation
- Déshydratation mécanique des boues

**VI.2-Base de dimensionnement décrit par le constructeur :**

Les calculs du dimensionnement technologique se basent sur les données suivantes :

- La Capacité de la population raccordée : 250.000 équivalents habitants (Eq.Hab)
- Les dotations principales suivantes pour la partie urbaine ont été prises en compte :

Consommation spécifique	143 l/hab.j
DBO <sub>5</sub>	50 g/hab.j
Débit d'eau usée :	60 g/hab.j

**Tableau VI. :** Dotation principale de base de dimensionnement

### **VI.3-description de fonctionnement de la STEP :**

La station d'Épuration est prévue pour traiter les eaux usées du bassin versant Ouest de l'agglomération du Grand Alger et situant dans la ville de BENI MESSOUS pour un débit journalier moyen de 50 400 m<sup>3</sup>/j.

La chaîne de traitement est composée de deux lignes : une ligne d'eau et une ligne de boue. Le débit est divisé sur certains ouvrages afin d'améliorer la fiabilité, les opérations de maintenance et la souplesse de fonctionnement de la station.

La filière de traitement comprend ainsi en totalité et successivement :

- Prétraitement mécanique constituée de :
  - Une station de dépotage
  - Dégrillage mécanique grossier
  - Dégrillage mécanique fin
  - Ouvrage de Dessablage et déshuilage
  - Chenal de comptage et de mesure
  
- Décantation primaire constituée de :
  - Ouvrage de répartition
  - Deux décanteurs primaires circulaires
  - Station de pompage de boues primaires
  
- Traitement biologique constituée de :
  - Deux bassins d'aération avec 3 aérateurs de surface
  
- Décantation secondaire et pompage des boues en excès constituée de :
  - Ouvrage de répartition
  - Deux décanteurs secondaires circulaires
  - Ouvrage de pompage des boues activées et de recirculation des boues
  - Un canal de comptage et de mesure
  
- Épaississement & stabilisation des boues constituée de :
  - Deux épaisseurs de boues
  - Station de pompage des eaux troubles
  - Station de pompage des boues épaissies

- Stabilisation des boues constituée de :
  - Deux bassins de stabilisation des boues avec 02 aérateurs de surface chacun
  - Station de pompage de boues stabilisées
  
- Déshydratation de boue constituée de :
  - Deux chaînes de déshydratation avec deux filtres à bandes
  - Station de lavage des filtres à bandes
  - Station de préparation de polymère

### **-Description des composantes principales du traitement :**

#### **VI.4-Déversoir d'orage :**

La protection contre les sur débits est assurée par le déversoir d'orage placé en amont et en aval du dégrilleurs grossier. Facilement accessible (faible profondeur), l'entretien du déversoir (curage, ...) doit être régulièrement effectué.

L'installation d'un bassin d'orage qui reçoit les eaux de pluie les plus chargées s'impose systématiquement. Les bassins d'orage doivent être impérativement brassés et aérés.



**Figure VI.1 : Déversoir d'orage**

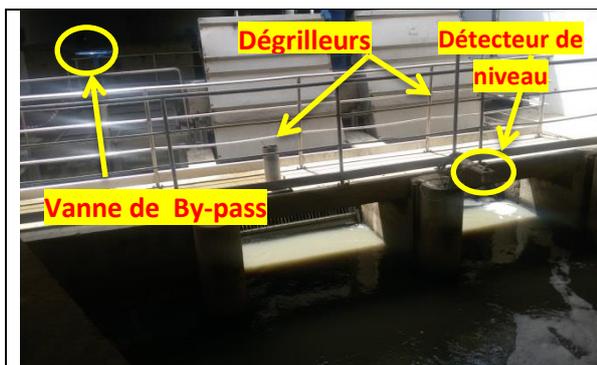
#### **VI.5-Prétraitement :**

##### **VI.5.1-Dégrillage grossier :**

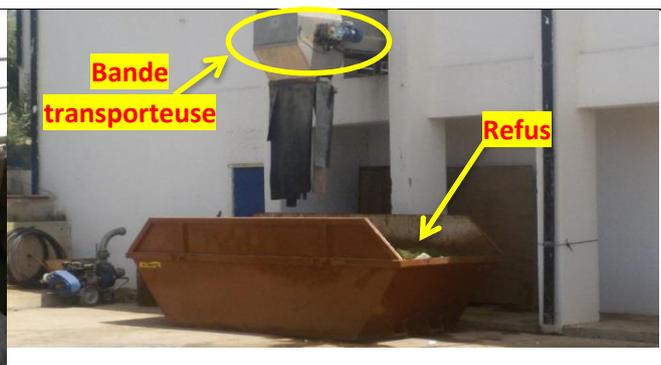
Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration. Il s'agit de grilles qui récupèrent les déchets plus ou moins volumineux entraînés par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement. Cette station est précédée ainsi d'un pré-dégrillage grossier à espacement entre barreaux aux 60 mm servant pour retenir les matières solides de grandes tailles. Il comprend, deux canaux de dégrillage de 1m de large, équipé d'une grille inclinée à nettoyage automatique de caractéristiques suivantes :

- Largeur : 1 m
- Angle d'inclinaison : 60°
- Espacement entre barreaux : 40 mm

Le refus du pré dégrillage est évacué à l'aide d'un râteau mécanisé dans un bac d'égouttage installé dans la partie supérieure de la grille. Après égouttage, le refus est repris au moyen d'une bande transporteuse pour être déchargé dans un conteneur de volume 5 m<sup>3</sup>. Les deux grilles peuvent être isolées, chacune par deux vannes batardeaux.



**Figure VI.2 :** Dégrilleurs grossier



**Figure VI.3 :** Extraction des refus de dégrilleurs

### VI.5.2-Dégrillage fin :

Les effluents pré-dévrillés seraient dirigés vers l'ouvrage de dégrillage fin. Ce Dégrillage fin a pour rôle de débarrasser les eaux brutes des déchets solides ayant échappés à la grille grossière et installée à l'entrée de la station.

Il comprend, deux canaux de dégrillage de 1 m de large, équipé d'une grille inclinée à nettoyage automatique de caractéristiques suivantes :

Largeur : 1 m

Angle d'inclinaison : 60°

Espacement entre barreaux : 15 mm

Les refus du dégrillage sont déversés dans une vis transporteuse et qui seront alternativement compactées afin de réduire par la même occasion le volume de ces déchets collectés avant de retomber dans une benne de volume 5 m<sup>3</sup> : Les eaux de percolation seront récupérées dans le canal de dégrillage fin. Les deux grilles peuvent être isolées, chacune par deux vannes batardeaux.



**Figure VI.4** : Dégrilleurs fin



**Figure VI.5** : Extraction des refus de dégrilleurs

### VI.5.3- Déshuilage dessablage :

L'ouvrage se compose de deux canaux rectangulaires, de section trapézoïdale, de 2,4 m de large et 30 m de long chacun, avec une hauteur d'eau moyenne de 3,60 m représentant donc un volume total de deux ouvrages de 518 m<sup>3</sup>.

Les conditions de fonctionnement de chaque canal sont les suivantes

- Charge hydraulique en pointe : 25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>
- Vitesse coulée max : 0.1 m/s
- Largeur du canal déshuileur : 0.8 m
- Charge superficielle moyenne du déshuilage en temps sec : 10 m/h
- Temps de séjour minimal : 5 min

Dans chaque canal, un baffle à claire voile installé parallèlement à l'axe principal délimite deux zones distinctes du point de vue fonctionnel : une zone turbulente de dessablage et une zone calme pour le déshuilage.

Dans la première zone, les filets d'eau décrivent un mouvement en forme d'hélice résultant de la conjugaison de l'avancement horizontal de l'eau et du mouvement vertical ascendant engendré par les bulles d'air émises par les rampes de diffusion d'air situées à environ 2,80 mètres sous le niveau d'eau.

Ce mouvement et ce brassage ont pour effet d'empêcher la sédimentation des matières plus légères lavées c'est-à-dire les matières organiques et autres en suspension.

	
<p><b>Figure VI.6 :</b> Vue extérieure d'ouvrage déshuileur dessableur</p>	<p><b>Figure VI.7 :</b> Dessableur déshuileur</p>
	
<p><b>Figure VI.8 :</b> Citerne d'extraction des huiles</p>	<p><b>Figure VI.9 :</b> Classificateur à sable</p>

**VI.5.4- Décantation primaire et pompage des boues :**

Les effluents ainsi prétraités seraient ensuite dirigés sur un ouvrage de répartition puis sur deux décanteurs primaires cylindro-coniques de caractéristiques unitaires suivantes :

- Diamètre : 29 m
- Hauteur cylindrique : 3,4 m
- Volume : 2223 m<sup>3</sup>

Les décanteurs, équipés de 2 Ponts racleurs radiaux actionnés par deux motoréducteurs d'entraînement, sont de type à raclage mécanique des boues (par un ensemble de racleurs de fond).

Chaque décanteur peut être isolé à l'amont, au niveau de l'ouvrage de répartition par 2 Vannes murales d'isolement, 1000x1000 mm.

On a Le Temps de séjour (Ts) en fonction de la charge hydraulique dans le tableau suivant :

Débit / Charge hydraulique (m <sup>3</sup> /h)	Temps de séjour unitaire Ts (h)
1490	1h 30 min
1800	1 h 15 min
3600	38 min

**Tableau VI.2 :** Temps de séjour de décanteur primaire

Le temps de séjour important dans l'ouvrage permettra un bon abattement de la matière en suspension grossière contenue dans l'effluent prétraité (jusqu'à 64 %) dite désormais la boue primaire.

Ces boues primaires ainsi décantées seront soutirées directement de chaque décanteur, via une tuyauterie d'extraction des boues en acier  $\varnothing$  200 mm, par deux pompes à vis excentrique vers les deux Epaisseur.

Le pompage des boues se met en marche normalement pour une concentration de MS supérieure à 15 g/l. La mesure de la concentration de boues primaires est faite quotidiennement au niveau du laboratoire.

L'installation de pompage des boues mixtes comprend électropompes horizontales du type vis excentriques, de caractéristiques unitaires :

- Débit : 28 m<sup>3</sup>/h
- Pression de refoulement : 2 bars



Figure VI.10 : Décanteur primaire

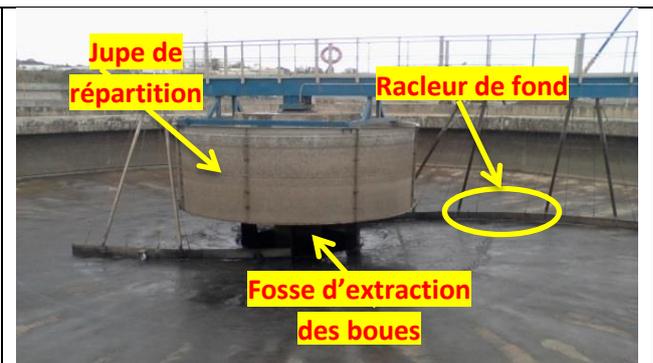


Figure VI.11 : Décanteur vide



Figure VI.12 : Bassin de récupération des eaux décanter et des eaux prétraiter en excès



Figure VI.13 : Ouvrage de répartition

## VI.6-Traitement biologique

### Bassin d'aération :

Afin d'assurer le métabolisme microbien et le besoin énergétique pour la biodégradation des matières organiques, un apport d'oxygène est donc indispensable pour le traitement biologique, une teneur d'oxygène dissous de l'ordre de 1 à 3 mg/l devrait être maintenue dans le système d'aération.

Pour ce fait, l'effluent en provenance des Décanteurs primaires est introduit en tête de deux bassins d'aération de forme rectangulaire se dimensionnés comme suite :

Nombre de bassin : 2

Longueur au plan d'eau : 55.5 m

Largeur au plan d'eau : 18.5 m

Hauteur d'eau : 4.58 m

Volume net unitaire : 4700 m<sup>3</sup>

Volume net total : 9400 m<sup>3</sup>

Pour assurer les objectifs classiques appliqués à cette station d'épuration à boues activées, le dimensionnement du bassin d'aération prendra généralement en compte Les conditions de fonctionnement suivantes :

- Charges massique : 0,233 kg OBO5/kg MES x j
- Concentration en boues activées : 4 g/l
- Age des boues

Le Temps de séjour des eaux usées dans le bassin d'aération, sur la base d'un taux de recyclage de boue de 73 %, est :

- au débit moyen par temps sec : 3,64 h
- au débit de pointe par temps sec : 3,01 h
- au débit de pointe par temps de pluie : 1,51 h

Les équipements prévus pour l'épuration biologique sont :

3 aérateurs de surface pour chaque bassin

1 Turbine à 16 pales d'acier de diamètre 2400 mm pour chaque aérateur

1 Déversoir de sortie du bassin avec baffle siphonide de protection pour chaque bassin

Chaque turbine ayant une capacité d'oxygénation de 130 kg O<sub>2</sub>/h, sous conditions Standards, l'ensemble permet donc de fournir 780 kg O<sub>2</sub>/h.

Située à l'aval de chaque bassin, une paroi siphonide exécutée en béton retient dans le bassin d'aération les mousses et autres flottants qui pourraient être générés par la rotation des aérateurs de surface. Cette paroi siphonide sert également de paroi de tranquillisation. Un système d'arrosage branché sur le réseau d'eau de service permet de combattre ce phénomène s'il se présente.



**Figure VI.14 :** Bassins d'aération



**Figure VI.15 :** Aérateur de surface

### VI.7-Décantation secondaire et pompage des boues activées :

La liqueur mixte de boues activées est ensuite dirigée vers les ouvrages de décantation secondaire après passage dans un ouvrage de répartition.

Le but de cette opération est la séparation de l'eau épurée des boues qu'elle contient. La liqueur mixte est introduite en son centre ; l'eau clarifiée déborde en périphérie dans une double goulotte de reprise et les boues se déposent sur le radier.

Chaque ouvrage, de forme cylindro-conique, a les dimensions suivantes :

Diamètre : 55 m

Hauteur cylindrique : 3,95 m

- Volume : 9384m<sup>3</sup>

Chaque décanteur, équipé d'un Pont roulant radial actionné par un motoréducteur d'entraînement, disposant d'un racleur de surface (récupération des flottants) et d'un racleur de fond (concentration des boues décantées vers le centre de l'ouvrage).

Le racleur de fond reposant sur un radier lisse et muni de bavettes en caoutchouc, est conçu en persienne (non continu) afin d'augmenter le temps de séjour des boues. Pour faciliter le raclage de ces boues: le radier de l'ouvrage est muni d'une pente de 10 - 15 %.

La récupération des flottants, quant à elle, s'effectue alors par l'intermédiaire d'une lame radiale en caoutchouc et d'une double goulotte périphérique de récupération placée sur un rayon du bassin.

Le système d'écumage est équipé, en outre, d'un ensemble de déversoirs et cloisons pare-écume permettant de chasser les flottants ayant échappé à l'ouvrage de déshuilage et qui seront collectés gravitairement dans la chambre des eaux troubles prévue pour ce fait.

Chaque décanteur peut être isolé à l'amont, au niveau de la tour de répartition par une Vanne murale d'isolement à commande par volant de 1200x1200 mm.

Chaque ouvrage est, en outre, équipé de :

- Un ensemble de déversoirs de répartition en tôle galvanisée.
- Une tuyauterie d'extraction des boues.

Le rendement d'un décanteur secondaire dépend du débit d'eaux usées appliqué par superficie unitaire horizontale de décantation ou en d'autres termes de la vitesse ascensionnelle. Cette dernière dépend elle-même de la profondeur moyenne d'eau, du flux massique de la liqueur mixte introduit dans les décanteurs, de l'indice de Molhman de la liqueur mixte ainsi que du taux de retour des boues décantées vers le bassin d'aération.

De ce fait, pour un débit d'eaux usées relativement constant, la performance des décanteurs secondaires ne doit dépendre que du flux de la liqueur mixte entrant dans ces décanteurs.

Débit des eaux usées	Q (m <sup>3</sup> /h)	Ts(h)
Débit moyen par temps sec	1 490	12,59
Débit de pointe par temps sec	1 800	10,42
Débit de pointe par temps de pluie	3 600	5,21

**Tableau VI.3 :** Temps de séjour de décanteur secondaire

On voit dans le tableau suivant la vitesse ascensionnelle en fonction du débit des eaux usées (Q) :

Débit des eaux usées	Q (m <sup>3</sup> /h)	VA (m/h)
Débit moyen par temps sec	1 490	0,63
Débit de pointe par temps sec	1 800	0,76
Débit de pointe par temps de pluie	3 600	1,52

**Tableau VI.4 :** vitesse ascensionnelle du décanteur secondaire

Les boues en excès produites par le processus biologique sont prélevées par deux groupes électropompes immergés (un de secours). Ces groupes refoulent ces boues activées en tête de deux épaisseur. Ces pompes verticales du type immergé, de caractéristiques unitaires :

- Débit : 102m<sup>3</sup>/h
- HMT : 15,1 m

- Couplets avec pieds d'assise, barres de guidage, tuyauterie et robinetterie de refoulement.
- Contrôleur de niveau contre la marche à sec

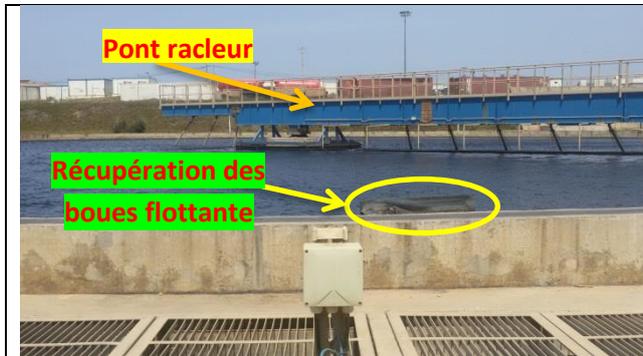


Figure VI.16 : Clarificateur



Figure VI.17 : Ouvrage de répartition

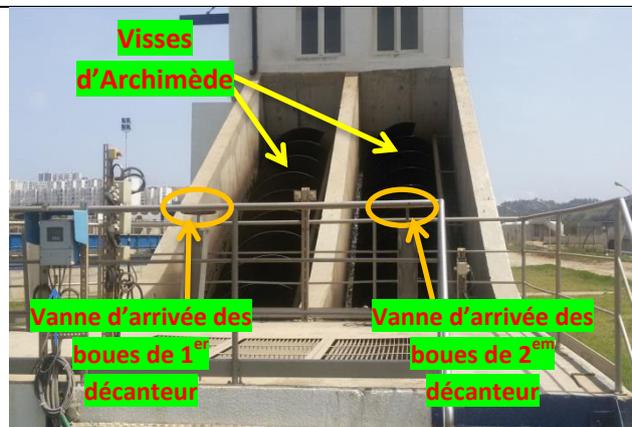


Figure VI.18 : Vis d'Archimède pour l'élévation des boues décantées

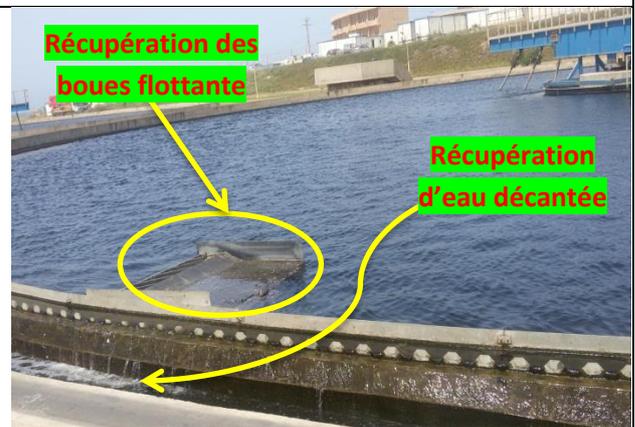


Figure VI.19 : Sortie de l'eau décantée de la dernière étape du traitement

### VI.8- Station d'eau épurée :

A la sortie de la décantation secondaire, le débit traité sera mesuré sur un venturi en canal ouvert avant rejet. La lecture du débit instantané ainsi que le totaliseur sera transmise au niveau de la salle de contrôle.

Analyse l'eau épurée échantillonnée proportionnellement à la mesure du débit et délivre les signaux de mesures suivants :

- Matières en suspension ;
- Conductivité ;
- pH
- Température



**Figure VI.20 :** canal venturi pour mesuré le débit d'eau épuré



**Figure VI.21 :** armoire de mesure des pH, MES, conductivité et la T° d'eau épuré

## VI.8-Traitement des boues :

### VI.8.1-Epaississement des boues :

Il s'agit d'une étape intermédiaire dans la diminution du volume de boues produites par la station. Les boues excédentaires (primaires et secondaires activées), seront injectées en tête de deux épaisseurs afin d'améliorer la concentration de ces boues en termes de matières solides.

En effet, la concentration des boues en excès avant l'épaississement est de l'ordre 12 g/l, quant à celle après épaisseur, elle peut atteindre 40 g/l.

L'ouvrage prévu pour cet effet ayant les caractéristiques suivantes :

Nombre des épaisseurs : 2

Diamètre : 16 m

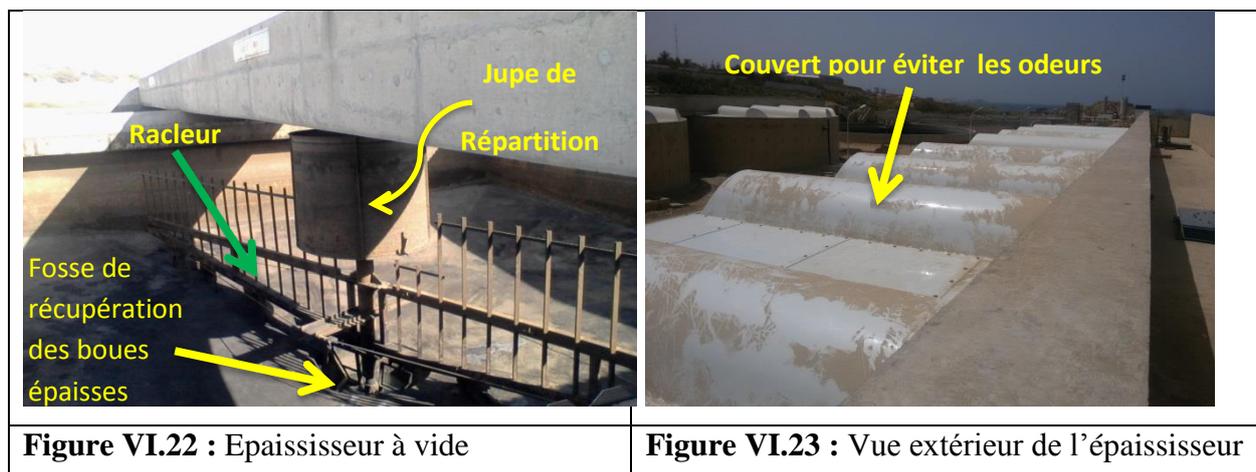
Hauteur de boue 3.5m

Surface : 202 m<sup>2</sup>

Volume net unitaire : 703 m<sup>3</sup>

Volume net total : 1408 m<sup>3</sup>

Charge superficielle : 38.6 kg/m<sup>2</sup>.j



**Figure VI.22 :** Epaisseur à vide

**Figure VI.23 :** Vue extérieur de l'épaisseur

### VI.8.2-Bassin de stabilisation des boues :

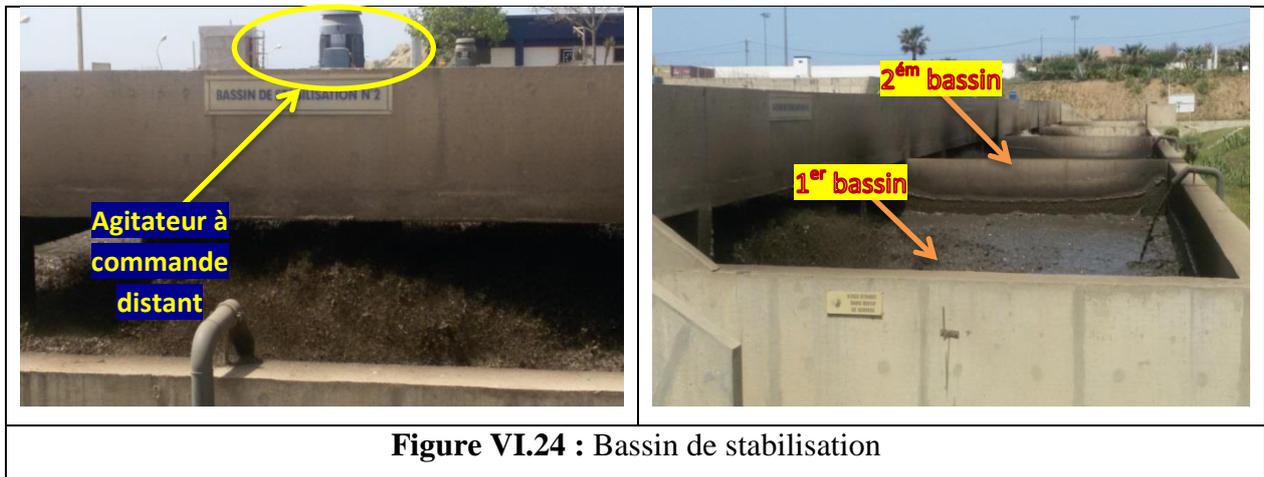
Après avoir oxydé toute la matière organique polluante biodégradable, les microorganismes, présentés dans les boues activées mixtes (primaires et secondaires), nécessitent un apport supplémentaire d'oxygène afin d'achever le processus biologique avec le deuxième stade correspondant à la biosynthèse et à la phase de respiration endogène.

