

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Faculté de Technologie  
Département d'Hydraulique

Projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master en Hydraulique  
Option : Technologies de Traitement des Eaux

Thème

**Etude diagnostique de la station d'épuration d'Ain El Houtz :  
réhabilitation de filières existantes et étude  
de filières à mettre en place**

Par: M<sup>r</sup> KHECHIBA ILYAS  
M<sup>r</sup> MAHI ABDELWAHHAB

Soutenue le : Juin 2016

Devant les membres du jury

M<sup>r</sup> BESSEDIK M.  
M<sup>r</sup> ROUISSAT B.  
M<sup>R</sup> BOUCHELKIA H.  
M<sup>r</sup> BOUMEDIENE M.  
M<sup>me</sup> BOUKLI HACENE C.

Président  
Examineur  
Examineur  
Encadreur  
Encadreur

Année Universitaire: 2015-2016

# Remerciement

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.*

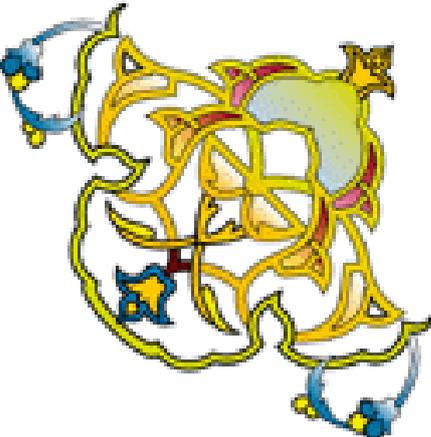
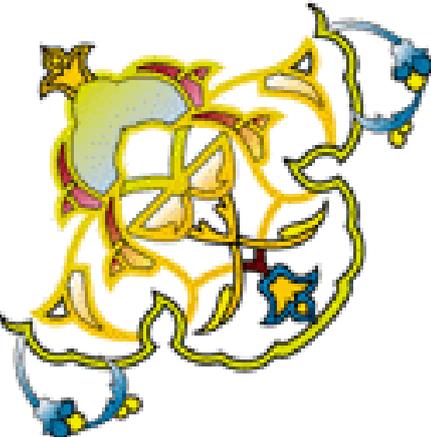
*En second lieu, nous tenons à remercier nos encadrateurs (M<sup>r</sup> BOUMEDIENE M, et M<sup>me</sup> BOUKLI HACENE C.), son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury M<sup>r</sup> BESSEDIK M, M<sup>r</sup> ROUISSAT B, M<sup>r</sup> BOUCHELKIA H pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

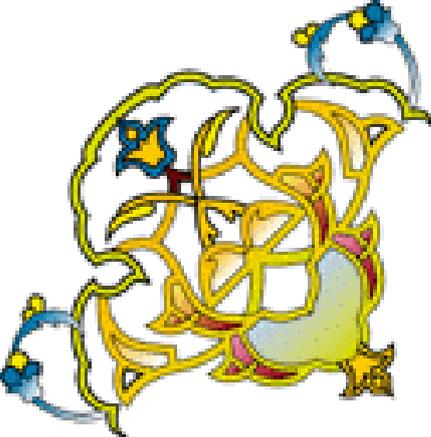
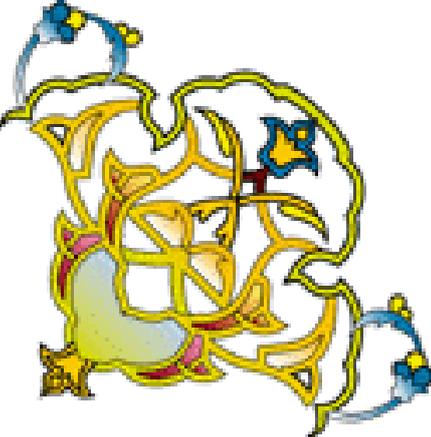


Merci



## Dédicace

*C'est un grand amour que nous dédions ce travail :  
A nos chers parents  
Pour leurs bonne éducation et encouragement nous  
somme très reconnaissant  
A nos frères et sœurs et à toute la famille et nos amis  
Et à tous nos professeurs de département d'hydraulique  
qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien  
acquis.*



## Résumé

Dans ce travail on a fait une description et un diagnostic de la STEP de Ain El Houtz qui est une station à boues activées pour relever tous les défaillances et les dysfonctionnements qui existent et comparer ses performances par rapports aux normes de réutilisation de ses eaux épurées en irrigation. La STEP de Ain El Houtz nécessite une réhabilitation pour assurer un bon fonctionnement de son process et satisfaire de meilleurs rendements pour mieux réutiliser ses eaux en irrigation du périmètre d'El Hennaya. Les principales anomalies relevées sont la présence de pannes d'un dégrilleur irréparable ainsi que les 04 mélangeurs de fond des bassins d'aérations. Les bacs à sable sont endommagés, la concentration et l'âge des boues sont élevées dans les bassins biologiques, la remonté des boues en excès est remarquables sur les clarificateurs. Des solutions adéquats pour résoudre ces problèmes ont été proposées: changement de dégrilleur et les mélangeurs de fond avec d'autres de même tailles, l'installation d'un séparateur à sables, la réalisation d'un deuxième épaisseur, la déshydratation par centrifugation et le chaulage des boues ainsi que d'autres solution préventives recommandées et qui sont l'installation d'une vanne principale à l'entrée de la STEP et l'utilisation de produits de lestage et de coagulation dans le bassin d'aération comme solution préventive et curative à la remontée des boues dans les clarificateurs.

**Mots clés :** épuration, boues activées, réutilisation, irrigation, STEP, Ain El Houtz, défaillances, dysfonctionnements, solutions, réhabilitation.

## **Abstract**

In this work we had done a description and diagnosis of the STEP Ain El Houtz is an activated sludge plant to identify any failures and malfunctions that exist, and compare the performance reports for irrigation reuse standards, to propose the adequate solutions to these problems, the main anomalies identified are: a bar screen down, and 4 cross mixers of vents basins, damaged sandboxes, a concentration and a high sludge age in the BA, the recovered sludge, the sludge excées, to face these problems is proposed for solutions to which are change the bar screen and the background mixer with others of the same sizes, the installation of a sand separator, the production of a second thickener, dehydration by centrifugation and the lime treatment as well as other solution preventive who are installing a main valve, ballasting and coagulation. The STEP of Ain El Houtz requires rehabilitation at the earliest to ensure proper operation and good performance which allows us to reuse its water irrigation perimeter of El Hennaya.

**Keywords:** Treatment, activated sludge, reuse, irrigation, STEP, Ain El Houtz, failures, malfunctions, solutions, rehabilitation

## عربية :

في هذه المذكرة قمنا بتسجيل عملنا الذي تضمن وصفا و تشخيصا عاما لمحطة المعالجة المتواجدة بعين الحوت ولاية تلمسان و التي هي من نوع الحمأة النشطة ، وهذا من أجل تحديد الأعطاب والنقائص الموجودة إلى جانب مقارنة تقارير الأداء مع معايير المياه المستخدمة في السقي بغية عرض اقتراحات ذات حلول مناسبة .

ان الأعطال و العجز الوظيفي التي تم تحديدها كانت كالآتي :

أحد المصافي الميكانيكية معطل وغير قابل للإصلاح بالإضافة الى أربعة خلطات أحواض التهوية ،أحواض تصفية الرمل متضررة وهي تقنية كلاسيكية ،عمر وتركيز الحمأة في أحواض التهوية مرتفعة جدا ،ظهور هذه الاخيرة على سطح مياه حوض الترسيب ، وجود حمأة بكثرة وزيادة.

من أجل مواجهة هذه المشاكل اقترحنا حولا لمعالجتها و هي كالتالي:

تغيير المصافي و الخلطات بأخرى ذات أحجام مماثلة ، تركيب فاصل الرمال ، إنجاز مئخن ثاني ، تجفيف الحمأة عن طريق الطرد المركزي و اضافة الجير بالإضافة الى حلول وقائية أخرى التي تقوم على تركيب صمام رئيسي عند مدخل المحطة ، التجليط والتثقل .

إن محطة معالجة المياه المستعملة لعين الحوت تحتاج الى إعادة هيكلة في أقرب وقت ممكن لضمان التشغيل السليم و الأداء الجيد الذي يسمح لنا بإعادة استعمال هذه المياه في ري الزراعة ببلدية الحناية .

## الكلمات المفتاحية:

المعالجة ، الحمأة النشيطة ، إعادة استعمال ، السقي ، محطة معالجة ، عين الحوت ، عطب ، خلل وظيفي ، حلول ،إعادة الهيكلة .

# Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale

## Chapitre I : Généralités sur l'épuration biologique

I.1. Introduction .....	03
I.2. Objectif de l'épuration biologique .....	04
I.3. La biodégradabilité (K) .....	04
I.4. Les différents procédés d'épuration .....	05
I.4.1- Les lits bactérien .....	05
I.4.2- Les disques biologiques .....	05
I.4.3- Les boues activées .....	05
I.4.4- Le lagunage.....	06
a) Le lagunage naturel .....	06
b) Le lagunage aérées.....	06
I.5. Description des phénomènes biologiques .....	06
I.5.1. L'oxydation .....	06
I.5.2. Les enzymes .....	07
I.6. Description du métabolisme microbienne .....	08
I.6.1. Le métabolisme aérobie .....	08
I.6.2. Le métabolisme anaérobie .....	09
I.7. Elimination de la pollution azotée .....	09
I.7.1. L'ammonification .....	09
I.7.2. Nitrification .....	09
I.7.3. Dénitrification.....	10
I.8. La déphosphatation .....	10

I.9. Influence des conditions du milieu sur les phénomènes biologique .....	10
I.9.1. Effet de la température .....	10
I.9.2. Effet du pH .....	11
I.9.3. Effet de l'oxygène dissous .....	12
I.9.4. Effet de la charge organique .....	12
I.9.5. Effet des produits toxiques .....	12
I.9.6. Effet de la salinité .....	12

## Chapitre II: Traitement biologique par boues activées

II.1. Introduction .....	14
II.2. Description générale du procédé boues activées .....	14
II.3. Différents types d'installations à boues activée .....	16
II.3.1. Bassin à flux piston .....	16
II.3.2. Bassin à mélange intégral .....	16
II.3.3. Le réacteur biologique séquentiel discontinu .....	17
II.3.4. Bassins à boucle fermée .....	17
II.3.5. Bassin à cascades .....	18
II.3.6. Bassin à alimentation étagée .....	19
II.4. Ouvrages et équipements du traitement biologique par boues activées .....	19
II.4.1. Le clarificateur .....	20
II.4.2. Systèmes d'aération des boues .....	21
a) Aérateurs mécaniques de surface .....	21
b) Systèmes d'injection d'air .....	21
II.5. Paramètres de fonctionnement d'un réacteur biologique .....	22
II.5.1. Charge massique (Cm) .....	22
II.5.2. Charge volumique (Cv) .....	23
II.5.3. L'âge des boues (A) .....	23
II.5.4. Production journalière de boues ( $\Delta$ MES) .....	23
II.6. Problèmes biologiques dans les procédés à boues actives .....	24
II.6.1. Le foisonnement .....	24
II.6.2. Les mousses biologiques .....	25

### Chapitre III : Présentation et Description de la STEP de Ain Houtz

III.1. Situation géographique.....	27
III.2. Présentation de la STEP .....	28
III.2.1. Données de base.....	28
III.2.2. Description des installations .....	28
III.2.2.1. Déversoir d'orage .....	28
III.2.2.2. Dégrilleurs .....	29
III.2.2.3. Déssableur-déshuileur .....	30
III.2.2.4. Bassin d'aération .....	31
III.2.2.5. Décanteurs secondaires.....	33
III.2.2.6. Bassin de chloration .....	34
III.2.2.7. Le poste de pompage des boues .....	35
III.2.2.8. Épaississeur des boues.....	36
III.2.2.9. Lits de séchages.....	36

### Chapitre IV: Diagnostic et Analyse des Défaillances de Fonctionnement de La STEP

IV.1. Introduction.....	38
IV.2. Etudes des performances de la station .....	38
IV.2.1. Qualité de l'eau épurée en vue d'une réutilisation agricole.....	38
IV.2.1.1. Les paramètres physico-chimiques .....	38
a) pH de l'eau .....	39
b) Demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	39
c) Demande chimique en oxygène (DCO) .....	40
d) Matières en suspension (MES) .....	41
e) La conductivité électrique CE.....	41
f) Azote (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	42
g) Eléments traces métalliques .....	43
IV.2.1.2. Analyse microbiologique des eaux usées épurée .....	44

IV.3. Analyses des défaillances au niveau de la STEP .....	44
IV.3.1. Remonté des boues dans le clarificateur .....	44
IV.3.2. Concentration et l'âge des boues dans les bassins d'aération .....	45
a) Concentration .....	45
b) Age des boues .....	46
IV.4. Principaux problèmes de la STEP de Ain el Houtz liés à la protection et la sécurité du travail.....	47
IV.4.1: Mesurage et surveillance.....	47
IV.4.2. Conception et équipements .....	47
IV.4.3. Protection et la sécurité du travail.....	51
IV.5. Conclusion .....	52

## Chapitre V: Solutions proposées

V.1. Introduction .....	53
V.2. Solutions proposées .....	54
V.2.1. Dégrilleur mécanique .....	54
a)Le dégrilleur proposé .....	55
V.2.2. Bacs à sable (séparation eau-sable) .....	56
a) Définition .....	56
b) Implantation .....	56
c) Principe de fonctionnement.....	57
d) Dimensionnement .....	57
e) Estimation de la quantité de sable au poste de dessablage (désableur) .....	58
V.2.3. Déshydratation mécanique .....	58
a) L'estimation de la boue produite.....	58
b) Dimensionnement de la centrifugeuse .....	59

c) Calcul du volume de l'épaississeur .....	60
d) Implantation de l'épaississeur dans la STEP .....	61
e) Fonctionnement de la centrifugeuse.....	62
V.2.4 Stabilisation et hygiénisation.....	63
V.2.4.1 La voie chimique .....	64
a) Chaulage.....	64
b) La quantité utilisée et le point d'application .....	65
V.2.5 L'homogénéisation des bassins d'aération.....	65
V.2.6. Autres solutions proposées .....	66
V.2.6.1. vanne principale.....	66
a) Proposée de l'équipement choisi.....	67
V.2.6.2. Lestage et la coagulation .....	68
a) Les lestants .....	69
b) Les coagulants.....	69
c) Point d'application .....	69
V.3. Recommandations .....	70
V.4. Conclusion.....	71

Conclusion Générale

Bibliographie

Les annexes

# Liste des figures

Figure I.1: Mécanisme de l'oxydation biologique aérobie.....	07
Figure I.2: Mécanisme de la gestion anaérobie des boues.....	08
Figure I.3: Effet de la température sur la vitesse de croissance bactérienne.....	11
Figure I.4: Effet du pH sur la vitesse de croissance bactérienne.....	11
Figure I.5: Effet du pH sur le rendement de la nitrification.....	12
Figure II.1: Schéma de principe du procédé de traitement par boues activées.....	15
Figure II.2: principe du flux piston.....	16
Figure II.3: Principe du mélange intégral et photographie d'un bassin.....	16
Figure II.4: Schéma du fonctionnement du réacteur biologique séquentiel discontinue.....	17
Figure II.5: Schéma du système bassins à boucles fermées.....	18
Figure II.6: Des bassins à boucle fermées.....	18
Figure II.7 : Bassin à cascades.....	19
Figure II.8 : Bassin à alimentation étagée EB, BR et C correspondent à eau brute, Boue recirculée et clarificateur.....	19
Figure II.9: Schéma de principe d'une step par boues activées.....	20
Figure II.10: Schéma d'un clarificateur cylindro-conique.....	20
Figure II.11: Performances épurations en fonction de la charge.....	22
Figure II.12: Tests de décantation en éprouvettes : effet de la dilution (Dilutions successives au demi).....	24
Figure II.13: Bactéries filamenteuses – 500 X.....	25
Figure II.14: Tests en éprouvettes – présence de flottants.....	25
Figure II.15: Mousse biologique en surface de bassin d'aération.....	26
Figure III.1 : Vue de la Station d'épuration d'Ain El Houtz (Tlemcen).....	27
Figure III.2: Photo du déversoir d'orage.....	28
Figure III.3: Photo de La grille grossière manuelle (1 unité).....	29
Figure III.4: Photo de La grille mécanisée (2 unités).....	29
Figure III.5: Photo de La grille manuelle de by-pass.....	30
Figure III.6: Photo du déssableur- déshuileur.....	30
Figure III.7: Photo Des bacs à sable.....	31
Figure III.8: Photo du Bassin d'aération.....	32
Figure III.9: Photo du Bassin de nitrification dénitrification.....	33

Figure III.10: Photo des décanteurs secondaires .....	34
Figure III.11: Photo du bassin de chloration.....	35
Figure III.12: Photo du Vis de recirculation des boues .....	35
Figure III.13: Photo de L'épaississeur des boues.....	36
Figure IV.1 : Variation moyenne du pH de l'eau à la sortie de la STEP (janvier2012 – février 2016).....	39
Figure IV.2 : Variation moyenne du DBO <sub>5</sub> de l'eau à la sortie de la STEP (janvier2012 – février 2016) .....	39
Figure IV.3 : Variation moyenne du DCO de l'eau à la sortie de la STEP (janvier2012 – février 2016).....	40
Figure IV.4 : Variation moyenne du MES de l'eau à la sortie de la STEP (janvier2012 – février 2016).....	41
Figure IV.5 : Variation moyenne du CE de l'eau à la sortie de la STEP (janvier2012 – février 2016).....	42
Figure IV.6 : Variation moyenne de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> de l'eau à la sortie de la STEP (Période janvier 2012 – février 2016).....	42
Figure IV.7 : Clarificateur de la STEP Ain El Houtz le 29/02/2016.....	45
Figure IV.8 : Concentration des boues dans les 4 bassins d'aération.....	45
Figure IV.9: Photo du Dégrilleur mécanique en panne.....	47
Figure IV.10. Photo sur les déchets transportés par les effluents via les avaloirs de la voirie.....	48
Figure IV.11. Photo de la table transporteuse des déchets.....	48
Figure IV.12 : Les bacs à sable.....	49
Figure IV.13: Les caillebotis.....	49
Figure IV.14 : Un mélangeur de fond (submersible).....	49
Figure IV.15 : Photo d'un lit de séchage endommagé.....	50
Figure IV.16 : Photo du tractopelle.....	50
Figure IV.17. Le système de vidange des lits de séchage.....	51
Figure IV.18 : Photo de l'escalier de la chambre des moteurs vers des vis d'Archimède.....	51
Figure V.1: Vue en plan de la STEP avec localisation des points de défaillances.....	53
Figure V.2 : Dégrilleur mécanique type DEI Inofilter.....	55
Figure V.3 : Classificateur à sable.....	56
Figure V.4 : L'endroit d'installation de classificateur.....	56

Figure V.5 : Enchainement des défaillances.....	58
Figure V.6 : Proposition d'implantation de l'épaississeur dans la STEP.....	61
Figure V.7 : les composants de la centrifugeuse.....	62
Figure V.8 : Proposition d'implantation des centrifugeuses dans la STEP.....	63
Figure V.9 : Résultats de la déshydratation d'une boue d'épuration au moyen d'une centrifugeuse, avec et sans .....	64
Figure V.10 : Mélangeur submersible AMAMIX .....	66
Figure V.11 : L'implantation de la vanne murale dans la STEP.....	67
Figure V.12 : La vanne murale.....	67
Figure V.13 : Situation des points d'injection des substances lestants et coagulant .....	70

## Liste des tableaux

Tableau II.1: Performances épuratoires et temps de séjour en aération des eaux résiduaires urbaines pour les différents procédés .....	23
Tableau IV.1: Résultats des analyses des éléments traces des eaux épurées à la sortie de la STEP de Ain El Houtz .....	43
Tableau IV.2 : Résultats des analyses des microorganismes des eaux épurées à la sortie de la STEP de Ain El Houtz .....	44
Tableau V.1. Les caractéristiques de Dégrilleur mécanique type DEI .Inofilter .....	55
Tableau V.2. Dimensions d'un classificateur en fonction du débit d'alimentation .....	57
Tableau V.3. : Caractéristiques techniques de la centrifugeuse val vert du Clain .....	62
Tableau V.4 Nombre d'unités en fonction du temps de service .....	63
Tableau V.5: Dimensions des vannes murales .....	68

# Liste des abréviations

**DBO5** : Demande Biochimique en Oxygène à 5 jours

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène

**EH** : Equivalant habitant

**PH** : Potentiel Hydrogène

**O2** : Oxygène

**MES** : Matières en suspension

**MVS** : Matières volatiles sèches

**T** : Température

**MO** : Matières organique

°C : Degré Celsius

**STEP** : station d'épuration.

**BA** : bassin d'aération

**ONA** : Office National d'Assainissement.

**Cv**: La charge volumique.

**MS** : Matières Sèches

**MVS** : Matières volatiles sèches

**EH** : En nombre d'équivalent habitant

**DVO** :déversoir d'orages

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

**Cm**: La charge massique exprime en kg DBO5 / kg MVS.j.

**CO2**: D'oxyde de carbone.

**Im** : Indice de Mohlman (mg/l).

**K**: constatant de la biodégradabilité.

**NH+4**: l'azote ammoniacal (mg/l).

**NH3**: ammoniac (mg/l).

**NO-2**: nitrites (mg/l).

**NO-3**: nitrates (mg/l).

**MO** : matière organique

**Ts** : temps de séjour (h).

**HA** : hectare

**PEHD** : polyéthylène à haute densité

**Mce** : mètre colonne d'eau

**DN** : diamètre nominal

**mA** : millier ampère

**HR** : haute résistance

**EPDM** : Éthylène-propylène-diène monomère, type de caoutchouc .

**SIC** : carbone de silicium

**FTU** : Formazine turbidity unit

**REUSE** : réutilisation des eaux usées épurées

**A** : âge de boues (j)

**Pb**: production journalière de boues (kg/j)

**[MES]ba** : concentration des boues dans les bassins d'aérations (mg/l)

**Qj** : Débit journalière

**Qp** : le débit de pointe arrivant en entrée de grille

**O** : grandeur relative au dégrilleur

**C** : un coefficient de colmatage de grille

**Pb** : production de boue

**Vba**: volume du bassin d'aération (m<sup>3</sup>)

**V Clarif**: volume du clarificateur

# **INTRODUCTION GENERALE**

## **Introduction générale**

L'eau est une ressource naturelle très limitée dans les régions semi-arides. Elle est très demandée. Elle est nécessaire à toutes activités socio-économiques. Certaines activités sont plus exigeantes en eau et d'autres plus prioritaires, mais le plus souvent l'eau utilisée est dégradée et polluée. Les rejets issus des utilisations domestiques et industrielles de l'eau peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogéniques, menacent la qualité de l'environnement dans son ensemble. Cependant si l'eau est préalablement traitée, elle trouve d'autres utilisations surtout dans le domaine agricole.

