

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Polytechniques

Département Hydraulique

Mémoire de MASTER



En vue de l'obtention du diplôme de MASTR  
en hydraulique

Thème :

## **L'Optimisation d'une station d'épuration**

**Encadré par :**

Dr. A.LEFKIR

**Réalisé par:**

Boubekeur Youcef

Promotion 2015

ENP 10, Avenue HASSEN BADI el Harrach Alger. Algérie

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents*

*A qui je dois ce que je suis*

*A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour*

*Qu'ils trouvent dans ce site, le fruit de leurs sacrifices consentis pour mon éducation, et l'expression de mon amour et de ma gratitude pour la bienveillance avec laquelle ils m'ont toujours entouré.*

*Que dieu leur préserve longue vie et bonne santé*

*A ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans mes moments difficiles*

*A mes adorables sœurs*

*A mes très chers cousins et cousines*

*A toute ma famille*

*A tous mes amis ainsi qu'à tous ceux qui me sont chers*

*Que ce travail soit le témoignage sincère et affectueux  
De ma profonde reconnaissance pour tout ce que vous avez  
Fait pour moi.*

*Youcef Boubekeur*

# *Remerciement*

*Avant toute personne, nous remercions **le bon Dieu** de nous avoir prêté vie, santé et volonté pour achever ce modeste travail.*

*Nous exprimons notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promoteur **Mr. Abdelouahab Lefkir** qui a dirigé les travaux de ce mémoire. Pour son soutien, sa patience, sa gentillesse, la confiance qu'il nous a témoigné et pour toute l'aide matérielle et morale qu'il a mis à notre disposition tout le long de notre travail, que celui-ci soit à la hauteur de ses attentes.*

*Nous remercions très chaleureusement et nous exprimons toutes nos reconnaissances à **Monsieur A.BERMAD**, le chef de département de l'hydraulique pour sa constante disponibilité et pour ses judicieux conseils.*

*Les membres du jury, qui ont bien voulu évaluer notre travail et de nous consacrer leurs précieux temps, trouveront ici nos remerciements les plus sincères.*

*Nos gratitudes vont aussi à tous nos enseignants et enseignantes, pendant tous nos cursus d'études, pour leur disponibilité et leurs sacrifices et pour tout le savoir qu'ils nous ont fidèlement transmis.*

*Enfin, nos sincères remerciements s'adressent à tous ceux qui nous ont apporté leur aide de près ou de loin, que ce soit par leur amitié, leurs conseils ou leur soutien moral pour mener à bien ce travail.*

## ملخص

محطة معالجة مياه الصرف الصحي هي بالتالي أداة لتحسين نوعية المياه التي تتطلب إدارة دقيقة وصارمة. في الواقع، هناك حاجة الفنيين والعمال المهرة للحصول على عوائد تنقية مرضية وبما يتفق مع معايير التصريف المطلوب. ولكن تطرح مشكلة دائما لمديري محطة معالجة مياه الصرف الصحي وهي كيفية الحصول على مردود تصفوي مثالي بأقل مجهود من المحطة.

في هذه الدراسة سنحاول التعمق للتأكد فعلا هل يمكننا التحسين من مردود المحطة مع الحصل دائما على مردود تصفوي مثالي، و سنحاول أيضا معرفة العلاقة بين تغيرات المردود الطاقوي و المردود التصفوي.

. الكلمات الرئيسية: معالجة مياه الصرف الصحي، تحسين إدارة محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي، طاقة، مردود تصفوي ، المردود الطاقوي.

## Résumé :

Une station d'épuration est un outil d'amélioration de la qualité de l'eau qui demande un pilotage précis et rigoureux. En effet, des techniciens et agents compétents sont nécessaires afin d'obtenir des rendements épuratoires satisfaisants et compatibles avec les normes de rejets exigés, mais un problème est toujours posé, est celui de l'optimisation de la station d'épuration.