Pour ce fait, la boue ainsi épaissie en provenance des épaisseurs est introduite en tête de deux bassins de stabilisation de forme rectangulaire ayant les dimensions suivantes:

- Nombre de bassin : 2
- Longueur au plan d'eau : 35 m
- Largeur au plan d'eau : 17.5 m
- Hauteur d'eau : 4.02 m
- Volume net unitaire : 2461 m<sup>3</sup>
- Volume net total : 4922 m<sup>3</sup>

Les conditions de fonctionnement seraient ainsi les suivantes :

- Concentration en boues stabilisées : 40 g/l
- Age des boues : 12,7 j



**Figure VI.24 : Bassin de stabilisation**

### VI.8.3-Déshydratation mécanique des boues :

Deux chaînes de déshydratation mécanique des boues sont prévues. Chaque chaîne est constituée principalement des équipements suivants :

- une pompe à boues stabilisées ;
- une pompe de dosage de polymère ;
- une pompe de lavage filtre ;
- un filtre à bandes ;
- un convoyeur de boues horizontal (commun pour les 02 chaînes) ;
- une pompe de gavage (commun pour les 02 chaînes) ;
- un compresseur d'air comprimé (commun pour les 02 chaînes) ;



**Figure 25 : Filtre à bande**



**Figure 26 : Lit de séchage des boues**

- après la déshydratation les boues, les boues sont séchées dans des lits de séchage ensuite, elles seront évacuées dans la décharge de la chiffa (W. de blida).

### VI.9-Conclusion :

Nous avons observé que cette station contient seulement les ouvrages principaux pour une station d'épuration classique, ce qui va influe sur leur fonctionnement et sur la qualité des eaux épuré, on voire ca clairement dans les chapitre suivants.



## **Chapitre VII :**

# **Caractérisation des eaux usées de la STEP**

### **VII.1-Introduction :**

L'analyse et la caractérisation des eaux usées est fondamentale pour la conception et l'exploitation des stations d'épuration urbaines. En effet, les caractéristiques de l'eau usée brute en terme de débit, et de concentrations correspondent à certaines données d'entrée, essentielles aux process épuratoires. La qualité de l'eau traitée correspond quant à elle aux objectifs à atteindre. Les concentrations, entre autres paramètres, servent donc de données de base lors d'un projet de station d'épuration, ou pour l'étude de fonctionnement d'une station existe, permettent le suivi des performances épuratrices, et le réglage du process en cours d'exploitation. La caractérisation des eaux traitées permet la surveillance du respect des normes de rejet dans le milieu récepteur.

Pour cette raison, nous avons examiné les caractéristiques des eaux usées de la STEP de Beni Messous, avant et après le traitement, Et comparées par rapport aux normes internationales, ces résultats qui nous aideront plus tard dans la compréhension du fonctionnement de cette station et de comprendre les causes des problèmes.

Dans cette approche on a utilisé les données disponibles à partir de mai 2014 jusqu'à avril 2015.

### **VII.2-matériels et méthodes :**

#### **VII.2.1-mesure des débits :**

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à la mesure de débit à l'entrée-sortie de la station. En effet, la mesure de débit des eaux brutes est effectuée par un débitmètre installé à la sortie du pont dessableur-déshuileur tandis que, le débitmètre mesurant le débit des eaux épurées est placé à la sortie des décanteurs secondaires.

Cette mesure de débit est de type ultrasonique par canal « venturi » combinée avec un transmetteur délivrant un signal 4-20mA correspondant à la valeur instantanée du débit et un signal impulsionnel pour totalisation du débit des eaux brutes et des eaux traitées.

#### **VII.2.2-Échantillonnage :**

Pour évaluer la qualité des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration ainsi que l'efficacité du traitement primaire de la STEP, trois sites de prélèvement ont été échantillonnés à savoir :

- Premier point : l'entrée de la station, après le dessableur-déshuiler ;
- Deuxième point : la sortie du décanteur primaire ;
- Troisième point : la sortie des décanteurs secondaires de la station, au niveau de la sortie de l'eau épurée.

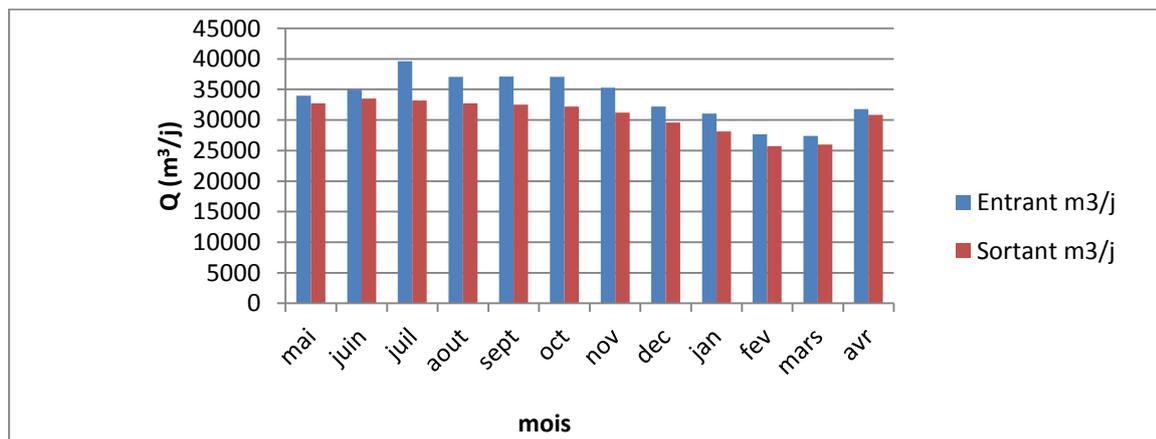
Les prélèvements sont réalisés à l'aide de trois armoires d'échantillonnage 'VENTURI' placées en l'entrée et en sortie du décanteur primaire et de la STEP. Chaque prise d'échantillon est d'un même volume de 100 ml versés dans des bouteilles en polyéthylène, préalablement lavées et rincées avec de l'eau distillée. Cependant, en mode proportionnel au volume, l'intervalle entre les prélèvements d'échantillon change suivant les impulsions reçues depuis le débitmètre. Ainsi, ces échantillons asservis au débit sont représentatifs de la qualité de l'effluent sur une période de 24 heures. Les échantillons prélevés sont ensuite ramenés au laboratoire de la station où ils seront analysés.

### VII.3-Paramètres analysés :

Les principaux paramètres de pollution analysés à l'entrée-sortie de la STEP sont la température, le pH, les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique (DBO<sub>5</sub>), phosphore total et l'azote total). Il conviendrait de rappeler que le rôle d'un décanteur primaire est d'alléger la charge en MES, en DBO<sub>5</sub> et en DCO entrant dans le bassin d'aération. C'est pourquoi, seuls ces trois paramètres ont été analysés à l'entrée-sortie de cet ouvrage afin d'évaluer les performances épuratoires du décanteur.

#### VII.3.1-débit moyen mensuel :

Les débits moyens mensuels des eaux usées entrées à la STEP, et eaux épurées sorties de la STEP, et représentés dans la figure suivante :



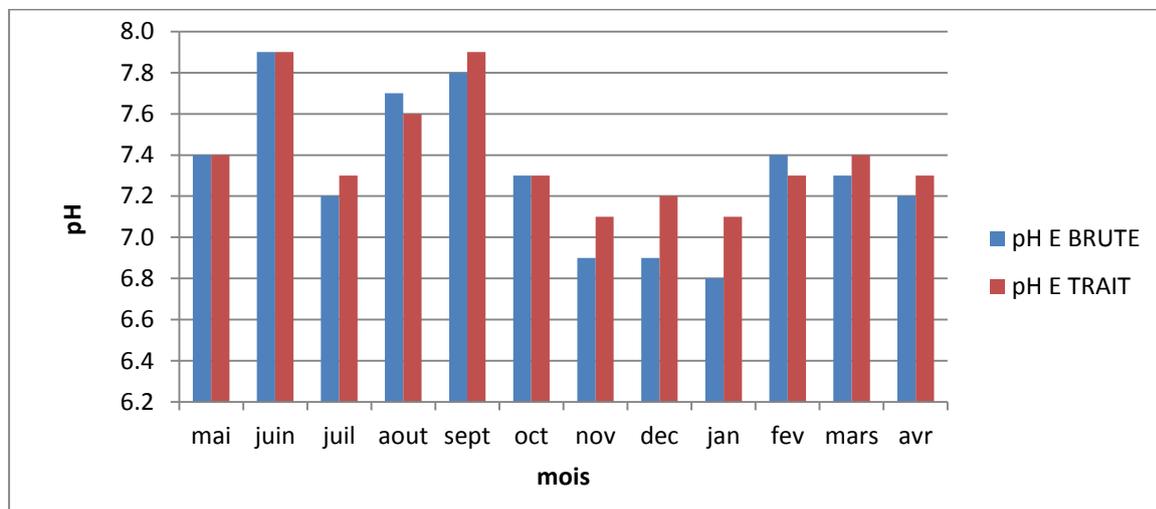
**Figure VII.1 :** Variation des débits moyens mensuels à partir de mai 2014 à avril 2015

### Interprétation :

Nous notons qu'il y a une différence entre les deux débits entrant et sortant, cette différence est liée à la teneur en eau retenue dans les boues récupérées. Nous remarquons aussi que le débit est en augmentation dans la période estivale, En effet, cette augmentation peut s'expliquer par la forte consommation en eau potable pour divers usage et par le caractère touristique de la région d'étude qui engendre des rejets importants en eaux usées en été.

### VII.3.2-pH :

La variation de pH moyen mensuel des eaux usées entré à la STEP, et eaux épurée sortie de la STEP, et représentés dans la figure suivante :



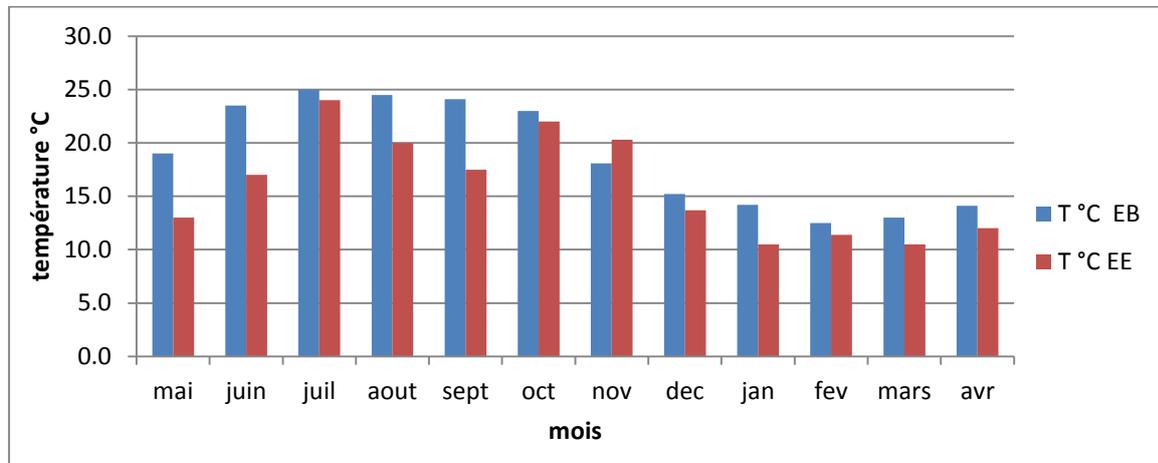
**Figure VII.2 :** Variation de pH moyen mensuelle à partir de mai 2014 à avril 2015

### Interprétation :

Le pH, indique l'alcalinité des eaux usées, son rôle est capital pour la croissance des microorganismes qui ont généralement un pH optimum variant de 6,5 à 7,5. Lorsque le pH est inférieur à 5 ou supérieur à 8,5, la croissance des microorganismes est directement affectée. En outre, le pH est un élément important pour l'interprétation de la corrosion dans les canalisations des installations de l'épuration. Les valeurs de pH moyen mensuel obtenu varient peu et restent autour de 7,4 d'eau brute et 7.3 d'eau épuré en moyenne, Ces valeurs sont conformes aux normes établies pour les rejets des eaux en milieu récepteur.

### VII.3.3-La température :

La variation de la température moyenne mensuelle des eaux usées entré à la STEP, et eaux épurée sortie de la STEP, et représentés dans la figure suivante :



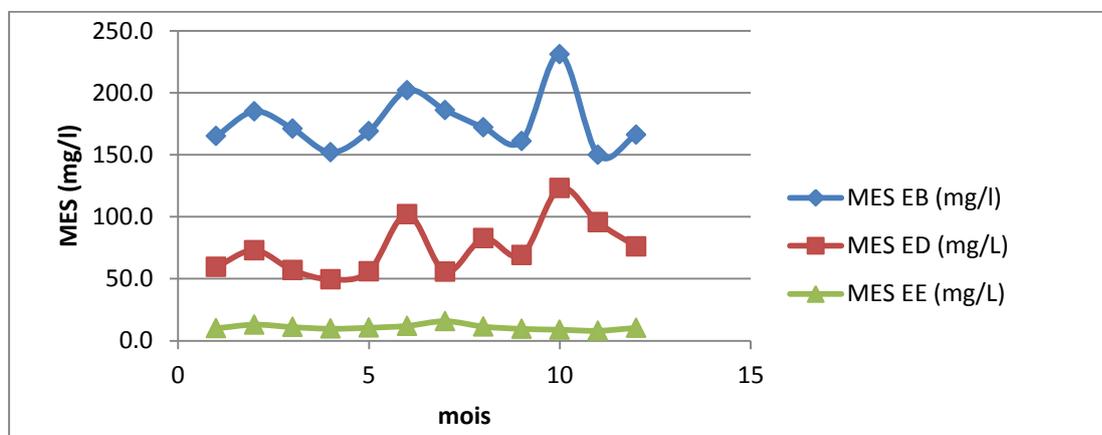
**Figure VII.3 :** Variation de la température moyenne mensuelle à partir de mai 2014 à avril 2015

#### Interprétation :

Les variations des valeurs moyennes mensuelles de température de l'eau sont étroitement liées à celles de la température de l'air et en fonction des conditions météorologiques. La valeur minimale enregistrée est de 10,5°C au mois de février et la valeur maximale est de 25°observée au mois d'aout. Ces valeurs obtenues sont caractéristiques des eaux usées brutes et sont favorables à l'activité bactérienne responsables de l'épuration.

### VII.3.4-matières en suspension :

La variation de la température moyenne mensuelle des eaux usées entré à la STEP, et eaux épurée sortie de la STEP, et représentés dans la figure suivante :



**Figure VII.4 :** Variation des MES moyen mensuelle à partir de mai 2014 à avril 2015

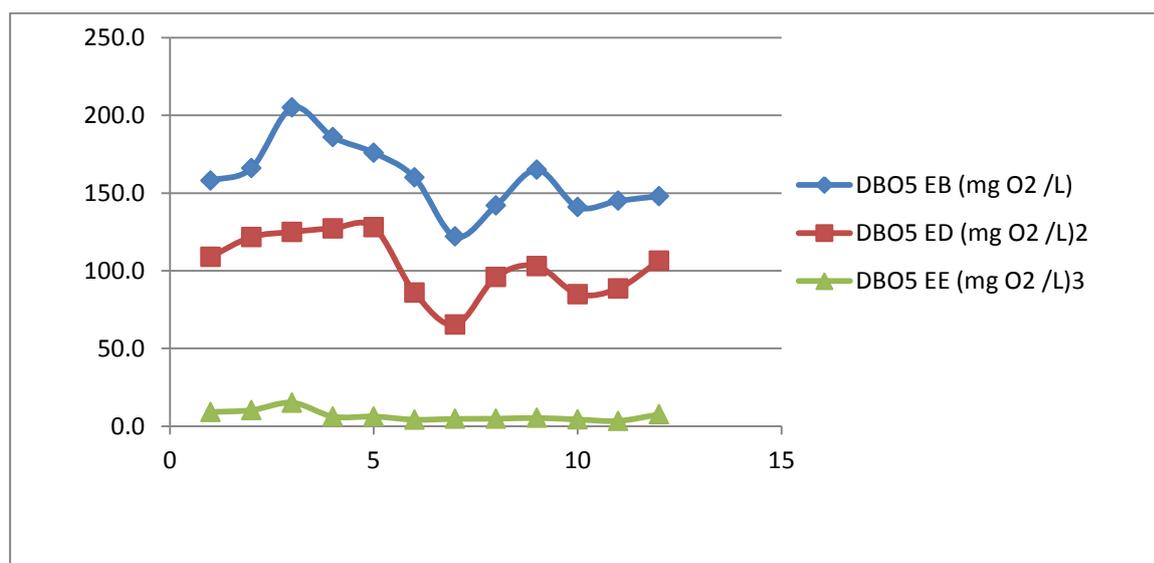
**Interprétation :**

L'évolution des MES à l'entrée de la STEP, montre des valeurs variant entre 150 et 240 mg/l avec une moyenne de 175 mg/l, Nous constatons que les teneurs en matières en suspension sont inférieure à la capacité nominale de la STEP qui est de 300 mg/L.

À la sortie de la STEP, les valeurs des MES se situent entre 8 et 15.8 mg/l durant toute la période d'étude et sont inférieures à la norme de rejet recommandée par l'OMS et qui est 30mg/l. Ces valeurs reflètent la bonne élimination de ces particules par le décanteur primaire qui permet d'éliminer 66% de MES moyen de 0.57 %, ainsi que par le phénomène d'adsorption des matières en suspension sur les floccs biologique et par sédimentation de ces derniers au niveau du clarificateur.

**VII.3.5-demande biologique en oxygène DBO<sub>5</sub> :**

La variation de la DBO<sub>5</sub> moyenne mensuelle des eaux usées entré à la STEP, et eaux épurée sortie de la STEP, et représentés dans la figure suivante :



**Figure VII.5 :** Variation de la DBO<sub>5</sub> moyen mensuelle à partir de mai 2014 à avril 2015

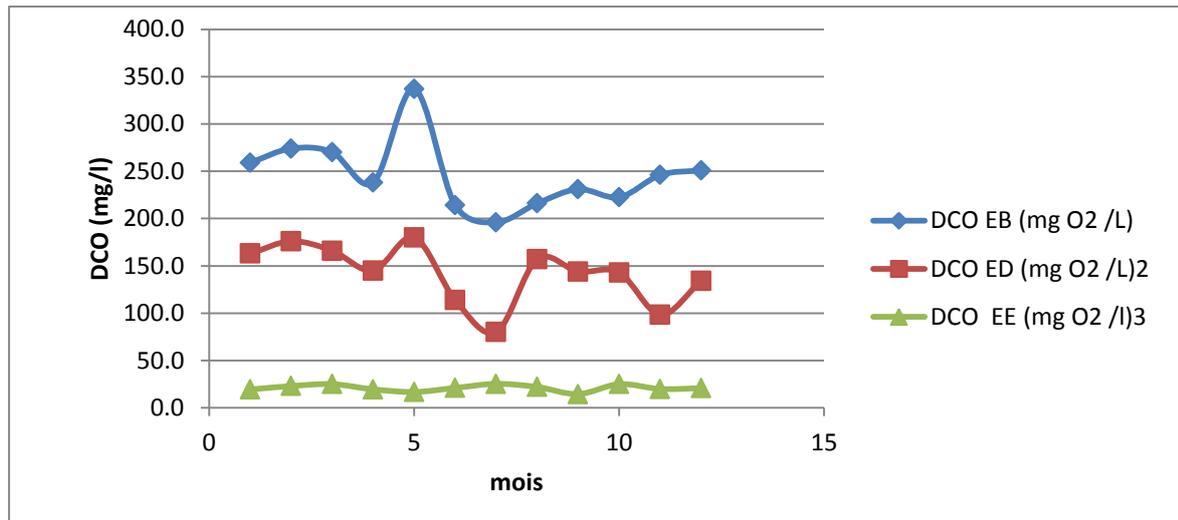
**Interprétation :**

la DBO<sub>5</sub> à l'entrée de la station, varient entre 122 et 205 mg/l pendant la période rentrent dans la fourchette d'une eau usée moyennement polluée et qui est de 150 < DBO<sub>5</sub> < 350 mg /L. Ces résultats confirment l'origine urbaine de l'eau brute. Dans l'eau épurée, elle varie entre 3.4 et 15.1 mg/l ; elle est nettement inférieure à la norme de rejet qui est de 30mg/l. En effet, cet abattement très important de la DBO<sub>5</sub> est le résultat d'une bonne élimination de la matière organique non seulement au niveau du traitement secondaire (bassin d'aération et décanteur secondaire) mais aussi au niveau du traitement primaire (décanteur primaire), qui permet

d'éliminer jusqu'à 46% moyen de 35% de la DBO<sub>5</sub>. Toutefois, ce rendement est conforme au taux d'élimination théorique de la DBO<sub>5</sub> escompté lors de la conception et qui est estimé entre 25% à 35%.