En effet, avec l'expansion des villes, l'industrialisation et l'évolution des modes de consommation, en sus, d'un climat de plus en plus aride que connaît le pays, les eaux potables s'épuisent plus rapidement, augmentant le volume des eaux usées chaque année. Actuellement, face à la pénurie d'eau, due essentiellement à la baisse régulière du volume des précipitations depuis ces dernières décennies, et dans un souci de préservation des ressources d'eau encore saines et de protection de l'environnement et de la santé publique, l'Algérie adopte alors, un programme riche en matière d'épuration des eaux usées par la mise en service de plusieurs stations d'épuration.

Actuellement il existe 122 STEP en exploitation (dont 64 stations de lagunage). La Capacité installée des 122 STEP est de 8381468 Eq.hab soit un débit nominal moyen de 1289833 m<sup>3</sup>/j et un débit moyen journalier des eaux usées épurées de 547248 m<sup>3</sup>/j. Soit un taux d'utilisation des capacités installées de 42 % [1].

Dans ce cadre, les efforts d'investissement de notre pays fournis durant les dernières années, ont permis l'émergence de très nombreuses stations d'épuration urbaines et industrielles. Ceci rentre dans le cadre de la préservation de la santé publique et du milieu naturel ainsi que la protection des ressources en eau qu'elles soient superficielles ou souterraines.

Cependant, de part la complexité de la gestion des STEP, la majorité de ces stations sont à l'arrêt ou fonctionnent mal. Ceci conduit à une pollution de plus en plus accrue des cours d'eau et des nappes phréatiques. Face à cet état de lieux, la réhabilitation de certains de ces stations s'avère plus qu'indispensable. Toute fois cela reste toujours insuffisant devant le grand volume des eaux usées qui doit être épuré. D'un autre côté, il est temps de réfléchir à

des systèmes d'épuration dont la gestion doit être simplifiée et qui doivent répondre à des besoins spécifiques temporaires et localisés.

La présente étude porte sur la station d'épuration de Ain el Houtz, de la ville de Tlemcen pris comme modèle d'étude. Cette station a été lancée le 16/02/1989 et achevée le 23/10/2004 pour une capacité de traitement de 150000 équivalent-habitant. 15 entreprises se sont relayées pour réaliser ce projet à cause du manque de financement et d'expériences mais des problèmes de dysfonctionnements avec leurs impacts sur les rendements épuratoires persistent toujours. L'objectif de ce travail est d'évoquer la réhabilitation des filières existantes de cette station et d'étudier les filières à mettre en place en vue d'un bon fonctionnement de son process.

Nous avons structurés notre travail comme suit :

- Le premier chapitre donne des généralités sur l'épuration biologique ;
- Le deuxième chapitre parle du traitement biologique par boues activées ;
- Une présentation et une description de la STEP de Ain Houtz sont données en chapitre trois ;
- Le quatrième chapitre présente un diagnostic et une analyse des défaillances de fonctionnement de la STEP ;
- Le chapitre cinq est consacré à proposer les solutions envisagées pour pallier aux dysfonctionnements de cette station.

Au terme de cette étude, une conclusion générale est donnée.

## **CHAPITRE I**

# **GENERALITES SUR L'EPURATION BIOLOGIQUE**

## **Chapitre I : Généralités sur l'épuration biologique**

### **I.1. Introduction**

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action des micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées.

Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Cette microflore, extrêmement riche, peut s'adapter à divers types de polluants qu'elle consomme sous forme de nourriture (substrats). Il est ainsi possible d'utiliser systématiquement cette microflore dans un processus contrôlé pour réaliser l'épuration des eaux résiduaires.

L'élimination de la pollution organique sous forme finement colloïdale ou en solution, est essentiellement le fait de procédés d'épuration biologiques. Dans l'état actuel de nos connaissances, la voie biologique constitue, en raison de son efficacité et de sa rusticité, le mode le plus utilisé d'épuration des eaux résiduaires urbaines et de certaines eaux industrielles. Son principe est de provoquer en présence ou non d'oxygène une prolifération plus ou moins contrôlée des micro-organismes capables de dégrader les matières organiques apportées par l'effluent. Il s'agit en fait d'un véritable transfert d'une forme non accessible de la pollution (matières colloïdales et dissoutes) en une forme manipulable (suspension de microorganismes).

Les micro-organismes responsables de l'épuration s'agglomèrent sous forme de floccs se développent en utilisant la pollution comme substrat nécessaire à la production d'énergie vitale et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes. Une partie des éléments polluants qui n'est pas dégradée biologiquement peut être adsorbée et incorporée aux floccs de boues. De nombreux micro-organismes ayant différentes vitesses de croissance, tels que les bactéries, les algues, les champignons et les protozoaires sont associés à ce processus de dégradation. Les bactéries restent cependant les micro-organismes les plus impliqués dans ce processus (environ 95 % des micro-organismes présents dans une boue activée) [2].

## I.2. Objectif de l'épuration biologique.

Les procédés biologiques sont utilisés pour le traitement secondaire des eaux résiduaires urbaines et industrielles. Dans leur configuration de base, ils sont essentiellement employés pour l'élimination des composés carbonés présents sous forme soluble tels que sucres, graisses, protéines, etc., pour lesquels les solutions par voie physico-chimique sont souvent peu efficaces, coûteuses ou difficiles à mettre en œuvre. Ceux-ci sont nocifs pour l'environnement puisque leur dégradation implique la consommation de l'oxygène dissous dans l'eau nécessaire à la survie des animaux aquatiques. Le but des traitements biologiques est d'éliminer la pollution organique soluble au moyen de micro-organismes, bactéries principalement.

Les micro-organismes hétérotrophes, qui utilisent la matière organique comme source de carbone et d'énergie, ont une double action :

- La matière organique est en partie éliminée sous forme gazeuse lors de la minéralisation du carbone avec production de  $\text{CO}_2$  dans les procédés aérobies et de biogaz ( $\text{CO}_2 + \text{CH}_4$ ) dans les procédés anaérobies.
- Et en partie transformée en particules solides constituées de micro-organismes issus de la multiplication bactérienne. Ces particules peuvent être facilement séparées de la phase liquide par des moyens physico-chimiques tels que la décantation par exemple [2].

## I.3. La biodégradabilité (K)

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

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que  $K = \text{DCO} / \text{DBO}_5$

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

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'élément inhibiteur de la croissance bactérienne.

La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter. Si l'effluent est biodégradable, on applique un traitement biologique, si non on applique un traitement physico-chimique. Le rapport entre la DCO et la  $\text{DBO}_5$  peut donner une idée de la biodégradabilité de l'effluent. La DBO et la DCO sont deux moyens d'apprécier la teneur en

matières organiques oxydables. La dégradation de celles-ci dans le milieu naturel s'accompagne d'une consommation d'oxygène et peut entraîner un abaissement excessif de la concentration d'oxygène dissous [3].

#### **I.4. Les différents procédés d'épuration**

Les différents procédés utilisés peuvent être classés en fonction des conditions de mise en œuvre des micro-organismes. Ainsi, on distingue différents procédés :

- aérobies à cultures fixées (lits bactériens; disques biologiques) ;
- aérobies à cultures libres (boues activées),
- Par lagunage (procédé extensif).

La charge en polluants organiques est mesurée communément par la demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO<sub>5</sub>) [4].

##### **I.4.1- Les lits bactériens :**

Les lits bactériens ont été utilisés pour le traitement biologique des eaux usées depuis près de 100 ans. Son principe de fonctionnement et de faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement sur une masse de matériau (naturel ou plastique) servent de support aux micro-organismes. Les micro-organismes qui sont fixés sur le support éliminent les matières organiques par absorption des constituants solubles et en suspension. Les lits bactériens sont des réacteurs biologiques à cultures fixées, non immergées, utilisant un matériau de contact traditionnel (pouzzolane, cailloux) [4].

##### **I.4.2- Les disques biologiques :**

Les disques biologiques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation, ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène).

Les disques sont recouverts par un bio film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr/min. Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel. [4].

##### **I.4.3- Les boues activées :**

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester. Le principe du procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin (bassins d'aération) alimenté en eau usée à traiter. La prolifération des micro-

organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante. La suspension boueuse contenant la flore bactérienne épuratrice contenue dans le bassin d'aération s'appelle boue activé et c'est elle qui absorbe la matière organique et, les composés azotés peuvent aussi oxyder par les phénomènes de nitrification dénitrification [4].

#### **I.4.4- Le lagunage:**

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

Le principe général consiste à recréer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène. On distingue le lagunage naturel et aéré: [5].

##### **a) Le lagunage naturel :**

Dans ce cas l'oxygène provient de l'atmosphère. L'épuration est assurée a long temps de séjour dans plusieurs des bassin disposés en série. Ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et maintien des bactéries aérobies sont responsable a la dégradation des M.O. Le gaz carbonique formé par la bactérie que les sels minéraux contenus dans les eaux usées permettent aux algues de se multiplier [5].

##### **b) Le lagunage aérées :**

Dans ce cas l'oxygénation nécessaire est produite par des aérateurs mécaniques à turbines ou par des appareils diffuseurs d'O<sub>2</sub>. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel et le temps de séjour est de l'ordre de 1 semaine et la profondeur de 1 à 4 m. Le rendement peut être 80 % et il n'y a pas de recyclage de boues. [5].

### **I.5. Description des phénomènes biologiques**

On trouve dans les différents procédés biologiques d'épuration tels que: les boues activées, les lits bactériens, le lagunage etc... une multitude de phénomènes biologique qui servent a l'épuration des EU. On peut les énumérer comme suit :

#### **I.5.1.L'oxydation:**

Elle se produit en présence d'oxygène dissous dans l'eau (processus aérobie) ou au cas contraire quand il y'a transfert de l'hydrogène du combustible brûlé à un accepteur d'hydrogène autre que l'oxygène moléculaire (processus anaérobie). La nature des produits de

l'oxydation sera différente. Dans les processus aérobies les sous produits de dégradation sont :  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  ou  $\text{NO}_3$  alors que dans les processus anaérobies les produits sont le  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  et acides gras.[6]

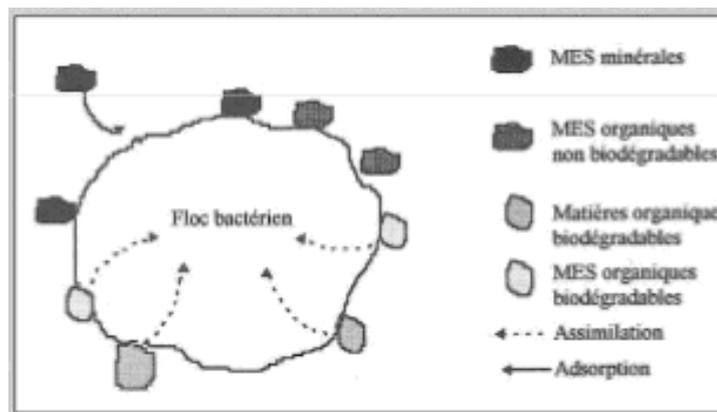
### I.5.2. Les enzymes:

Catalyseurs organiques sécrétés par les micro-organismes, elles sont dans les processus aérobies ou anaérobies, à l'origine de la décomposition des substances organiques. Ainsi, on distingue les enzymes extracellulaires qui provoquent la destruction des structures moléculaires trop complexes pour pénétrer au sein de la cellule et les enzymes intracellulaires qui assurent l'assimilation et sont par conséquent, à l'origine de la prolifération des cellules.

L'épuration biologique peut s'effectuer par voie aérobie ou anaérobie. Dans les deux cas ce sont des micro-organismes adaptés au procédé qui se multiplient en absorbant la pollution organique (bactéries hétérotrophes assimilant les matières organiques). On y trouve :

- La voie aérobie :

Au cours de la croissance aérobie, l'énergie prélevée de l'oxydation de la matière organique et de la transformation du carbone organique, devient une énergie disponible pour la synthèse cellulaire (Figure I.1). Le processus d'oxydation aboutit à un accroissement de la masse cellulaire totale.[6]



**Figure I.1:** Mécanisme de l'oxydation biologique aérobie [2]

Le bilan global de l'épuration se traduit comme suit:



- La voie anaérobie :

La conversion anaérobie des matières solides organiques en sous-produits inoffensifs est très complexe et résulte de multiples réactions comme cela est indiqué sur le schéma ci-dessous (Figure I.2):

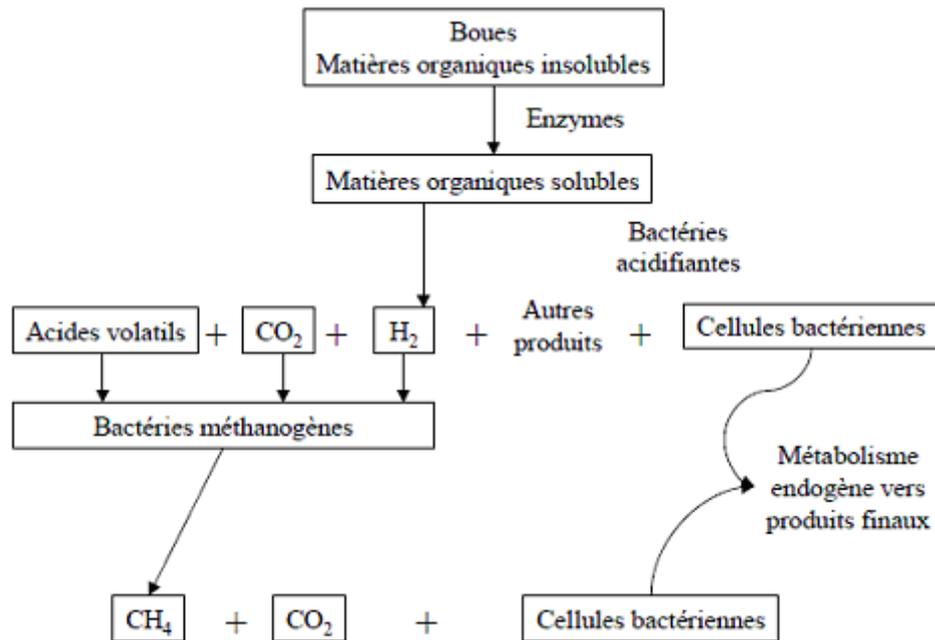


Figure I.2 : Mécanisme de la digestion anaérobie des boues [2].

## I.6. Description du métabolisme microbienne

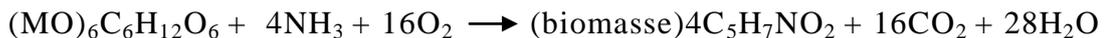
### I.6.1. Le métabolisme aérobie :

Il s'opère dans un grand bassin comportant un système d'aération artificielle qui assure l'oxygénation des eaux usées par brassage des effluents pour éviter tout dépôt et ceci pour assurer une oxydation biochimique de la matière organique présente.

La décomposition de l'ensemble des matières organiques: protéiniques lipidiques, ou glucidiques est le résultat du développement des micro-organismes essentiellement hétérotrophes. C'est le processus de trois étapes essentielles : adsorption absorption et oxydation endogène que le processus d'épuration aérobie s'opère. Les produits de cette oxydation sont du  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ainsi dans les boues activées se passent les réactions suivantes :

- Minéralisation de la  $\text{DBO}_5$  apportée par l'effluent: oxydation direct de la  $\text{DBO}_5$  :



Cette étape de minéralisation de la (MO) (oxydation du glucose en  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ ) s'accompagne d'une fraction de l'azote Kjeldahl (5 % de la valeur de la  $\text{DBO}_5$  assimilée) et d'une production de biomasse  $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$ .

- Minéralisation de la biomasse produite: oxydation indirecte de la  $\text{DBO}_5$



Cette seconde réaction ne se produit que dans certaines conditions, en particulier quand la teneur en  $\text{DBO}_5$  devient insuffisante par rapport à la biomasse présente., il s'en suit une minéralisation complète de la biomasse formée.

La précédente réaction n'est jamais totale et son importance dépend de la charge organique appliquée dans le (BA). Plus la charge organique à éliminer par unité de masse de biomasse est faible, plus cette réaction sera importante et vis versa. En traitement des eaux, on définit cette phase les termes de (respiration endogène) ou (auto-oxydation) de la biomasse.[7]

### **I.6.2. Le métabolisme anaérobie :**

Dans ces systèmes il n'y a pas d'apport d'oxygène comme dans les procédés aérobies. Il en résulte une certaine économie, mais il y a nécessité :

- D'opérer à des températures de 30 à 40°C
- D'admettre des temps de passage des effluents importants

Dans ce cas les bactéries utilisent l' $\text{O}_2$  des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) pour dégrader la matière organique y présente. Les produits de ce métabolisme sont de l'hydrogène sulfureux ( $\text{H}_2\text{S}$ ), du méthane ( $\text{CH}_4$ ), des acides, etc...[7].

### **I.7. Elimination de la pollution azotée**

L'élimination de la pollution azotée est assurée biologiquement par la nitrification dénitrification. Ces deux étapes sont précédées par une phase d'ammonification.

#### **I.7.1. L'ammonification:**

C'est la transformation de l'azote organique en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) sous l'action de micro-organismes hétérotrophes qui utilisent des substrats carbonés comme source d'énergie (VALE, 2006) car, elles n'ont pas la capacité d'oxyder le  $\text{NO}_2^-$  en  $\text{NO}_3^-$ . Cette forme est transitoire et sera transformé ensuite en azote nitrique.

Vu la diversité des micro-organismes ammonifiantes, l'ammonification est un processus sans exigence écologique particulière, car quelles que soient les conditions de l'environnement, il se trouve toujours des espèces microbiennes ammonifiantes adaptées à ces conditions, sauf bien sûr s'il s'agit de conditions incompatibles avec la vie [2].

#### **I.7.2. Nitrification**

C'est la transformation de l'azote ammoniacal en nitrate. Cette oxydation biologique s'effectue en deux phases sous l'action de micro-organismes autotrophes qui utilisent l'énergie de la réaction pour réduire le  $\text{CO}_2$  et ainsi incorporer le carbone.

La nitritation, qui est la transformation de l'ammonium en nitrite, est essentiellement liée aux Nitrosobactéries (genre Nitrosomonas) alors que la nitrification, au cours de laquelle les nitrites sont oxydés en nitrates, est principalement l'oeuvre des Nitrobactéries (genre Nitrobacter). Ces bactéries nitrifiantes, du fait de leur très faible taux de croissance se trouvent en large minorité au sein des boues activées (de 0.1 à 5 % de la biomasse totale d'une boue activée) [6].

### **I.7.3. Dénitrification**

C'est le processus de réduction de l'azote nitrique à un degré d'oxydation plus faible. Certains micro-organismes (Nitrosomonas), généralement hétérotrophes, sont en fait capables, en période d'anoxie, d'utiliser les ions nitrites et nitrates au lieu de l'oxygène dissous dans leur chaîne respiratoire et donc de réaliser cette transformation de l'azote nitrique. On estime que 25 à 40 % de la biomasse d'une boue activée est dénitrifiante facultative.

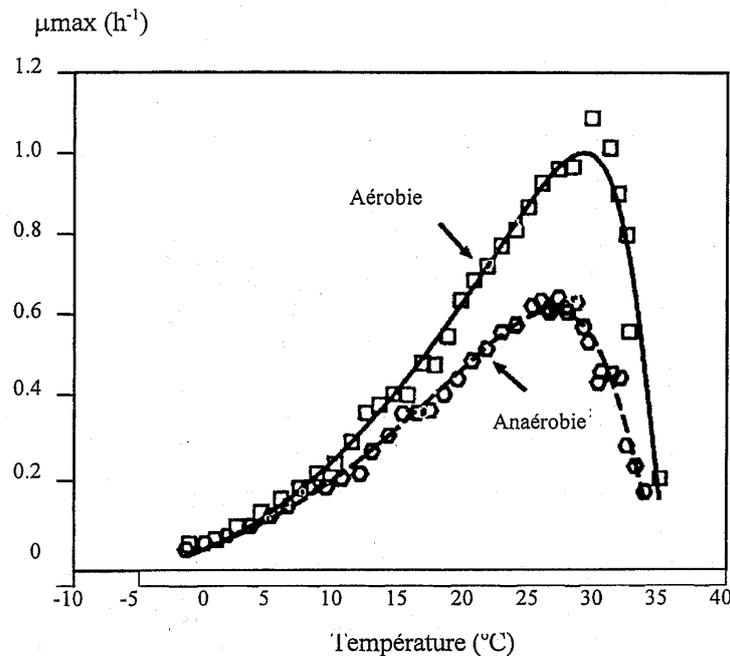
### **I.8. La déphosphatation :**

Cette déphosphatation biologique ne conduit pas à une élimination par dégazage comme pour l'azote. Le phosphore ne peut être extrait qu'avec les boues en excès. Le traitement biologique permet d'éliminer du phosphore, au même titre que l'azote, par assimilation. Cela conduit à des rendements modestes, de l'ordre de 20 %, Cependant on a constaté, que dans certaines conditions, les bactéries étaient capables d'aller bien au-delà de leurs simples besoins pour leur croissance : on désigne ce phénomène sous le nom de : assimilation pléthorique. Une des conditions essentielles pour enclencher ce phénomène est le choc anaérobie.

Au cours de la phase anaérobie, des modifications se produisent au niveau de la microfaune car la pollution carbonée est hydrolysée par fermentation, en substrat facilement assimilable, comme les acides gras. Ce substrat permet le développement d'espèces spécifiques comme ACINETOBACTER. Cette phase anaérobie a aussi pour conséquence de modifier le métabolisme des bactéries et notamment de favoriser le relargage du phosphore en dehors de la cellule bactérienne sous forme d'orthophosphate. Lorsque la microfaune se retrouve ensuite en phase aérobie, le fait que son métabolisme ait été modifié, permet d'assimiler des quantités de phosphore près de 3 fois supérieures à leurs simples besoins [6].