Dans cette étude on va aller en profondeur pour voir est ce vrai on peut avoir des rendements épuratoires respectant les normes exigées avec une diminution du travail fournit par la STEP, aussi on essayera de voir la relation entre les variations des rendements énergétiques et les rendements épuratoires

Mots clé : Epuration des eaux usées, optimisation de la gestion d'une station d'épuration, énergie, rendement épuratoires, rendements énergétiques

## Abstract:

A wastewater treatment plant (WWTP) is a tool to improve the quality of water that requires precise and rigorous management. Indeed, technicians and skilled workers are needed to obtain purification yields satisfactory and consistent with the required discharge standards. But a problem is always posed to the managers of STEP, is optimization of the Waste water treatment plant.

In this study we will go deep to see is it true you can have purifying yields respecting the standards required with a decrease of work provided by the STEP, we will also try to see the relationship between changes in energy efficiency and the purifying performance

Key words: Wastewater treatment, optimization of the management of a wastewater treatment plant, energy , purifying efficiency, energy efficiency.

# Sommaire

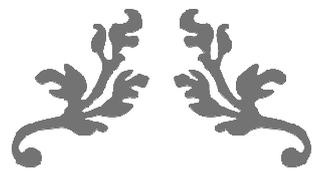
Introduction Générale .....	1
<b>Chapitre I : Généralité sur les eaux usées</b>	
Introduction.....	2
I.1 Les eaux usées .....	2
I.1.1 Définition .....	2
I.1.2 Origine des eaux usées .....	2
a) Les eaux usées industrielles.....	2
b) Les eaux pluviales.....	2
c) Les eaux de ruissellement dans les zones agricoles.....	3
d) Les eaux usées domestiques.....	3
I.1.3 Caractéristique Physico-Chimiques et Bactériologiques des eaux usées.....	3
a) Caractéristiques Physico-Chimiques .....	4
b) Caractéristiques Bactériologiques .....	5
I.2 Le traitement des eaux usées.....	7
I.2.1 Le Prétraitement.....	7
I.2.2 Le Traitement Primaire.....	7
I.2.3 Le Traitement Secondaire.....	8
I.2.4 Le Traitement tertiaire.....	9
I.2.5 La Nitrification et la Dénitrification Biologique.....	10
<b>Chapitre II : Présentation de la STEP de Boumerdes et acquisitions des données</b>	
II.1 Introduction.....	12
II.2 Localisation de la STEP.....	12
II.3 Caractéristiques techniques.....	13
II.4 Paramètres de pollution de conception.....	13
II.5 Les étapes du procédé d'épuration.....	14
II.6 Traitement au fil de l'eau.....	15
II.7 Traitement au fil de boues.....	18
<b>Chapitre III : Problématique et analyse des données</b>	
III.1 Présentation des données.....	19
III.2 Etude des rendements épuratoires.....	19
III.3 La comparaison entre rendement épuratoire et rendement énergétique.....	23
Conclusion.....	24
<b>Chapitre VI : Optimisation énergétique des stations d'épuration</b>	
Introduction.....	25
VI.2 Comment agir ?.....	25
a) En diminuant leur consommation énergétique	
b) En produisant de l'énergie (énergies renouvelables)	
VI.3 Astuces pour réduire la consommation énergétique d'une STEP.....	26
VI.4 Une multiplicité de solutions techniques mobilisables pour l'optimisation énergétique.....	27
Conclusion Générale .....	28

## Liste des tableaux

Tab II.1 : Présentation de la STEP. ....	12
Tab II.2 : Paramètres de pollution de conception de la station de Boumerdes .....	13
Tab III.1 : Statistiques descriptives des paramètres de pollution de la STEP Boumerdes.....	19