### VII.3.6-demande chimique en oxygène DCO :

La variation de la DCO moyenne mensuelle des eaux usées entré à la STEP, et eaux épurée sortie de la STEP, et représentés dans la figure suivante :



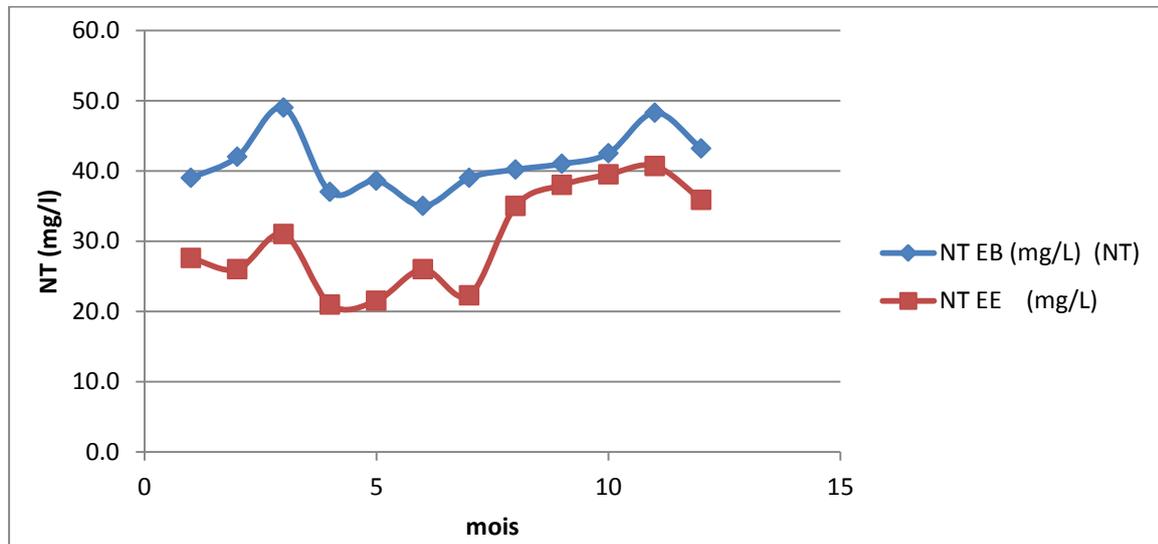
**Figure VII.6 :** Variation de la DBO<sub>5</sub> moyen mensuelle à partir de mai 2014 à avril 2015

#### Interprétation :

la DCO à l'entrée de la station, varient entre 196 et 337 mg/l moyen de mg/l, et les concentrations moyennes à la sortie sont comprises entre 14.5 et 25.3 mg/L ; inférieures aux normes fixées par le constructeur comprises entre 90 et 120 mg/L. Le bon rendement d'élimination de la DCO est dû à l'abattement de cette charge au sein du décanteur primaire qui atteint 60% moyen de 42%, ainsi qu'au niveau du bassin d'aération, en outre la décantation au niveau du clarificateur.

### VII.3.7-azote total :

La variation de l'azote total moyenne mensuelle des eaux usées entré à la STEP, et eaux épurée sortie de la STEP, et représentés dans la figure suivante :



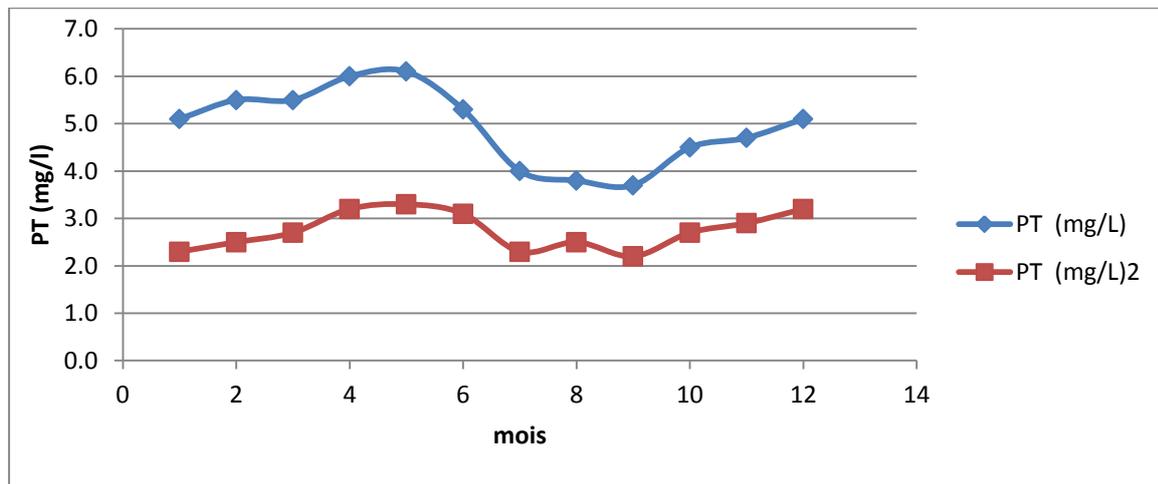
**Figure VII.7 :** Variation de l'azote total moyenne mensuelle à partir de mai 2014 à avril 2015

#### Interprétation :

Les teneurs en azote total à l'entrée de la station sont comprises entre 35 et 49 mg/L avec une moyenne de 41.2 mg/L. Ces teneurs décrivent des effluents d'origine urbaine puisque leurs concentrations sont inférieures à 100 mg/L, en sortie de la station, les résultats d'analyses en azote total sont compris entre 21.0 et 40.7 mg/L et dépassent considérablement la norme de rejet ( $NT \leq 15 \text{ mg/L}$ ). On peut donc conclure que l'élimination de la pollution azotée au sein de cette station est insuffisante et inefficace, alors un traitement complémentaire doit être mis en place.

### VII.3.8-Phosphore totale :

La variation de l'azote total moyenne mensuelle des eaux usées entré à la STEP, et eaux épurée sortie de la STEP, et représentés dans la figure suivante :



**Figure VII.8:** Variation du moyen mensuelle phosphore total à partir de mai 2014 à avril 2015

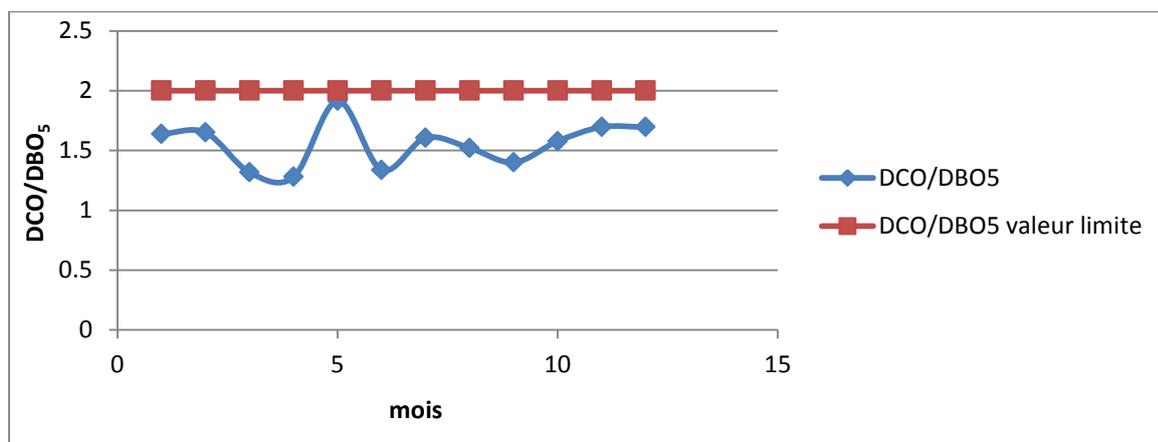
### Interprétation :

Les teneurs en phosphore total à l'entrée de la station sont compris entre 3.7 et 6.1 mg/L avec une moyenne de 4.9 mg/L, en sortie de la station, les résultats d'analyses en phosphore total sont compris entre 2.2 et 3.3 mg/L moyen de 2.7, ils dépassent la norme de rejet ( $PT \leq 2$  mg/L). On peut donc conclure que l'élimination de la pollution phosphorée au sein de cette station est insuffisante et inefficace, alors un traitement complémentaire doit être mis en place.

## VII.4-Étude des indicateurs de performances (ratios) :

### VII.4.1-Ratio DCO/DBO<sub>5</sub> :

La variation de ratio DCO/DBO<sub>5</sub> moyenne mensuelle des eaux usées entré à la STEP, et eaux épurée sortie de la STEP, et représentés dans la figure suivante :



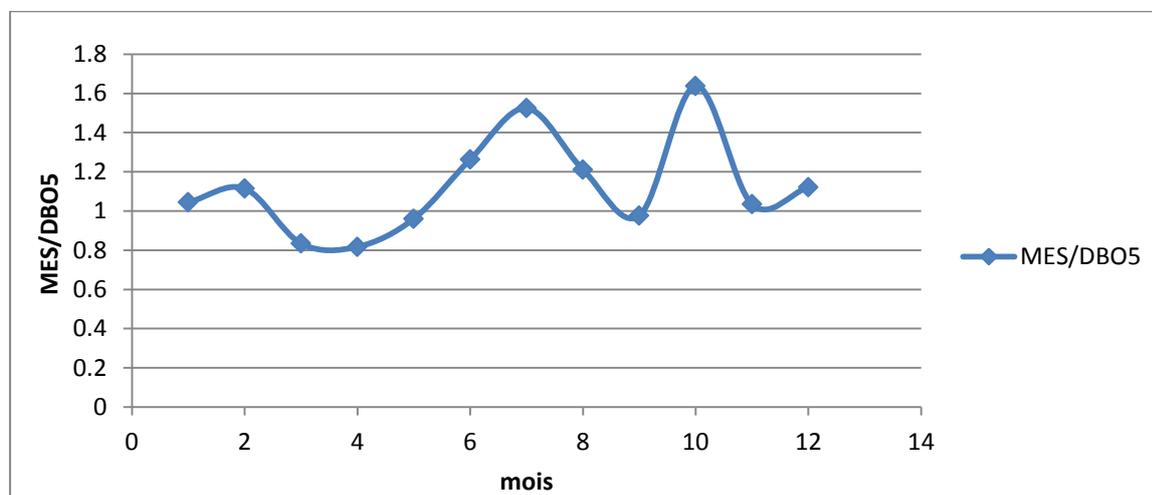
**Figure VII.9 :** Variation de ratio DCO/DBO<sub>5</sub> moyen mensuelle à partir de mai 2014 jusqu'à avril 2015

**Interprétation :**

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est révélateur du mode de traitement à adopter et de la qualité de l'effluent à traiter. Ainsi, les résultats obtenus compris entre 1 et 2 ne montrent aucun dépassement de la valeur limite égale à 2 et confirment la qualité domestique de l'eau brute qui se prête bien à un traitement biologique notamment le traitement par boues activées. Ceci nous permet également de déduire qu'il s'agit bien d'un effluent urbain sans apport d'effluents industriels d'origine agroalimentaire.

**VII.4.2-Ratio MES/DBO<sub>5</sub> :**

La variation de de ratio MES/DBO<sub>5</sub> moyenne mensuelle des eaux usées entré à la STEP, et eaux épurée sortie de la STEP, et représentés dans la figure suivante :



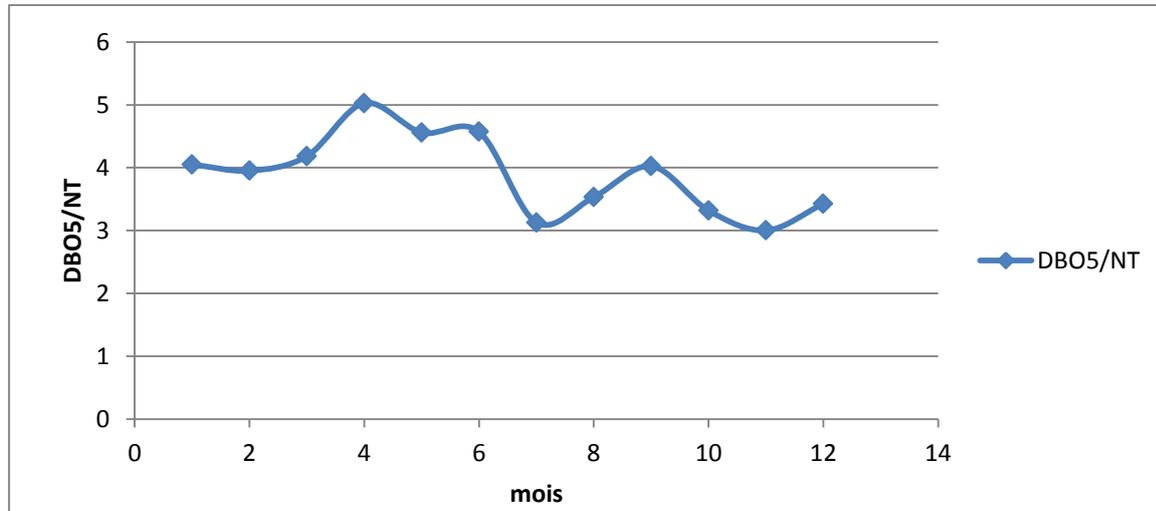
**Figure VII.10 :** Variation de ratio MES/DBO<sub>5</sub> moyenne mensuelle à partir de mai 2014 jusqu'à avril 2015

**Interprétation :**

Le ratio MES/DBO<sub>5</sub> indique la répartition de la pollution particulaire et de la pollution dissoute. Les valeurs de ce ratio varient entre 0,81 et 1,64 avec une valeur moyenne de 1,12. Cela indique que la pollution admise à la station est plutôt granulaire que dissoute. Si on compare ces valeurs avec celles d'un effluent urbain strict (0,8 à 1,2), nous remarquons qu'elles dépassent cette fourchette donc il aura une influence sur le % des MVS qui va être faible et entraînera une faible production de boues en excès.

### VII.4.3-Ratio DBO<sub>5</sub>/NT :

La variation du DBO<sub>5</sub>/NT moyenne mensuelle des eaux usées entré à la STEP, et eaux épurée sortie de la STEP, et représentés dans la figure suivante :



**Figure VII.11 :** Variation du DBO<sub>5</sub>/NT moyen mensuelle à partir de mai 2014 à avril 2015

#### Interprétation :

Une dénitrification efficace suppose une certaine proportion en composés carbonés facilement biodégradables. Dans les eaux usées urbaines le rapport DBO<sub>5</sub>/N est de 4 à 5. S'il descend en-deçà, le processus de dénitrification ne s'effectue pas complètement, ce qui se traduit par des valeurs de processus accrues en termes de nitrates. Les valeurs enregistrées concernant ce ratio varient entre 3 et 5.02, nous remarquons que ces valeurs atteignent la limite supérieure de l'intervalle qui correspond à l'effluent urbain et. Dans ce cas l'apport de carbone est théoriquement insuffisant et ne peut pas garantir une dénitrification suffisante de l'effluent.

#### VII.5-Conclusion :

D'après les résultats, nous concluons qu'il y a un bon rendement d'élimination des charges en (DBO<sub>5</sub>, DCO, MES), ce rendement est dû à l'abattement de cette charge au sein du décanteur primaire, ainsi qu'au niveau du bassin d'aération, en outre la décantation au niveau du clarificateur. Mais le problème est que l'élimination de l'azote et du phosphore est insuffisante, le processus de dénitrification ne s'effectue pas complètement.

## **Chapitre VIII :**

# **Etude de fonctionnement de la STEP**

### **VIII.1-Introduction :**

Dans ce chapitre, nous ferons une étude analytique approfondie de toutes les unités principales du traitement de la station, à partir des informations disponibles.

Nous recueillons ces renseignements et nous avons essayé de valoriser dans l'étude et la compréhension du fonctionnement de cette station, ce compte d'après le principal paramètre de fonctionnement pour chaque unité de traitement et de comparer les résultats avec des valeurs recommandables dans les normes.

Le problème rencontré par cette approche est la présence de deux notices différentes, de fonctionnement, la première notice faite par le Bureau d'études, qui a supervisé le suivi de la construction de la station (WABAG), et la deuxième réalisée par une commission d'étude affiliée à la société exploitante (SEAAL), qui affirme que la capacité de la station surdimensionnée par rapport à la première phase (Horizon 2015), et la conception stipule la réception du débit calculé pour la seconde phase (Horizon 2035), de la première étude avec les mêmes données. Pour cette raison, nous allons examiner chaque hypothèse et comparer les résultats obtenus avec des valeurs recommandables, pour déterminer la capacité appropriée de la station, nous allons aussi citer le problème observé au cours de notre présence à la STEP.

Nous prenons :

- Variante 1 :  $Q_{\text{nominal}} = 50400 \text{ m}^3/\text{j}$  utilisé par une commission d'étude affiliée à la société exploitante.
- Variante 2 :  $Q_{\text{nominal}} = 37500 \text{ m}^3/\text{j}$  décrit par le constructeur pour la première phase

### **VIII.2-Base de dimensionnement :**

#### **VIII.2.1-Données de base pour le dimensionnement de la STEP :**

##### **VIII.2.1.1-Capacité de la population raccordée :**

250.000 équivalents habitants (Eq.Hab)

Les dotations principales suivantes pour la partie urbaine ont été prises en compte :

- Consommation spécifique : 143 l/hab.j
- DBO<sub>5</sub> : 50 g/hab.j
- MES : 60 g/hab.j

**VIII.2.1.2-Débit d'eau usée :**

Paramètre	Valeur du paramètre		
	Unité	1 <sup>er</sup> phase	2 <sup>ème</sup> phase
Equivalent habitant	eq.hab	250 000	500 000
Débit moyen journalier	m <sup>3</sup> /j	35 770	50 400
Débit moyen horaire (temps sec)	m <sup>3</sup> /h	1 490	2 100
Débit de pointe horaire (temps sec)	m <sup>3</sup> /h	1 800	2 750
Débit de pointe horaire (temps de pluie)	m <sup>3</sup> /h	3 600	5 500

**Tableau VIII.1 :** Les débits de base de dimensionnement**VIII.2.1.3-Charge polluante :**

Désignation	Valeur du paramètre	
	1 <sup>ère</sup> phase	2 <sup>ème</sup> phase
Charge massique en MES à l'entrée de la STEP	5 000 kg/j	30 000 kg/j
Charge massique en DBO <sub>5</sub> à l'entrée de la STEP	2 500 kg/j	25 000 kg/
Charge massique en DCO à l'entrée de la STEP	25 000 kg/j	30 000 kg/
Charge massique en N <sub>org</sub> à l'entrée de la STEP	2 500 kg/j	5 000 kg/j
Charge massique en P <sub>tot</sub> à l'entrée de la STEP	625 kg/j	5 000 kg/j

**Tableau VIII.2 :** Les charges massiques de base de dimensionnement**VIII.3-Déversoir d'orage :**

C'est le premier ouvrage d'entraînement des eaux issues de réseau d'assainissement, pour cela, nous allons déterminer le débit maximal, qui on peut vérifier par la formule générale du débit d'un déversoir rectangulaire :

On utilise la formule de Chezy pour calculer la vitesse :  $V=C\sqrt{R \cdot I}$

$$Q= S \cdot V \text{ ou } S=h \cdot b ;$$

- Q : le débit (m<sup>3</sup>/s)
- S : la section du canal ;
- H : hauteur max d'eau dans le canal = 0.375 m ;

- B : largeur du déversoir = 3 m
- V : vitesse d'écoulement (m/s)
- C : coefficient de Manning ;  $C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$
- R : rayon hydraulique ;  $R = \frac{S_m}{P_m}$
- I : la pente ;  $i = 0.01$
- n : coefficient qui dépend du matériau (0.015 pour le ciment moyen)

$$AN : Q = S.V \quad - \quad S = 1.13 \text{ m}^2 \quad - \quad V = 2.37 \text{ m/s}$$

$$Q = 3.08 \text{ m}^3/\text{s} = 11088 \text{ m}^3/\text{h}$$

### Interprétation:

Nous avons trouvé Presque le même résultat mentionné par le constructeur (11000 m<sup>3</sup>/h), mais dans le déversoir d'orage il y a le problème de dépôt de sable au fond des deux canaux de déversoir d'orage, et occupé un volume important, ça qui diminué la capacité des canaux de déversoir, et provoque la perturbation de l'écoulement même si le débit faible l'eau se divise, on voire se problème dans la figure suivante qui le débit atteint 2100 m<sup>3</sup>/h (avril 2015)



**Figure VIII.1** : Problème de diversement d'eau du au dépôt de sable dans les canaux de déversoir

## VIII.4-Prétraitements :

### VIII.4.1-Dégrillage :

Cette étape contient deux composantes, le dégrilleurs grossier et le dégrilleurs fin et pour chaque dégrilleurs on vérifie les trois principaux paramètres de fonctionnements :

- La perte de charge et la vitesse de passage : la vitesse de passage de l'eau doit permettre l'application des matières sur la grille sans provoquer pertes de charge importantes ni entraîner des colmatages en profondeur des barreaux.
  - vitesse moyenne de passage :  $0.6 < V < 1.00$  m/s ou 1.20 à 1.4 m/s en débit maximale.
  - Perte de charge :  $0.1\text{m} < \Delta H < 0.40\text{m}$  en eau résiduaire.

Nous avons calculé ces dernier paramètre pour les données de base, les années d'exploitation (2008-2014) et les comparé avec des données recommandables, pour avoir est ce qu'il ces grille bien dimensionné, est jouent leurs rôle sans casé fonctionnement pour les différents débits.