**I.9 .Influence des conditions du milieu sur les phénomènes biologiques****I.9.1. Effet de la température :**

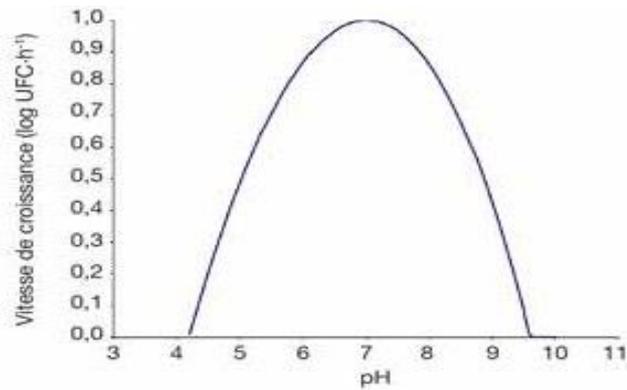
Il est primordial de connaître la température d'une eau. En effet, elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz et la détermination du pH. Donc cette grandeur physique permet de déceler les conditions extrêmes préjudiciables au bon fonctionnement du processus biologique car elle influence fortement sa cinétique. On observe que pour des systèmes enzymatiques bien au dessous de leur maximum d'activité. Lorsque le maximum s'approche, l'enzyme commence à se décomposer, ou le complexe enzyme-substrat. Au-delà, la décomposition l'emporte et la réaction ralentit et donc influence sur la croissance microbienne [8].



**Figure I.3 :** Effet de la température sur la vitesse de croissance bactérienne [8].

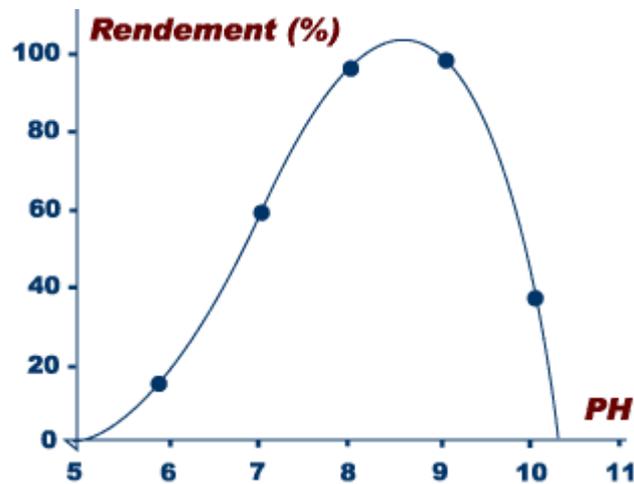
**I.9.2. Effet du pH :**

Le pH est la mesure du caractère acide ( $1 < \text{pH} < 7$ ) ou basique ( $7 < \text{pH} < 14$ ) des eaux usées. En général, l'activité biologique se situe entre 6.5 et 8 unités de pH. En dehors de cet intervalle, le pH influence l'épuration [8].



**Figure I.4 :** Effet du pH sur la vitesse de croissance bactérienne [8].

Pour les Nitrosomonas, le pH optimal se situe entre (8 à 9) alors qu'à pH 7, leur activité diminuait de 50 %. Chez les nitrobacters, la vitesse de croissance maximale a lieu à pH 8.3 à 9.3. Tous les travaux effectués sur la nitrification montrent que la meilleure valeur du pH serait entre (7.8 à 8.9). [8].



**Figure I.5:** Effet du pH sur le rendement de la nitrification [9]

### I.9.3. Effet de l'oxygène dissous :

L'oxygène dissous est introduit dans la masse de la liqueur mixte pour la respiration et le développement des micro-organismes aérobies qui provoquent une oxydation directe des matières organiques des EU. Donc si la quantité d'O<sub>2</sub> est insuffisante il risque d'asphyxier les bactéries et donc diminution du rendement épuratoire. [8].

### I.9.4. Effet de la charge organique :

La population autotrophe décroît rapidement compte tenu de l'extraction des boues, et à savoir que la MO dégradée va former le CO<sub>2</sub> qui sera utilisée par les autotrophes pour la synthèse cellulaire. En outre, l'augmentation de la C<sub>m</sub> cause des déficiences en oxygène dans le bassin et affecte la nitrification, Ainsi, plus la charge

massique est élevée, moins le niveau de traitement sera élevé et plus l'eau interstitielle contiendra de bactéries dispersées (l'eau de sortie turbide). [8].

**I.9.5. Effet des produits toxiques :**

La toxicité d'un produit est toujours fonction de sa concentration qui provoque la destruction des bactéries et endommage l'épuration biologique (dégradation de la MO, nitrification, dénitrification, ...). Parmi les éléments toxiques on a les métaux lourds tel que :  $C_r$ ,  $N_i$ ,  $C_u$ ,  $Pb$ ,  $Ar$  ... [8].

**I.9.6. Effet de la salinité :**

La présence de fortes concentrations de sel dans le réseau qui modifie rapidement la pression osmotique dans les bactéries entraîne une destruction des cellules par plasmolyse. À titre d'exemple, une brusque variation de salinité (passage brutal de 1 à 3 g de  $Cl.L^{-1}$  en une journée) peut occasionner une défloculation partielle de la boue. Au-delà de 4 g.L<sup>-1</sup> de  $NaCl$ , la nitrification peut être touchée [10].

**CHAPITRE II**

**TRAITEMENT BIOLOGIQUE  
PAR BOUES ACTIVEES**

## Chapitre II: Traitement biologique par boues activées

### II.1. Introduction

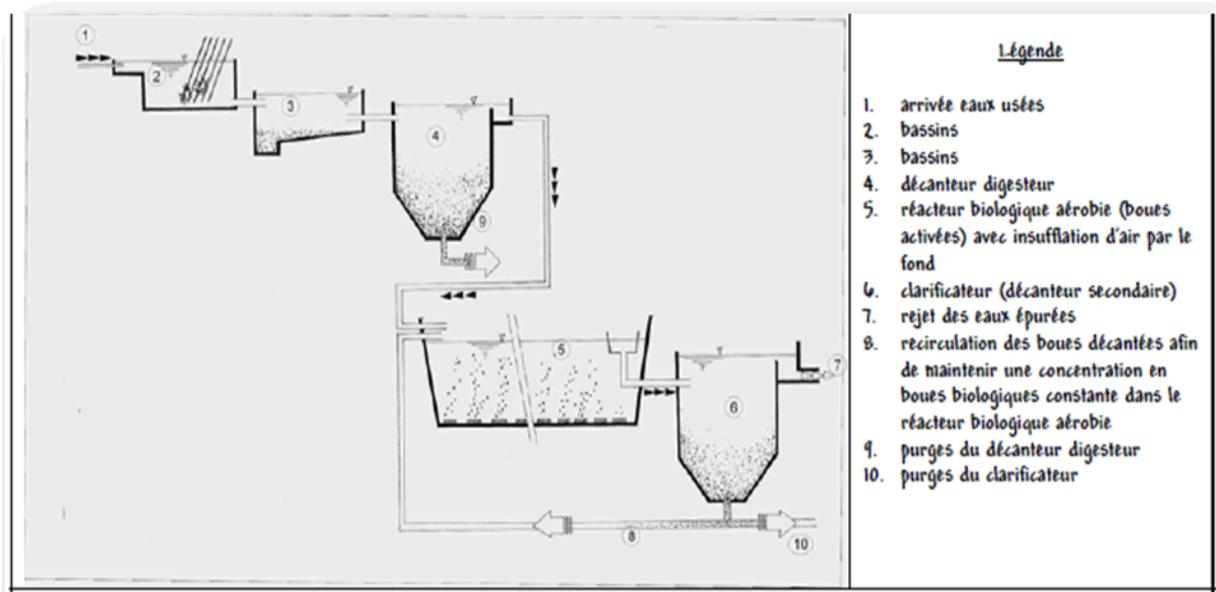
Le procédé boues activées est un procédé de traitement biologique à culture en suspension. Le mélange de l'eau à épurer et des micro-organismes en suspension assurant l'épuration est appelé liqueur mixte. Dans le cas des installations de petite taille, il est constitué d'un décanteur primaire, d'un réacteur biologique dans lequel les eaux usées sont mélangées avec une biomasse aérée et maintenue en suspension. Le substrat contenu dans les eaux usées sert de nourriture pour la multiplication et le développement des micro-organismes contenus dans la biomasse. La biomasse est ensuite séparée par décantation et une partie de cette biomasse est recyclée dans le réacteur. La biomasse excédentaire est extraite du système et constitue les boues secondaires.

Les systèmes de boues activées sont le plus souvent conçus pour être exploités en mode continu avec un réacteur biologique, un décanteur secondaire et des équipements de retour des boues du décanteur secondaire vers le réacteur. Ils peuvent aussi être conçus pour être exploités en mode séquentiel. Une période étant réservée à la décantation directement dans le réacteur.

Le choix des boues activées n'est pas recommandé pour des applications où les eaux usées sont diluées ou là où des débits importants d'eaux claires parasitent le réacteur, particulièrement dans le cas de systèmes de petite capacité. Il en est de même pour des applications à usage irrégulier comportant des périodes de faibles charges ou d'absences de charges susceptibles d'entraîner une détérioration de la biomasse et un mauvais fonctionnement de la station.

### II.2. Description générale du procédé boues activées

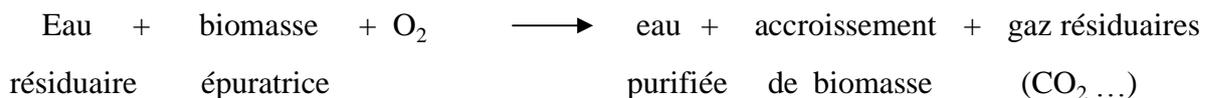
Le procédé à boue activée (Figure II.1) est constitué d'un réacteur biologique aérobie où les microorganismes flottent librement dans un liquide aéré, sous forme de petits amas appelés BIOFLOCS. Le mélange eau usée-bioflocs est appelé liqueur mixte [7]. Le procédé, inventé à Manchester en 1914, reproduit industriellement l'effet épurateur des rivières. Il est devenu le principal procédé actuel d'épuration des eaux usées biodégradables [4].



**Figure II.1:** Schéma de principe du procédé de traitement par boues activées [4]

Le principe du procédé consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien, dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'activation ou d'aération), en brassant suffisamment la masse pour éviter la décantation des floccs, et en lui fournissant l'oxygène nécessaire à la prolifération des micro-organismes. Il lui faut au moins deux semaines pour atteindre une concentration usuelle de 3 à 4 g/l en matières de suspension volatiles (MSV).

Le processus d'épuration peut être décrit par l'équation suivante:



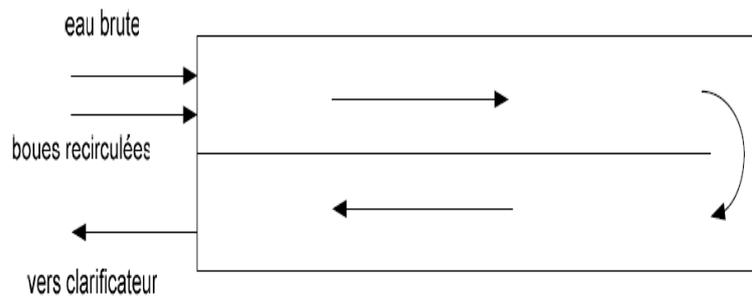
La biomasse utilisée dans le traitement des eaux usées constitue d'un écosystème très simplifié, ne faisant appel qu'à des micro-organismes. Les populations microbiennes des boues activées sont complexes et ne peuvent se définir qu'au moyen des principaux groupes écologiques: bactéries, champignons, protozoaires et métazoaires. L'essentiel de l'épuration est dû à des bactéries Gram négatives, mobiles, parmi lesquelles nous citerons: Pseudomonas, Aeromonas, Arthrobacter, lavobacter, Achromobacter, Alcaligenes. La microfaune est représentée surtout par des protozoaires, organismes prédateurs de taille comprise entre 20 et 200  $\mu\text{m}$ . On y trouve des flagellés, des rhizopodes et surtout des ciliés. Les métazoaires, de taille supérieure (100 à 150  $\mu\text{m}$ ) sont peu représentés ; ce sont surtout des rotifères, parfois des nématodes et des vers cligochètes. [11].

### II.3. Différents types d'installations à boues activées

Le bassin d'aération peut être avoir de nombreuses configurations différentes. Les sous-parties qui suivent présentent les types de configurations fréquemment rencontrés.

#### II.3.1. Bassin à flux piston

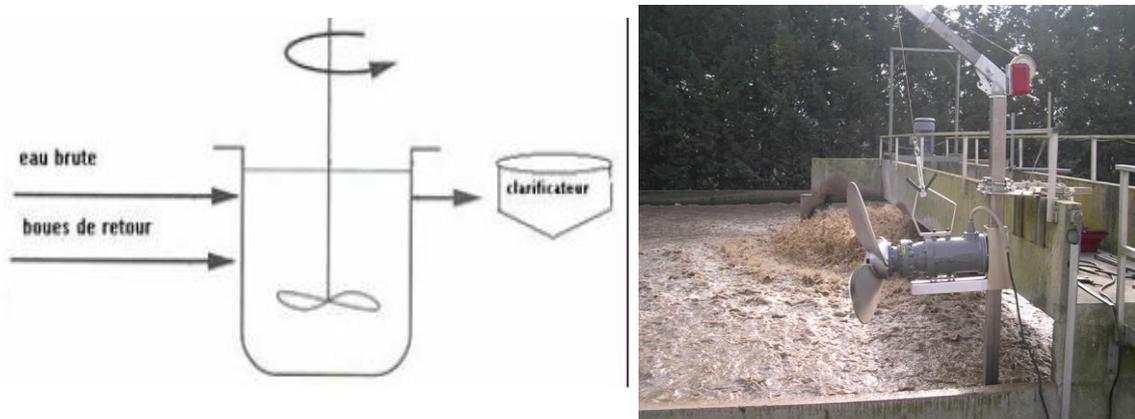
L'effluent à traiter et les boues recirculées sont admis en tête du bassin qui est aménagé de façon à constituer un canal de grande longueur. Les concentrations en substrat et les besoins en oxygène de la liqueur de boues activées varient tout au long de son parcours. De ce fait, la puissance d'aération est normalement dégressive d'amont en aval (figure II.2). [12].



**Figure II.2:** Principe du flux piston [12]

#### II.3.2. Bassin à mélange intégral

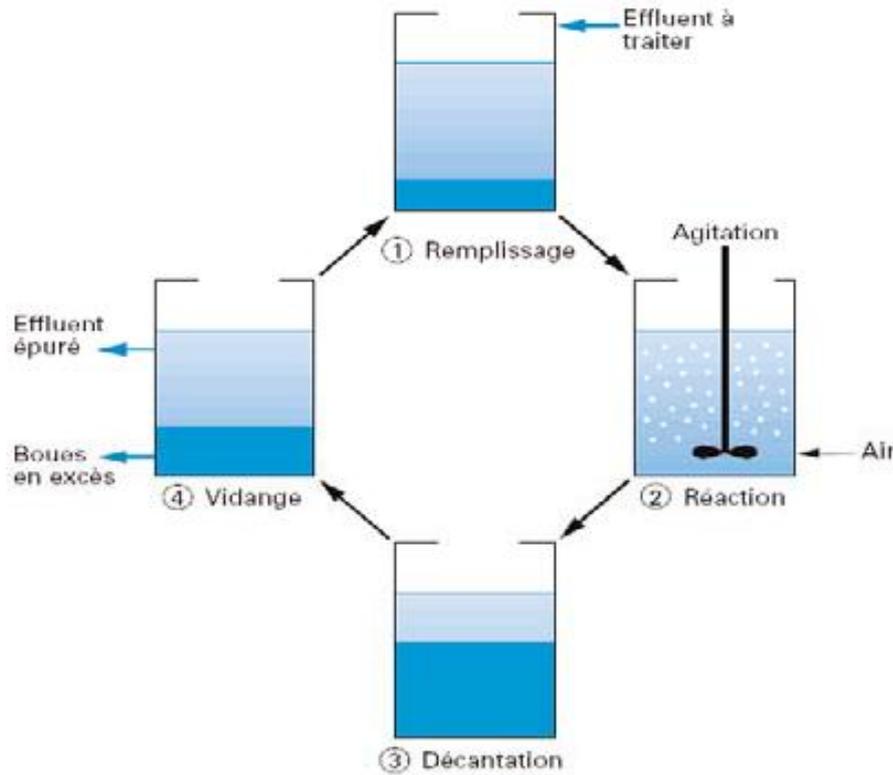
Le but recherché est d'obtenir un réacteur totalement homogène qui présente en tout point des concentrations identiques en micro-organismes, oxygène dissous et substrat résiduel. L'avantage de ce dispositif est de limiter les surcharges dues aux pointes de pollution journalières par exemple (figure II.3). [12].



**Figure II.3:** Principe du mélange intégral et photographie d'un bassin [12]

### II.3.3. Le réacteur biologique séquentiel discontinu (Sequencing batch Reactor SBR):

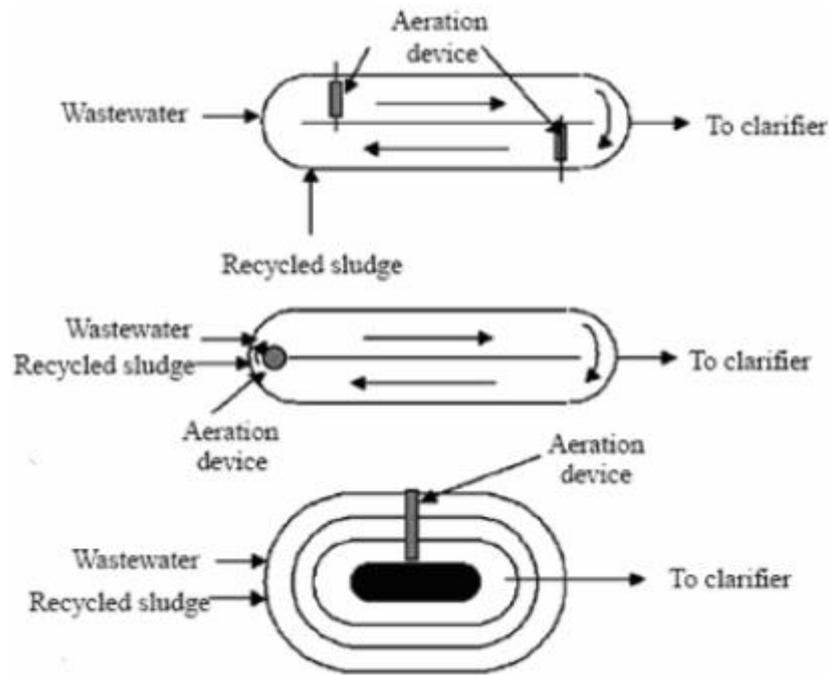
Est un cas particulier du bassin à mélange intégral. Toutes les étapes, incluant la phase de séparation de la biomasse s'effectuent dans le même bassin. Ce système, bien que peu courant est cité pour information et car il est considéré comme un des meilleurs pour l'élimination des nutriments [12].



**Figure II.4:** Schéma du fonctionnement du réacteur biologique Séquentiel discontinu [12]

### II.3.4. Bassins à boucle fermée

Cette technique se rapproche de celle du mélange intégral. Cependant, la longueur de la boucle et la disposition ponctuelle des aérateurs conduisent à des variations de la teneur en oxygène dissous tout au long du bassin. L'eau est mise en mouvement par des mobiles d'agitation. La mise en rotation de l'eau dans les chenaux entraîne une augmentation de la capacité d'oxygénation standard, il est possible d'associer plusieurs bassins à boucle en série. Lorsque les aérateurs sont à axe vertical, on appelle souvent le système «carrousel», lorsque les aérateurs sont à axe horizontal, le réacteur est souvent dénommé chenal d'oxydation.



**Figure II.5 :** Schéma du système bassins à boucles fermées [13].



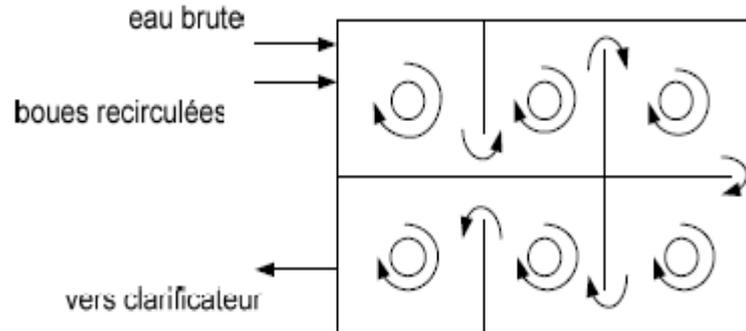
**Figure II.6:** Photo des bassins à boucle fermées [13]

Ce système est en pratique peu utilisé car il est difficilement gérable. Les chenaux peuvent avoir une forme circulaire. On les appelle chenaux annulaires « vrais » lorsque l'eau canalisée le long de la paroi extérieure n'a pas accès au centre du bassin, et chenaux annulaires « faux » lorsque l'eau peut occuper pratiquement tout le volume du disque. [13]

### II.3.5. Bassin à cascades

Ce type de bassin est constitué d'une série de bassins à mélange intégral que la liqueur de boues activées traverse successivement. Il permet de se rapprocher de la cinétique des bassins à flux piston, tout en mettant en œuvre des réacteurs compacts de construction simple.

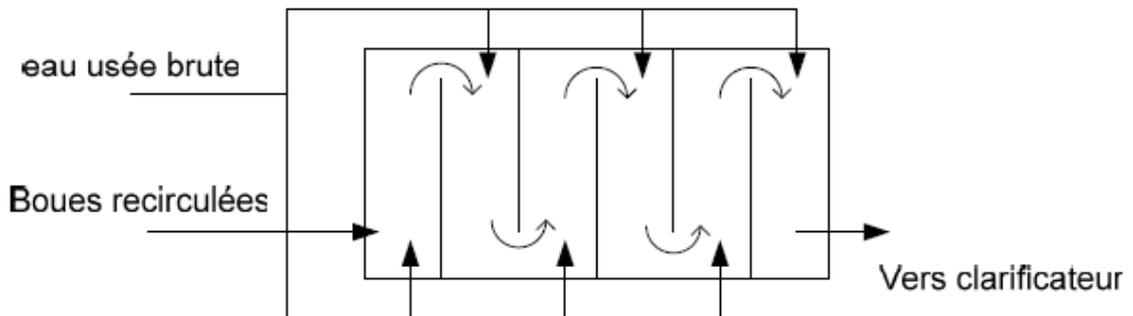
Il s'adapte très bien aux traitements associant l'élimination de l'ammonium et du phosphore à celle de la pollution carbonée (figure II.7).