## Liste des figures

Fig I.1 : schéma général d'une boue activée (d'après Barnard et al. 1998) .....	8
Fig I.2 : Schéma de la filière lit bactérien .....	8
Fig I.3: Coupe schématique d'une station à lits fixes rotatifs.....	9
Fig II.1 STEP de Boumerdes (image Google.earth) .....	12
Fig II.3 : Bassin d'orage de la STEP de Boumerdes .....	15
Fig II.4 : Dégrilleur du type à champ courbe. ....	16
Fig II.5 : Dessableur-Déshuileur .....	16
Figure II.6 : Bassin d'aération .....	17
Fig II.7 : Décanteur-Clarificateur.....	17
Fig II.8 : Bassin de chloration.....	18
Figure II.9 : Presse à bande.....	18
Fig III 1 : Les rendements d'élimination de la DCO comparé au rendement optimal.....	20
Fig III.2 : Les rendements d'élimination de la DBO5 comparé au rendement optimal.....	21
Fig III.3 : Les rendements d'élimination de la MES comparé au rendement optimal .....	21
Fig III.4 : Graph illustrant la comparaison en les rendements globaux.....	22
Fig III.5 : Graphe des rendements épuratoires max et min.....	23
Fig III.6 histogramme des rendements énergétiques min et max.....	23



---

# *Introduction Générale*

---



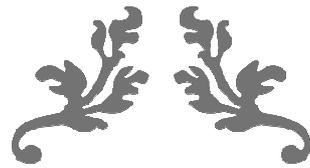
## Introduction Générale

L'épuration des eaux joue un rôle central dans la protection des eaux en Algérie, La priorité revient désormais au maintien de la valeur économique des stations d'épuration des eaux usées (STEP) existantes ainsi qu'à l'optimisation de leur fonctionnement et de leur organisation. L'effort passe par l'agrandissement des STEP, afin d'accroître leur capacité pour répondre à la croissance démographique.

Une STEP doit être exploitée de telle sorte que, compte tenu du principe de proportionnalité, seul le minimum possible de substances de nature à polluer les eaux y parvienne. A cet effet, il importe d'optimiser sans cesse les procédés de traitement sur la base de données effectives, expérimentales ou comparatives. Une bonne gestion technique et professionnelle comprend également l'optimisation de l'exploitation de la STEP dans son ensemble (mise en oeuvre de diverses ressources personnel et moyens d'exploitation, tels le précipitant, l'énergie et les coûts).

L'optimisation de l'exploitation ne doit toutefois pas aller à l'encontre de la protection des eaux (dégradation des valeurs de rejet, hausse des émissions, baisse du rendement d'épuration) ou entraver le fonctionnement de la STEP.

Il est indiqué d'inclure les aspects énergétiques dans l'effort d'optimisation. La consommation d'énergie sera mesurée et consignée de manière appropriée, le degré de détail des données correspondant à la taille de l'installation. Ces relevés permettent en effet d'évaluer, pour chaque STEP, le potentiel d'optimisation dans les domaines de la consommation et de la production d'énergie, tant électrique que thermique.



---

# *Chapitre I :*

---

## *Généralités sur les eaux usées*



## INTRODUCTION

La dégradation progressive et constante des écosystèmes aquatiques a pris, au cours des dernières décennies, une ampleur catastrophique et constitue une des dimensions environnementales les plus préoccupantes du XXIème siècle. Pour répondre à ses besoins sans cesse plus importants en termes alimentaire et sanitaire, l'homme a synthétisé volontairement toutes sortes de molécules de plus en plus complexes, comme les médicaments à usage médical ou vétérinaire, les produits phytosanitaires, les plastifiants, etc. Ainsi, la caractérisation des eaux usées est une étape incontournable dans le processus d'évaluation des rejets en eaux usées pour un bon choix de procédé d'épuration et une meilleure gestion des stations d'épuration.

### I.1 LES EAUX USEES

#### I.1.1 DÉFINITION

Une eau usée appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines ».