Calcul de la vitesse de l'eau : (CLAUD.C 2001)

$$\text{On a: } V = \frac{Q_p}{S.O.C}$$

- V : Vitesse de l'eau en (m/s)
- $Q_p$  : débit pointe
- $O = \frac{\text{espace libre entre les barreaux}}{\text{espace libre} + \text{épaisseur de barreau}}$
- C : coefficient de colmatage compris entre 0.1-0.3 en grille manuelle et 0.4-0.5 en grille automatique.
- S : surface de la grille en ( $\text{m}^2$ ) ;  $S = h.L$
- h: la hauteur d'eau dans le dégrilleurs grossier ;  $h = 1,6$  m ;
- L : la largeur d'une grille,  $L = 1\text{m}$
- **Calcul de la perte de charge :**

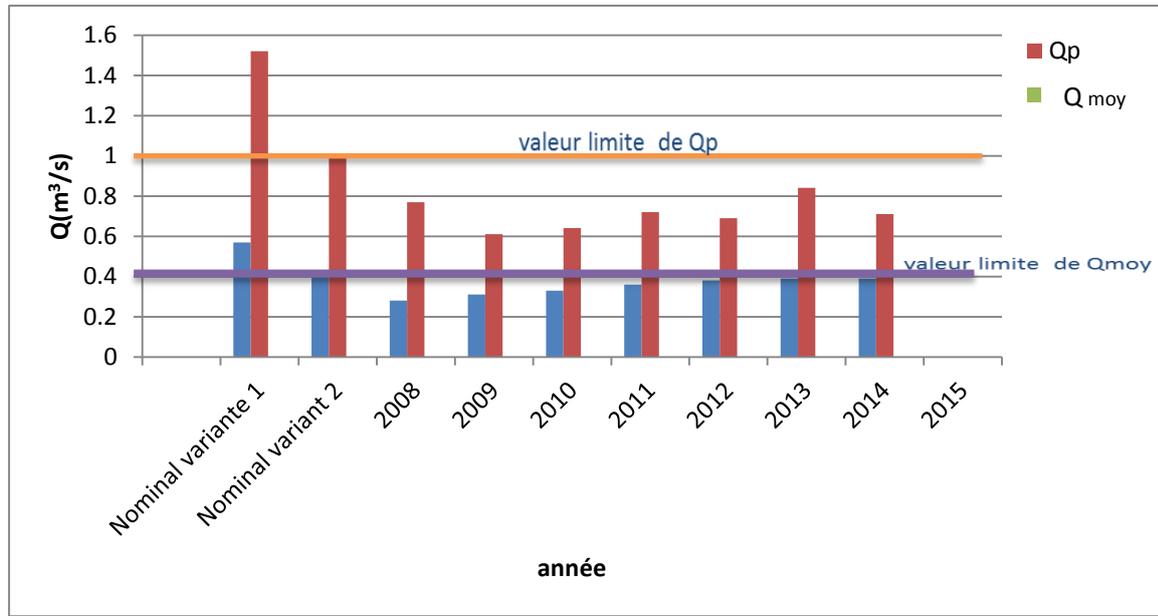
$$\text{On a: } \Delta H = \beta \left( \frac{ep}{esp} \right)^{4/3} \cdot \frac{v^2}{2g} \sin a \quad (\text{Claud.C 2001})$$

- $\Delta H$  : perte de charge en (m)
- $\beta$ : coefficient de formes des bareau ; Pour les barreaux a section circulaire  $\beta = 1.79$ , section rectangulaire  $\beta = 2.42$
- g : Accélération de la pesanteur ( $g = 9.81$  m/s<sup>2</sup>)

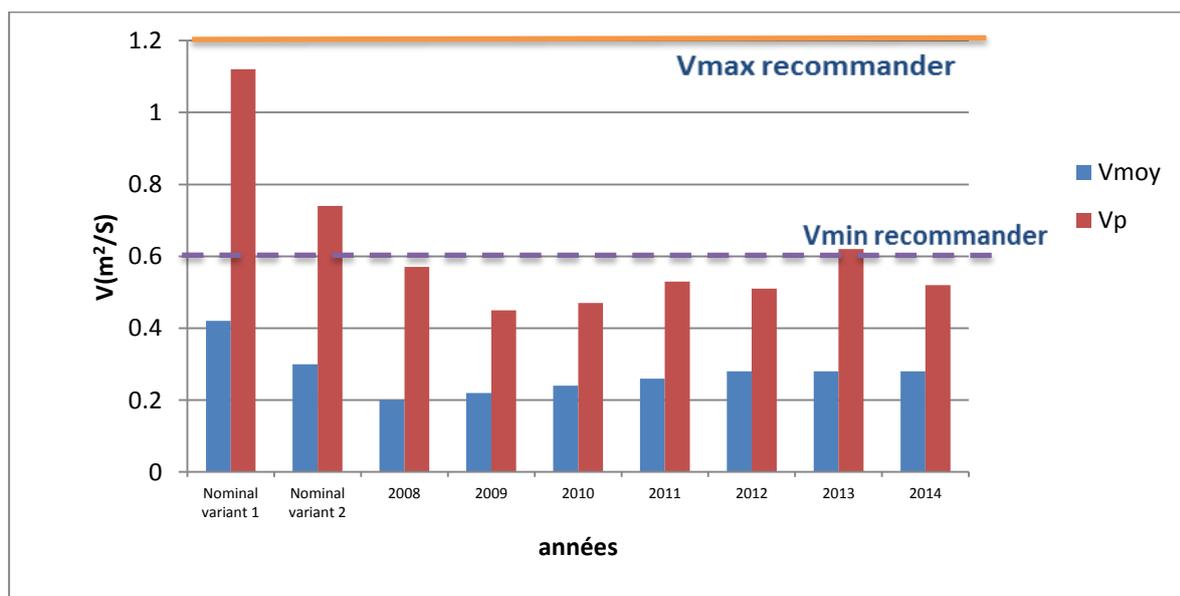
- $a$  : angle d'inclinaison de la grille  $a=60^\circ$
- $ep$  : épaisseur des barreaux,  $ep=10\text{mm}$
- $esp$  : espacement entre les barreaux,  $esp=40\text{mm}$

#### VIII.4.1.1-dégrilleurs grossier :

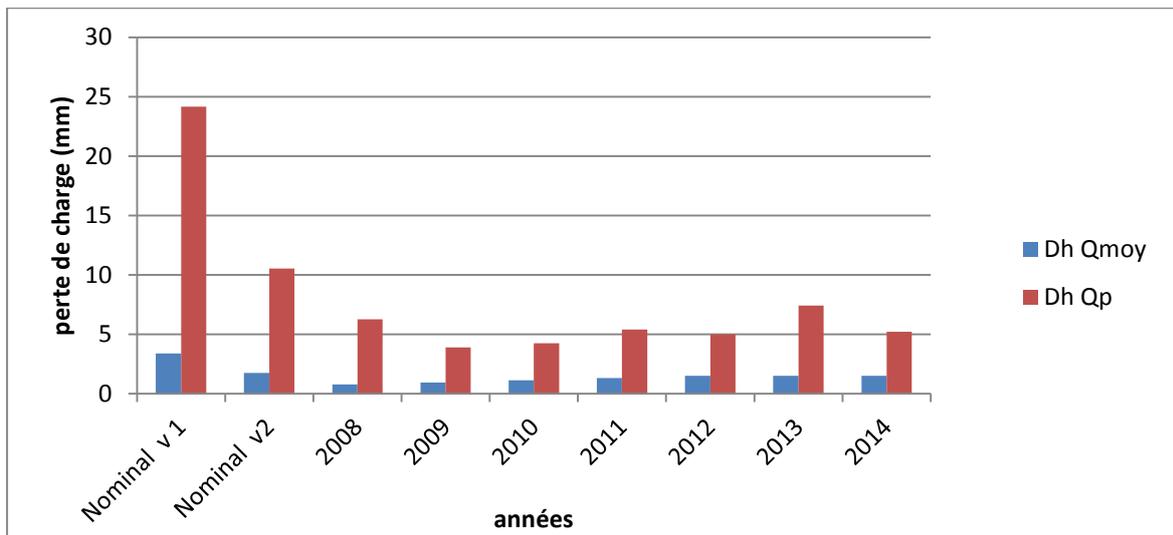
Les résultats de calcul sont reportés dans le tableau VIII.3 (annexe 2), la valeur sont comparées aux valeurs recommandées et représentées dans les figures suivants :



**Figure VIII.2 :** évolution annuelle de débit entré à la STEP, à partir de l'année 2008 à 2014



**Figure VIII.3:** vitesse moyenne annuelle du passage de l'eau dans le dégrilleurs grossier, nominal et pour chaque année d'exploitation



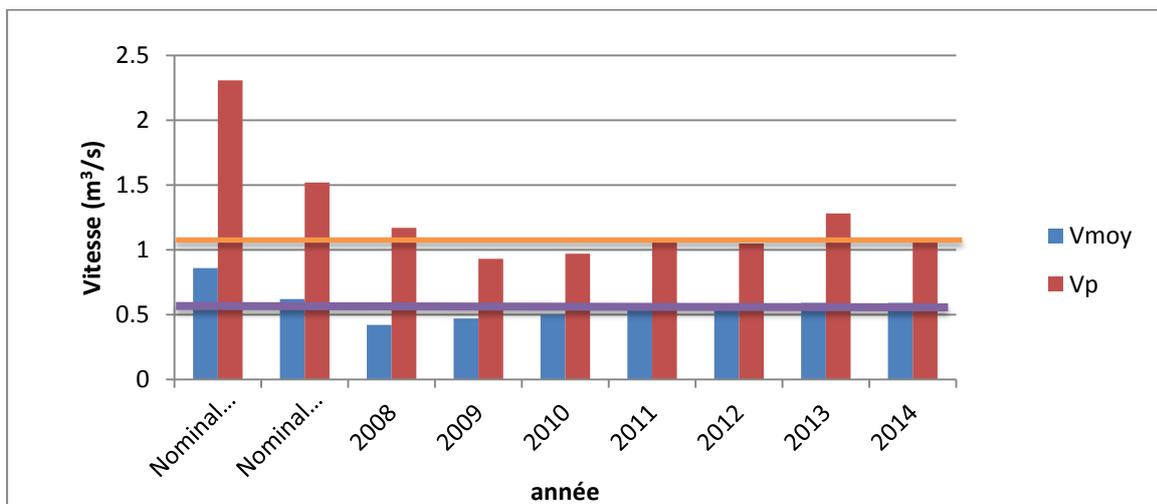
**Figure VIII.4 :** perte de charge dans le dégrilleurs grossier, nominal et pour chaque année d’exploitation.

**Interprétation :**

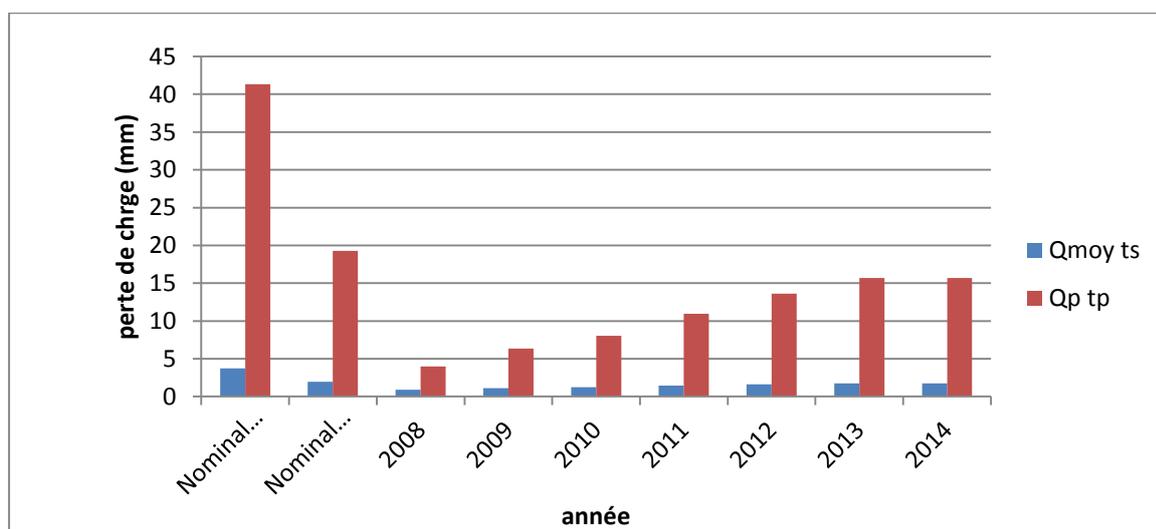
D’après les résultats, nous avons constaté que les valeurs de la vitesse moyenne et la perte de charge, sont strictement inférieures aux valeurs limite recommandées, Cela prouve que les dimensions de dégrilleurs grossier conçus pour recevoir un plus grand débit supérieur à celle qui entrer dans cette station. Ceci est la cause du problème de dépôt de sable qui provoque la remontée du niveau d'eau et la réduction de la capacité du canal.

**VIII.4.1.2-dégrilleurs moyen :**

Les résultats de calcul sont reportés dans le tableau VIII.4 (annexe 2), la valeur sont comparées aux valeurs recommandées et représentées dans les figures suivants :



**Figure VIII.5:** Vitesse moyenne annuelle du passage de l’eau dans le dégrilleurs moyen, nominale et pour chaque année d’exploitation



**Figure VIII.6 :** Perte de charge dans le dégrilleurs moyen ; nominales et pour chaque année d'exploitation

### Interprétation :

Nous avons constaté que les valeurs de la vitesse moyenne et la perte de charge, dans l'ensemble est acceptable surtout avec les trois dernières années, où le niveau de débit est augmenté, faire améliorer le fonctionnement des dégrilleurs

### VIII.4.2-Dessableur-dégraisseur :

L'élimination des sables et des graisses se fait au sein d'un même ouvrage grâce à la différence de densité existant entre les différentes composées :

Particule minérale	Graisse	Matière organique
2.65	0.93	1.2

**Tableau VIII.5 :** Différents densité existant entre les différents composés (Claude.C 2001)

Les critères de dimensionnement sont donnés par le tableau suivant :

Temps de séjour en minutes	Vitesse ascensionnelle en $m.h^{-1}$	Q air en $m^3.h^{-1}.m^3$
5 à 12	10 à 15 *	0.5 à 2

**Tableau VIII.6 :** Critères de dimensionnement de Dessableur-dégraisseur

◆ **Données de base mentionnée par le constructeur :**

Pour cet ouvrage on a vérifié les quatre principaux paramètres de fonctionnements : le temps de séjour, la Vitesse de sédimentation, la Vitesse ascensionnelle, et le débit d'air nécessaire à injecter.

• **Vitesse ascensionnelle :**

$$\text{On a : } C_s = \frac{Q}{S}$$

- **S** : surface horizontal, et  $S = L \cdot l$
- **l** : Largeur des canaux = 2.4 m
- **L** : Longueur des canaux = 30m
- **H** : Hauteur d'eau 3,6m

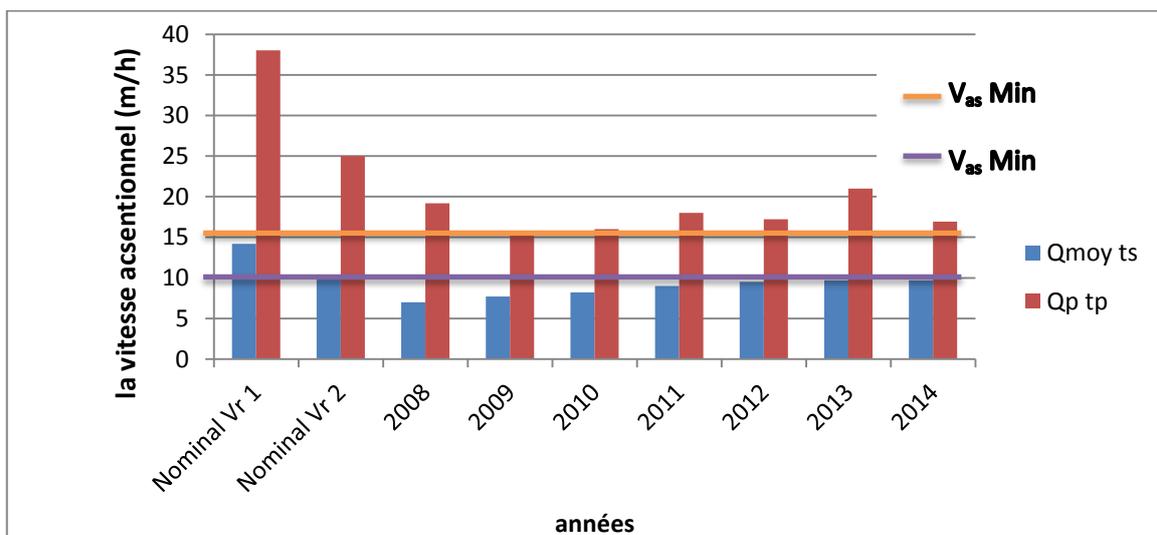
• **Temps de séjour :**

$$T_s = \frac{V}{Q} \quad V : \text{Volume de l'ouvrage}$$

• **Débit d'air a injecté :**

Pour un bassin de dessablage déshuilage, le volume d'aire introduit est de l'ordre de 0.5 à 2 m<sup>3</sup> d'aire /h/ m<sup>3</sup> d'eau, en prend un volume d'aire = 1.2 m<sup>3</sup> d'aire /h/ m<sup>3</sup> d'eau

- Le résultat de calcul de la vitesse ascensionnel, est reporté dans le tableau VIII.7 (annexe 2), la valeur sont comparées aux valeurs recommandées et représentées dans la figure suivante :



**Figure VIII.7:** Variation de la vitesse ascensionnelle en fonction des débits nominaux et pour chaque année d'exploitation

**Interprétation :**

Nous avons constaté que la valeur de la vitesse ascensionnelle est inférieure ou égale à la valeur de seuil Mineur, Ceci est la preuve que cet ouvrage est conçu pour accueillir un débit supérieur que celui reçu durant dans les années(2008-2014), le temps de séjours dans l'ouvrage varient entre 5 et 15 minutes, celui-ci apparait bien fonctionnement.

**VIII.5-Décanteur primaire :**

Pour vérifier le fonctionnement de cet ouvrage, il faut vérifier les principaux paramètres de fonctionnement tel que la vitesse ascensionnelle et le temps de séjours des boues primaire,

- **Vitesse ascensionnelle :**

$$V_{AS} = \frac{Q}{S} \leq 2 \text{ m/h}$$

- S : section horizontale du décanteur = 660m<sup>2</sup>

- Débit d'extraction des boues en excès

$$Q_{ext} = \frac{m_b}{c_b} \leq 48 \text{ m}^3/\text{h} \quad (\text{w.w Eckenfelder})$$

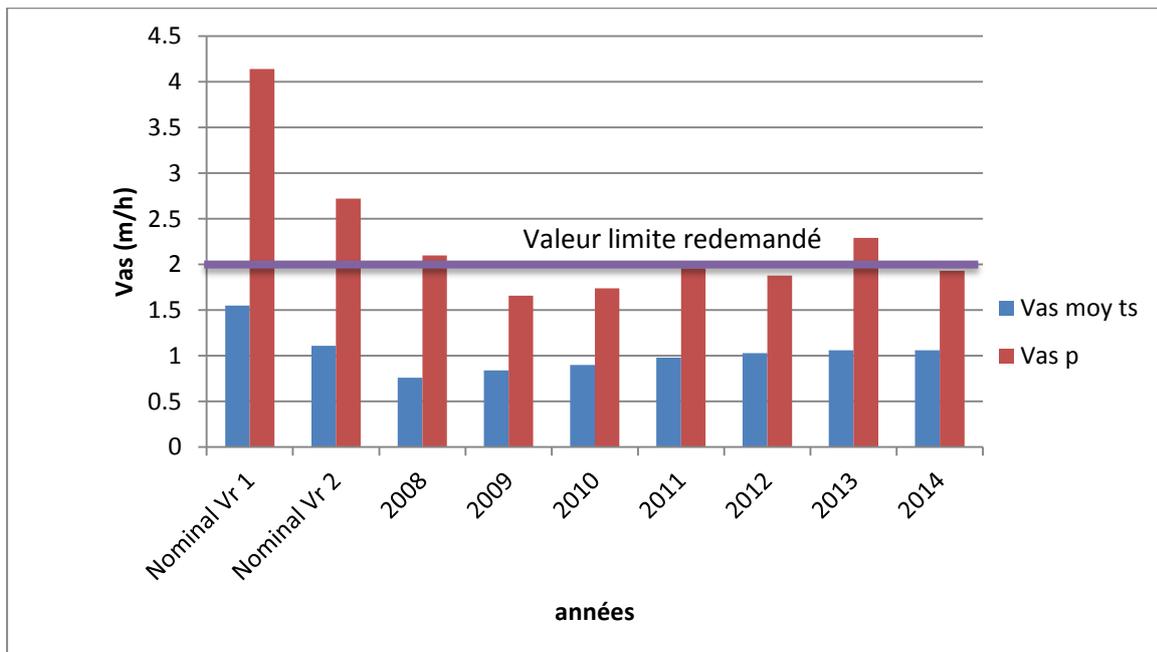
- $m_b$  : masse de boue en excès (Kg/j)
- $C_b$  : concentration de boue en excès = 7 (Kg/m<sup>3</sup>)

- Temps de séjours

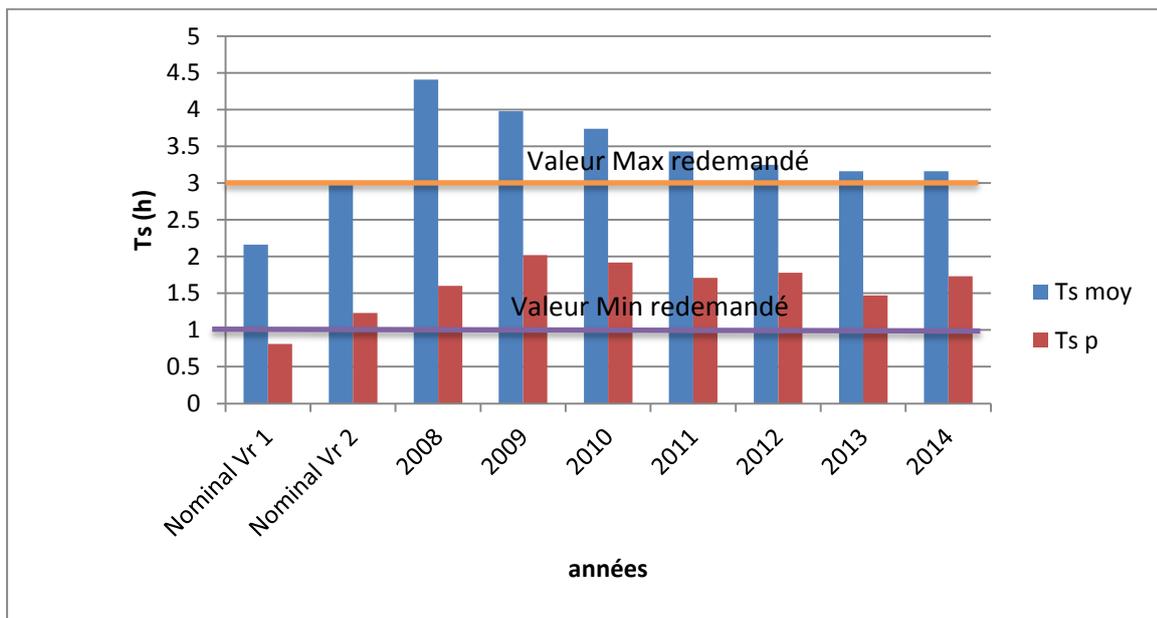
$$T_s = \frac{V}{Q} \quad \text{Compris entre 1 à 3 h}$$

- V : volume de décanteur = 2223 m<sup>3</sup>
- Q : débit d'eau (m<sup>3</sup>/h)

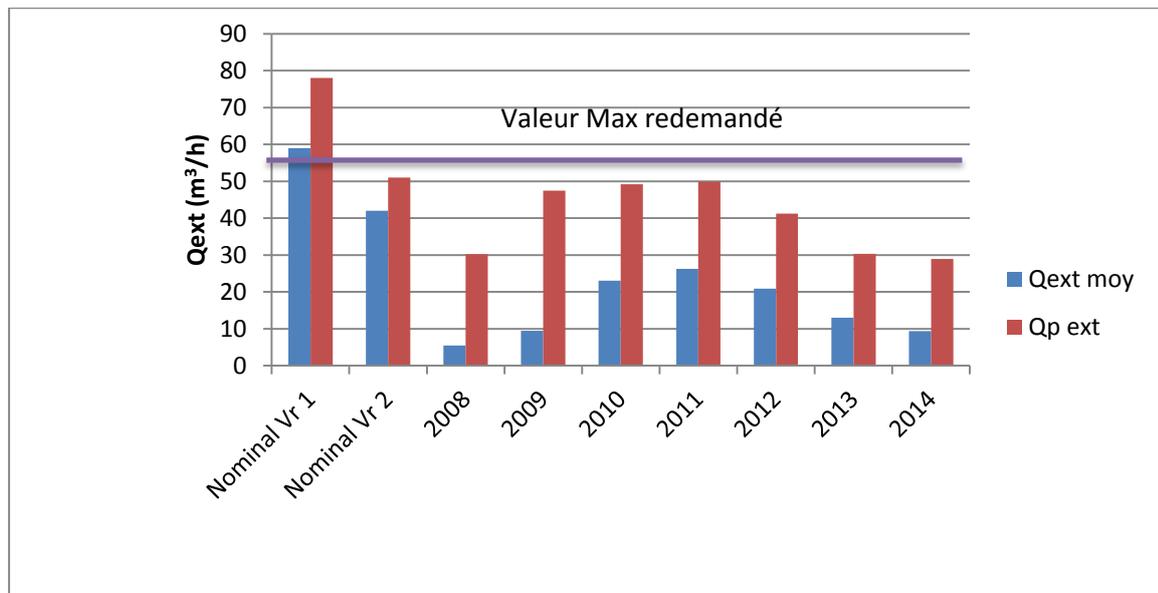
Les résultats de calcule sont reportées dans le tableau VIII.8 (annexe 2), la valeur sont comparées aux valeurs recommandées et représentées dans les figure suivants :



**Figure VIII.8 :** Variation de la vitesse ascensionnelle dans le décanteur primaire en fonction des débits nominaux et pour chaque année d’exploitation



**Figure VIII.9 :** Variation de temps de séjours dans le décanteur primaire en fonction des débits nominaux et pour chaque année d’exploitation



**Figure VIII.10 :** Variation des débits d'extraction des boues en fonction des débits nominaux et pour chaque année d'exploitation

D'après les résultats, nous constatons que La vitesse ascensionnelle est largement acceptable pour elle est inférieure à la valeur recommandable ce qui va conditionner une bonne décantation et bonne rendement d'élimination dès MES et DBO<sub>5</sub> ça se qui faire exprès par le constructeur pour attient un rendement d'élimination de 60 % MES et de 33% DBO<sub>5</sub> par la décantation primaire,

Le temps de séjour dans les débits moyenne et très importante et on voire qu'il est diminuer chaque année, mais reste supérieur ou égale à la valeur max recommandées, pour les débits pointe sont dans les normes, par contre le débit point de premier varient est inférieur aux normes

## VIII.6-Traitement secondaire :

### VIII.6.1-Bassin d'aération :

Dans cet ouvrage les paramètres à vérifier sont la charge massique, la charge volumique et l'âge des boues. Pour la marche des aérateurs se fait automatiquement en fonction de quantité d'oxygène qui détecté par des sonde émergé dans le bassin d'aération.