**Figure II.7 :** Bassin à cascades [12]

### II.3.6. Bassin à alimentation étagée

L'arrivée de l'effluent est organisée de façon étagée dans le bassin d'aération comportant une série de cellules traversées successivement par la liqueur qui avance en zigzag. La boue recirculée est introduite en tête du bassin. Les besoins en oxygène sont ainsi beaucoup mieux répartis que dans un bassin à flux piston (figure II.8).



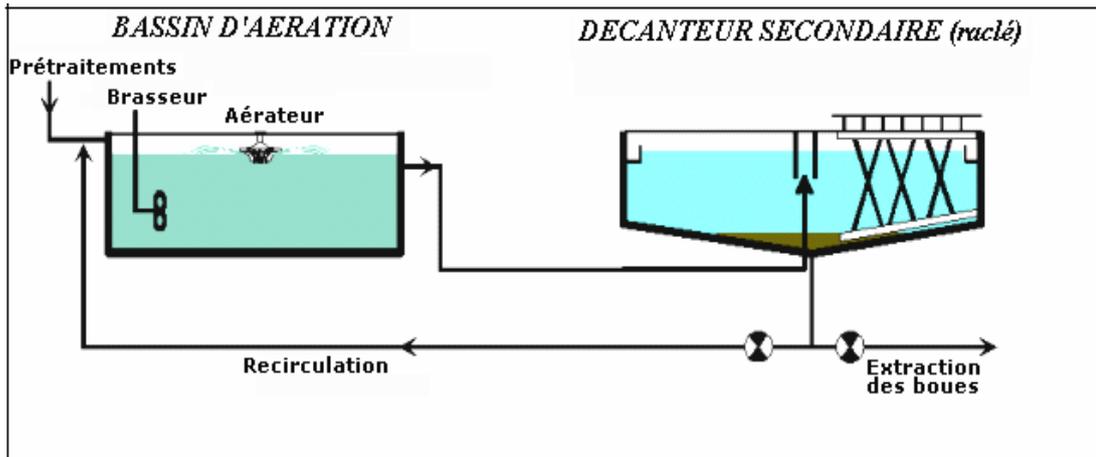
**Figure II.8:** Bassin à alimentation étagée EB BR et C correspondent à eau brute, boue recirculée et clarificateur [12]

## II.4. Ouvrages et équipements du traitement biologique par boues activées

Une épuration par boues activées comporte essentiellement :

- Un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec masse bactérienne épuratrice.
- Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation de l'eau épurée et la concentration de la culture bactérienne (boue en suspension).
- Un dispositif de recirculation assurant le retour des boues biologique vers le bassin d'aération est constitué généralement par des pompes à vitesses variables et une tuyauterie pour le transfert de la boue.

- Un dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès ;
- Un dispositif de fourniture d'oxygène + un dispositif de brassage



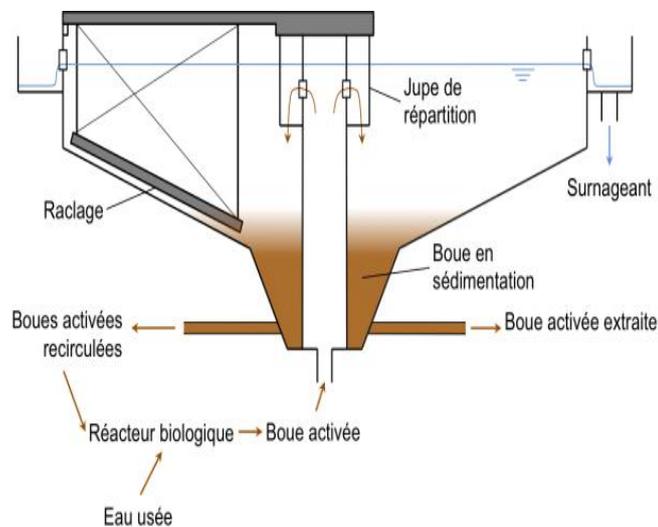
**Figure II.9:** Schéma de principe d'une step par boues activées

#### II.4.1. Le clarificateur :

Le clarificateur est un ouvrage, placé en sortie du bassin d'aération, qui présente trois fonctions :

- Une première fonction consistant en la séparation de la boue et de l'eau épurée,
- Une seconde d'épaississement en permettant par la suite une recirculation de boues concentrées vers la zone anoxie.
- Enfin un stockage temporaire des boues.

Il existe deux formes possibles pour le clarificateur: circulaire ou rectangulaire mais La géométrie la plus courante d'un clarificateur est une forme cylindro-conique (figure II.10).



**Figure II.10:** Schéma d'un clarificateur cylindro-conique [14]

La boue activée issue du bassin d'aération est amenée gravitairement via une canalisation verticale débouchant au centre de l'ouvrage à la surface. Une jupe de répartition permet de dissiper l'énergie hydraulique et diriger le flux vers le bas afin de favoriser une bonne sédimentation. La boue épaissie en fond d'ouvrage est amenée vers un puits à boues depuis lequel elle est soit recirculée vers le bassin d'aération, soit extraite du système vers la filière de traitement des boues.

Un pont racleur permet d'amener les boues décantées depuis la périphérie de l'ouvrage vers son centre et de « fluidiser » les boues épaissies, qui auraient sans cela tendance à rester « collées » au fond de l'ouvrage. Le surnageant (eau traitée) peut alors être rejeté au milieu naturel ou subir une étape de traitement tertiaire si cela est requis.[14].

#### **II.4.2. Systèmes d'aération des boues :**

Les différents systèmes d'aération utilisés de nos jours sur les stations d'épuration peuvent être classés en trois catégories :

- Aérateurs mécaniques de surface
- Aérateurs à injection d'air
- Aérateurs à base de pompes.

Ces dispositifs ont généralement une double fonction: l'aération mais aussi le brassage du contenu d'un bassin pour maintenir en suspension les microorganismes et permettre les échanges d'oxygène et de matières nutritives entre liquide et bactéries. Installés sur stations d'épuration, ils doivent être capables de remettre en suspension la totalité des boues activées contenues dans le bassin d'aération après une période d'arrêt volontaire ou accidentel.

##### **a) Aérateurs mécaniques de surface :**

Il s'agit d'appareils qui assurent principalement la dissolution d'oxygène par projection dans l'air de la liqueur à aérer. Interviennent également l'introduction dans la masse liquide des bulles formées lors de la retombée de l'eau projetée et le renouvellement de la surface libre du liquide. On distingue trois types d'aérateurs de surface: la turbine lente ; la turbine rapide et la brosse. [15].

##### **b) Systèmes d'injection d'air :**

Ces systèmes réalisent l'introduction d'air surpressé en profondeur dans les bassins. L'air est fourni par des supprimeurs, des ventilateurs ou des turbo-compresseurs selon le débit requis et l'immersion des diffuseurs.

On classe les dispositifs d'injection d'air selon le diamètre moyen des bulles qu'ils délivrent: grosses bulles ; moyennes bulles ou fines bulles. [15].

### c) Systèmes à base de pompe (jet) :

Le liquide pompé en profondeur dans un chenal y est réintroduit sous forme de jets.

Deux systèmes existent : nombreux jets à fort débit et faible pression, ou faible nombre sous forte pression. [15].

## II.5. Paramètres de fonctionnement d'un réacteur biologique

Différents paramètres permettent de définir le fonctionnement d'une boue activée.

On peut les énumérer comme suit :

### II.5.1. Charge massique (Cm) :

C'est la quantité de  $DBO_5$  (en kg/j) rapportée à la masse de matières en suspension totales contenues dans l'ouvrage de volume V. Elle est parfois rapportée à la masse de micro-organismes ou de matières volatiles sèches (MVS) contenues dans l'ouvrage. Elle s'exprime alors en kg  $DBO_5$ /(j. kg MVS) [16].

$$C_m = DBO_5 \text{ entrée}/V * [\text{MVS bassin}] \quad (\text{I-1})$$

$DBO_5$  : masse de DBO apportée par jour (kg/j) ;

V : volume du bassin d'aération ( $m^3$ )

[MVS bassin] : concentration nominale de MVS dans le bassin d'aération (g/L).

L'efficacité d'un traitement biologique, garantissant une qualité d'eau traitée, est intimement liée à la valeur de la charge de fonctionnement du réacteur biologique (Figure II.11) [16].

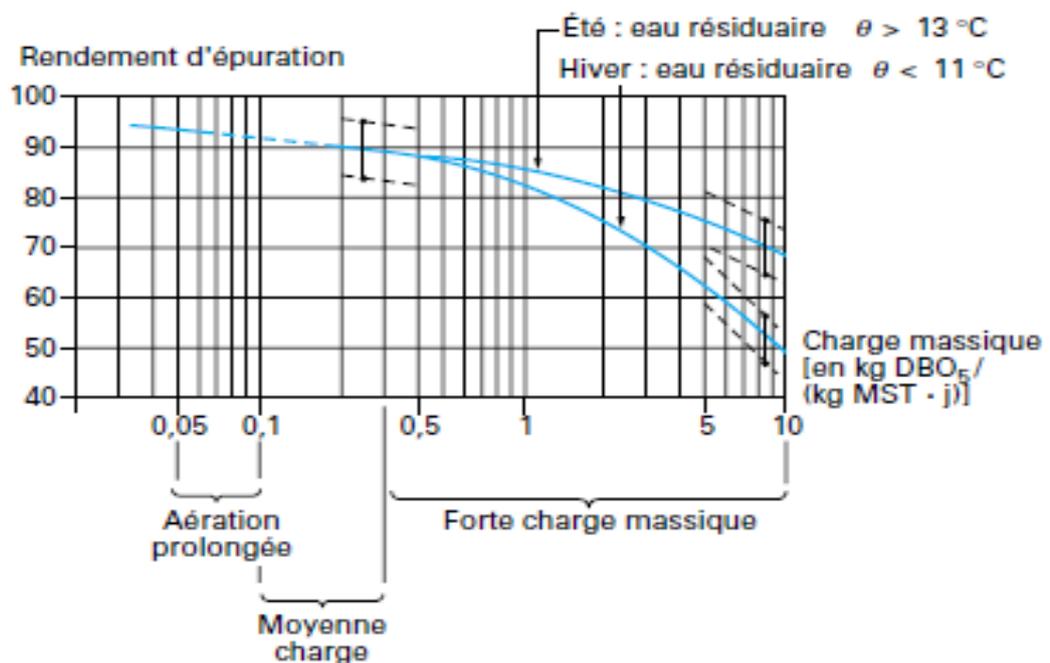


Figure II.11: Performances épurations en fonction de la charge appliquée [17]

Le tableau II.1 situe les performances épuratoires et les temps de séjour en aération des effluents résiduaires urbains pour les différents procédés.

**Tableau II.1:** Performances épuratoires et temps de séjour en aération des eaux résiduaires urbaines pour les différents procédés [17].

Charge massique $C_m$ (Kg $DBO_5$ /(kg MVS.j))	Rendements (en %)		Temps de séjour des effluents (h)
	/ $DBO_5$	/DCO	
0,07 à 0,5 (procédés à faible charge ou aération prolongée)	> 95	> 90	12 à 24
0,2 à 0,5 (procédés conventionnels à moyenne charge)	Environ 90	Environ 85	2 à 4
1,5 à 2,5 (procédés à forte charge)	65 à 75	60 à 70	0,5 à 1

### II.5.2. Charge volumique ( $C_v$ )

Elle correspond à la quantité journalière de  $DBO_5$  (en kg/j) à dégrader dans le volume  $V(m^3)$  de l'ouvrage. Elle s'exprime en  $kg\ DBO_5 / (j \cdot m^3)$  [16].

$$C_v = DBO_5 \text{ entrée} / V \quad (I-2)$$

### II.5.3. L'âge des boues ( $A$ )

C'est le rapport entre la masse de boues présente dans le réacteur et la production journalière de boues [16].

$$A = V [\text{MES bassin}] / \Delta \text{MES} \quad (I-3)$$

$A$  : âge de boues (j)

$\Delta \text{MES}$ : production journalière de boues (kg/j)

$V$  : volume du bassin d'aération ( $m^3$ )

$[\text{MES bassin}]$ : concentration nominale de matières en suspension dans le bassin d'aération (g/L).

### II.5.4. Production journalière de boues ( $\Delta \text{MES}$ )

Elle s'exprime par la relation suivante [17] :

$$\Delta \text{MES} = 0,84 [\text{DBO}_5 \text{ entrée} + \text{MES entrée}] / 2 \quad (\text{I-4})$$

$\text{DBO}_5$  entrée: masse de  $\text{DBO}_5$  apportée par jour (kg/j)

MES entrée: masse de MES apportée par jour (kg/j)

### II.6. Problèmes biologiques dans les procédé à boues activées

Les principaux dysfonctionnements biologiques observés au niveau des stations d'épuration à boues activées sont dus aux bactéries filamenteuses qui se manifestent sous deux formes :

- Le foisonnement : mauvaise décantation de la boue suite à une augmentation du volume occupé par celle-ci,
- Le 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.

#### II.6.1. Le foisonnement

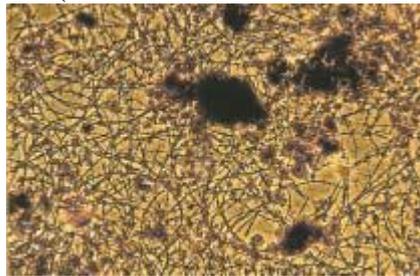
Le foisonnement (ou *bulking* en anglais) est caractérisé par un indice de boue supérieur ou égal à 200 mL.g-1. Au-delà de 150 mL.g-1, des difficultés de décantation apparaissent qu'une boue décantant correctement à un indice de boue de l'ordre de 100 mL/g. En effet, un développement filamenteux important limite fortement les capacités hydrauliques du clarificateur et peut entraîner des départs de boue dans le milieu naturel. Cette situation se caractérise par un test de décantation en éprouvette des boues activées (séparation entre la boue et l'eau épurée) non satisfaisant (indice de boues > 200 ml/g).

Dans une 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 II.12). L'indice de boue est alors supérieur à 200 mL.g-1. Lors de l'observation microscopique, on observe une densité importante de microorganismes filamenteux (figure II.13).[10].



**Figure II.12 :** Tests de décantation en éprouvettes : effet de la dilution (dilutions successives au demi) [10]



**Figure II .13 :** Bactéries filamenteuses – 500 X [10]

Signalons que l'indice de boue moyen observé dans les stations d'épuration, en aération prolongée est de 150 mL.g-1 hors stations soumises à des crises aiguës de foisonnement.

### II.6.2. Les 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 (figure II.14) constituent un milieu favorable au développement privilégié de certaines bactéries filamenteuses responsables de moussage (figure II.15). [10].



**Figure II.14 :** Tests en éprouvettes – présence de flottants [10]



**Figure II.15 :** Mousse biologique en surface de bassin d'aération [10]

Dans ces mousses, l'analyse microscopique révèle très souvent la présence importante de bactéries filamenteuses associées à des flocs 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. 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 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). [10].

## **CHAPITRE III**

### **PRESENTATION ET DESCRIPTION DE LA STEP D'AIN HOUTZ**

## Chapitre III : Présentation et Description de la STEP de Ain Houtz

### III.1. Situation géographique

La station d'épuration de la ville de Tlemcen se situe au nord du chef lieu de wilaya, à l'ouest de la commune de Chetouane sur la Route menant vers le village d'Ain El Houtz. Conçue pour une population de 150 000 Eq/hab et d'une capacité de 30 000 m<sup>3</sup>/j [18], elle a été réalisée par l'Entreprise nationale Hydrotraitement et mise en service le 05 novembre 2005. Elle est gérée et exploitée actuellement par l'Office National de l'Assainissement (ONA).



**Figure III.1:** Vue de la Station d'épuration d'Ain El Houtz (Tlemcen)

La station d'Ain El Houtz qui a été dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origines domestique et pluviales par le procédé d'épuration boues activées à faible charge. La station a été retenue pour traiter la charge carbonée, azotée et phosphorée.

### III.2. Présentation de la STEP

#### III.2.1. Données de base

La station d'épuration de la ville de Tlemcen a été dimensionnée sur la base des données suivante :

1/ Horizon	2005
2/ Type de réseau	unitaire
3/ Nature des eaux brutes	domestiques
4/ Population	150 000 Eq-hab
5/ Débit journalier	30 000 m <sup>3</sup> /j
6/ Débit de pointe horaire admis au traitement	3 800 m <sup>3</sup> /h
7/ DBO <sub>5</sub> journalière	9 300 kg/j
8/ Matière en suspension	13 950 kg/j
9/ Azote à nitrifier	1 980 kg
10/ L'équivalence calculée sur la DBO	172 000 Eq-hab [18].

#### III.2.2. Description des installations

La station comprend les dispositifs suivants :

##### III.2.2.1. Déversoir d'orage

Le déversoir d'orage de la station est installé à l'amont de celle –ci qui déverse le surplus du débit admissible dans le by-pass général de la station. La hauteur de la lame de débordement sera adaptée pour accepter une charge de 3300 m<sup>3</sup>/h. L'eau usée à traiter arrive gravitairement à la tête de la première filière du traitement à l'aide d'une conduite de 800 m de diamètre qui s'appelle liaison entre ouvrage. [18].



Figure III.2: Photo du déversoir d'orage.

### III.2.2.2. Dégrilleurs

La station d'Ain El Houtz compte deux types des grilles :

- Une grille grossière manuelle d'une largeur de 1.8 m, son inclinaison est de 70 %. L'écartement entre les barreaux est de 50 mm et
- Une grille mécanisée il en existe 2 unités dont la largeur est de 1.0 m. La profondeur de chenal est de 1.5 m, l'écartement entre les barreaux est 20 mm. [18].



**Figure III.3:** Photo de la grille grossière manuelle (1 unité)



**Figure III.4:** Photo de la grille mécanisée (2 unités)

L'opération automatique des dégrilleurs est contrôlée par un réglage du temps de marche et d'arrêt au niveau des moteurs qui sont équipés par un dispositif d'automatisation.

La STEP est équipée également d'une grille manuelle de by-pass qui se trouve a coté des grilles mécanisées. Cette grille assure le bon fonctionnement de la STEP en cas de problème au niveau des grilles mécanisées: bouchage, panne, etc ....



**Figure III.5:** Photo de la grille manuelle de by-pass

Ses caractéristiques sont : - Largeur : 1 m, - Ecartement entre les barreaux : 30 mm  
Les grilles sont faites en aluminium pour éviter la corrosion [18].

#### **III.2.2.3. Déssableur-déshuileur :**

Cet ouvrage est de type longitudinal à deux compartiments, il est constitué d'un canal en béton armé de forme trapézoïdale. L'air est insufflé par des supprimeurs pour provoquer une émulsion afin de pouvoir améliorer la séparation de sable et des graisses. Il existe des lames de séparation qui permettent la séparation des huiles et des graisses vers la zone de raclage. L'eau prétraitée est déversée et évacuée gravitairement à travers un canal à ciel ouvert pour subir les traitements ultérieurs.



**Figure III.6:** Photo du déssableur- déshuileur .

Les deux dessableurs déshuileurs ont les dimensions unitaires suivantes :

- longueur : 26m, - largeur : 4m, - hauteur : 9 m. [18].

L'entrée des dessableurs-déshuileurs est équipée de batardeaux pour permettre la séparation en cas des interventions. Les sables décantent et se retrouvent au fond de l'ouvrage dans une partie approfondie. Les grains de sables ainsi décantés dans la fosse sont extraits par le système air lift et stockés dans des bacs à sables.



**Figure III.7:** Photo des bacs à sable

Les dimensions des bacs sont: - largeur : 2 m, - longueur : 3 m, - profondeur : 0.8 m [18].

Les matières flottantes et les graisses s'accumuleront à la surface du déshuilage et seront raclées jusqu'à l'entrée d'un puits à graisses, puis sont transporter vers le CET (centre d'enfouissement technique). Dans la station de Ain El Houtz, il existe deux bacs pour chaque dessableur.

#### **III.2.2.4. Bassin d'aération**

Afin d'assurer les objectifs de traitement, il a été prévu un traitement par boues activées à faible charge. La règle de base dans le dimensionnement est de respecter la charge massique. Cette charge est calculée sur la masse totale de boues présentes dans le bassin d'aération est permet de parvenir aux objectifs de rejet dont la réduction de la pollution azotée en période d'été par la mise en place de la nitrification.

Le bassin a une forme rectangulaire, est alimenté en eau dénitrifié. L'aération dans le bassin est réalisée à l'aide d'aérateurs de surface à vitesse lente. Chaque bassin est équipé de trois aérateurs. Ce milieu favorable provoque le développement des bactéries qui par action physicochimique retiennent la pollution organique est s'en nourrissent, au niveau de chaque bassin. Il existe une sonde de mesure d'oxygène dissous pour assurer le déclenchement automatique de l'aération en cas de défaillance de la concentration de cette dernière. Chaque

bassin de forme rectangulaire a une longueur de 55.5 m, une largeur de 18.5 m, une profondeur d'eau de 4.6 m et une hauteur de 5.6m. Le volume d'un bassin de 4723 m<sup>3</sup>. [18].



**Figure III.8:** Photo du bassin d'aération

L'alimentation des bassins d'aération est réalisée par une conduite en béton débouchant dans un canal de répartition situé en amont. Dans le cas où un bassin est hors service, les eaux seront distribuées vers les trois autres bassins en service. Pour la vidange éventuelle des bassins d'aération, deux pompes sont prévues à la sortie des bassins.

Le bassin d'aération est conçu pour assurer un brassage homogène de la boue, éviter les dépôts de matières en suspension et l'érosion du fond ou des parois de l'ouvrage. Les bassins d'aération sont équipés d'aérateur de surface de type à axe vertical et à vitesse de rotation lente. Chaque aérateur est monté sur une passerelle en béton armé avec garde corps. Les passerelles reposent sur quatre poteaux en béton armé.

**- Equipement des bassins :**

- 04 vis d'Archimède (débit unitaire 1300 m<sup>3</sup>/h), pour la recirculation interne de la liqueur mixte afin d'éliminer l'azote dans le bassin d'anoxie.
- 04 mélangeurs submersibles de 4 kW chacun pour l'homogénéisation (en panne)
- 04 déversoirs
- 12 aérateurs de surface (75 kW chacun),
- 04 sondes de mesure d'oxygène dissous. [18].