- La charge massique (Cm) : elle a correspond à la quantité de DBO<sub>5</sub> appliquée par jours à la biomasse présente dans le system (kg de MVS) . elle s'exprime alors en (kg DBO<sub>5</sub> / kg MVS.j)

$$C_m = \frac{\text{DBO}_5 \text{ (Kg/j)}}{\text{Kg MVS dans le bassin d'aération}}$$

Elle a compris entre  $0.2 \leq C_m \leq 0.5$  (kg DBO<sub>5</sub> / kg MVS.j) pour les procédé a moyenne charge

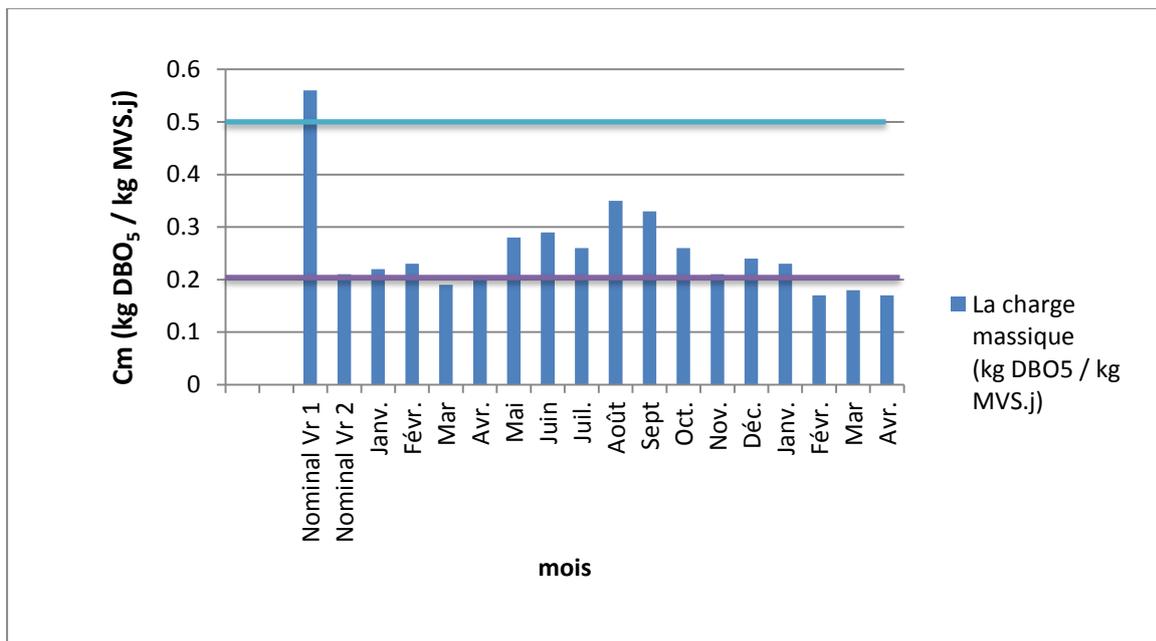
- Charge volumique (Cv) : elle a correspond à la quantité journalière de substrat biodégradable, DBO<sub>5</sub> en (kg/j), dans le volume V(m<sup>3</sup>) de l'ouvrage ; elle s'exprime en (kg DBO<sub>5</sub> /m<sup>3</sup>.j) Elle a compris entre  $0.5 \leq C_v \leq 1.5$  pour les procédé a moyenne charge

$$C_v = \frac{\text{kg DBO}_5}{V_{\text{aérateur}}}$$

- **Age des boues (A) :** représente le temps de séjour des boues dans le bassin d'aération. Il correspond au rapport entre la masse de boues présente dans le réacteur et la masse journalière de boues extraite. il s'exprime en jours :

$$A (\hat{\text{age}}) = \frac{M_{\text{boues dans le bassin d'aération}}}{M_{\text{boues extraite}}}$$

Les résultats de calcule sont reportées dans le tableau VIII.9 (annexe 2), la valeur sont comparées aux valeurs recommandées et représentées dans les figure suivants :



**Figure VIII.11:** Variation mensuelle de la charge massique

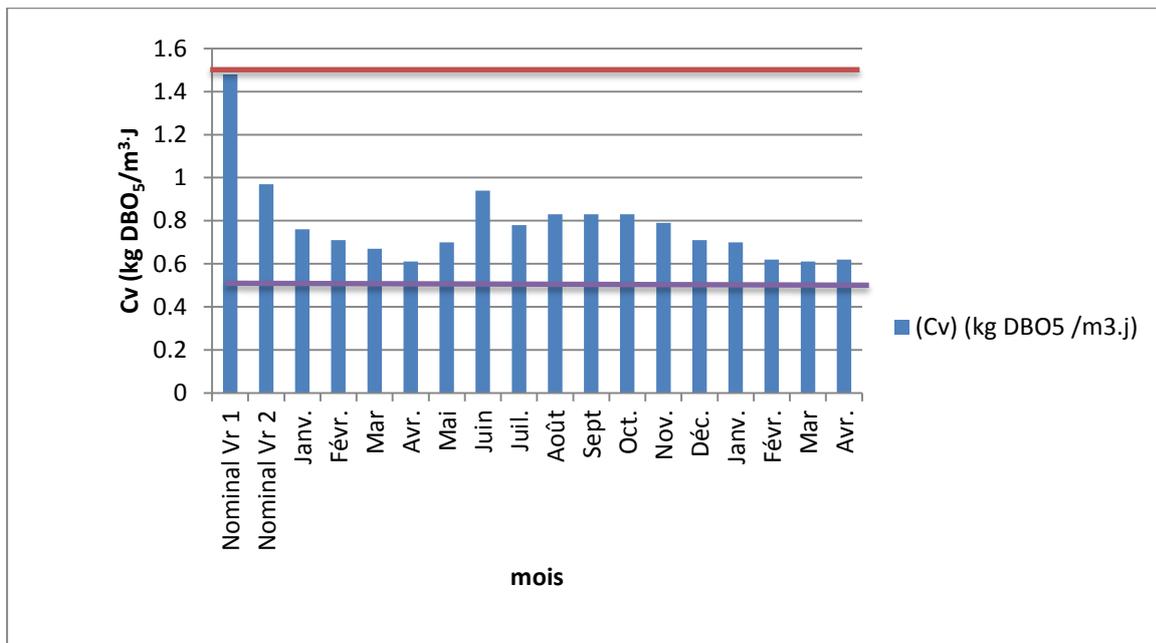


Figure VIII.12 : Variation mensuelle de la charge volumique

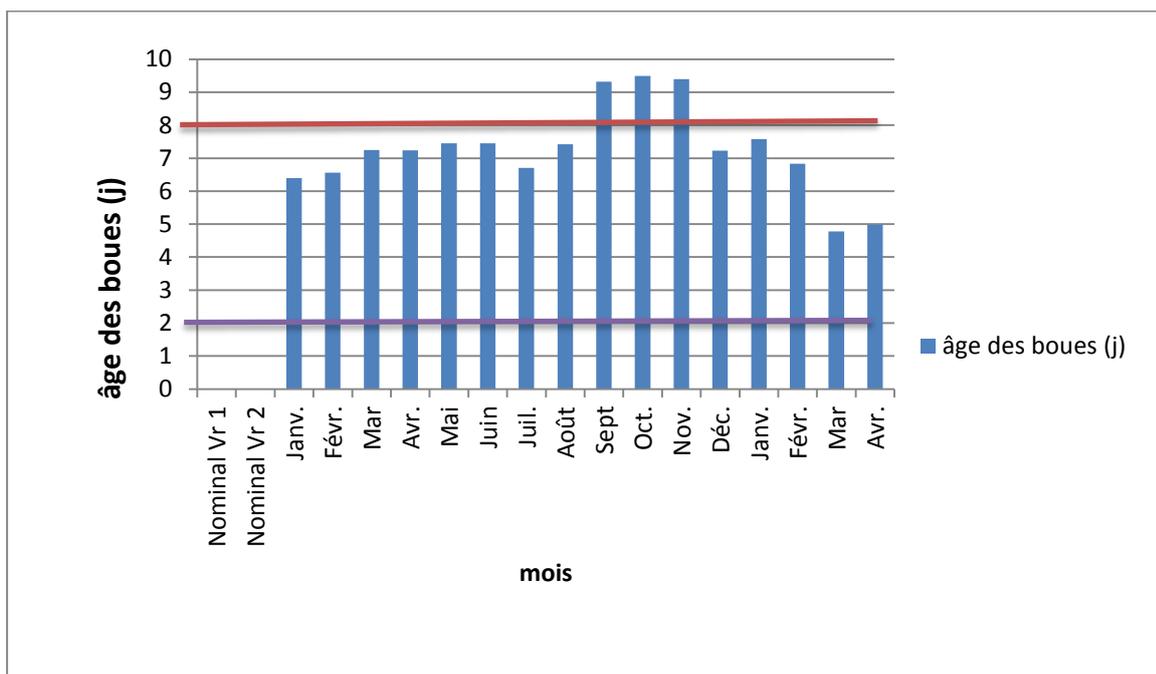


Figure VIII.13 : Variation mensuelle de l'Age des boues

**Interprétation :** la charge massique apparait et dans les normes, mais parfois, elle est très faible, ceci peut être due à la forte élimination des pollutions (MES, DBO<sub>5</sub> et DCO) dans le décanteur primaire décrit par le constructeur, par contre on observe que la charge massique de la première variante est très importante. Elle est dans les normes de forte charge.

La charge volumique est dans les normes donc elle est acceptable dans tous les mois et pour la deuxième variante, par contre pour la première variante, elle dépasse la valeur limite du procédé a moyen charge, et atteint la forte charge ;

L'âge des boues est très élevé, parfois il dépasse les normes comme dans les 3 mois (septembre, octobre et novembre), ce qui pose des problèmes biologiques (foisonnement, mousses), des mousses sont visibles dans le bassin d'aération au mois de mars 2015.

**VIII.6.2-décanteur secondaire** : pour étudier la conformité de fonctionnement de cet ouvrage, on a vérifié les paramètres principal de fonctionnement tels que :

- **La vitesse ascensionnelle :**

$$V_a = \frac{Q}{S} = (1.5 \text{ m/h}) \text{ pour les procédé a moyen charge Elle s'exprime en m/h}$$

- Q : débit max horaire à l'entrée de la station en ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- S : surface utile (partie cylindrique)  $S = 2375 \text{ m}^2$  surface unitaire

$$\text{Et la surface totale } S_{\text{tot}} = 2375 * 2 = 4750 \text{ m}^2$$

- **Temps de séjour de boue** : il peut être calculé ainsi

Temps de séjour de la boue = masse de boue dans le clarificateur/quantité

Il est < 120 min

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

$$\text{Concentration moyenne de la boue } (C_{\text{lb}}) = (2 \times C_{\text{ba}} + C_{\text{br}})/3$$

$C_{\text{ba}}$  : concentration en MES des boues du bassin d'aération

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

$$F_{\text{ép}} = C_{\text{br}}/C_{\text{ba}} = 1 + (1/\text{Tr})$$

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

si  $\text{IB} < 200 \text{ mL.g}^{-1}$   $C_{\text{br}}$  limite à retenir =  $1000/\text{IB}$

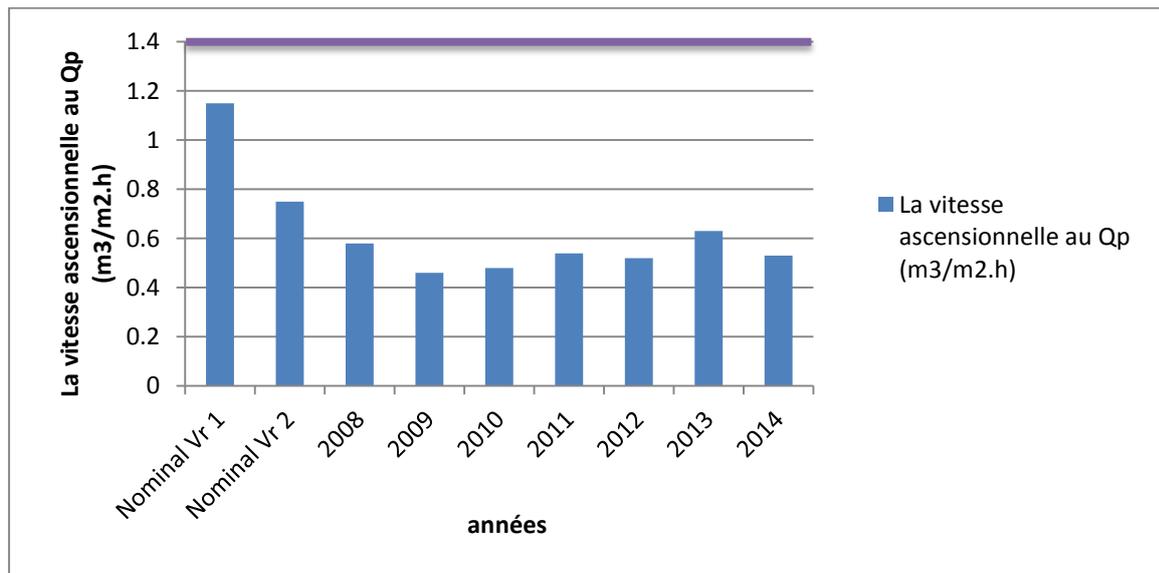
si  $\text{IB} > 200 \text{ mL.g}^{-1}$   $C_{\text{br}}$  limite à retenir =  $1200/\text{IB}$

Exemple

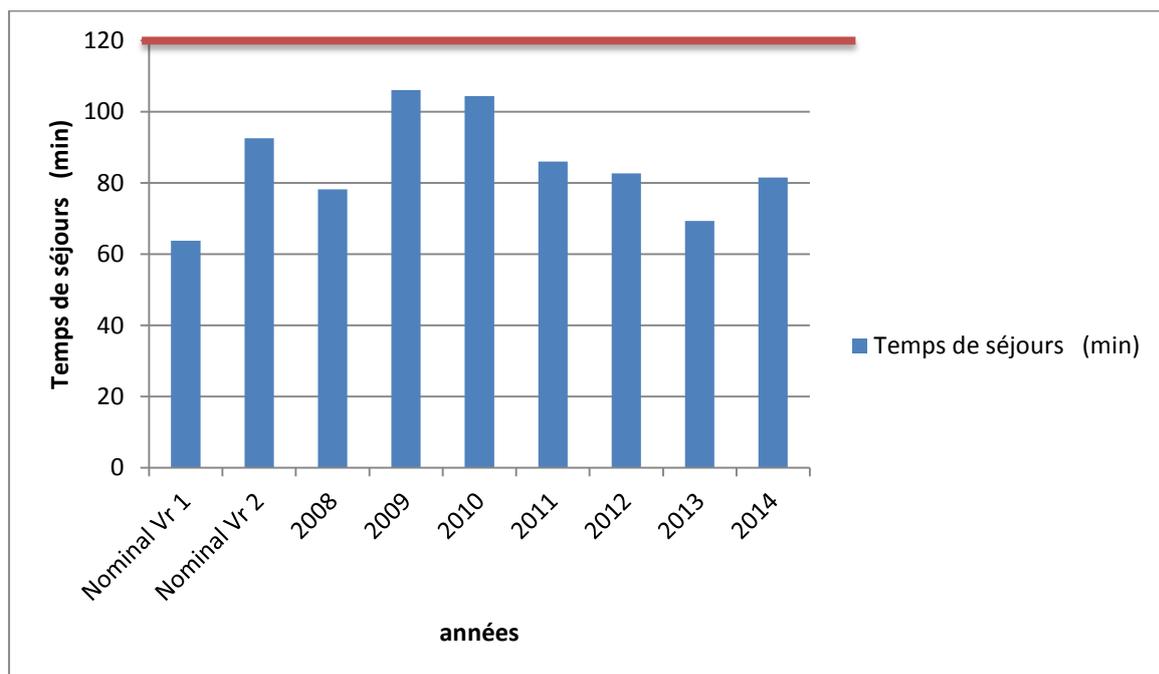
Pour un taux de recirculation,  $\text{Tr} = 100 \%$  soit 1,  $F_{\text{ép}} = 1 + 1/1 = 2$

Soit  $C_{\text{br}} = 2 \times C_{\text{ba}}$  (w.w Eckenfelder)

Les résultats de calcul sont reportés dans le tableau VIII.10 (annexe 2), la valeur sont comparées aux valeurs recommandées et représentées dans les figure suivants :



**Figure VIII.14 :** Variation de la vitesse ascensionnelle dans décanteur secondaire pour débits pointe nominale et débit pointe annuelle pour chaque année d’exploitation



**Figure VIII.15 :** Variation du temps de séjours des boues dans décanteur secondaire pour débits pointe nominale et débit pointe annuelle pour chaque année d’exploitation.

**Interprétation :**

Les vitesses ascensionnelles sont très faibles et inférieures à la valeur limite recommandée, ceci provoque la fermentation de boues, Dans cet ouvrage, il y a un problème de remonter des boues légers fermenter donc il y a des problèmes biologiques (foisonnement, mousses,) ou à cause de dénitrification, le principal problème de cet ouvrage, qu'il n'y a pas d'un système de vidange, pour faire la maintenance et pour la changement et la maintenance de racleur de fond, ce qui provoque des pertes de boue sont principalement dues à des problèmes de conception d'ouvrage, Le temps de séjour, est trop élevée, mais ne dépasse pas les normes ,on voire dans la figure suivante des boues flottante au niveau du clarificateur (mars 2015 ) :



**Figure VIII.2 :** Boues flottantes au niveau de l'épaisseur  
(STEP Béni Messeuse/ Mars 2014)

**VIII.7-Epaisseur :** on a vérifié les paramètres principaux de fonctionnement de cet ouvrage qui sont :

- **Flux massique a 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:

$$F_{ma} = \frac{q_{be}}{2S}$$

- $q_{be}$ : La quantité de boue entrée à l'épaisseur ;  $S$  : surface d'un seul épaisseur. (w.w Eckenfelder)
- Nombre d'épaisseur : 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 il se calcule

$$T_s = \frac{q_{be}}{m_{bex}} < 24 \text{ h}$$

- $m_{\text{bex}}$  : le débit massique des boues à extraire  $m_{\text{bex}} = C_{\text{pex}} * B_{\text{ep}}$
- $C_{\text{pex}}$  : capacité de la pompe d'extraction = 30 m<sup>3</sup>/h
- $B_{\text{ep}}$  : concentration de la boue épaisse. (w.w Eckenfelder)

Le résultat sont reporter dans le tableau VIII.11 (annexe 2)

### Interprétation :

Le flux massique au débit nominal moyen à temps sec montre qu'il est bien adapté aux valeurs recommandées avec une quantité de boue de 18035,04 kg/j et un temps de séjour des boues dans cet ouvrage de 16,4 h.

En effet, Un séjour prolongé à cause des problèmes technique (déboitement des tuyaux), et des boues secondaires, induit rapidement des phénomènes de fermentation. Les surnageant d'épaisseurs qui retournent en tête du traitement sont alors souvent septiques et responsables des problèmes biologiques (foisonnement, mousses,) et de nuisances olfactives, est des boues filamenteuse comme dans la figure suivante :



**FigureVIII.16** : Boues filamenteuse flottante au niveau de l'épaisseur  
(STEP béni messous/ Mars 2015)

**VIII.8-Conclusion :**

À partir des résultats obtenus, et comparés aux valeurs recommandées, on a trouvé plusieurs anomalies, dans le composant de traitement, des problèmes de construction et des problèmes d'exploitation. Le débit entré à la station est très faible, comme il y a une grande écarte entre l'été et l'hiver, dépôt de sable au niveau du dégrilleurs et des canaux de déversoir, la vitesse de passage à travers les 2 dégrilleurs au débit moyen est très faible, la remontée des boues dans le décanteur primaire; le temps de séjour stabilisateur est très important au débit point et il y a aussi de la remontée des boues filamenteuses. D'après les résultats obtenus on conclut que la station est dimensionnée pour les caractéristiques de deuxième variant de débit moyen journalier  $35\,770\text{ m}^3/\text{j}$ .

## **Chapitre IX :**

# **Dimensionnement de la STEP horizon 2035**

**IX.1-Introduction :**

Dans ce chapitre et après la confirmation de dimension de la STEP pour la première phase (250 000 Eq.Hab ; horizon 2015), on va calculer les dimensions de la STEP pour la deuxième phase (500 000 Eq.Hab ; horizon 2035)

**IX.2-Donner de base de construction de la deuxième phase :****IX.2.1-Débit d'eau usée :**

Les débits de dimensionnement de la deuxième phase sont inscrits dans le tableau suivant :

Paramètre	Valeur du paramètre	
	Unité	2 <sup>ème</sup> phase
Equivalent Habitant	Eq.Hab	<b>500 000</b>
Débit moyen journalier	m <sup>3</sup> /j	<b>50 400</b>
Débit moyen horaire - temps sec	m <sup>3</sup> /h	<b>2 100</b>
Débit de pointe horaire au temps sec	m <sup>3</sup> /h	<b>2 750</b>
Débit de pointe horaire - temps de pluie	m <sup>3</sup> /h	<b>5 500</b>

**Tableau IX.1:** Les débits de base de dimensionnement

**IX.2.2-Charge polluante :**

Les débits de dimensionnement de la deuxième phase sont inscrits dans le tableau suivant :

Désignation	Valeur du paramètre
	2 <sup>ème</sup> phase
Charge massique en MES à l'entrée de la STEP	30 000 Kg/j
Charge massique en DBO <sub>5</sub> à l'entrée de la STEP	25 000 Kg/j
Charge massique en DCO à l'entrée de la STEP	30 000 Kg/j
Charge massique en N <sub>org</sub> à l'entrée de la STEP	5 000 Kg/j
Charge massique en P <sub>tot</sub> à l'entrée de la STEP	5 000 Kg/j

**Tableau IX.2:** Les charges massique de base de dimensionnement

### IX.3-Dimensionnement des ouvrages de la Station d'épuration :

On va faire le dimensionnement pour les phases de traitements suivants :

- Pour le prétraitement :
  - Les dégrilleurs (grossier et moyen)
  - Le dessableur-déshuileur
  - Décanteur primaire
- Pour le traitement biologique :
  - Le bassin d'aération
  - Le clarificateur
- Pour le traitement des boues :
  - L'épaississeur
  - Stabilisateur aérobie
- Traitement tertiaire (désinfection)
  - Bassin de désinfection

#### IX.3.1-Prétraitements :

##### IX.3.1.1-Dégrillage :

On opte dans notre étude pour une grille droite car ce type de grille est utilisé dans les petites et moyennes installations, pour des eaux pas trop chargées et pour des faibles débits, avec une profondeur de canal variant entre 0.5 et 1.8m.

Pour le calcul de la grille grossière et moyenne, on utilise la méthode de KIRSCHMER.

La surface de la grille est donnée par l'expression :

On a:  $V = \frac{QP}{S.O.C}$  (voir le chapitre précédent)

##### IX.3.1.1.1-Le dégrillage grossier :

- Calcul de la Fraction de surface occupée par les barreaux :

$$O = \frac{d}{d+e} = \frac{40}{40+8} = 0.83$$

Tel que :

- e : épaisseur des barreaux (cm).
- d : espacement entre les barreaux (cm).
- Calcul de la surface :

$$S = \frac{1.53}{1 * 0.83 * 0.5} = 3.68 \text{ m}^2$$

- Calcul de la longueur mouillée :

$$L_0 = \frac{t}{\sin a} = \frac{1.8}{\sin 75^\circ} = 1.86 \text{ m}$$

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

- Calcul de la largeur de la grille :

$$l = \frac{S}{L_0} = \frac{3.68}{1.86} = 1.98 \text{ m} \cong 2 \text{ m}$$

On prend deux dégrilleurs en parallèle chacun de largeur **l = 1 m**

- Calcul de Nombre d'ouvertures :

$$0.04 * N + 0.008 * (N - 1) = 1 \quad \Rightarrow \quad N = 22 \text{ ouvertures}$$

- Nombre de barreaux :

$$N_b = N - 1 = 22 - 1 = 21$$

#### IX.3.1.1.2-Le dégrillage moyen :

On a les données suivantes :

- d=15 mm
- e=8 mm
- O=0,56
- a= 75 °
- H : profondeur de l'eau = 1.5 m

- En utilisant la même formule, on obtient  $L = 2,93 \text{ m} \cong 3 \text{ m}$
- Et pour le Nombre de barreaux, on obtient  $N_b = 166$  barreau
- On prend deux dégrilleurs en parallèle chacun de largeur **L = 1,5 m** et un nombre de barreaux  $N_b = 83$

#### IX.3.1.2-Dessableur –déshuileur

Le bassin est équipé d'un pont racleur sur lequel est suspendue une pompe d'extraction Des sables, les huiles sont raclées vers une fosse par les racleurs de surface.

Pour qu'il y ait sédimentation des particules il faut que l'inégalité suivante soit vérifiée :

$$\frac{L}{H} \leq \frac{V_e}{V_s} \quad (\text{R.Pujol et al ;2003})$$

Où :

- $V_e$  : la vitesse horizontale (vitesse d'écoulement est  $0.1 < V_e < 0.3$  (m/s)

- $V_s$  : Vitesse de sédimentation. (vitesse est :  $40 < V_s < 70$  ( $m_3/m_2/h$ ))
- $L$  : Longueur de bassin.
- $H$  : Profondeur
- $L/H = (1-1,5)$ .
- Le temps de séjour et compris entre 3 à 10 minute au débit de pointe.
- $H = (1 - 3) m$

- Le dessableur-déshuileur est de forme rectangulaire. Alors On prend :

- $Q_{ptp} = 1.53 m^3/s$
- $V_e = 0.3 m/s$
- $V_s = 40 (m_3/m_2/h) = 0.011 m/s$
- $T_s = 7$  minutes

- Section vertical :

$$S_v = \frac{Q_p}{V_e} = \frac{1.53}{0.3} = 5.10 m^2$$

- Section horizontal :

$$S_h = \frac{Q_p}{V_s} = \frac{1.53}{0.011} = 139.10 m^2$$

- Le volume :  $V = Q_{ptp} * T_s = 1.53 * 6 * 60 = 551 m^3$

✓ Pour 2 dessableurs  $V_1 = V_2 = \frac{551}{2} = 275.5 m^3$

- La hauteur d'un dessableur :

$$S_h = \frac{V}{h} \rightarrow h = \frac{V}{S_h} = \frac{275.5}{69.5} = 3.69 m \cong 4 m$$

- La largeur :

$$\frac{L}{h} = 1.5 \rightarrow L = 4 * 1.5 = 6 m$$

- La longueur :

Le bassin est de forme rectangulaire de surface :  $S_h = L * l$

$$l = \frac{S_h}{L} = \frac{69.5}{6} = 11.58 m \cong 11.6 m$$

- Le volume d'air à insuffler dans le dessableur

La quantité d'air à insuffler varie de 1 à  $1,5 m^3$  d'aire/ $m^3$  d'eau.

$$q_{air} = Q_{ptp} * V$$

- $V$  : le volume d'air à injecter ( $m^3$ )  $m^3/s$
- $Q_{ptp}$  : débit pointe au temps de pluie

Alors :  $q_{air} = 1.53 * 1.5 = 2.3 m^3/s = 8280 m^3 d'aire/h$

- Calcul des quantités des matières éliminées par le dessableur

Les MES contiennent 30% de MM (matières minérales) et 70% de MVS (matières volatiles en suspension), c'est-à-dire : (A. GAÏD ; 1984)

$$MES = 70\% MVS + 30\% MM$$

- La charge en MES à l'entrée de dessableur est :  $MES = 30\ 000\ kg/j$
- Les matières volatiles en suspension MVS contenues dans les MES sont :

$$MVS = 30\ 000 * 0.7 = 21\ 000\ kg/j$$

- Les matières minérales contenues dans les MES sont :

$$MM = 30\ 000 * 0.3 = 9000\ kg/j$$

- Les matières minérales éliminées :

Un dessableur permet d'éliminer 70% des matières minérales totales

$$MM_{éliminée} = 9000 * 0.7 = 6300\ kg/j$$

- Les matières minérales à la sortie de dessableur :

$$MM_{sortie} = MM - MM_{éliminée} = 9000 - 6300 = 2700\ kg/j$$

- Les MES à la sortie de dessableur :

$$MES_{sortie} = MVS + MM_{sortie} = 21000 + 2700 - 6300 = 23700\ kg/j$$

### IX.3.1.3-(Traitement primaire) Dimensionnement du décanteur primaire :

Les principaux paramètres de calcul du décanteur sont :

- La charge superficielle (vitesse limite de chute) qui est définie par :

$$V_{lim} = Q_{ptp}/S \quad (\mathbf{R.Pujol\ et\ al ; 2003})$$

- $Q$  : débit de la station.
- $S$  : surface totale
- Le temps de séjours est compris entre 1 et 4 heures. La hauteur d'eau dans l'ouvrage : la hauteur minimale est de 2m

**IX.3.1.3.1-Le Volume du décanteur :**

On prend le temps de séjours minimale au débit pointe  $T_s = 1.5$  h (d'après le constructeur de la première phase)

$$V = Q_p * T_s = 5500 * 1.5 = 8250 \text{ m}^3$$

Le volume de décanteur est très grande alors en prend 4 décanteurs de volume unitaire :

$$V_{Unitaire} = V/4 = 8250/4 = 2062.5 \text{ m}^3$$

**IX.3.1.3.2-La surface horizontale du décanteur :**

Pour la hauteur du décanteur, on prend  $H=3,4$  (d'après le constructeur de la première phase)

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{2062.5}{3.4} = 606.61 \text{ m}^2 \cong 607 \text{ m}^2$$

**IX.3.1.3.3-Le diamètre du décanteur :**

$$D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * H}} = \sqrt{\frac{4 * 2062.5}{\pi * 3.4}} = 26.72 \text{ m} \cong 27 \text{ m}$$

Avec :

- D : diamètre du décanteur (m)
- V : volume du décanteur (m<sup>2</sup>)
- h : hauteur du décanteur

**IX.3.1.3.4-Détermination du temps du séjour :**

- Pour le débit de pointe par temps sec

$$T_s = \frac{V}{Q_{moy}} = \frac{8250}{2100} = 3.9 \text{ h}$$

- Pour le débit de pointe par temps sec

$$T_s = \frac{V}{Q_{moy}} = \frac{8250}{2750} = 3 \text{ h}$$

- Pour le débit de pointe par temps sec

$$T_s = \frac{V}{Q_{moy}} = \frac{8250}{5500} = 1.5 \text{ h}$$

**IX.3.1.5-Calcul de la quantité de boues éliminées :**

- le décanteur primaire permet l'élimination de
  - abattement en  $DBO_5$  : on prend 33%
  - abattement en MES : 63% (donner par le constructeur)
- Les charges de pollution à l'entrée du décanteur

$$DBO_5 = 25000 \text{ kg/j}$$

$$MES = 23700 \text{ kg/j}$$

**IX.3.1.6-Les charges éliminées par la décantation primaire sont donc :**

$$DBO_{5 \text{ éliminé}} = 25000 * 0.33 = 8250 \text{ kg/j}$$

$$MES_{\text{éliminé}} = 23700 * 0.63 = 14931 \text{ kg/j}$$

**IX.3.1.7- Les charges à la sortie du décanteur primaire :**

$$DBO_5 = 25000 * 0.77 = 19250 \text{ kg/j}$$

$$MES = 23700 * 0.37 = 8769 \text{ kg/j}$$

**IX.3.2-Traitement biologique (précédés a moyen charge) :**

Le traitement biologique est réalisé dans les ouvrages suivant:

- Le bassin d'aération
- Le décanteur secondaire

**IX.3.2.1- Le 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. calculer par la formule suivante :

$$B/H=1 \text{ à } 2 \quad (\text{R. Sardeing ; 2005})$$

**IX.3.2.1.1-le volume du bassin :**

$$V_b = L_0/C_V$$

- $C_V$  = : Charge volumique ( $\text{kg } DBO_5/\text{m}^3.\text{j}$ )  $\Rightarrow C_V = 1 \text{ kg } DBO_5/\text{m}^3.\text{j}$
- $L_0$  : charge polluante à l'entrée du bassin ( $\text{kg } DBO_5/\text{j}$ )

D'où :

$$V_b = \frac{L_0}{C_V} = \frac{19250}{1} = 19250 \text{ m}^3$$

Le volume est plus grand alors en prend 4 bassin en parallèle d'un volume unitaire :

$$V_{unitaire} = \frac{V_b}{4} = \frac{19250}{4} = 4812.5 \text{ m}^3$$

#### IX.3.2.1.2-La hauteur du bassin :

On prend une hauteur de 4.58 (d'après le constructeur de la première phase)

#### IX.3.2.1.3-Surface horizontale unitaire:

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{4812.5}{4.58} = 1050.76 \text{ m}^2 \approx 1051 \text{ m}^2$$

#### IX.3.2.1.4-La Largeur unitaire :

$$\frac{B}{H} = 4 \Rightarrow B = 4 * 4.58 = 18.32 \text{ m}$$

#### IX.3.2.1.5-la Longueur unitaire :

$$L = \frac{BS_h}{B} = \frac{1050.5}{18.32} = 57.5 \text{ m}$$

#### IX.3.2.1.6-l'Estimation des charges massique et volumique :

- La charge massique (Cm) :  
 $0.2 < C_m < 0.5 \text{ Kg DBO}_5 / \text{Kg.MVS.j}$
- Le calcul de la station sera basé sur la valeur suivante de Cm:

$$C_m = 0.3 \text{ kg DBO}_5 / \text{kg MVS .j}$$

- La charge volumique (Cv) :  
 $0.5 < C_v < 1.5 \text{ Kg DBO}_5 / \text{m}^3 \cdot \text{j}$

Le calcul de la station sera basé sur la valeur suivante de Cv:

$C_v = 1 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 \cdot \text{j}$  le Cv permet d'estimer la capacité du bassin d'aération.

#### IX.3.2.1.7-La masse de boues dans le bassin :

$$X_a = \frac{L_0}{C_m} = \frac{19250}{0.3} = 64167 \text{ kg}$$

- Concentration de boues dans le bassin :

$$[X_a] = X_a / V = 64167 / 19250 = 3.33 \text{ kg/m}^3$$

- **Calcul du temps de séjour :**

- Pour le débit moyen horaire

$$\circ T_s = \frac{V}{Q_{moy.h}} = \frac{19250}{2100} = 9.16 \text{ h}$$

- Pour le débit de pointe par temps sec

$$\circ T_s = \frac{V}{Q_{pts}} = \frac{19250}{2750} = 7 \text{ h}$$

- Pour le débit de pointe en temps de pluie

$$\circ T_s = \frac{V}{Q_{ptp}} = \frac{19250}{5500} = 3.5 \text{ h}$$

Le procédé proposé est basé sur le principe des boues activées à moyenne charge. Les bassins d'aération sont des réservoirs rectangulaires ouverts où arrivent les eaux usées Prétraitées à partir des décanteurs.

#### IX.3.2.1.8-Concentration de l'effluent en $DBO_5$ :

$$S_0 = \frac{L_0}{Q_{moy}} = \frac{19250}{50400} = 0.38 \text{ g/l}$$

#### IX.3.2.1.9-La charge polluante à la sortie ( $S_f = 30 \text{ mg/l}$ ):

La charge polluante à la sortie à une concentration conforme aux normes de rejets fixées à 30 mg/l de  $DBO_5$

$$\text{D'où la charge : } L_f = S_f \cdot Q_{moy} = 0,03 \cdot 50400 = 1512 \text{ Kg } DBO_5$$

#### IX.3.2.1.10-La charge polluante éliminée ( $L_e$ ) :

$$L_e = L_0 - L_f = 19250 - 1512 = 17738 \text{ Kg } DBO_5$$

#### IX.3.2.1.11-Le rendement de l'épuration :

$$R\% = \frac{L_0 - L_f}{L_0} = \frac{19250 - 1512}{19250} * 100 = 92 \%$$

#### IX.3.2.1.12-Besoins théoriques en oxygène

Les bactéries constituant la boue activée ont besoin d'oxygène d'une part pour se nourrir et de se développer à partir de la pollution éliminée et d'autre part par la dégradation de la matière organique ; cet oxygène est apporté généralement par des aérateurs. La quantité théorique d'oxygène est la somme de celle nécessaire à la synthèse cellulaire plus celle nécessaire à la respiration endogène. Le calcul théorique de la consommation d'oxygène est donné par la formule suivante :

$$q_{O_2} = a * L_e + b * X_a \text{ (kg/j)} \quad (\text{DEGREMONT ; 2005})$$

- $L_e$  : DBO éliminée dans le bassin d'aération par jour (Kg).
- $X_a$  : quantité de boues (MVS) présentes par jour dans le bassin d'aération (Kg)
- $a$  : la fraction de pollution transformé en énergie de synthèse au cours de l'épuration et c'est aussi la quantité d'oxygène à fournir aux bactéries pour qu'elles synthétisent la matière vivante à partir d'une pollution.

$$0.48 < a < 0.65 \text{ Alors en prend } a = 0.6$$

- $b'$  : coefficient cinétique de respiration endogène

$$0.07 < b < 0.11 \text{ Alors en prend } b = 0.08$$

### IX.3.2.1.13-les besoins journaliers en oxygène :

$$q = 0.6 * 17738 + (0.08 * 64167) = 15776 \text{ Kg } O_2/j$$

### IX.3.2.2-clarificateur (décanteur secondaire)

#### IX.3.2.2.1-Données de base :

- Le temps de séjour :  $T_s = 5.20$  heure pour le débit pointe par temps de pluie (recommander par le constructeur de la première phase)
- Le débit de pointe en temps de pluie (de la station) :  $Q_{ptp} = 5500 \text{ m}^3$

#### IX.3.2.2.2-Le volume du décanteur :

$$V = Q_p * T_s = 5500 * 5.20 = 28600 \text{ m}^3$$

Le volume est très grande alors on prend 4 décanteurs de volume unitaire :

$$V_{unitaire} = V/4 = 28600/4 = 7150 \text{ m}^3$$

Hauteur du décanteur est :  $H = (3 \text{ à } 5) \text{ m}$ . (A. GAÏD ; 1984)

#### IX.3.2.2.3-La surface horizontale du décanteur :

Pour la hauteur du décanteur, on prend  $H = 3.95$  (d'après le constructeur de la première phase)

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{7150}{3.95} = 1810 \text{ m}^2$$

#### IX.3.2.2.4-Le diamètre du décanteur :

$$D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * H}} = \sqrt{\frac{4 * 7150}{3.14 * 3.95}} = 48 \text{ m}$$

Avec :

- D : diamètre du décanteur (m)
- V : volume du décanteur (m<sup>3</sup>)
- h : hauteur du décanteur (m)

### IX.3.2.2.5-Détermination du temps du séjour :

Pour le débit de pointe par temps sec :

$$T_s = \frac{V}{Q_{moy}} = \frac{28600}{2100} = 13.61 \text{ h}$$

- Pour le débit de pointe par temps sec :

$$T_s = \frac{V}{Q_{moy}} = \frac{28600}{2750} = 10.4 \text{ h}$$

- Pour le débit de pointe par temps sec :

$$T_s = \frac{V}{Q_{moy}} = \frac{28600}{5500} = 5.2 \text{ h}$$

### IX.3.3-Traitement des boues :

Les boues provenant du décanteur primaire et secondaire sont admises dans une Filière de traitement qui comporte l'épaississement, la stabilisation et la déshydratation. 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 d'accumulation anormale et prolonger de boue dans le décanteur primaire et le décanteur secondaire.

#### IX.3.3.1-Dimensionnement de l'épaississeur :

Il reçoit les boues issues du décanteur primaire et secondaire.

La production journalière des boues est de :

##### IX.3.3.1.1-Boues issues du décanteur primaire

Boues primaires :

$$DX_{primaire} = DBO_5 \text{ éliminé} + MES_{éliminé} = 8250 + 14931 = 23181 \text{ kg/j}$$

- **Boues issues du décanteur secondaire :**

Boues secondaires :

$$DX_{\text{secondaire}} = 7310 \text{ kg/j} \text{ (Représente les boues en excès)}$$

- **la quantité totale journalière des boues**

$$DX_{\text{Totale}} = DX_{\text{primaire}} + DX_{\text{secondaire}} = 23181 + 7310 = 30491 \text{ kg/j}$$

### IX.3.3.1.2-La concentration des boues

A l'entrée de l'épaississeur les boues fraîches ont les concentrations moyennes suivantes :

- Boues primaires : (5 à 10) g/l
- Boues secondaire : (2 à 5) g/l (DEGREMONT ; 2005)

### IX.3.3.1.3-Calcul du débit journalier reçu par l'épaississeur :

Le débit journalier de boues entrant dans l'épaississeur correspond aux débits de boues issus des deux décanteurs.

### IX.3.3.1.4-Le débit arrivant du décanteur primaire

$$Q_1 = DX_p / S_1 = 23181 / 8 = 2898 \text{ m}^3/\text{j}$$

- $DX_p$  : quantité issues du décanteur primaire
- $S_1$  : concentration des boues.

On prendra **S1 =8 g/l**

### IX.3.3.1.5-Le débit arrivant du décanteur secondaire :

$$Q_2 = DX_s / S_2 = 7310 / 4 = 1827.5 \text{ m}^3/\text{j}$$

On prendra **S2 =4 g/l**

### IX.3.3.1.6-Le débit total (Qt) :

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 = 2898 + 1827.5 = 4725.5 \text{ m}^3/\text{j}$$

### IX.3.3.1.7-La concentration du mélange (S) :

$$S = DX_t / Q_t = 30491 / 4725.5 = 6,45 \text{ g/l}$$

### IX.3.3.1.8-Le volume de l'épaississeur :

$$V = Q_t \cdot T_s = 4725.5 * 1 = 2535,95 \text{ m}^3$$

$T_s$  : temps de séjours = 1j.

On prend 4 bassins d'épaississement de volume unitaire

$$V_{Unitaire} = V/4 = 4725.5/4 = 1181.5 \text{ m}^3$$

#### IX.3.3.1.9-La surface horizontale du décanteur :

On prend  $H=3,5$  (d'après le constructeur de la première phase)

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{1181.5}{3.5} = 337.5 \text{ m}^2$$

#### IX.3.3.1.10-Le coté du bassin :

Les bassins ont une forme carrée de surface  $S_h = L^2$

$$\text{Alors } L = \sqrt{S_h}$$

$$L = \sqrt{337.5} = 18.37 \text{ m} \cong 18.4 \text{ m}$$

#### IX.3.3.1.11-Caractéristiques des boues épaissies :

La concentration des boues après épaississement par décantation est de l'ordre de 35 à 45 g/l. (S. HOULI ; 2007)

#### IX.3.3.1.12-Calcul du débit des boues épaissies :

La concentration des boues épaissies  $C_{be} = 40 \text{ g/l}$

$$\text{Alors } Q_d = DX_{Totale}/40 = 30491/40 = 762.275 \text{ m}^3$$

### IX.3.3.2-Dimensionnement du Stabilisateur aérobie :

Le but de la stabilisation est d'éliminer dans la phase de respiration endogène 45% de MVS contenues dans les boues. L'oxygénation est assurée par des aérateurs de surface ou insufflation d'air pour maintenir une concentration d'oxygène au moins égale à 2 mg /l.