### - Bassin de nitrification dénitrification

L'eau prétraitée arrive premièrement dans ce bassin pour faire l'élimination de la pollution azotique à partir des bactéries spécifiques (Nitrosomonas, Nitrobacter). Le bassin à une forme rectangulaire est équipé d'un mélangeur de fond pour assurer l'agitation du milieu, et après l'eau nitrifiée dénitrifiée est déversée vers les bassins d'aération.

Chaque bassin a les dimensions suivantes :

- Volume  $725 \text{ m}^3$ , - Longueur 17,56 m, - Largeur 8,5 m, - Hauteur du béton 5,6 m, - Hauteur d'eau 4,9 m [18].



**Figure III.9:** Photo du bassin de nitrification dénitrification

### - Tour de répartition

La liqueur mixte en provenance des BA est transportée gravitairement vers une chambre de répartition divisant les eaux vers les 02 bassins de décantation secondaires. Chaque déversoir de cette tour est équipé de glissières destinées à recevoir des batardeaux d'isolement pour éventuellement by passer un ou les deux décanteurs dans ce cas la liqueur mixte sera évacuée via le trop plein de sécurité de cet ouvrage vers le by pass générale de la station. La tuyauterie noyée dans le béton du radier est de 600 mm de diamètre. [18].

#### III.2.2.5. Décanteurs secondaires

Le rôle de la décantation secondaire est d'assurer une meilleure séparation de la biomasse de l'eau traitée et de permettre par ailleurs un premier épaissement des boues biologiques décantées. La liqueur mixte de boues activées formée ainsi dans le réacteur biologique est ensuite dirigée sur l'ouvrage de décantation secondaire. Ce dernier est alimenté par le centre à

travers une conduite d'alimentation, sous le radier, débouchant à l'intérieur de la jupe de répartition (Clifford).

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 décantées se déposent sur le radier et seront raclées vers le centre de l'ouvrage où elles s'épaississent légèrement.

La station d'Ain El Houtz contient deux décanteurs secondaires et sont équipés chacun d'un pont racler à vitesse de rotation de 0.04 m/s. Ils sont de forme circulaire, d'un diamètre de 46 m et une surface de 1661 m<sup>2</sup>. La profondeur d'eau est de 4 m en périphérie. [18].



**Figure III.10 :** Photo du décanteur secondaire

Les eaux clarifiées sont ensuite recyclées vers la dernière étape de traitement et qui est la désinfection et le traitement des boues décantées, elles sont envoyées vers la tour de recyclage ou vers l'épaisseur

#### **III.2.2.6. Bassin de chloration**

La station est dotée d'un traitement de chloration pour désinfecter les eaux épurées. Mais Ce traitement n'est pas utilisé. Les eaux destinées à l'irrigation ne nécessitent pas de chloration (d'après les responsables de la STEP). Le bassin est en béton armé et d'un volume de l'ordre de 700 m<sup>3</sup>. [18]. Il est compartimenté pour créer un écoulement d'eau serpentin.



**Figure III.11:** Photo du bassin de chloration

#### III.2.2.7. Le poste de pompage des boues

Les boues décantées sont acheminées par une tuyauterie vers deux fosses de pompage des boues de recirculation et des boues en excès pour assurer un traitement biologique efficace. Il faut maintenir un taux de MES stable dans le bassin d'aération de l'ordre de 4g/l [19]. Pour cela, il est nécessaire de faire recirculer une partie des boues qui sont extraites du décanteur secondaire vers l'entrée du bassin d'aération. Ces boues sont appelées boues de retour ou de recirculation

Le poste de pompage des boues est doté de trois (03) vis sans fin de recirculation de la boue pour maintenir la concentration de celle-ci dans le bassin d'aération



**Figure III.12 :** Photo des vis de recirculation des boues

### III.2.2.8. Épaisseur des boues

A pour but de réduire le volume de la boue extraite par simple décantation. Il est en béton armé. Il comprend un pont support tournant avec un moteur et réducteur. Le diamètre de l'épaisseur est de 14m et la hauteur utile est de 4m, le fond du bassin à une pente de 1/10.[18].



Figure III .13 : Photo de l'épaisseur des boues.

### III.2.2.9. Lits de séchage

La boue épaissie sont prise par pompage et évacuées vers les lits de séchages. Le séchage de boues s'effectue à l'air libre dans des surfaces d'étendues de 30 m de longueur et 15 m de largeur. Il existe 14 lits de séchage conçus d'un béton équipé d'une conduite de drainage perforée, pour permettre l'évacuation de l'eau filtrée vers l'entrée de la station. [18].



Figure III.14 : Photo des lits de séchage

Les lits de séchages sont alimentés depuis l'épaississeur de la station sans utilisation des polymères ou le passage sur table d'égouttage. La siccité des boues en entrée doit se situer autour de 2 % à 5 % de MS (20 à 50 g/litre). Il s'agit de boues liquides qui n'ont reçu aucun traitement particulier. L'eau interstitielle des boues s'écoule le long des tiges et rejoint le réseau de racines pour atteindre, durant ce périple épurateur, la couche de matériau qui permettra son évacuation par des drains. Cette eau est reconduite à la station en amont. Les études montrent que ce retour est généralement moins chargé que ceux provenant des autres procédés de densification comme les filtres à bandes ou les tables d'égouttages.

Une fois séchée, les boues sont stockées dans des aires de stockage à l'air libre.[3]

## **CHAPITRE IV**

# **DIAGNOSTIC ET ANALYSE DES DEFAILLANCES DE FONCTIONNEMENT DE LA STEP**

## **Chapitre IV: Diagnostic et Analyse des Défaillances de Fonctionnement de La STEP**

### **IV.1. Introduction**

Pour contrôler l'état de la station d'AIN EL HOUTZ et suivre son fonctionnement dans l'épuration des eaux usées afin d'irriguer la plaine de Hennaya, ainsi que pour relever toutes les défaillances qui existe, l'analyse des performances de la STEP à été faite.

Les analyses de l'eau épurée sont comparées avec les normes en vigueur (réutilisation). Quand ces dernières sont dépassées et liées à la non-conformité des normes d'irrigation, ses problèmes seront alors analysés.

### **IV.2. Etudes des performances de la station**

#### **IV.2.1. Qualité de l'eau épurée en vue d'une réutilisation agricole.**

Afin de bien contrôler la qualité des eaux épurées (sortie STEP), des paramètres de pollution de l'eau traitée ont été étudiés et qui sont :

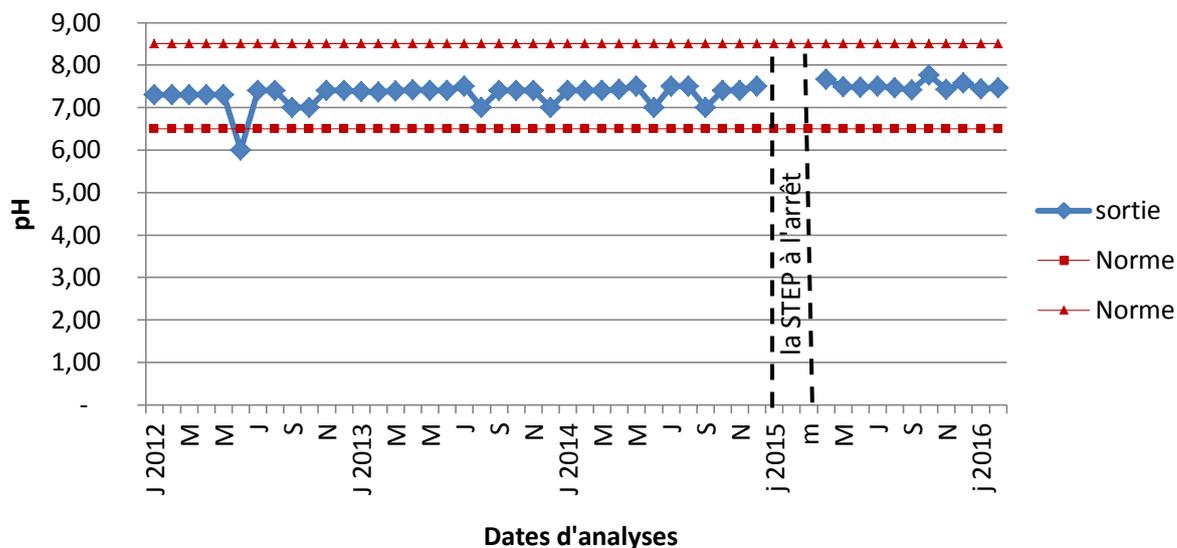
##### **IV.2.1.1. Les paramètres physico-chimiques**

Dans le cadre de cette étude les paramètres retenus sont les suivants: pH, MES, DBO<sub>5</sub>, DCO, CE et N-NO<sub>3</sub>. [20]. Les paramètres Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub> n'ont pas été pris dans ce travail du faite que la STEP ne fait pas ces analyses. La période prise pour l'analyse s'étale de janvier 2012 à février 2016.

##### **Remarque:**

Il est à signaler qu'il y avait une interruption (arrêt) de fonctionnement de la STEP pendant 3 mois en 2015 (janvier, février, mars) suite à une régénération et entretien générale de la STEP à cause d'une pièce de la vidange de fond de deuxième décanteur qui s'est endommagé, ce qui a mis toute la station hors service car la station à était dimensionner de telle sorte que les deux décanteurs fonctionnent en même temps pour pouvoir clarifier la quantité d'eau provenant de bassins d'aération avec un débit spécifique et puisque la décantation est liée avec le temps de séjour qui est lui-même lié au volume du décanteur, on peut dire que un décanteur ne suffis pas, donc l'étape de la clarification ne peut pas la faire ce qui à mis la station hors service.

a) **pH de l'eau** : La variation moyenne du pH de l'eau à la sortie de la STEP est représentée sur la (figure IV.1)

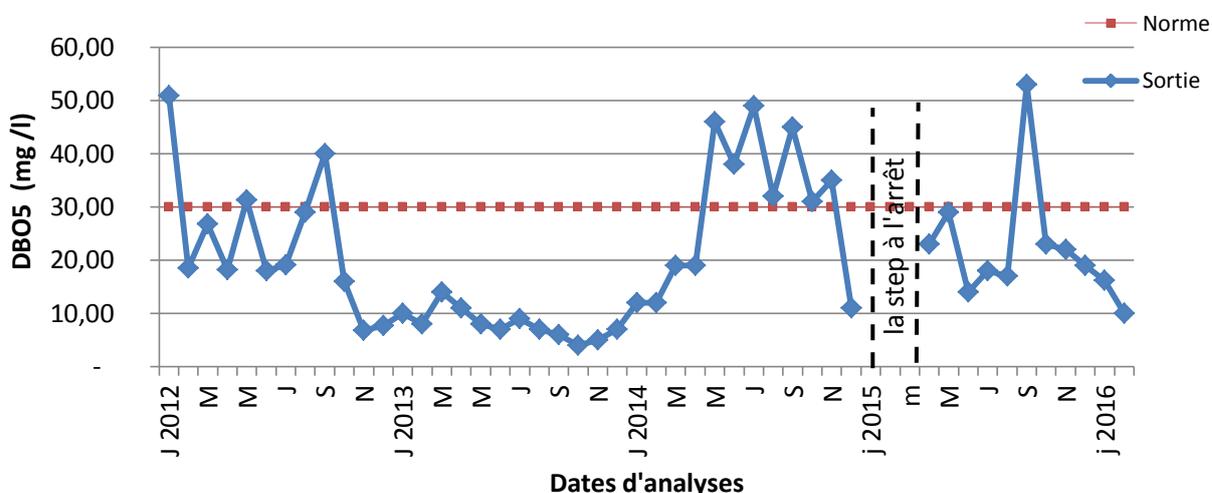


**Figure IV.1:** Variation moyenne du pH de l'eau à la sortie de la STEP (Période janvier 2012 – février 2016)

D'après la figure IV.1, on remarque que les valeurs du pH des eaux à la sortie de la STEP oscillent entre 7,3 et 7,7 avec une moyenne de 7,5 qui est dans l'intervalle des normes de la réutilisation (6,5 – 8,5).

**b) Demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

La variation moyenne de la DBO<sub>5</sub> des eaux épurées à la sortie de la STEP est représentée dans la (figure IV.2).



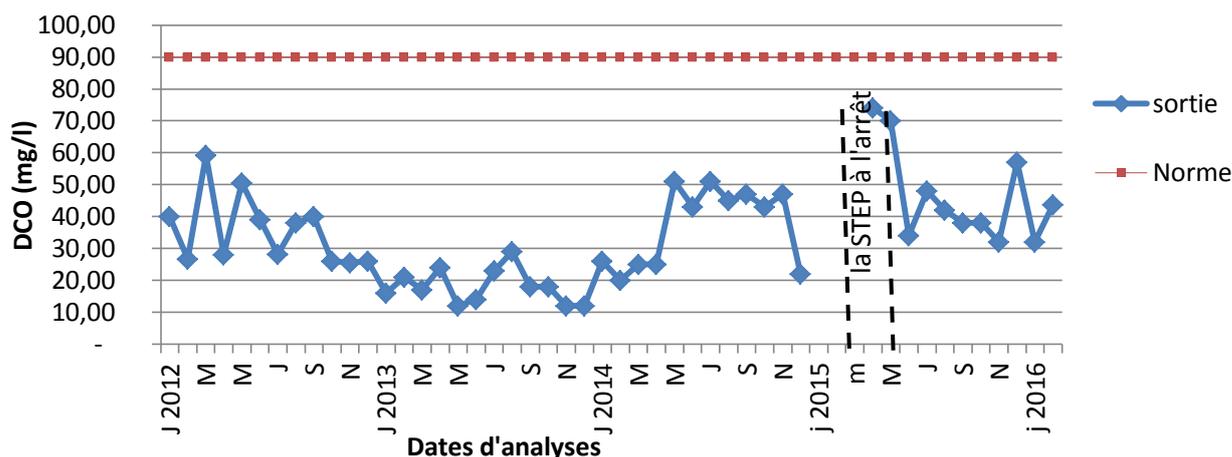
**Figure IV.2 :** Variation moyenne de la DBO<sub>5</sub> de l'eau à la sortie de la STEP (Période janvier 2012 – février 2016)

La figure IV.2 donne les analyses de la DBO<sub>5</sub> effectuées au cours de la période (janvier 2012 – février 2016). On remarque des fluctuations instables des concentrations en DBO<sub>5</sub> qui sont supérieures à la norme en vigueur pour la réutilisation des eaux épurées, avec un dépassement qui varie de 31 mg/l à 53 mg/l ce qui implique une mauvaise dégradation de la MO dû probablement par une forte charge de cette dernière ou une aération insuffisante. Par contre durant l'année 2013, toutes les teneurs en DBO<sub>5</sub> restent au dessous de la norme de la réutilisation, aucun dépassement n'a été enregistré.

On remarque qu'en 2014, sept mois consécutifs ont été marqués par des dépassements importants et en 2015 un seul dépassement qui représente la valeur maximale durant cette période d'étude mais à partir du mois d'octobre 2015 jusqu'à février 2016, les résultats obtenus sont dans les normes. Donc on peut dire qu'il y a une quantité importante des eaux épurées qui étaient utilisées pour l'irrigation avec des valeurs de DBO<sub>5</sub> qui dépassent les normes ce qui est strictement interdit.

### c) Demande chimique en oxygène (DCO)

Les variations moyennes de la DCO des eaux épurées à la sortie de la STEP sont représentées sur la figure IV.3.



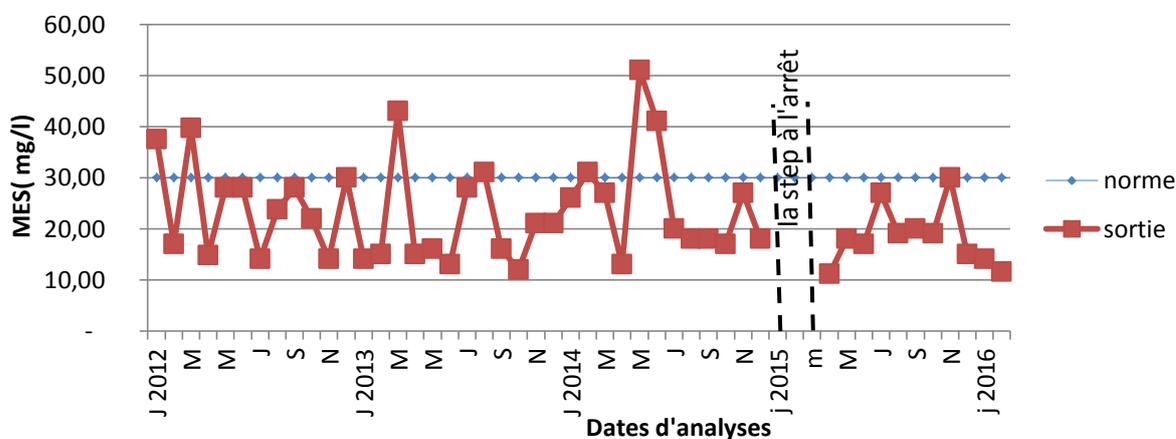
**Figure IV.3:** Variation moyenne de la DCO de l'eau à la sortie de la STEP (Période janvier 2012 – février 2016)

D'après la figure IV.3, on constate que toutes les concentrations en DCO varient dans une gamme inférieure à la norme de réutilisation fixée (90 mg/l) pendant la série des données 2012 – février 2016, ce qui s'explique par une bonne dégradation des matières chimiquement oxydables présentes dans l'eau ajoutée à une bonne oxygénation du milieu. Les eaux usées

ont subis un bon rabattement de DCO ce qui justifie le bon fonctionnement de process concernant ce paramètre.

**d) Matières en suspension (MES)**

La variation moyenne des MES des eaux épurées à la sortie de la STEP sont représentées dans la figure IV.4.



**Figure IV.4 :** Variation moyenne du MES de l’eau à la sortie de la STEP  
(Période janvier2012 – février 2016)

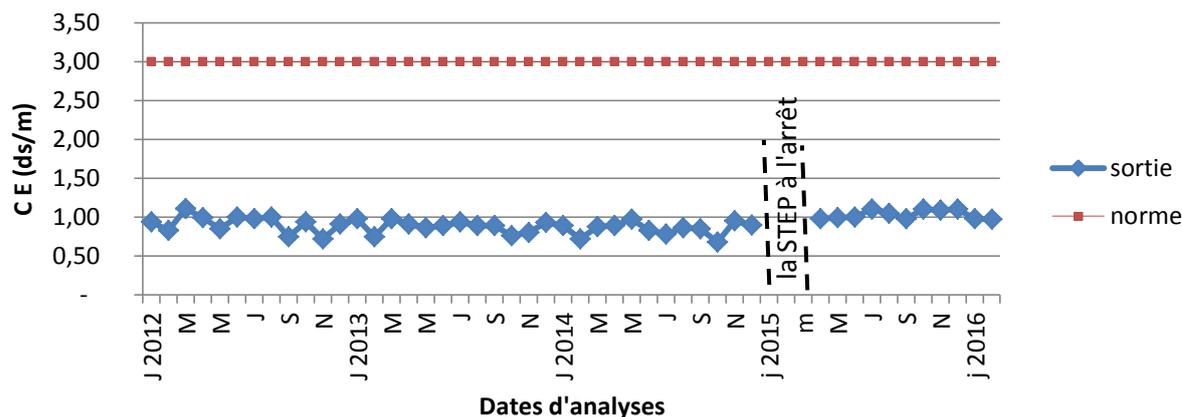
D’après la figure IV.4, on remarque que les résultats d’analyses des MES à la sortie de la STEP depuis le lancement de programme d’irrigation (2012) ont été marqués par des variations importantes qui dépassent parfois la norme avec une valeur maximale de 51 mg/l cela est dû probablement à plusieurs facteurs.

- Mauvaise dégradation de la matière organique qui représente 70 % de MES à cause de fortes charges à l’entrée de la STEP ou une mauvaise oxygénation du bassin biologique ;
- Mauvaise homogénéisation de la liqueur mixte qui induit une mauvaise dégradation de la pollution surtout lorsque les mélangeurs de fond sont tous en panne.

Par contre le meilleur rabattement obtenu en avril 2016 avec une valeur minimale de 11.11 mg/l. On observe aussi qu’à partir de juin 2014 jusqu’à février 2016, les résultats sont tous au dessus de la norme ce qui indique que le traitement des MES se fait convenablement.

**e) La conductivité électrique CE :**

Les variations moyennes des valeurs de la conductivité électrique (CE) des eaux épurées à la sortie de la STEP sont représentées dans la figure IV.5.

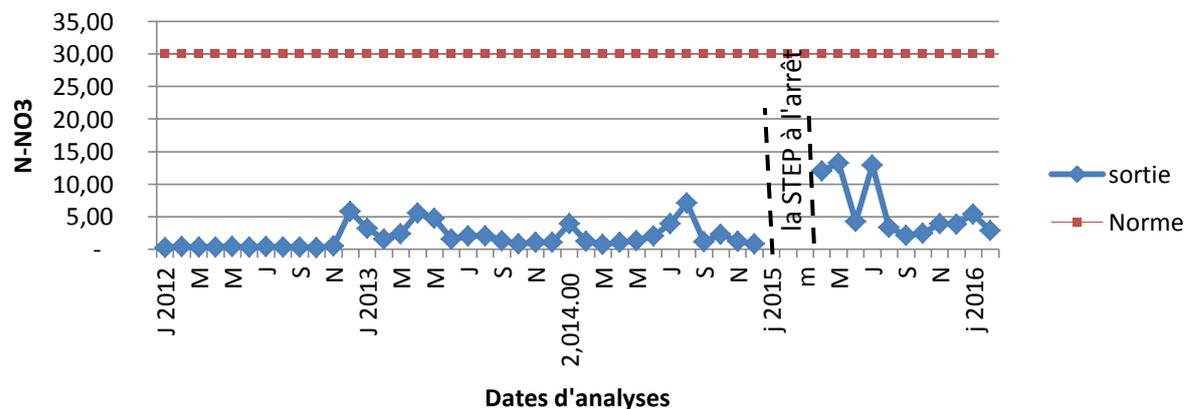


**Figure IV.5:** Variation moyenne de la CE de l'eau à la sortie de la STEP  
(Période de janvier 2012 – février 2016)

On remarque que les résultats de la CE (figure IV.5) sont tous au dessous de la norme de réutilisation avec une moyenne de 0.95 ds/m ce qui indique que les eaux ne sont pas salées car la conductivité est proportionnelle à la salinité. Donc ça ne cause pas des problèmes pour l'irrigation du périmètre d'El Hennaya (Arbres fruitiers, Agrumes, Olivier, ...).

**f) Azote (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Les variations moyennes des teneurs de l'azote nitrique (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) contenus dans les eaux épurées à la sortie de la STEP sont représentées sur la figure IV.6.



**Figure IV.6 :** Variation moyenne de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de l'eau à la sortie de la STEP  
(Période janvier 2012 – février 2016)

D'après la figure IV.6, on remarque que les résultats sont largement inférieurs aux normes de la réutilisation agricole avec une moyenne de 2.74 mg/l.

**g) Eléments traces métalliques**

Les résultats d'analyses des éléments traces métalliques des eaux épurées à la sortie de la STEP sont représentés dans le tableau IV.1.

**Tableau IV.1:** Résultats des analyses des éléments traces des eaux épurées à la sortie de la STEP de Ain El Houtz

Paramètres	Résultats 12/08/2014	Résultats 26/07/2015	Selon l'arrêté interministériel du Janvier 2012 fixant les spécifications des eaux utilisées à des fins d'irrigation
Cadmium (Cd)	0.002	0.01 mg/l	0.05 mg/l
Chrome (Cr)	< 0.5	< 10 µg/l	1.0 mg/l
Cuivre (Cu)	< 0.05	< 10 µg/l	5.0 mg/l
Nickel (Ni)	0.42	7 µg/l	2.0 mg/l
Zinc (Zn)	< 0.2	< 0.04 mg/l	10.0 mg/l
Fer (Fe)	0.15	0.03 mg/l	20.0 mg/l
Cobalt (Cb)	< 0.1	3 µg/l	5.0 mg/l
Plomb (Pb)	/	5 µg/l	10 mg/l
Arsenic	/	0.0063 mg/l	2 mg/l
Béryllium	/	0.0009 mg/l	0.5 mg/l
Bore	/	0.1010 mg/l	2 mg/l
Cyanure	/	0.0791 mg/l	0.5 mg/l
Fluor	/	0.4899 mg/l	15 mg/l
Molybdène	/	0.003 mg/l	0.05 mg/l
Phénol	/	0.0002 mg/l	0.002 mg/l
Lithium	/	0.0691 mg/l	2.5 mg/l
Mercure	/	0.0025 mg/l)	0.01 mg/l
Aluminium	/	0.0071 mg/l)	0.02 mg/l
Sélénium	/	0.0071 mg/l	0.02 mg/l
Vanadium	/	0.0044 mg/l	1 mg/l

D'après le tableau IV.1 on remarque que les résultats des éléments traces sont largement au dessous des normes de la réutilisation ce qui implique que le réseau d'assainissement véhicule des eaux usées domestiques qui ne sont pas chargées en éléments traces métalliques.

**NB :** Pour la première date, les analyses sont incomplètes pour des raisons inexplicables selon le rapport du bulletin d'analyses de ces eaux qui nous à été fournie par le laboratoire de la STEP.

#### **IV.2.1.2. Analyse microbiologique des eaux usées épurée :**

Les résultats des analyses microbiologiques des eaux épurées à la sortie de la STEP sont indiqués dans le tableau IV.2.[20].

**Tableau IV.2 :** Résultats des analyses des microorganismes des eaux épurées à la sortie de la STEP de Ain El Houtz.

Paramètres	Résultats 30/12/2015	Résultats 24/01/2016	Selon l'arrêté interministériel du Janvier 2012 fixant les spécifications des eaux utilisées à des fins d'irrigation
Coliformes fécaux (CFU/100ml)	93 UFC/ 100 ml	210 UFC/100 ml	< 1000
Nématodes intestinaux (Eufs/1)	3 Eufs / 1	0 Eufs / 1	Absence- <1

D'après le tableau IV.2 on observe dans la première analyse que les nématodes intestinaux ont dépassés la norme ce qui rend la réutilisation de ces eaux en irrigation en arboriculture interdite car Ces bactéries peuvent être transmises aux fruits via des insectes puis aux consommateurs. La présence de ce genre des bactéries indique que l'âge des boues est élevé car ils se développent lentement ou il y à des raccordements avec des abattoirs.

### **IV.3. Analyses des défaillances au niveau de la STEP**

#### **IV.3.1. Remonté des boues dans le clarificateur :**

D'après la figure IV.7 on observe des boues noirâtres et malodorantes en surface du décanteur secondaire (clarificateur), la flottation de ces boues s'explique par la présence de microbulles internes qui diminuent la densité apparente des boues. Ces bulles sont la résultante d'une activité de fermentation anaérobie au sein de la boue parce que le taux de recirculation ni pas très élevé ce qui signifie que les boues restent trop longtemps dans le fond de bassin.



Figure IV.7 : Clarificateur de la STEP Ain El Houtz le 29/02/2016

### IV.3.2. Concentration et l'âge des boues dans les bassins d'aération :

#### a) Concentration

Comme il est bien représenté dans la (figure IV.8) les résultats obtenus des analyses de la concentration des boues dans les bassins d'aération sont pour régler le taux de recirculation, d'extraction et contrôler l'état de la liqueur mixte.

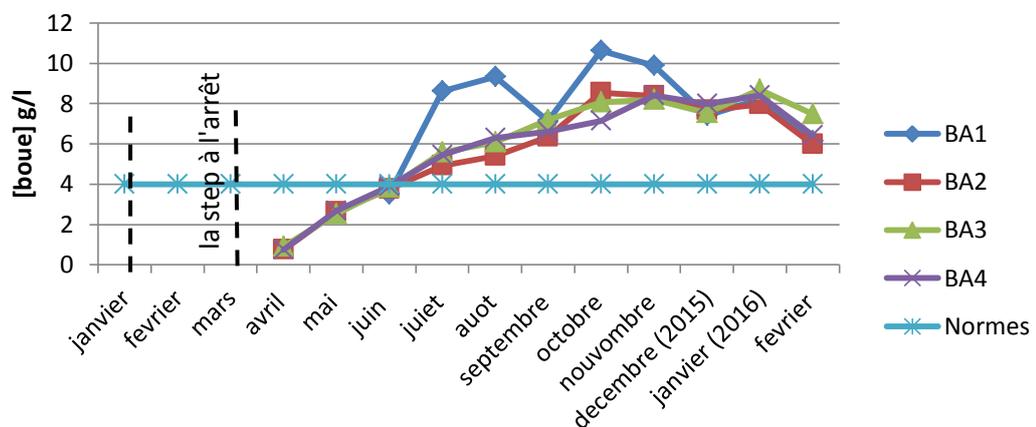


Figure IV.8 : Concentration des boues dans les 4 bassins d'aération

En examinant la figure IV.8, on remarque que les résultats obtenus sont généralement au dessus de la norme ce qui implique que la culture bactérienne dans les bassins d'aération est

très élevée, et ça est dû lorsque les conditions de soutirage des boues en excès ne permettent pas d'extraire une quantité suffisante des boues produites (période hivernale, impossibilité d'épandre les boues, ...). Cela entraîne une augmentation anormale du stock de boue dans le bassin d'aération puis dans le décanteur, ce qui nécessite une augmentation du fonctionnement des aérateurs, d'où une surconsommation d'énergie électrique (respiration des bactéries) et des risques de pertes de boue en sortie (réduction de la capacité hydraulique du clarificateur)

#### **b) Age des boues**

C'est un paramètre très important car un âge très élevé provoque l'apparition des métazoaires (nématodes) et diminue le pouvoir épuratoire de la masse bactérienne. L'âge des boues est calculé par la formule suivante :[17].

$$A = [MES] * \frac{(V_{ba} + 0.75 * V_{clarif})}{P_b} \quad (1)$$

Avec :

A : âge de boues (j)

P<sub>b</sub>: production journalière de boues (kg/j) = 6766kg (actuellement, selon laboratoire de la STEP).

[MES]<sub>a</sub> : concentration des boues dans l'aérateur(mg/l) = 6.35mg/l (IV.8)

V<sub>ba</sub>: volume du bassin d'aération (m<sup>3</sup>) = 18000m<sup>3</sup>

V Clarif: volume du clarificateur = 13288m<sup>3</sup> [18].

$$D'où A = 6.35 * \frac{18000 + 0.75 * 13288}{6766} = 26 \text{ jours}$$

D'après le résultat obtenu (A = 26 j), on remarque que l'âge de boues est très élevé car il est supérieur à 20j, [11]. Ce problème est lié avec le débit d'extraction journalière qui est très faible à cause de la déficience des lites de séchage (système dépend de climat).

- Le problème de moussage dans l'épaississeur à cause de fermentation qui est due a un temps de séjour élevé car les lits de séchage sont presque toujours remplis et leur vidange prend du temps car la boue ne se déshydrate pas rapidement surtout durant la saison hivernale, ce qui cause le stockage de celle-ci et par conséquent l'augmentation de la concentration et l'âge des boues dans les bassins d'aérations qui cause par la suite des dysfonctionnements biologiques comme la fermentation, le moussage et l'apparition des métazoaires qui sont des prédateurs de la masse épuratrice.

#### **IV.4. Principaux problèmes de la STEP de Ain el Houtz liés à la protection et la sécurité du travail**

##### **IV.4.1: Mesurage et surveillance**

Au cours de ce travail sur la STEP, plusieurs défaillances ont été enregistrées à savoir :

- A l'entrée de la STEP, il n'existe pas un appareil de mesure de débit (débitmètre) pour pouvoir connaître le débit traité journalière et calculer d'autres paramètres tels que la concentration des MES, DBO5... etc.
- Le débitmètre de la sortie n'a été étalonné que depuis 2005 par contre il doit être étalonné 1 fois /an.
- Il n'existe pas un échantillonneur automatique surtout pour les échantillons composites (chaque heure on doit prendre un échantillon).

##### **IV.4.2. Conception et équipements**

Sur le plan équipements, on a noté ce qui suit :

- Il n'y a pas une vanne d'entrée principale à l'amont du déversoir d'orage pour permettre le nettoyage de déversoir d'orage (DVO) après les crues ;
- Il n'y a pas un bassin d'orage pour stocker le surplus des eaux usées (les heures de pointes) pour les épurées pendant la nuit car la station fonctionne 24 /24H ;
- Un degriilleur est en panne (il doit être changé car il est vétuste) le moteur qui tourne la chaîne et les râteaux sont irrécupérables (voir figure IV.9).



**Figure IV.9:** Photo du Degriilleur mécanique en panne

- Présence de déchets transportés par les effluents. Beaucoup d'agents de nettoyage quand ils nettoient les rues, ils jettent des déchets directement dans les avaloirs de la voirie ainsi que les citoyens jettent beaucoup plus les déchets dans la rue que dans les poubelles ce qui foisonne le problème (voir figure IV.10).



**Figure IV.10.** Photo sur les déchets transportés par les effluents via les avaloirs de la voirie

- Il n'y a pas un digesteur des graisses et des huiles pour diminuer ces volumes ;
- La table transporteuse des déchets est vétuste et nécessite un bac à ordures (voir figure IV.11).



**Figure IV.11.** Photo de la table transporteuse des déchets

- Le système de drainage des bacs à sable est endommagé. Ces derniers ne sont pas protégés par des garde de corps ainsi que les regards ne sont pas équipés des caillebotis plaques (voir figures IV.12 et IV.13).



**Figure IV.12 :** Les bacs à sable



**Figure IV.13:** Les caillebotis

- La vidange des bacs à sables est un travail pénible pour les ouvriers. Elle se fait avec une pelle à la main. Donc il faut les remplacer par un classificateur à sable. Cette partie est détaillée dans le Chapitre V.
- Les mélangeurs du fond (figure IV.14) des (04) bassin d'aération, pour l'homogénéisation de la liqueur mixte, sont tous en panne. Le problème réside dans la tige qui relie le moteur et les hélices qui se détache à chaque fois à cause du blocage de ces derniers et qui est causés par l'accumulation des cheveux et des fils sur l'hélice et la tige. Donc il faut les changer par d'autres. Cette partie est détaillée dans le chapitre V.



**Figure IV.14 :** Un mélangeur de fond (submersible)

- Les lits de séchage sont endommagés surtout la couche de drain (gravier et sable). il y'a des affaissements qui rendent la couche de boues non homogène, donc des points qui se sèchent rapidement et d'autres prennent plus de temps (voir figure IV15).



**Figure IV.15 :** Photo d'un lit de séchage endommagé

- Le tractopelle (figure IV.16) pour vider les lits de séchage est en panne et qui nécessite une réparation car il facilite le travail et réduit le temps de vidange. Actuellement il est remplacé par des agents qui passent presque deux jours pour vider un seul lit. Si un lit prend une semaine pour être séché, il sera prêt pour être rempli de nouveau après 8 à 9 jours.



**Figure IV.16 :** Photo du tractopelle

#### **IV.4.3. Protection et la sécurité du travail :**

Le système de vidange des lits de séchage n'est pas sécurisé (voir figure IV.17). Il y'avait un accident durant la période de notre travail à la STEP suite un glissement sur la plancher.



**Figure IV.17.** Le système de vidange des lits de séchage

- Eclairage insuffisant : il existe 8 lampes fonctionnelles et 30 sont en pannes ;
- L'accès aux ouvrages n'est pas assez suffisant ;
- Les gardes corps sont en fer au lieu d'être en aluminium ou l'inox ;
- Le déssableur- déshuileur (hors sol) n'est pas équipé avec un escalier mais il est équipé avec une échelle ;
- Un escalier pour l'accès à la chambre des moteurs des vis d'archimède est endommagé (voir figure IV.18).



**Figure IV.18 :** Photo de l'escalier de la chambre des moteurs vers des vis d'Archimède

**IV.5. Conclusion**

Dans ce chapitre, une analyse des principaux dysfonctionnements et défaillances observées au niveau de la STEP de Ain El Houtz ont été énumérés. Quelques solutions pour y remédier seront proposées dans le chapitre V.

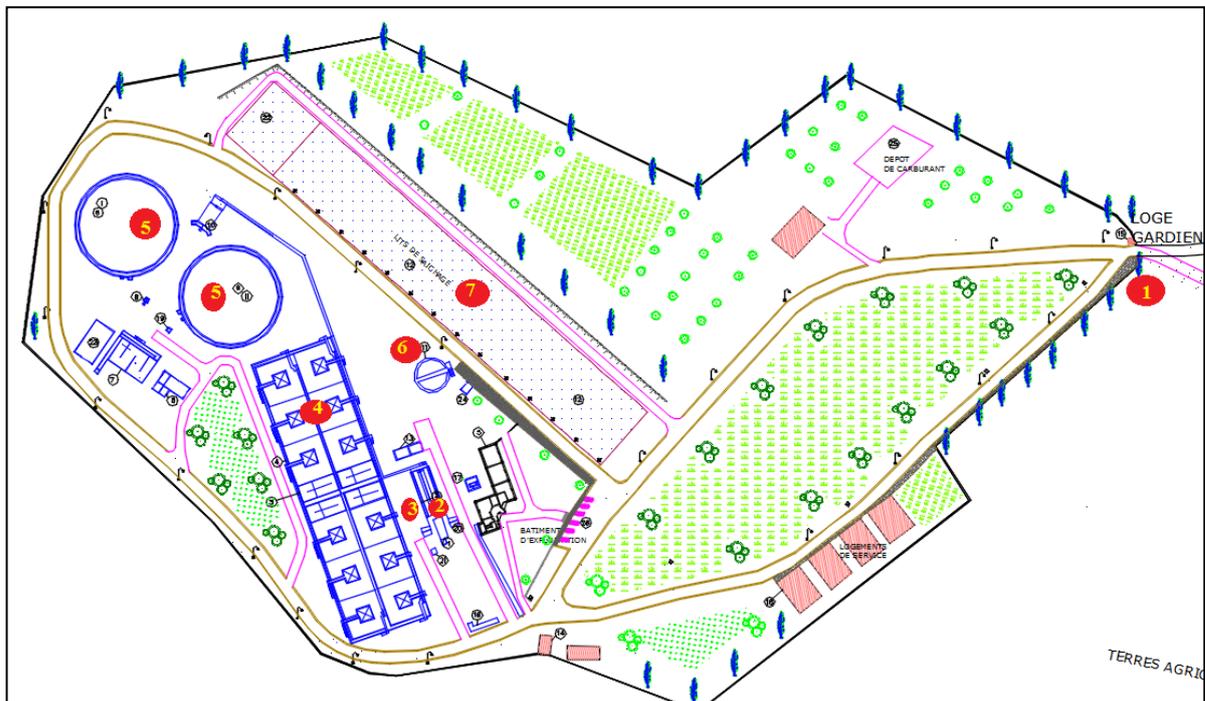
**CHAPITRE V**  
**SOLUTIONS PROPOSEES**

## Chapitre V: Solutions proposées

### V.1. Introduction

En se basant sur les résultats et les constats du chapitre IV et afin de minimiser les défaillances et les dysfonctionnements qui existent au niveau de la STEP de Ain el Houtz en vue d'améliorer son rendement et ses performances épuratoires sachant que ses eaux épurées sont destinées à l'irrigation avec des normes plus strictes, des solutions sont proposées dans ce chapitre. Les anomalies enregistrées au niveau de cette STEP sont reportées sur le schéma de cette dernière (figure V.1).

La figure V.1 représente tous les points où il y'a des problèmes: défaillances ou dysfonctionnements relevés. Les points rouges sur la figure V.1 indiquent les problèmes existants.



**Figure V.1.** Vue en plan de la STEP avec localisation des points de défaillances

Selon la (Figure V.1) on à enregistré 07 points où il y'a des problèmes :

1. Vanne principale
2. Dégrilleur mécanique
3. Bacs à sable
4. Bassin d'aération
5. Clarificateur
6. Epaisseur
7. Lits de séchage

## V.2. Solutions proposées

Les données de bases sur lesquels l'étude de la STEP a été initialement faite et avec lesquels on va effectuer les calculs sont :

$$\text{Capacité : } 150\,000 \text{ Eq-Hab, } Q_j = 30\,000 \text{ m}^3/\text{j} \text{ et } Q_p = 3300 \text{ m}^3/\text{h}$$

### V.2.1. Dégrilleur mécanique

Sachant qu'un dégrilleur mécanique parmi les deux est en panne et irréparable donc il nécessite un changement. Un dimensionnement relatif au dégrilleur est proposé.

Les calculs relatifs au dégrilleur, consistent à déterminer la surface de la grille nécessaire pour l'élimination des matières volumineuses puis la largeur associée.

- Surface de grille : Cette surface  $S$  est déterminée par la formule suivante :

$$S = \frac{Q_p}{V * O * C} \quad (1)$$

Avec :

$Q_p$  : le débit de pointe arrivant en entrée de grille (m<sup>3</sup>/s)

$V$  : la vitesse de l'influent dans le chenal  $0.6 \leq V \leq 1.2$  (m/s)

$O$  : grandeur relative au rapport espace libre entre les barreaux noté  $e$  et la somme de l'espace libre entre les barreaux et leur épaisseur notée  $E$ .

$C$  : un coefficient de colmatage de grille automatique (0.5)

On suppose : Espace libre entre les barreaux = 20 mm

Épaisseur des barreaux = 10 mm

$$\text{On a: } O = \frac{2}{2+1} = 0,66$$

On prend:  $C = 0.5$     $Q_p = 0.92 \text{ m}^3/\text{s}$     $V = 1.2 \text{ m/s}$

$$\text{D'où } S = 0.92 / (1.2 * 0.66 * 0.5)$$

$$S = 2.3 \text{ m}^2$$

- La largeur du dégrillage :

On prend  $h_{\max} = 1 \text{ m}$

$$\text{Longueur mouillée} = L_0 = \frac{h}{\sin \alpha} = 1 / \sin 60 = 1.12 \text{ m}$$

La largeur  $L$  de la grille est ensuite estimée par la relation :

$$L = \frac{S}{L_0} \quad (2)$$

$L = 2.3 / 1.12 = 1.93 \approx 2 \text{ m}$  on divise la largeur sur deux et on obtient 1 m (c'est la même largeur des dégrilleurs existants).

**a) Le dégrilleur proposé :**

Le Dégrilleur élévateur incliné proposé par le fabricant de matériel Inofilter (figure V.2), et dont il existe plusieurs modèles, qui correspond à nos besoins. Il présente de nombreux avantages comme une installation facile, une automatisation du nettoyage de la grille, un raclage fréquent, une récupération des déchets directement dans une benne, une possibilité d'adaptation aux dimensions du canal et il nécessite peu d'entretien. Ce dégrilleur est construit en acier inoxydable et présente sur les côtés des bavettes latérales en butyle pour assurer l'étanchéité. Les déchets retenus sont évacués au moyen d'un système de raclage composé de peignes crantés en PEHD et de bavettes en polyuréthane situées en alternance sur deux chaînes de tirage. Les racleurs remontent les déchets le long de la tôle d'éjection et les rejettent par une goulotte d'évacuation à section rectangulaire au point haut de l'appareil. Ce dégrilleur est équipé d'un dispositif d'arrêt d'urgence.[22].



Figure V.2 : Photo du dégrilleur mécanique type DEI .Inofilter

Les caractéristiques de dégrilleur proposé sont données dans le tableau V.1

**Tableau V.1.** Les caractéristiques de Dégrilleur mécanique type DEI .Inofilter[22].

Caractéristiques de la grille		
Espacement entre barreaux	e (mm)	20
Diamètre des barreaux	d (mm)	10
Coefficient de colmatage	C (-)	0,5
Angle d'inclinaison	$\alpha$ (°)	60
Puissance de moteur	P (kW)	0.37

### V.2.2. Bacs à sable (séparation eau-sable)

Les bacs à sable nécessitent une réhabilitation à cause d'une multitude de défaillances et d'inconvénients. Pour cela on a proposé leur changement par des classificateurs (séparateur à sable) comme solution adéquate grâce à plusieurs avantages qui sont les suivants.

- Peu d'entretien.
- Egouttage maximal et rapide (immédiat)
- Rendement de séparation jusqu'à 95 %.
- Evacuation des sables directement dans des bacs spécifiques
- Il n'y a pas un problème de colmatage ou bouchage
- fonctionnement entièrement automatique
- il est possible d'éliminer les grains de sable d'une taille minimum de 0,2 mm. [23].

#### a) Définition :

Un classificateur à sable (figure V.3) est un équipement installé idéalement sur les purges des dessableurs ou au dessus d'une conduite d'évacuation de la pompe suceuse en stations d'épuration. Il est conçu pour séparer le sable et les débris solides du liquide et les extraire avec le convoyeur à vis. [23].