#### IX.3.3.2.1-La quantité de MVS contenue dans les boues :

$$MS = 30491 \text{ kg/j}$$

$$MM = MS * 0.3 = 30491 * 0.3 = 9147.3 \text{ kg/j}$$

$$MVS = MS * 0.7 = 30491 * 0.7 = 21343.7 \text{ kg/j}$$

#### IX.3.3.2.2-La quantité de MVS à la sortie de la stabilisation :

$$\begin{aligned} (MVS) \text{ sortie} &= MVS - 0,45.MVS = 21343.7 * 0.55 = 11739 \text{ kg/j} \Rightarrow (MVS) \text{ sortie} \\ &= 11739 \text{ kg} \end{aligned}$$

**IX.3.3.2.3-Temps de séjour :**

La fraction des matières volatile stabilisée sera  $B_a = 45\%$  de MVS stabilisé

$$0.05 * B_a = 0.45 * 21343.7 \rightarrow B_a = 192094 \text{ kg}$$

L'extraction journalier est de 11739 Kg MVS /J, l'âge des boues en stabilisation sera donc :

$$T_s = \frac{192094}{11739} = 17 \text{ jours}$$

**IX.3.3.2.4-Boues en excès dans le stabilisateur :**

$Q_{\text{excès}} = MM + (\text{MVS})_{\text{sortie}} = 9147.3 + 11739 = 20886 \text{ kg}$  de boues / jour

**IX.3.3.2.5-La masse de boue à maintenir dans le stabilisateur ( $M_b$ ) :**

$$M_b = Q_{\text{excès}} * t = 20886 * 17 = 355062 \text{ kg.}$$

Sachant que les boues épaissies peuvent atteindre des taux de concentration  $C$  de 35 à 45 g/l, on prend  $C_{be} = 35 \text{ g/l}$ .

**IX.3.3.2.6-Volume du bassin de stabilisation :**

$$V = M_b / C_{be} = 355062 / 35 = 10145 \text{ m}^3$$

Alors on prend 4 bassins de stabilisation de volume unitaire :

$$V_{\text{unitaire}} = V / 4 = 10145 / 4 = 2536 \text{ m}^3$$

**IX.3.3.2.7-Surface horizontale :**

On prend la profondeur de chaque bassin de stabilisation  $H = 4 \text{ m}$  (d'après le constructeur de la première phase)

$$S_h = V / H = 2536 / 4 = 634 \text{ m}^2$$

- **La largeur de bassin :**

Le stabilisateur a une forme rectangulaire et la surface est donnée par :  $S_h = L * l$

On a  $L = 2. l$

$$l = \sqrt{(S_h / 2)} = 17.8 \text{ m}$$

- **La longueur de bassin :**

$$L = 2 * l = 2 * 17.8 = \mathbf{35.6 m}$$

### IX.3.3.2.8-Aération du bassin de stabilisation

La quantité d'air nécessaire s'effectuera à l'aide des aérateurs **2 kg O<sub>2</sub> /kg MVS** détruit.

- La masse des boues détruites par jour est de 11739 kg/j.
- La quantité d'o<sub>2</sub> nécessaire :  $Do_2 = 11739 * 2 = 23478 \text{ kg/j}$

### IX.3.4-Traitement tertiaire (désinfection) :

On a choisir la désinfection par ultraviolet, cette technologie est très efficace, et plus performant que les autres méthodes classique de la désinfection, Le bassin de désinfection reçoit les effluents épures en provenance du bassin Clarificateur et les met en contact avec les ondes Ultra-Violet émises par les lampes. Les lampes fournissant des spectres de longueurs d'onde comprises entre 185 et 480 nm. Le temps de contact est de 50 à 70 minutes pour avoir une meilleure désinfection. (Lenntech;2015)

#### IX.3.4.1-Le volume total du bassin :

$$V = Q_{ptp} * T_s \text{ (m}^3\text{)}$$

- $Q_{ptp}=5500 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- $T_s$  : temps de contact qui est de 1h  $T_s=60\text{mn}$ .

Donc :  $V = Q_{ptp} * T_s = 5500 * \left(\frac{60}{60}\right) = 5500 \text{ m}^3$

En prend 8 bassins en parallèle de volume unitaire :

$$V_{Unitaire} = V/8 = 5500/8 = 688 \text{ m}^3$$

#### IX.3.4.2-La longueur (L) et la largeur (l) :

La hauteur pour chaque bassin de désinfections doit être d'une valeur (2-4) m ; on prend **h= 3m**.

$$V = L * l * h \text{ (m}^3\text{)}$$

- $L = (1,00- 1,50) . l$ , nous prenons :  **$L = 1,25 . l$**  (Lenntech;2014)
- $V = h * L * l^2$
- la largeur :

$$l = \sqrt{\frac{V}{1.25 * h}} = \sqrt{\frac{688}{1.25 * 3}} = 13.5 \text{ m}$$

- la longueur :  $L = 1,25 * 13.6 = 17 \text{ m}$

**IX.3.4.3-Le nombre de lampes  $N_L$ :**

Les puissances disponibles couvrent la gamme 15W - 200W, pour une capacité de 80m<sup>3</sup>/heure pour une lampe seule. (Lenntech;2015)

- danc le nombre de lampe pour chaque bassin :

$$N_l = 688/80 = 8.6 \cong 9 \text{ lampes}$$

**IX.4-le 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 et comme notre station existe, de la STEP sont mentionnés dans le tableau IX.3 (voir l'annexe 3)

**IX.5-Conclusion :**

A l'issue de ce chapitre, on a pu constater que les dimensions des ouvrages ont doublé, non seulement à cause de l'augmentation du débit mais aussi à cause du doublement des charges et des temps de séjour à l'intérieur des ouvrages. Pour la désinfection, nous avons utilisé une technologie très moderne (UV) afin de maintenir le rythme de développement technologique dans le domaine de la purification de l'eau.

## **Chapitre X :**

# **Recommandation pour l'amélioration du fonctionnement**

### **X.1-Introduction :**

Après avoir la caractérisation des eaux usée de la STEP de BENI MESSOUS et l'étude de leur fonctionnement on a pu détecter plusieurs problèmes au sein de cette station et qui nous avons observé au cours de la période de notre présence à dans la station, Nous avons essayé de comprendre les causes de ces problèmes à partir de la recherche bibliographie et l'étude que nous avons fait dans les chapitres précédents, dans ce chapitre nous allons proposer des solutions afin d'améliorer le travail de la station et améliorer la qualité de leurs eaux épurées pour assurer une protection complète du milieu récepteur.

### **X.2-Déversoir d'orage :**

A l'entrée de la STEP il y a un problème de déposition du sable au niveau du déversoir d'orage ce qui réduit leur capacité (voir le chapitre VIII) donc il faut faire le curage du canal régulièrement

### **X.3-Les prétraitements :**

Le bon fonctionnement des ouvrages constituant les prétraitements est important quelle que soit la taille de la station. Leur défaillance a une incidence négative sur le rendement épuratoire global.

#### **X.3.1-Le dégrilleurs grossiers :**

D'après le chapitre VII on a trouvé que le dégrilleurs grossiers est sur dimensionner, alors il faut utiliser un seule dégrilleurs pour augmenter la vitesse de passage et éviter la déposition du sable au sein de cet ouvrage (partie amont).

#### **X.3.2-Dégraisseur :**

Sa fonction consiste à faire remonter les matières grasses en surface de manière à permettre leur récupération et leur élimination. Pour cela, une attention particulière devra être portée à l'obtention d'une zone calme permettant de concentrer les graisses flottantes dans une zone périphérique où leur reprise sera efficace.

Il convient également d'éviter des temps de séjour de l'eau importants (engendrant des fermentations). La présence de mauvaises odeurs et/ou d'un effluent de couleur grisâtre en sortie des prétraitements sont indicateurs de dysfonctionnements de cet ouvrage.

**X.4-Le décanteur primaire :**

Il faut faire une mure dans le répartiteur, pour éviter le diversement des eaux directement dans le bassin de récupération des eaux décanter, en cas de fermer une des vanne des deux décanteurs, et pour protéger le traitement biologique en aval.

Une extraction régulière des boues est nécessaire afin de maintenir un faible volume de boue en fond du décanteur. Le maintien d'une concentration en boue inférieure à 15 g/l permet de limiter le temps de séjour de la boue.

Le décanteur primaire ayant souvent vocation à être une étape de finition des prétraitements, les flottants devront être évacués régulièrement vers la filière boue et non retournés en tête de station. En cas de sous-charge de l'installation et dans la mesure du possible, il est fortement souhaitable de by-passer cet ouvrage. Dans ce cas, il est important de veiller au bon fonctionnement des étapes du pré-traitement et de maîtriser l'aération dans le bassin d'aération.

**X.4-Le traitement secondaire et complémentaire :**

Le traitement secondaire a comme objectif l'élimination de la matière organique par voie biologique. Celle-ci est réalisée dans le bassin d'aération et dans les bassins annexes (bassin d'anoxie, d'anaérobie,...). La présence de ces derniers dépend du type de traitement recherché (C, N, P), d'après le chapitre VI on voit que l'élimination de l'azote et du phosphore est insuffisante en voire des flottant dans le décanteur secondaire, pour cela on propose les ouvrages annexes suivant :

**X.4.1-Bassin d'anoxie :**

Il permet la dénitrification (transformation des nitrates en azote gazeux) des nitrates formés dans le bassin d'aération et renvoyés par une recirculation interne. Le temps de passage moyen des eaux doit être compris entre une et deux heures (calcul sur le débit moyen journalier, en intégrant la circulation des nitrates, depuis le bassin d'aération). Pour un fonctionnement correct, le bassin d'anoxie ne doit pas contenir d'oxygène dissous. Comme on a vu dans la figure suivante :

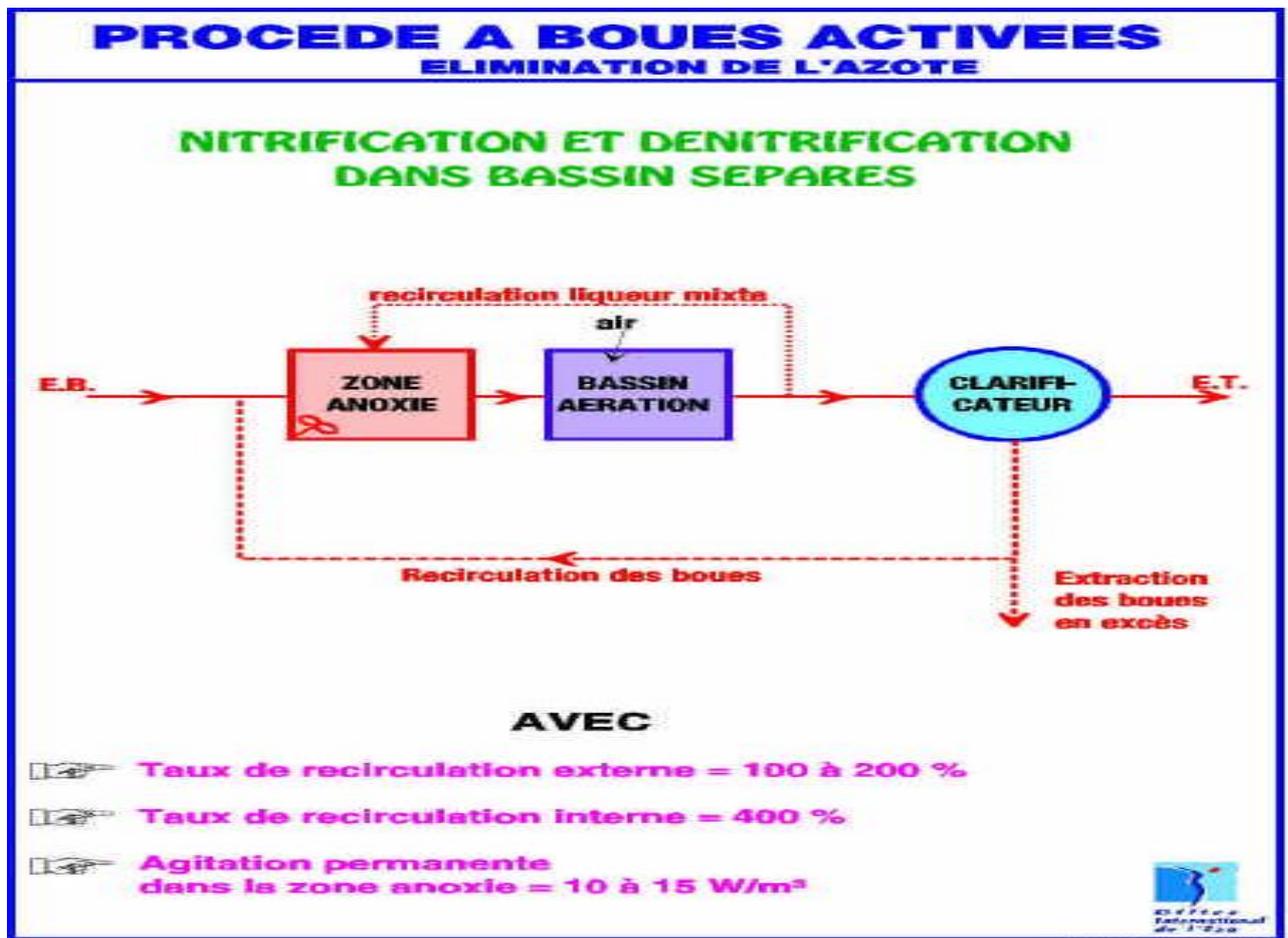


Figure X.1 : Schéma de principe d'une zone d'anoxie

### ➤ Dimensionnement

- Le volume total du bassin :

$$V = Q_{ptp} * T_s \text{ (m}^3\text{)}$$

- $Q_{ptp} = 3600 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- $T_s$  : temps de passage qui est de 1h  $T_s = 60 \text{ mn}$ .

Donc :  $V = Q_{ptp} * T_s = 3600 * \left(\frac{60}{60}\right) = 3600 \text{ m}^3$

En prend 2 bassins en parallèle de volume unitaire :

$$V_{Unitaire} = V/2 = 3600/2 = 1800 \text{ m}^3$$

- La hauteur du bassin :

On prend une hauteur de 4 m

- **Surface horizontale unitaire:**

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{1800}{4} = 450 \text{ m}^2$$

- **La Largeur unitaire :**

$$\frac{B}{H} = 4 \Rightarrow B = 4 * 4 = 16 \text{ m}$$

- **la Longueur unitaire :**

$$L = \frac{S_h}{B} = \frac{450}{16} = 28.13 \text{ m}$$

- Temps de passage : 1 à 2 heures (calculé à partir des débits cumulés transitant dans la zone).
- Il est important que les agitateurs puissent être orientables dans les plans horizontaux et verticaux. La puissance de ces agitateurs est fonction de la forme du bassin. Il est préconisé d'utiliser un minimum de deux pompes pour la recirculation de la liqueur mixte (concentrée en nitrates). Chaque pompe est à dimensionner sur la base de deux fois le débit moyen horaire d'entrée, soit au total 400% du débit moyen d'entrée.
- Le bon fonctionnement de la zone anoxique est notamment dépendant de la maîtrise des débits qu'il convient de vérifier périodiquement. Cela pose parfois un problème pour le débit des boues : les mesures par empotements sont possibles si les débits sont inférieurs à 40 m<sup>3</sup>/h et si l'embout des conduites plongeant dans le bassin peut être facilement démonté (brides). Une autre possibilité consiste à isoler hydrauliquement la zone anoxique pour faire la mesure (nécessité d'une vanne de fond entre anoxie et aération). En dernier ressort, il sera fait appel à la mesure de débit sur conduite en place qui doit être en charge et de longueur suffisante (2 à 3 m linéaire).
- Si la station démarre avec une charge hydraulique inférieure à 70 % sur une longue période (plusieurs mois à plusieurs années), il est souhaitable de prévoir à la construction une canalisation de by-pass de la zone d'anoxie, afin d'éviter de trop longs temps de séjour.
- La zone d'anoxie est peu adaptée pour des effluents domestiques dont la concentration en NK est faible (inférieur à 40-50 mg N/l – cas des effluents domestiques dilués).
- Les canalisations entrantes dans la zone d'anoxie doivent plonger pour éviter des phénomènes d'aération localisés.

### X.4.2-Dégazage :

Le dégazeur Placé à l'aval du bassin d'aération, il facilite l'élimination des bulles d'air présentes dans la liqueur en transit vers le décanteur secondaire. On limite ainsi les bouchons d'air générateurs d'à-coups hydrauliques préjudiciables au bon fonctionnement du clarificateur. De plus, lors du dégazage, des mousses pourront être récupérées et extraites de la file eau.

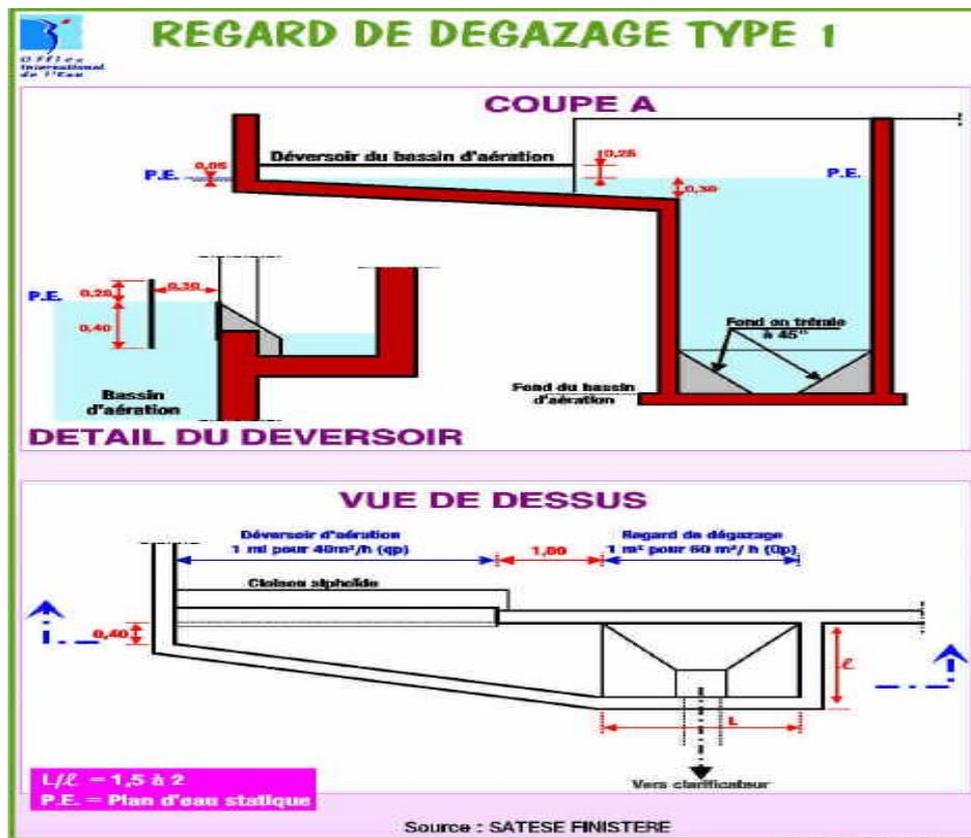


Figure X.2 : Schéma de principe d'un dégazeur

#### X.4.2.1-Dimensionnement :

Cet ouvrage est accolé au bassin d'aération, dimensionné sur la base de 1 m<sup>2</sup>/1000 éq.hab. et 2,5 m<sup>2</sup>/5000 éq.hab. Pour notre cas 12.5 m<sup>2</sup> pour 25000 éq.hab. La vitesse de passage est de 60 à 90 m/h sur la somme des débits qui y transitent. Le temps de séjour est de l'ordre de 3 à 5 mn. Le SATA Finistère préconise 1 m<sup>2</sup> pour 60 m<sup>3</sup>/h d'eau brute dans le cas des turbines et 1 m<sup>2</sup> pour 40 m<sup>3</sup>/h pour l'insufflation. Il est prudent de l'équiper d'un dispositif d'évacuation gravitaire des flottants et d'une bêche à flottants.

#### X.4.2.2-Dispositions constructives :

- L'évacuation et la destination de ces refus posent des problèmes similaires à celui des refus du dégraisseur. Il est possible de les évacuer vers le stockage des boues par l'intermédiaire d'une pompe péristaltique ou volumétrique, la reprise des refus s'effectuant en fond de la bêche à flottant.

- En cas de problèmes biologiques se traduisant par une abondance de mousses en surface des bassins, les interventions du préposé sur ce poste pourront être fréquentes voire quotidiennes (évacuation des mousses stockées). Les solutions pour limiter la prolifération de ces mousses biologiques font appel (en l'état actuel des connaissances) à la zone de contact ou à la chloration des mousses. Un raclage des mousses peut être prévu sur le dégazeur.
- Il n'est pas recommandé de placer une cloison siphonide à l'aval du bassin d'aération de façon à pouvoir extraire les mousses (formées au niveau du bassin d'aération) à partir du dégazeur.
- Le diamètre de la conduite de liaison du dégazeur et du bassin d'aération ne doit pas être inférieur à 150 mm

### **X.4.3-La déphosphatation :**

#### **X.4.3.1-La déphosphatation physico-chimique :**

La déphosphatation physico-chimique consiste à ajouter des cations métalliques (sels de fer ou d'aluminium) dans le bassin d'aération pour provoquer la précipitation des phosphates (déphosphatation simultanée). La déphosphatation simultanée permet d'atteindre une concentration en phosphore au rejet inférieur à 2 mg P/l. Pour atteindre une concentration inférieure à 1 mg P/l, une déphosphatation tertiaire (ajout de réactif après le clarificateur + décanteur lamellaire par exemple) peut s'avérer nécessaire.

#### **X.4.3.2-La déphosphatation biologique :**

La déphosphatation biologique consiste à alterner les phases anaérobie et aérobie (zone anaérobie de déphosphatation biologique suivie du bassin d'aération). Cette alternance des phases permet :

- un relargage du phosphore dans la zone anaérobie,
- un ré-assimilation de phosphore en quantité plus importante dans le bassin d'aération avant l'extraction des boues du clarificateur.

#### **X.4.3.3-Recommandations :**

- Temps de contact = 2h00 sur l'ensemble des débits moyens qui y transitent. Prendre 3h00 pour les effluents dilués.
- Les canalisations d'arrivée doivent plonger dans la zone anaérobie pour éviter des phénomènes d'oxygénation localisés.
- Les effluents d'entrée ne doivent pas être suroxygénés (bassin d'orage ...).
- L'oxygénation dans le bassin d'aération doit être intense.
- La recirculation de la boue ne doit pas apporter de  $\text{NO}_3$
- en quantité trop importante.
- L'âge de boue ne doit pas être trop élevé.

- Le traitement des boues et le stockage doivent prohiber des retours en tête de phosphore après relargage dans la file boue (épaississeur gravitaire, retours en tête au niveau du stockage ...).
- La déphosphatation biologique doit être complétée par une déphosphatation physico-chimique afin de pouvoir pallier à toute défaillance de la zone anaérobie (dimensionnement du physico-chimique dans l'hypothèse où la déphosphatation biologique ne fonctionne pas).
- La zone anaérobie doit être by-passable

#### **X.4-Le Décanteur secondaire et l'épaississeur :**

Il y a des problème de boues flottante dans le décanteur secondaire en évite ce problème par les ouvrage annexes qui nous les proposer, et dans l'épaississeur il y a un problème de boues flottantes et fermentées la cause de ce problème c'est le temps de séjours important, donc il faut diminuer le temps de séjour par l'exploitant et contrôler cet ouvrage régulièrement En dit que Tout système visant à ramener en tête du traitement les flottants récupérés est à proscrire (aggravation des problèmes de bactéries filamenteuses). L'évacuation de ces produits est, en général, source de difficultés pour l'exploitant. Il y a lieu d'éviter leur contact avec l'eau pour que les volumes à extraire soient minimisés. De plus, pour réduire les interventions extérieures générant des coûts supplémentaires (vidangeur), il est utile de prévoir des circuits permettant l'incorporation de ces produits soit dans la bache de stockage des flottants du dégazage, soit directement dans le silo à boues (et non l'épaississeur). Pour éviter de crée un problème biologique dans l'épaississeur (voir chapitre VIII)

#### **X.6-Traitement tertiaire (désinfection) :**

Le traitement biologique ne permet pas à lui seul d'éliminer de façon satisfaisante les germes pathogènes ; ce qui implique en cas de réutilisation de cette eau épurée pour l'agriculture ou le nettoyage des chaussés et dans le cas du rejet de ces eaux épurées dans des zones sensibles, comme le cas en ce moment où cette STEP rejette ces eaux à proximité de la plage El Bahja alors qu'elle est utilisée pour la baignade, pour cela un traitement de désinfection est avéré nécessaire. On a proposé pour ce traitement la technique de La chloration/dé-chloration, Depuis quelques années, pour contrer les effets nocifs du chlore sur la vie aquatique, la dé-chloration s'est de plus en plus répandue partout dans le monde. La dé-chloration se fait généralement par addition de bioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). Il réagit très rapidement au contact du chlore résiduel dans l'eau et permet d'éliminer la toxicité qui y est associée. Par contre, la concentration en oxygène dissous de l'eau traitée s'en trouve réduite, parmi ces avantages :

- Tout comme pour la chloration, il s'agit d'une technique bien maîtrisée et relativement

Simple ;

- Ce moyen de désinfection est moins dommageable que la simple chloration. Prévoir un bassin de chloration suivie d'une dé-chloration précédé d'un filtre à sable comme système de traitement tertiaire.

Ce traitement permet de satisfaire la demande en chlore de l'eau et d'éliminer l'ammoniaque en cas de température basse de l'eau à traiter. Après un temps de contact de deux heures, l'eau est dé-chlorée par ajout d'anhydride sulfureux.

### X.6.1-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.

On utilise une dose de 10 mg/l pendant un temps de contact de 30 mn.

### X.6.2-La dose journalière en chlore :

$$C = Q_{moy} * (cl_2) = 1800 * 0.01 = 180 \text{ kg/j}$$

### X.6.3-Dimensionnement du bassin de désinfection :

$Q_{pt} = 3600 \text{ m}^3/\text{h}$  (débit de pointe au temps de pluie)

$T_s = 30 \text{ mn}$

➤ **Le volume du bassin :**

$$V = Q_{PT} * T_S = 3600 * 0.5 = 1800 \text{ m}^3$$

Le volume est plus grand alors on prend 2 bassin en parallèle d'un volume unitaire

$$V_{unitaire} = \frac{V_b}{2} = \frac{1800}{2} = 9000 \text{ m}^3$$

➤ **La hauteur du bassin :**

On prend une hauteur de 3m

➤ **Surface horizontale unitaire:**

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{9000}{3} = 300 \text{ m}^2$$

➤ **La Largeur unitaire :**

$$\frac{B}{H} = 4 \Rightarrow B = 4 * 3 = 12 \text{ m}$$

➤ **la Longueur unitaire :**

$$L = \frac{S_h}{B} = \frac{300}{12} = 25 \text{ m}$$

Avec :

L : longueur du bassin de désinfection.

B : largeur du bassin de désinfection.

**X.7-Conclusion :**

Après le diagnostic des problèmes que nous avons fait dans les chapitres précédents, Ce chapitre c'est le résultat de notre travail que nous avons fait, Et dans lequel nous devons proposer des solutions, Pour les problèmes de cette station, Afin d'améliorer son fonctionnement.

# **Conclusion générale**

### Conclusion générale :

L'objectif principal de notre travail, était de caractériser les eaux usées, évaluer les performances épuratoires de la station de Beni-Messous grâce à l'analyse des données issues de l'auto surveillance de cette station d'épuration à travers le suivi de la charge hydraulique, des paramètres de pollution physico-chimiques et les corrélations qui existent entre eux physicochimiques les plus significatifs et calculé les ratios indicateurs de pollution qui nous ont été utiles pour tenter de décrypter et de mieux comprendre les phénomènes de pollution au sein de la station. Ces indicateurs permettent de mettre en évidence les optimisations nécessaires à la station et serviront, une fois mis en place, à piloter l'exploitation de l'installation. Dans notre travail, nous avons comparés les résultats obtenus aux normes prescrites et aux objectifs fixés par le constructeur.

Nous nous sommes intéressés à la vérification des paramètres techniques de fonctionnement de chaque ouvrage pour le débit nominal pour lequel la station a été conçue et pour les débits entrant à la station durant tous les années d'exploitation. Des propositions de solutions et de remèdes aux différents problèmes et dysfonctionnements rencontrés au sein de cette station ont été réalisées.

Nous avons redimensionnés la station pour accueillir une capacité de traitement pour 500 000 eq.hab à l'Horizon 2035

Il est à noter que ce travail nous a permis d'approfondir et d'enrichir nos connaissances dans le domaine d'épuration des eaux usées et d'avoir des informations concrètes sur la situation de l'épuration en Algérie.

- Après l'étude analytique et l'évaluation que nous avons fait dans cette étude, et qui a donné des résultats clairs due à l'existence des plusieurs problèmes, au niveau de cette station. Ces problèmes causés par de nombreuses raisons (conception, exploitation, maintenance), affectent la qualité de l'eau épurée surtout biologiquement.
- Nous avons constaté que les quantités de phosphore et de l'azote sont élevées. Et elles dépassent les normes. Ceci Pose une menace pour le milieu récepteur (favorise l'eutrophisation), pour cela nous avons proposé des ouvrages annexes, pour assurer l'élimination de cette substance indésirable.
- Aussi, nous avons constaté que cette STEP ne dispose pas d'un traitement tertiaire (désinfection). Ce qui favorise le développement bactérien dans l'eau épurée cela nous proposent et dimensionner un ouvrage de désinfection.
- nous avons constaté que la station est conçue pour accueillir 3600 m<sup>3</sup>/h au moyen, comme indiqué le premier constructeur.

## Conclusion générale

- Nous avons étudié le fonctionnement de chaque ouvrage seulement, et Nous avons constaté que les dégrilleurs et le dessableur-déshuileur sont sur-dimensionner donc on peut utiliser un seul dégrilleurs, un problème d'ensablement au niveau de déversoir d'orage. Pour cela, il faut faire le curage régulièrement, et problème de diversement de l'eau prétraité directement dans le bassin d'alimentation du bassin d'aération sans décantation en cas de l'utilisation d'un seul décanteur donc il faut surélevés le mur de bassin de répartition.
- Aussi Nous avons remarqué des boues flottante au niveau du clarificateur à cause des gaz et de dénitrification, Pour cela on a proposé des ouvrages annexes pour éviter ce problème, et donner des recommandations. Nous avons aussi remarqué des boues flottantes fermentées et filamenteuses dans le digesteur, à cause de temps de séjour très élevée (surtout dans le cas des problèmes technique comme la défaillance de la pompe ou l'éclatement de tuyaux), donc il faut diminuer le temps de séjour et mettre des pompes de secours pour éviter ce problèmes, et évacuer les boues flottante à l'extérieur du système.
- Nous concevons également une proposition de la STEP pour accueillir une capacité de traitement 50400 m<sup>3</sup>/j moyen pour 500 000 eq.hab à l'Horizon 2035.
- Nous savons qu'il y a plusieurs problèmes dans la station et qui sont parfois difficiles à connaître, seulement avec une inspection précise au niveau de la STEP, car Il y a des problèmes difficiles à trouver, on peut connaissant seulement si nous travaillons à l'intérieur de la station.

## Références Bibliographiques :

- **ABDELKADER GAÏD** : épuration biologique des eaux usées urbaines, tome 2, office de publication universitaire, Alger, 1984.
- **CANLER Jean-Pierre** : Dysfonctionnements biologiques des Stations d'épuration ; 1993
- **Christophe DAGOT et Julien LAURENT** ; Module d'enseignement ASTEP ; 2014
- **Claude CARDOT** : Techniques appliquées au traitement de l'eau ; Edition : Ellipses ; 1999.
- **Claude CARDOT** : Les traitements de l'eau ; Edition : Ellipses ; 1999.
- **DEGREMONT** : Mémento technique de l'eau : 10édition- Paris : Degremont, 2005.
- **Deshayes MATTHIEU** : Guide pour l'établissement des plans d'assurance de la qualité d'épuration des eaux usées ; 2008
- **F. EDELINE** : L'épuration biologique des eaux ; 1993 4em Edition
- **J.RODIER** : L'analyse de l'eau ; 2009
- **Joseph PRONOST et al** : Station d'épuration ; disposition constructive pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation ; 2002
- **HOULI. S** : Cours d'épuration; 2007
- **Mimoun Yousef** : optimisation du fonctionnement de station d'épuration par boues activées ; mémoire fin d'étude 2012 ;
- **Rodolphe Sardeing, Martine Poux et Catherine Xuereb** : Procédé d'oxygénation et de brassage pour le traitement biologique des eaux usées ; 2005
- **ROGER Pujol, ALAIN Vachon et GY Martin** : guide technique sur le foisonnement des boues activées ; 2003
- **Satin Marc, Béchir Selmi, Régris Bourrier** : guide technique de l'assainissement ; 1999
- **W.W. Eckenfelder** : Gestion des eaux usées urbaines et industrielles ; 1982

Site web :

- <http://www.lenntech.com/fran%C3%A7ais/info-desinfection-uv>

# ANNEXES

## Annexe 1

Zone d'activité/ commune	Industrie	Activités	Catégorie
AIN BENAIN	Sanofi Aventis (Institut Medical Algerien)	Production Pharmaceutique	Industrie Pharmaceutique
	Sarl Safil	Filature	
	Sarl Sotissep	Fabrication Do Serviettes Et Tissus	Industrie Textile
	Sarl Virginal	Eponges	Industrie Textile
	Snc Errochd	Savonnerie	Industrie Chimique
CHERAGA	Eurl Splenoid	Fabrication Et Commercialisation De Produits Cosmétiques	Ndustrie Chimique
	MVL Cuir (Entreprise Nationale Demarcouennerieet De Vetements De Libeles)	Maroquinerie Et Vêtements De Cuir	Industries Divers
	L'entreprise Nationale De Peinture (Enap)	Fabrication Do Peinture	Industrie Chimique
	Mac Style Spa	Production Do Chaussures	Industries Divers
	Minoterie Industrielle De Cheraga Mic	Minoterie	Industrie Agroalimentaire
	Sarlasprim	Imprimerie	Imprimerie
	Sarlbeydjamel	Confiserie	Industrie Agroalimentaire
	Sarl Drageor	Confiserie Industriel	Industrie Agroalimentaire
	Sarl Floreal	Fabrication De Produits Cosmétiques	Industrie Chimique
	Sarl Priplait (Soplait)	Fromagerie	Industrie Agroalimentaire

## ANNEXES

	Sarl Laiterie Alioua	Fabrication Do Bit On Sachets	Industrie Agroalimentaire
	Sarl Mazafroid	Production Do Crème Glacée, Chocolat Et Biscuit	Industrie Agroalimentaire
	Arl Naceri Rachid	Fabrication Des Produits Cosmétiques	Industrie Chimique
	Sarl Proalimex	Fabrication Do Pâtes Alimentaires	Industrie Agroalimentaire
	Sarl Prodimex	Conditionnement Des Cosmétiques	Industrie Chimique
	Sarlquatro	Torréfaction	Industrie Agroalimentaire
	Sarl Safl	Fromagerie	Industrie Agroalimentaire
	Sarlsopalux2000	Parfums Et Cosmétiques	Industrie Chimique
	Sarltammy	Fromagerie	Industrie Agroalimentaire
	Societe Haddadi	Industrie De Volets Roulants Et Fermetures	Industrie Metallurgique Et Siedrurguque
	Dar Eodaoua	Dépôt De Produits Pharmaceutiques	Industrie Pharmaceutique
	Sarlwafa	Conversion De Papier Tissu	Industrie Textile
	Sarl Cam Sav Algerie	Montage Des Machines Industrielles	Industrie Mecanique Et Automobile
	Imprimerie Safifob	Imprimerie Industrielle	Imprimerie
	Sarl So.Ai.Pp	Fabrication Des Panneaux Et Emballage En	Industrie Du Plastique

		Polystyrène	
	Sarl Propfarmal	Production Pharmaceutique	Industrie Pharmaceutique
	Sarl Pharmalliance	Production Pharmaceutique	Industrie Pharmaceutique
	Sarl Pa.Chaal	Produis Et Additifs Chimiques De L'agroalimentaire	Industrie Agroalimentaire
	Laboref	Production D'arômes Alimentaires	Industrie Agroalimentaire
STAOUALI	Sarl Plastic African	Transformation De Plastique	Industrie Du Plastique
	Sarl Plastic Nord Africain	Transformation De Matières De Base Plastique, Emballages Pour Cosmétiques Et Pharmaceutiques	Industrie Du Plastique
	Unitex (Union Industrielle Textile)	Tissage	Industrie Textile
	Aluor	Construction Aluminium, Murs, Rideaux	Industrie Metallurgique Et Siderurgique

**Tableau V.4 :** les activités industrielle qui rejets dans le réseau raccordé à la de BENI

MESSOUS Source : (DRE w.alger)

## Annexe 2

année	Q(m <sup>3</sup> /s)		V(m/s)		Perte de charge(mm)	
	Q <sub>moy</sub> ts	Q <sub>p</sub>	Q <sub>moy</sub> ts	Q <sub>p</sub>	Q <sub>moy</sub> ts	Q <sub>p</sub> tp
Nominal variant 1	0.57	1.52	0.42	1.12	3.39	24.15
Nominal variant 2	0.41	1.00	0.30	0.74	1.73	10.54
2008	0.28	0.77	0.20	0.57	0.77	6.25
2009	0.31	0.61	0.22	0.45	0.93	3.89
2010	0.33	0.64	0.24	0.47	1.108	4.25
2011	0.36	0.72	0.26	0.53	1.30	5.40
2012	0.38	0.69	0.28	0.51	1.50	5.00
2013	0.39	0.84	0.28	0.62	1.50	7.40
2014	0.39	0.71	0.28	0.52	1.50	5.20

**Tableau VIII.3 :** vitesses et perte de charge en fonction des débits nominaux et pour chaque année d'exploitation

année	Q(m <sup>3</sup> /s)		V (m/s)		Perte de charge(m)	
	Q <sub>moy</sub> ts	Q <sub>p</sub> tp	Q <sub>moy</sub> ts	Q <sub>p</sub> tp	Q <sub>moy</sub> ts	Q <sub>p</sub> tp
Nominal Vr 1	0.57	1.52	0.86	2.31	3.75	41.35
Nominal Vr 2	0.41	1.00	0.62	1.52	1.95	19.29
2008	0.28	0.77	0.42	1.17	0.89	4.01
2009	0.31	0.61	0.47	0.93	1.12	6.36
2010	0.33	0.64	0.50	0.97	1.26	8.05
2011	0.36	0.72	0.54	1.09	1.47	10.96
2012	0.38	0.69	0.57	1.05	1.64	13.64
2013	0.39	0.84	0.59	1.28	1.76	15.71
2014	0.39	0.71	0.59	1.08	1.76	15.71

**Tableau VIII.4 :** vitesses et perte de charge en fonction des débits nominaux et débits de chaque année d'exploitation

année	Vitesse ascensionnelle (m/h)		Temps de séjour (min)		Débit d'aire injecté (m <sup>3</sup> /)	
	Q <sub>moy</sub> ts	Q <sub>p</sub> tp	Q <sub>moy</sub> ts	Q <sub>p</sub> tp	Q <sub>moy</sub> ts	Q <sub>p</sub> tp
<b>Nominal Vr 1</b>	14.2	38.0	7.5	2.8	2462.4	6566.4
<b>Nominal Vr 2</b>	10.2	25.0	10.5	4.3	1771.2	4320
<b>2008</b>	07.0	19.2	15.4	5.6	1209.6	3326.4
<b>2009</b>	07.7	15.2	13.9	7.0	1339.2	2635.2
<b>2010</b>	08.2	16.0	13.0	6.7	1425.6	2764.8
<b>2011</b>	09.0	18.0	12.0	6.0	1555.2	3110.4
<b>2012</b>	09.5	17.2	11.3	6.2	1641.6	2980.8
<b>2013</b>	09.7	21.0	11.0	5.1	1684.8	3628.8
<b>2014</b>	09.7	17.7	11.0	6.0	1684.8	3067.2

**Tableau VIII.7** : les paramètres de fonctionnement du dessableur-dégraisseur

année	Vitesse ascensionnel (m/h)		Temps de séjour (h)		Débit d'extraction des boues (m <sup>3</sup> /h)	
	Q <sub>moy ts</sub>	Q <sub>p tp</sub>	Q <sub>moy ts</sub>	Q <sub>p tp</sub>	Q <sub>moy ts</sub>	Q <sub>p tp</sub>
<b>Nominal Variet 1</b>	1.55	4.14	2.16	0.81	59	78
<b>Nominal Variet 2</b>	1.11	2.72	3.01	1.23	42	51
<b>2008</b>	0.76	2.1	4.41	1.60	5.54	30.25
<b>2009</b>	0.84	1.66	3.98	2.02	9.45	47.5
<b>2010</b>	0.9	1.74	3.74	1.92	23.04	49.20
<b>2011</b>	0.98	1.96	3.43	1.71	26.29	49.87
<b>2012</b>	1.03	1.88	3.25	1.78	20.91	41.25
<b>2013</b>	1.06	2.29	3.16	1.47	13.00	30.33
<b>2014</b>	1.06	1.93	3.16	1.73	9.37	28.91

**Tableau VIII.8** : valeur des paramètres de fonctionnement du décanteur primaire pour débits nominaux et pour chaque année d'exploitation

Année	La charge massique (kg DBO <sub>5</sub> / kg MVS.j)	La charge volumique (Cv) (kg DBO <sub>5</sub> / m <sup>3</sup> .j)	âge des boues (j)
<b>Nominal Vr 1</b>	0.56	1.48	/
<b>Nominal Vr 2</b>	0.21	0.97	/
<b>Janv.</b>	0.22	0.76	6.40
<b>Févr.</b>	0.23	0.71	6.56
<b>Mar</b>	0.19	0.67	7.25
<b>Avr.</b>	0.20	0.61	7.24
<b>Mai</b>	0.28	0.70	7.45
<b>Juin</b>	0.29	0.94	7.45

<b>Juil.</b>	0.26	0.78	6.71
<b>Août</b>	0.35	0.83	7.42
<b>Sept</b>	0.33	0.83	9.32
<b>Oct.</b>	0.26	0.83	9.49
<b>Nov.</b>	0.21	0.79	9.40
<b>Déc.</b>	0.24	0.71	7.23
<b>Janv.</b>	0.23	0.70	7.58
<b>Févr.</b>	0.17	0.62	6.83
<b>Mar</b>	0.18	0.61	4.78
<b>Avr.</b>	0.17	0.62	4.98

**Tableau VIII.9 :** Tableau : valeur des paramètres de fonctionnement du bassin d'aération pour chaque mois à partir de janvier 2014 à avril 2014

<b>Année</b>	<b>La vitesse ascensionnelle au Qp (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h)</b>	<b>Temps de séjours des boues dans le clarificateur (min)</b>
<b>Nominal Vr 1</b>	1.15	63.79
<b>Nominal Vr 2</b>	0.75	92.52
<b>2008</b>	0.58	78.22
<b>2009</b>	0.46	106.1
<b>2010</b>	0.48	104.4
<b>2011</b>	0.54	85.98
<b>2012</b>	0.52	82.64
<b>2013</b>	0.63	69.35
<b>2014</b>	0.53	81.53

**Tableau VIII.10 :** variation des paramètres principale de fonctionnement du décanteur secondaire pour débits pointes nominaux et pointes annuelle pour chaque année d'exploitation

année	Flux massique appliqué (kg MS/m <sup>2</sup> /j)		Temps de séjour (h)		Débit d'extraction des boues (m <sup>3</sup> /h)	
	Q <sub>moy ts</sub>	Q <sub>p tp</sub>	Q <sub>moy ts</sub>	Q <sub>p tp</sub>	Q <sub>moy ts</sub>	Q <sub>p tp</sub>
<b>Nomina 1 Vr 1</b>	31.2	86.5	16.4	44.0	20.7	52.8
<b>Nomina 1 Vr 2</b>	19.5	52.7	8.3	22.9	14.2	39.6
<b>2014</b>	15.6	31.2	4.2	8.3	9.37	28.91

**Tableau VIII.11 :** la variation des paramètres principaux de l'épaisseur pour les débits nominale et pour l'année 2014

## ANNEX 3

Désignations	Côtes du terrain (m)	Côtes du Radier (m)	Plan d'eau (m)	Cotes piézométrique (m)
Dégrilleurs grossier	13,3	13,3	1,6	14,9
dégrilleurs moyen	13,24	13,24	1.5	14,74
Dessableur-déshuileur	10,2	9,7	3,6	13,3
décanteur primaire	9,3	7,3	3,4	10,7
bassin d'aération	8	6	4,58	10,58
décanteur secondaire	7,5	5,5	3,95	9,45

**Tableau IX.3 :** récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP (D'après le constructeur de la première phase)

Ouvrages	Dimensions unitaire
<b>Dégrilleurs grossier :</b>	
- Epaisseur des barreaux (mm)	8
- Espacement des barreaux (mm)	40
- Largeur de la grille(m)	1
- Inclinaison	75°
- Nombre des Dégrilleurs	2
<b>Dégrilleurs moyen :</b>	
- Epaisseur des barreaux (mm)	8
- Espacement des barreaux (mm)	15
- Largeur de la grille(m)	1.5
- Inclinaison	75°
- Nombre des Dégrilleurs	2
<b>Dessableur-déshuileur :</b>	
- Volume (m <sup>3</sup> )	275.5
- Longueur	11.6
- Largeur (m)	6
- Hauteur (m)	4
- Nombre des bassins	2
<b>Décanteur primaire :</b>	
- Volume (m <sup>3</sup> )	2062.5
- Diamètre (m)	27
- Hauteur (m)	3.4
- Nombre des bassins	4

<b>Bassin d'aération :</b>	
- Volume (m <sup>3</sup> )	4812.5
- Longueur (m)	57.5
- Largeur (m)	18.32
- Hauteur (m)	4.58
- Nombre des bassins	4
<b>Clarificateur :</b>	
- Volume (m <sup>3</sup> )	7150
- Diamètre (m)	48
- Hauteur (m)	3.95
- Nombre des bassins	4
<b>Épaississeur :</b>	
- Volume (m <sup>3</sup> )	2536
- Longueur (m)	18.4
- Largeur (m)	18.4
- Hauteur (m)	3.5
- Nombre des bassins	4
<b>stabilisateur :</b>	
- Volume (m <sup>3</sup> )	2536
- Longueur (m)	36
- Largeur (m)	17.5
- Hauteur (m)	4
- Nombre des bassins	4
<b>Bassin de Désinfection :</b>	
- Volume (m <sup>3</sup> )	668
- Longueur(m)	17
- Largeur(m)	13.5
- Hauteur(m)	3
- Nombre de lampes	9
- Nombre des bassins	8

**Tableau IX.4:** Tableau récapitulatif des résultats des dimensions de la STEP BENI MESSOUS