#### b) Implantation

Puisque cet équipement s'installe sur les purges de dessableurs, on a proposé de transformer les bacs à une plateforme pour le classificateur à sable (voir figure V.4).



Figure V.3 classificateur à sable

Figure V.4 l'endroit d'installation de classificateur

**c) Principe de fonctionnement**

Le classificateur à sable est un séparateur dans lequel les particules de sable sédimentent et sont extraites du fond par une vis d'archimède, tandis que l'eau est récupérée en partie supérieure après avoir franchi un déversoir.

Il est composé de plusieurs éléments qui sont :

- Le caisson principal : est une trémie dont les deux côtés latéraux sont inclinés et rejoignent l'auge de la vis d'extraction située en partie basse ;
- Le caisson d'entrée de l'effluent à traiter comporte une tôle inférieure arrondie, système qui permet de tranquilliser le flux et de diminuer la turbulence à l'entrée de l'appareil.

Le sable tombe vers la vis d'archimède, tandis que l'eau claire passe sur le déversoir et dans une goulotte située à l'arrière de l'appareil. Le sable accumulé est évacué séquentiellement vers la sortie supérieure de la vis [23].

**d) Dimensionnement**

Leur dimensionnement est basé sur le débit d'alimentation qui est le débit de la pompe suceuse de déssableur.

Dans notre cas le débit d'alimentation  $Q = 18 \text{ m}^3/\text{h}$  [18].

Donc en fonction du débit et les valeurs du tableau V.2, on peut déduire le volume de la trémie qui reçoit les effluents (eaux + sable).

**Tableau V.2.** Dimensions d'un classificateur en fonction du débit d'alimentation [23].

Débit $\text{m}^3/\text{h}$	Volume trémie $\text{m}^3/\text{h}$	Débit sable $\text{m}^3/\text{h}$
0-10	0.3	0.15
10-20	0.6	0.27
20-50	1.3	0.63
50-75	2	1.2
75-100	3.2	1.3
100-125	4.3	2.2

Dans ce cas la le volume est  $V = 0.6 \text{ m}^3$ .

### e) Estimation de la quantité de sable au poste de dessablage (désableur)

D'après l'étude bibliographique on estime la quantité de sable évacué par équivalent habitant de 3 à 7 kg /EH/an. [24]. Donc on fait les calculs sur la valeur maximale pour vérifier est ce que le débit de sable produit par ce classificateur est suffisant ou non.

Sachant que la masse volumique de sable est environ 1.4 kg/l. [24]. La quantité de sable qui arrive à la STEP = 150 000 \*7=1050000 kg/an → 87500 kg/mois

On la transforme en volume  $V_a = \frac{87500}{1.4 \cdot 1000} = 62.5 \text{ m}^3/\text{mois} \rightarrow 2.08 \text{ m}^3/\text{j}$

On calculant le volume produit par le classificateur: sachant qu'il fonctionne 12 h/j parce que il est lié avec le fonctionnement de la pompe suceuse (temps en marche 30 min/h).

Donc  $V_e = Q \cdot 12$  (3)

$$V_e = 0.27 \cdot 12 = 3.24 \text{ m}^3/\text{j}$$

D'après les résultats obtenus  $V_a < V_e \rightarrow 2.08 < 3.24$  ce qui implique que le volume choisi est largement suffisant.

### V.2.3. Déshydratation mécanique

Dans l'analyse faite en chapitre IV, une série de défaillance liée l'une à l'autre ont été détectés et représentés par la figure V.5.

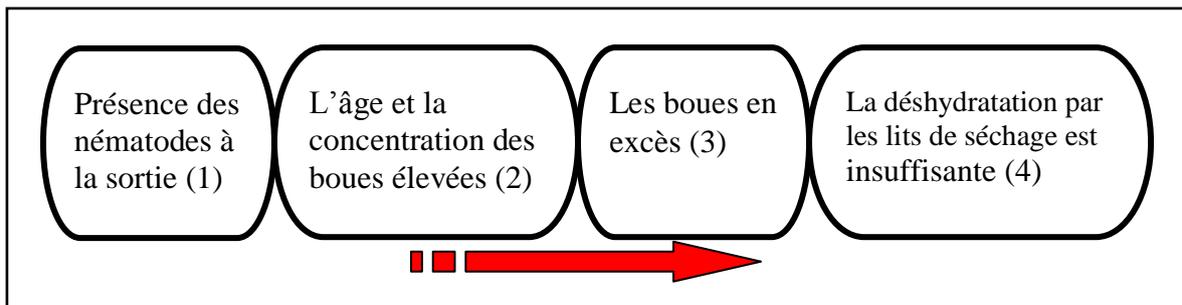


Figure V.5 : Enchaînement des défaillances

Le problème majeur qui provoque l'apparition des autres problèmes c'est l'incapacité des lits de séchage à déshydrater toute la boue produite estimé à 7200 kg MS/j pour 150000 EH.

Pour résoudre ce problème, on propose la déshydratation mécanique par centrifugation. Pour l'installer il faut passer par des calculs des étapes suivantes :

#### a) L'estimation de la boue produite

La production de boues  $P_b$  est estimée par la formule suivante : [17].

$$P_b = \frac{0.84 \cdot (\text{charge organique} + \text{charge de DBO}_5)}{2} \quad (4)$$

La charge organique en MVS se situe théoriquement entre 60 et 70% des MES. Le cas de la STEP de Ain El Houtz, elle est égale à 60 % selon le bulletin d'analyse fournie par le laboratoire de la STEP.

$$D'où \text{ la charge de MVS} = 0.6 * \frac{150000*90}{1000} = 8100 \text{ kg MVS/j} \quad (5)$$

Avec 90 g c'est la quantité des MES estimé pour chaque habitant par jour

$$\text{La charge de DBO}_5 = \frac{150000*60}{1000} = 9000 \text{ kg DBO}_5/\text{j} \quad (6)$$

Avec 60 g c'est La charge polluante apportée par 1 Eq-Hab/j

$$\text{Donc } P_b = \frac{0.84*(8100+9000)}{2} = 7182 \approx 7200 \text{ kg/J}$$

Pour résoudre ce problème, on propose la déshydratation mécanique par centrifugation grâce à ses avantages dans ce domaine qui sont les suivants :

- Très grande souplesse d'exploitation : Permet la déshydratation de boues de nature et de siccités très différentes
- Très bon rendement volumique
- Réduction du volume de boues d'un facteur de 3 à 8
- Une gestion rigoureuse de l'hygiène sur le chantier : Pas de contacts avec les boues pour l'opérateur et les différents intervenants
- Absence d'odeurs et de bruit: grâce à un fonctionnement dans une enceinte capotée et insonorisée, toute émission d'odeurs ou de particules de poussière est évitée
- Siccité des boues déshydratées: de 16 % à 27 % selon la nature des boues
- L'occupation d'une petite superficie
- Déshydrations rapide (immédiate).[26].

## b) Dimensionnement de la centrifugeuse

En se basant sur le débit de vidange (extraction) de l'épaississeur qu'on va le calculer par la suite :

\* La concentration des boues en excès est calculée par la formule suivante:[21].

$$X = \frac{1200}{I_m} \quad (7)$$

Selon les analyses quotidiennes de l'indice de Mohlman de la STEP,  $I_m = 125 \text{ ml/g}$

D'où:

$$X = \frac{1200}{125} = 9.6 \text{ Kg/m}^3 \approx 10 \text{ kg/m}^3$$

\* Le débit de boues en excès (extraction à partie de clarificateur) : Ce débit est donné par l'expression suivante:

$$Q_{\text{ex}} = \frac{Pb}{X} = \frac{7200}{10} \quad (8)$$

$$\text{D'où } Q_{\text{ex}} = 720 \text{ m}^3/\text{j}$$

\* Le débit des boues recyclées : Il est donné par l'expression suivante :

$$Q_r = R * Q_j$$

$$\text{Avec } R = \frac{100 * [Xa]}{X - [Xa]} \rightarrow R = \frac{100 * 6}{10 - 6}$$

$$\text{D'où } R = 150 \%$$

R : taux de recyclage (%)

[Xa] : concentration des boues dans le bassin = 6 Kg/m<sup>3</sup>

$$\text{D'où } Q_r = 1.5 * 30\,000 = 45\,000 \text{ m}^3/\text{j}$$

D'après ces calculs, on va calculer le débit de boues à la sortie de l'épaississeur :

Premièrement nous calculons le volume de l'épaississeur à l'entrée de l'épaississeur les boues fraîches ont une concentration moyenne = 10g/L.

### c) Calcul du volume de l'épaississeur :

Il est donné par l'expression suivante : [27].

$$V_e = Q_{\text{ex}} * t_s \quad (9)$$

Avec :

ts: temps de séjour (environs 48 h maximal parce que il y à le risque de fermentation au-delà)

On prend dans notre cas  $t_s = 2$  jour

$$\text{D'où } V_e = 720 * 2 = 1440 \text{ m}^3.$$

Le volume obtenu est largement supérieur au volume de l'épaississeur existant :

$$1440 \text{ m}^3 > 615.44 \text{ m}^3$$

Donc on doit ajouter un deuxième épaisseur avec les dimensions suivantes :

Sachant que la hauteur optimale est de 4 m, nous pouvons calculer la surface et le diamètre comme suit :

$$S = \frac{V}{H} = \frac{1440}{4} = 360 \text{ m}^2 \quad (10)$$

$$S = \frac{\pi * D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{(S * 4) / \pi}$$

$$D = \sqrt{(360 * 4) / 3.14} = 21.4 \approx 21.5 \text{ m}$$

#### d) Implantation de l'épaisseur dans la STEP

D'après le plan de la STEP on a choisi une superficie juste à coté de l'épaisseur existant car elle est plane et largement suffisante (figure V.6).



**Figure V.6.** Proposition du site d'implantation de l'épaisseur dans la STEP

Après l'opération d'épaississement, les boues atteindront une concentration de l'ordre de 80 à 100 g/l, ce qui donne un débit de boues à la sortie de l'épaisseur de l'ordre de : [21].

$$Q_{\text{ex}} = \frac{Pb}{X} \quad (11)$$

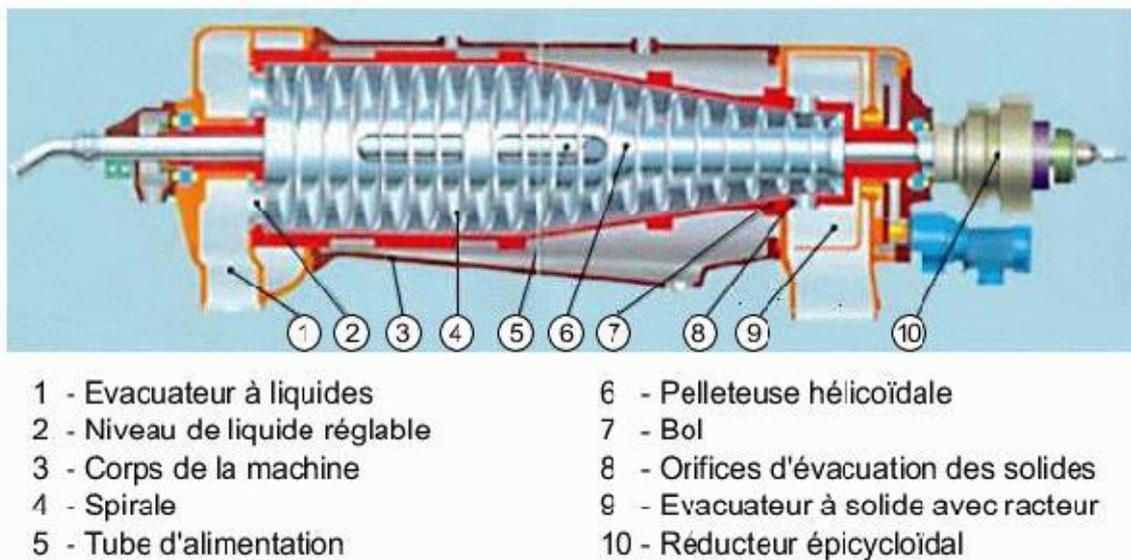
(On prend  $X = 90 \text{ g/l}$ ) ce qui implique que:  $Q_{\text{ex}} = \frac{7200}{90} = 80 \text{ m}^3/\text{j}$

Après le calcul du débit d'extraction des boues de l'épaisseur, on peut déterminer le nombre de centrifugeuses à mettre en place pour pouvoir déshydrater ces boues produites.

Sur le marché il y'a une multitude de centrifugeuses en fonction de leurs capacités de traitement. Dans ce travail, on a proposé la centrifugeuse de Van Vert de Clain qui est une entreprise qui fabrique ces équipements. Elle consiste à séparer l'eau des boues épaissies par la force centrifuge développée dans un cylindre tournant à grande vitesse. Les boues à déshydrater sont pompées dans l'épaisseur pour être injectées dans la centrifugeuse, En sortie, les boues sont pâteuses avec une siccité de 20 à 25 %.[29].

### e) Fonctionnement de la centrifugeuse

La boue à traiter est introduite, via un tube d'alimentation et un distributeur, dans un rotor constitué d'un bol et d'une vis convoyeuse. Le bol et la vis tournent à haute vitesse, la vis légèrement plus vite que le bol. La vis évacue le solide décanté vers l'extrémité conique du bol. Le liquide clarifié (centrât) est évacué à l'autre extrémité puis renvoyé en tête de station. La quantité d'eau de lavage utilisée se limite à un nettoyage en fin de période de centrifugation (figure V.7). [25].



**Figure V.7 :** les composants de la centrifugeuse proposée

Les caractéristiques techniques de la centrifugeuse sont représentées dans le tableau V.3.

**Tableau V.3. :** Caractéristiques techniques de la centrifugeuse val vert du Clain[25].

Débit d'alimentation (maximal)	4.5 m <sup>3</sup> /h
Siccité du produit sec	De 16 à 27 % MS
Quantité de boue produite	de 1 à 3 m <sup>3</sup> /heure
Besoins en surface pour l'installation	env. 6m x 15m

Selon le tableau V.3, la quantité de boue que la centrifugeuse peut déshydrater est égale à 4.5 m<sup>3</sup>/h et le débit d'extraction journalière  $Q_{ex} = 80 \text{ m}^3/\text{j} \rightarrow$  d'après la formule (11). Sachant que la centrifugeuse ne peut pas fonctionner 24/24 donc on est obligé de fixer un temps de service (marche), il est entre 4 et 7h durant 5j/7 [30], et pour cela on a choisi 6h pour minimiser le nombre d'unité à mettre en place.

Tableau V.4 Nombre d'unités en fonction du temps de service

Temps de fonctionnement	6h/j
Quantité de boues déshydratés m <sup>3</sup>	27
Nombre d'unités	3
Quantité totale déshydratés	81

Pour l'implantation de la centrifugeuse dans la STEP d'Ain El Houtz ; les besoins en surface d'une unité sont environs 6m x 15m = 90m<sup>2</sup> (voir tableau V.3)

Donc pour mettre (03) unités S = 270 m<sup>2</sup>

En fonction de ces résultats on propose de transformer le lit de séchage N° 01 en une plateforme pour installer les centrifugeuses car sa superficie (S=15 x 30 = 450 m<sup>2</sup>) est largement suffisante pour installer même plus de 03 unités (voir Figure V.8).



Figure V.8 : Proposition du site d'implantation des centrifugeuses dans la STEP

### V.2.4 Stabilisation et hygiénisation

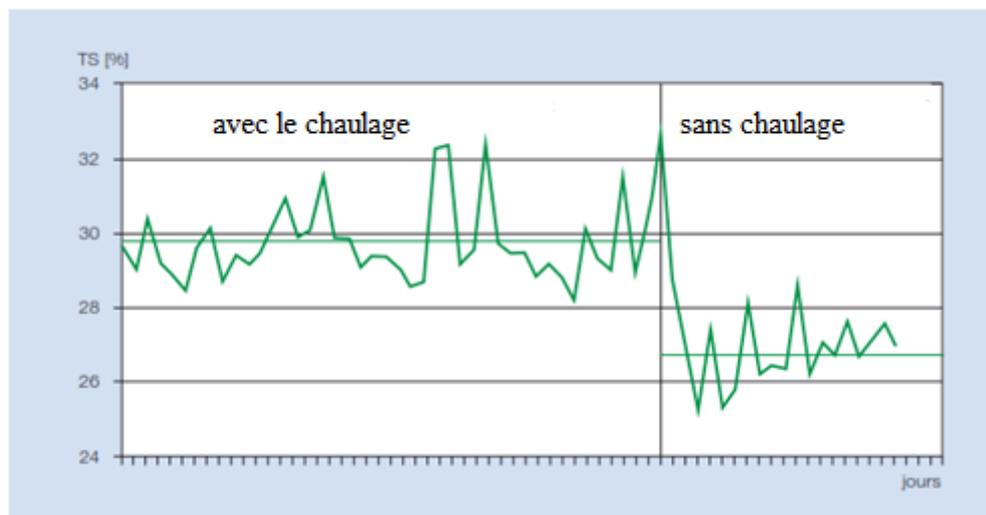
Sachant qu'une quantité de boues après déshydratation sera valorisée en agriculture par épandage ce qui implique qu'elle doit être stable et propre. Et bien que la stabilisation et l'hygiénisation présentent chacune une finalité différente, on peut les regrouper au sein d'une seule étape visant à réduire au maximum toutes les nuisances de natures biologiques que peuvent produire les boues déshydratées. Ces deux traitements sont souvent assurés par un même procédé.

La stabilisation consiste à réduire au maximum l'activité biologique de dégradation des boues et plus particulièrement leur fermentation. Elle réduit fortement la nuisance olfactive, les émissions de méthane, les risques de lixiviation et les populations bactériennes. L'hygiénisation est destinée à réduire la présence d'agents pathogènes dans les boues afin d'éviter une contamination éventuelle dans le cas d'une utilisation pour la valorisation d'un écosystème (épandage par exemple).

Ces deux étapes peuvent être assurées de manière biologique, chimique ou physique.[31].

#### V.2.4. La voie chimique

**a) Chaulage :** Généralement, un traitement des boues par 10 % de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  par rapport aux matières sèches permet de résoudre les problèmes d'odeur lors du traitement des boues sur la station ainsi qu'une hygiénisation et une stabilisation chimique. Ce traitement permet d'augmenter la concentration des boues en sortie de l'épaississeur de l'ordre de 20 %, et d'améliorer la déshydratation. Le chaulage réduit très efficacement la contamination fécale ainsi que la croissance des micro-organismes pathogènes d'origine fécale dans les boues. Il permet également de supprimer les odeurs (stabilisation), d'augmenter encore plus la siccité des boues 32 % (voir figure V.9) et d'améliorer leur structure (plus granuleuse) pour faciliter le transport ainsi que le stockage.[32].



**Figure V.9 :** Résultats de la déshydratation d'une boue d'épuration au moyen d'une centrifugeuse, avec et sans chaulage [33].

## B- La quantité utilisée et le point d'application

A l'aide d'une pompe doseuse on injecte la chaux avec une quantité qui correspond à 10 % de boues en excès ce qui implique un débit journalière de :

$$Q_j = \frac{7200 * 0.1}{800} = 0.9 \text{ m}^3/\text{j}$$

Avec :

7200 : la masse de boues produites journalière (Kg/j) ;

800 : la masse volumique de la chaux (Kg/m<sup>3</sup>);[34].

On injecte la chaux directement dans l'épaississeur via un bac de stockage qui garante un fonctionnement de minimum 5 jours ce qui implique qu'il doit être  $\geq 4.5 \text{ m}^3$

**NB:** Actuellement 80 % de la boue sèche produite est acheminé vers le CET par manque de confiance de la part des agriculteurs dans, et pour cette raison notre proposition d'améliorer la qualité de ces derniers c'est pour aider le domaine d'agriculture parallèlement au nouveau programme lancé au périmètre d'EL Hennaya.

### V.2.5.L'homogénéisation des bassins d'aération

Cette étape est très importante dans le domaine d'épuration par boue activée car on doit assurer un bon brassage de la liqueur mixte c'est à dire un contact important entre la matière organique, oxygène et la masse bactérienne pour une meilleure dégradation (oxydation), des flocs bien agglomérés ce qui implique une bonne décantation. D'autre part pour assurer la reprise des dépôts et éviter leur stagnation au fond du bassin qui est une cause de la fermentation, l'apparition des bactéries filamenteuses et un faible rendement épuratoire qui est représenté par des valeurs de MES et de DBO<sub>5</sub> au dessus des normes surtout quand les valeurs de ces paramètres sont élevées à l'entrée. Dans le chapitre IV, on a signalé que les mélangeurs du fond des quatre bassins d'aération sont tous en panne d'où on propose de les remplacer par d'autres plus performants et adéquats.

De ce fait, on propose la mise en place de 06 mélangeurs dont 02 seront en stock. On a retenu la marque AMAMIX en guise de ces avantages (Figure V.10).



**Figure V.10:** Mélangeur submersible AMAMIX

\* Les avantages sont :

- Construction compacte, de forme favorable à l'écoulement
- Hélice autonettoyante, avec une puissance maximale et un apport d'énergie minimal
- Vidange d'huile seulement tous les deux ans: Amamix peut effectuer 16 000 heures de service sans vidange
- Trois capteurs thermiques et une sonde d'humidité pour la surveillance du moteur
- Triple étanchéité dynamique assurée par deux garnitures mécaniques et un joint à lèvres
- Pièces normalisées interchangeables, remplacement aisé
- Le respect de l'environnement: Chambre d'huile remplie d'huile blanche non polluante [35].

## **V.2.6. Autres solutions proposées**

### **V.2.6.1. vanne principale**

Sachant que le réseau d'assainissement de la STEP est unitaire et d'après le diagnostic qu'on a fait et les informations des exploitants on a marqué que le déversoir d'orage sera envasé après les crues. Donc il faut nettoyer (vider) le DVO pour ne pas permettre la vase d'atteindre les filières de traitement et d'autre part pour garder sa capacité de transport hydraulique ce qui oblige de le mettre hors service par une vanne en amont.

Pour cela on propose d'installer une vanne murale en aval du premier déversoir qui se situe à l'entrée de la STEP, juste à coté de la porte principale (voir figure V.11).afin de by-passer les effluents arrivants. La mise en place de cette vanne à pour but de mettre le déversoir d'orage hors service (l'isoler) pour

pouvoir intervenir dans les cas suivants :

- Nettoyage et curage
- Réparation ou diagnostic (fissure...)

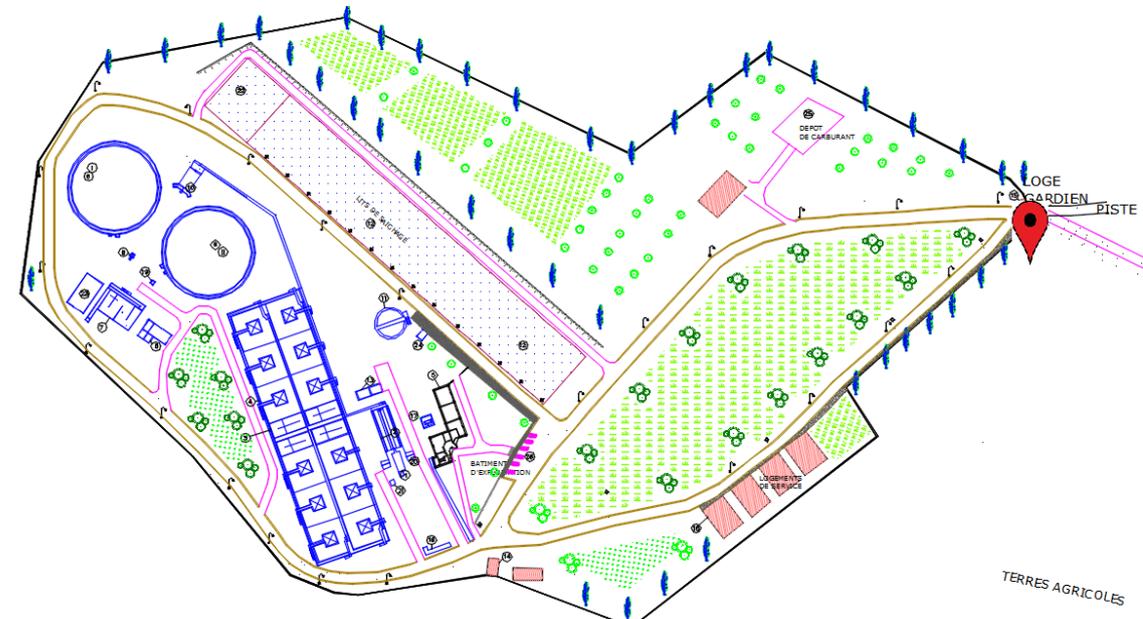
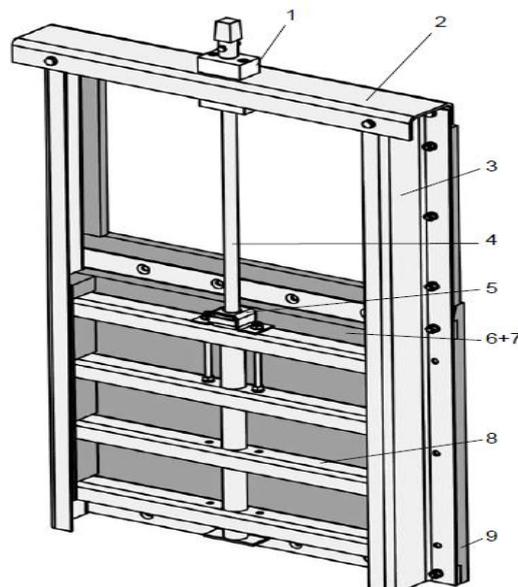


Figure V.11 : Lieu d'implantation de la vanne murale dans la STEP

### a) Proposée de l'équipement choisi

La vanne murale sera équipée d'une pelle mobile permettant d'obturer une ouverture ronde ou ovoïde. L'étanchéité sera assurée au moyen d'un joint à lèvres en caoutchouc de forme spéciale afin de résister à la pression et d'assurer l'étanchéité totale des deux côtés. Le joint est interchangeable sans dépose de la vanne.



**Figure V.12 :** Photo de la vanne murale proposée

La pelle est renforcée spécialement pour résister à la pression de l'eau. Elle est en PEHD avec une épaisseur minimale de 30 mm et renforcée par des profils en acier inoxydable pris dans les guides latéraux selon la charge. Elle a une durée de vie de 50 ans.

Les guides latéraux et la traverse supérieure sont en acier inoxydable. Le palier de guidage de la vis est en poly acétal. L'écrou de commande est soit en poly acétal soit en bronze, avec faible taux de zinc. La vanne murale est montée contre une paroi parfaitement lisse et verticale sans aspérités et tension de serrage.

Tous les boulons, écrous, goujons, rondelles, chevilles sont en acier inoxydable. La tige de manœuvre ainsi que les rallonges sont des tubes en acier inoxydable assemblés entre eux selon la profondeur d'implantation.[36].

Pour la STEP d'Ain El Houtz, le diamètre de la conduite d'arrivée principale est de 1250 mm [18]. Et en fonction des valeurs du tableau V.5, il existe un large choix de diamètres standard: DN 150 à DN 2000 mm et ouverture carrée ou rectangulaire.

**Tableau V.5:** Dimensions des vannes murales [36].

DN	Ø 150	Ø 200	Ø 250	Ø 300	Ø 400
X	400	400	500	500	600
Y	800	800	1000	1000	1200
H	700	700	900	900	1100
Z	100	100	100	100	100
W	115	115	115	115	124
E	68	68	68	68	68
Poids	19	19	24	24	30

DN	Ø 500	Ø 600	Ø 700	Ø 800	Ø 900	Ø1000	Ø1100	Ø1200	Ø1300	Ø1500	Ø1600	Ø1800	Ø2000
X	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1850	2000	2200	2400
Y	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2640	2840	3040	3600	3900	4300	4700
H	1300	1500	1700	1900	2100	2300	2540	2740	2940	3475	3775	4175	4575
Z	100	100	100	100	100	100	100	100	100	125	125	125	125
W	154	154	154	154	187	187	187	187	187	256	256	295	295
E	94	94	94	94	104	104	104	104	104	104	114	114	114
Poids	59	76	89	106	150	169	195	239	315	369	440	585	745

Notre choix s'est porté sur DN = 1300 mm

### V.2.6.2. Lestage et la coagulation :

D'après la figure IV.4 qui représente les variations des MES à la sortie, on observe des valeurs qui dépassent la norme mais pas assez fréquentes. Pour palier à cette défaillance on peut proposer d'intégrer le lestage combiné avec la coagulation comme solution préventive et curative dans le process par l'ajout de substances spécifiques afin d'intensifier

l'agglomération des floes et les alourdir, par conséquent d'améliorer la décantation ce qui implique un abattement de la teneur en MES à la sortie (eaux épurées) et même la DBO<sub>5</sub>.

**a) Les lestants :** Ceux sont des produits naturels solides, caractérisés par des masses volumiques supérieures à 1 kg/litre d'où un alourdissement du floe lors de leur utilisation. Parmi les plus utilisés sont : les carbonates de calcium (noms commerciaux : Lestofloc et Mikhart SPL), le talc (Aquatal) avec une dose de l'ordre de 0,7 g de produit /g de MVS. Mais pour une valeur plus précise on doit passer par le jar test.

Dans notre cas le pourcentage des MVS est 60 % des MES [9] donc la quantité appliqué se calcule comme suit :

$$\text{MVS} = 0.6 \times \frac{150000 \times 90}{1000} = 8100 \text{ kg}$$

D'où la quantité de lestant = 0.7 x 8100 = 5670 kg

### **b) Les coagulants**

Ce sont des produits le plus souvent liquides qui neutralisent les charges électriques des fractions colloïdales et améliorent la coalescence (agglomération) des particules entre elles et donc la vitesse de sédimentation. Parmi les plus utilisés sont: chlorure d'aluminium, sulfate d'alumine, chlorure ferrique..). Avec une dose de l'ordre de 10 mg/g de MVS mais pour une valeur plus précise on doit passer par le jar test.

$$\text{Donc la quantité de coagulant} = 10 \times \frac{8100}{1000} = 81 \text{ kg}$$

La combinaison des 2 produits est la solution la plus adaptée en raison de son degré d'efficacité. En effet, l'ajout de substances minérales dans le floe permet un alourdissement physique des boues, tandis que les coagulants permettent d'éliminer la turbidité créée par l'ajout du lestant, tout en améliorant la structure du floe pour obtenir un gain sur l'indice de boue environ 60 %, Les doses de coagulants doivent être de l'ordre de 10 mg/g de MVS pour permettre d'optimiser la qualité de l'eau surnageant (turbidité) et d'améliorer les vitesses de sédimentation

### **C- Point d'application**

Sachant que la coagulation nécessite une agitation rapide ou une turbulence élevée donc, on a choisi le point de contact entre la boue recirculée et les effluents provenant du déssableur comme un point favorable (voir la figure V.13), car c'est une zone trouble et au même temps assure un contact avec tous les effluent entrants puis seront disperser dans les quatre bassins d'aération au ils vont subir une bonne agitation a l'aide des aérateurs de surface et des mélangeurs du fond.



**Figure V.13:** Situation des points d'injection des substances lestants et coagulants

### V.3. Recommandations

A l'issue de ce chapitre, on va lister d'autres recommandations qui apparaîtront simples mais peuvent jouer un rôle préventif très important car c'est mieux de prévenir que de guérir.

- ✚ Il faut faire une étude diagnostic sur le réseau d'assainissement et les établissements reliés pour permettre d'interdire tout raccordement industrielle ou d'autre rejets dangereux pour la station sauf après un traitement in situ (le cas par exemple de SOITEX usine de textile, les lavages des véhicules ...etc.) car la station est conçue pour traiter des eaux usées domestique donc l'arrivée des eaux d'une composition divers perturbe directement le procès et provoque des dysfonctionnements différents .
- ✚ Il faut sensibiliser les citoyens de ne pas jeter n'importe quoi dans le réseau d'assainissement qui altère le bon fonctionnement de la STEP (exemple : médicaments, peintures, les produits chimiques et toxiques ...) car ils ont un effet négatif sur la masse bactérienne ce qui veut dire la dégradation de la matière organique donc l'épuration en général.
- ✚ Il faut interdire tout stockage de gravats dans les rues et les trottoirs pour protéger la STEP contre les apports solide (sables) par les eaux pluviales.
- ✚ Il faut réaliser un bassin d'orage (rétention) comme il à été mentionné, qu'on peut l'utiliser même comme un bassin de décantation primaire car il joue un rôle très important dans l'abattement des MES environ 60 % et 30 % pour DBO<sub>5</sub>.

- ✚ Acheter des bacs à ordures pour stocker les déchets des dégrilleurs est d'autres bacs pour les déchets sableux.
- ✚ Il faut installer un débitmètre à l'entrée et étalonner le débitmètre de la sortie pour bien contrôler les entrées-sorties de la STEP, et toute mesure qui dépend de débit.
- ✚ Penser à installer un système de télégestion pour faciliter l'exploitation de la STEP.
- ✚ Pour des échantillons plus représentatifs notamment les composites (8 prélèvements avec un intervalle d'une heure) on propose de remplacer l'agent préleveur par un échantillonneur automatique
- ✚ Il faut réparer le système de drainage des lits de séchage et le tractopelle pour faciliter leur vidange.
- ✚ D'après les calculs le nombre d'équivalent habitants en 2016 est environ 149000 EH et il va dépasser les 150000 EH en 2018 (soit environs 151000 EH) ce qui nécessite une extension pour ne pas avoir des problèmes de surcharge.

**Remarque:**

Le terrain actuellement disponible permet une extension car la surface bâtie égale 5/17 ha mais il nécessite un système d'élévation parce que l'espace non bâti se situe dans un niveau supérieur au niveau de la STEP.

**V.4. Conclusion :**

Dans ce chapitre plusieurs propositions ont été faites en vue de résoudre certaines défaillances et dysfonctionnements existants au niveau du fonctionnement du processus de la STEP de Ain El Houtz pour améliorer son efficacité et satisfaire les normes des eaux réutilisées en irrigation. Ces propositions sont les suivantes:

- ✓ L'installation d'une vanne murale
- ✓ Changement du dégrilleur
- ✓ La réalisation d'un deuxième épaisseur
- ✓ Augmenter le taux de recirculation à 150 %
- ✓ L'installation des mélangeurs de fond
- ✓ L'installation des unités de déshydratation mécanique (centrifugeuse)
- ✓ Stabilisation et hygiénisation de la boue par chaulage
- ✓ L'ajout des coagulants et des lestants.

## **Conclusion générale**

L'épuration des eaux usées est l'ensemble des procédés visant à dépolluer l'eau usée avant son retour dans le milieu naturel ou sa réutilisation, pour un objectif de réduire les impacts sur l'environnement et par fois de l'utilisées à l'irrigation. Pour cela l'homme à réaliser les stations d'épurations et même d'autre systèmes d'épuration intensifs ou extensifs pour permettre d'épurer ces eaux.

Une station d'épuration est généralement installée à l'extrémité d'un réseau de collecte. Elle peut utiliser plusieurs principes, physiques et biologiques. Le plus souvent, le processus est biologique car il fait intervenir des bactéries capables de dégrader les matières organiques. La taille et le type des dispositifs dépendent du degré de pollution des eaux à traiter, elle est constituée d'une succession de dispositifs, conçus pour extraire en différentes étapes les différents polluants contenus dans les eaux. La pollution retenue dans la station d'épuration est transformée sous forme de boues. La succession des dispositifs est calculée en fonction de la nature des eaux usées recueillies sur le réseau et des types de pollutions à traiter. Il existe plusieurs facteurs qui influencent le système d'épuration et provoquent l'apparition des dysfonctionnements et des défaillances au niveau de la STEP mais grâce à la recherche scientifique et la nouvelle technologie il y'a toujours des solutions pour faire face et résoudre ces problèmes.

En Algérie il existe actuellement 122 stations dont 58 du type boues activées. Cependant plusieurs d'elles sont à l'arrêt ou en panne à cause des défaillances et des dysfonctionnements.

Dans ce travail, une étude diagnostique sur la STEP de Ain El Houtz, pris comme modèle des STEP à boues activées, a été réalisée. Le but est de relever ses défaillances et de proposer une réhabilitation des filières à mettre en place en vue d'un bon fonctionnement de son process en vue de réutilisation de ses eaux pour l'irrigation de périmètre d'el Hennaya. Les principales défaillances qu'on a enregistrées sont :

- L'absence d'une vanne principale et d'un débitmètre à l'entrée de la STEP,
- Un dégrilleur est en panne et irréparable,
- Les bacs à sables sont endommagés ainsi que les mélangeurs de fond qui assure l'homogénéisation des bassins d'aération, les boues en excées due à un déficit des lits de séchages. Ces derniers sont la cause principale de l'apparition d'une chaine de problèmes dans laquelle il y'a l'augmentation de la concentration et l'âge des

boues dans les bassins biologique induisant une remonté des boues dans le clarificateur avec un indice de boues moyenne de 125 ml/g ;

- Des dépassements au-delà des normes de la réutilisation de la DBO<sub>5</sub> (variant de 31 mg/l à 53 mg/l) et des MES (de 31 à 51 mg/l) ont été également observées,

Pour la partie analyse microbiologique, les données étaient insuffisantes (peu d'analyses) mais on a remarqué la présence des nématodes (métazoaires) dans l'eau épurées à des teneurs avoisinants 3 oeufs /l.

A l'issue de ce diagnostic, on peut conclure que la STEP de Ain el Houtz nécessite une réhabilitation. Pour cela on a proposé des solutions à mettre en places pour améliorer son fonctionnement et son rendement épuratoire. Les principales solutions proposées sont :

- L'installation d'un nouveau dégrilleur mécanique de mêmes dimensions comme celui actuellement existant.
- L'installation d'un séparateur de sables pour remplacer les actuels bacs à sables mis en place dont le volume de trémie  $V = 0.6m^3$  et d'un débit d'alimentation maximal de  $20 m^3/h$ .
- La réalisation d'un deuxième épaisseur de  $1440 m^3$  équipé d'un système de chaulage.
- L'installation de 3 centrifugeuses pour la déshydratation mécanique des boues.

D'autres recommandations supplémentaires ont été suggérées:

- L'installation d'une vanne murale à l'entrée de la STEP et le changement des 4 mélangeurs submersibles ;
- L'ajout des coagulants et des lestants dans le bassin d'aération avec des quantités comme solution préventive et curative à la remontée des boues dans les clarificateurs.

## Bibliographie

- [1] Tableau de bulletin mensuel, document de l'Office National d'assainissement, septembre 2015
- [2] Dhaouadi H., Traitement des Eaux Usées Urbaines, Les procédés biologiques d'épuration, cours pour l'enseignement, Université de Tunis, 2008, 34 p.
- [3] BAHA S., BENSARI F., Epuration des eaux usées domestique par les boues activées études de la performance de la STEP D'AIN EL HOUTZ, Mémoire de Master En Hydraulique, Université Abou Bekr Belkaid, 2014, 80p.
- [4] TALEB M. K., État de l'assainissement d'une zone côtière Analyses et perspectives d'aménagement Cas: Commune d'Ain El Türck, Mémoire de magister en sciences de l'environnement et climatologie, Université d'Oran, 2006, 159p.
- [5] BOUMEDIENE M. A., bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées : cas de la STEP Ain El Houtz, Mémoire de Master En Hydraulique, Université Abou Bekr Belkaid, 2013, 40p.
- [6] anonyme, Conception et dimensionnement Nitrification-Dénitrification– Déphosphatation, document de l'Office International de l'Eau, 2005, 53p.
- [7] Metahri M. S., Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphorée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012, 148p.
- [8] GAID A., Épuration Biologique Des Eaux Usées Urbaines, livre Tome 2, Ed OPU, 1984, Alger, 234p.
- [9] Effet du pH sur le rendement de la nitrification,  
<http://www.recifrance.com/Articles/Technique/nitrification.html>, consulté le 20/04/2016

[10] Document élaboré par le GIS-BIOSTEP, Coordination – Jean-Pierre Canler, Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions FNDAE n° 33, Document technique. 2005, 123p.

[11] PERRET J.P., DUCHENE J.M., Philippe et COTTEUX, Eric. Aide au diagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des Boues activées. Éditions Cemagref, 1999, 155p.

[12] Louvet J.N., Etude des variations en oxygène dissous rencontrées dans les systèmes d'aération en épuration des eaux et mise au point d'un réacteur de type scale-down, Mémoire de Master en génie sanitaire, université de Gembloux Belgique, 2007, 68p.

[13] Allaoui K., Modélisation hydraulique d'un bassin d'aération des stations d'épuration des eaux usées, Mémoire de Magister en Hydraulique, Université Badji Mokhtar-Annaba, 2009, 121p.

[14] Clarificateur, <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/content/clarificateur>, consulté le 28/04/2016.

[15] Rahou Kada B., Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'EL-kerma ORAN, Mémoire de Master, Université d'Oran, 2014, 60p.

[16] anonyme, Quelques paramètres caractéristiques des boues activées, Fiche d'exploitation n°1, novembre 2006, 70p.

[17] SAHTOUT N., Etude de station de traitement des eaux à boues activées : Optimisation de l'aération et la clarification en vue d'une bonne décantabilité des boues, Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar-Annaba, 2002, 85p.

[18] Hammas A.H., Fiche technique de la STEP de Ain EL Houtz, 6p.

[19] Anonyme, Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse, Fiche n° 5, Juillet 2007, 13p.

- [20] Arrêt interministériel, ministère des ressources en eaux, Journal officiel de la République Algérienne n° 41,15 juillet 2012. p 19 à 20.
- [21] Berriah A., Bouyacoub F.E., Proposition Et Dimensionnement D'une STEP pour la localité de Marsat Ben M'hidi et réutilisation de ses eaux en irrigation, Mémoire De Master En Hydraulique, Université Abou Bekr Belkaid, Septembre 2014, 105p.
- [22] Dégriilleur incliné avec racleurs à chaînes, Fiche technique, la société Inofilter, 3p.
- [23] Anonyme, Fiche technique de nos appareils, SERINOL : constructeur de matériels de traitement des eaux usées et des déchets .novembre 2010, 52p.
- [24] Pierre Y., Jean Marc Perret, Jean Pierre Canler, vers une meilleure connaissance des déchets issus de l'étape des prétraitements, Cemagref – Equipe Traitement des eaux résiduaires, 24p.
- [25] La centrifugation des boues, <http://www.deshydratation-boues.com/avantages.phtml> , consulté le 28/04/2016.
- [26] Audibert J, la logique floue optimise la centrifugation des boues, Degrément, Novembre 1998,
- [27] Sadowski A.G., Méthode de calcul d'une filière de traitement, Document technique, Mars 2002, 99p.
- [28] Canler J.P., A. Cauchi, P. Fernandes, A. Larigauderie, G. Leboucher, L'épaississement des boues : les règles de bonne gestion, Avril 2002,
- [29] Anonyme, Déshydratation mécanique des boues, Fiche technique 4, Septembre 2012, 6p.  
[MV de caoH<sub>2</sub>] Anonyme, Chaux vive, Fiche technique, Édition 04/2007
- [30] Pronost J., Pronost R., Deplat L., Malrieu J., Berland J.M., Stations d'épuration, dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation, FNDAE N° 22, Décembre 2002, 86p.
- [31] Barbe J., Brocheton D., Kockmann F. , Wiart P., Les boues chaulées des stations d'épuration municipales production, qualité et valeur agronomique, Novembre 2002, 20p.
- [32] Anonyme, Boues de Station d'épuration : Technique de traitement, Valorisation et Elimination, Document technique, Novembre 2012, 36p.
- [33] Anonyme, Conditionnement chimique de boues, Document technique, 2002, 6p.
- [34] La masse volumique de la chaux, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Chaux\\_\(mati%C3%A8re\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Chaux_(mati%C3%A8re)) consulté le 9 /05/2016.
- [35] Mélangeur submersible : Amamix, Livret technique, KSB, 60p.
- [36] Brombach GmbH, Vanne murale PRA Construction PEHD, France, 4p.

[37] Canler J.P, Lionel Julien, Efficacité des principaux produits envisageables pour améliorer la décantabilité de la boue en cas de crise aigue de foisonnement, Cemagref de Lyon,

# Les annexes

## ANNEXE

### SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION

#### 1. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol.

L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

## 2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES

PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = 0 - 3 CE	ds/m	0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12		0.5
12 - 20	1.3		
20 - 40	3		
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO <sub>3</sub> - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercuré	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
Vanadium	mg/l	1.0	
Zinc	mg/l	10.0	

(\*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.