#### I.1.2 LES TYPES DES EAUX USÉES

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

##### a) Les eaux usées industrielles

Sont classés dans les eaux industrielles tous les rejets correspondant à une utilisation de l'eau autre que domestique. Les caractéristiques de ces eaux sont extrêmement variables et directement liées au type d'industrie. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elle peut également contenir des produits toxiques, des solvants, des micropolluants organiques, des hydrocarbures, des produits chimiques (acides, bases...), des métaux lourds (mercure, cadmium, ...), des molécules de synthèse (pesticides, ...), des produits radioactifs, de la chaleur (eaux de refroidissement, ...) et cette liste est loin d'être exhaustive ! (Richard, 1996).

##### b) Les eaux pluviales

Eau pluviale est le nom que l'on donne à l'eau de pluie après qu'elle a touché le sol ou une surface construite ou naturelle susceptible de l'intercepter ou de la récupérer (toiture, terrasse, arbre...). Ces eaux peuvent constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...).

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

**c) Les eaux de ruissellement dans les zones agricoles**

Il s'agit de rejets liquides agricoles issus du ruissellement d'eau d'irrigation qui entraîne des engrais des pesticides, des herbicides ou des rejets organiques dus à un élevage important. (Degremont, 1989).

**d) Les eaux usées domestiques**

Désigne les eaux résiduaires qui proviennent des différents usages domestiques. Elles sont essentiellement porteuses de polluants organiques. La composition de ces eaux est à peu près la même pour toutes les habitations. Et elles sont subdivisées en deux catégories :

• **Eaux grise :**

Les eaux grises sont les eaux des baignoires, douches, lavabos, éviers, machines à laver. Elles représentent près de 40 % de notre consommation quotidienne. Ce sont des eaux peu chargées en matières polluantes.. Leur charge polluante est surtout composée de savons, de détergents (produits de nettoyage, de lessive, de vaisselle, d'hygiène personnelle, etc.), de graisses et parfois des phosphates provenant de certains produits de lessives , est l'absence quasi totale de matières organiques azotées (protéines, urée), de résidus de médicaments (œstrogènes, antibiotiques) et de phosphore organique d'origine métabolique.

• **Eaux noires :**

Ou eaux vannes, sont les eaux usées issues des Sanitaires. Elles contiennent diverses substances plus polluantes ou plus difficiles à éliminer tels que des matières fécales, des produits cosmétiques (Ghazi, 2007). Elles peuvent être un danger pour la santé car elles véhiculent des maladies d'origine virale et bactérienne.

**I.1.3 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX USÉES**

Les eaux usées sont principalement composées d'eau et d'autres matériaux qui ne représentent qu'une petite partie des eaux usées, mais peuvent être présents en quantités suffisantes pour mettre en danger la santé publique et l'environnement, donc avant de rejeter les eaux usées dans le milieu naturel, il faut définir des paramètres pour avoir des renseignements sur la composition et les caractéristiques qualitatives et quantitatives des eaux usées et de leurs impacts sur le milieu récepteur.

**a) Paramètres physico-chimiques**

• **La température**

La température joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Par ailleurs, la température détermine le taux et la vitesse des réactions de dégradation biochimique. Plus la température est importante, plus les réactions sont rapides. La température des eaux usées influent beaucoup sur l'efficacité du procédé de traitement. Par exemple, la décantation est plus efficace à des températures élevées. (Grunditz&Dalhaùar, 2001)

• **PH**

Le pH (potentiel hydrogène), est le reflet de la concentration d'une eau en ions H<sup>+</sup>. Le pH, indique l'alcalinité des eaux usées, son rôle est capital pour la croissance des microorganismes qui ont généralement un pH optimum variant de 6,5 à 8. Lorsque le pH est inférieur à 5 ou supérieur à 8,5, la croissance des microorganismes est directement affectée. (Hamdani, 2002)

• **Matières en suspension (MES)**

On appelle matières en suspension les très fines particules qui sont non dissoute dans l'eau (Gomella et Guerree, 1978) (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluant, micro-organismes,...) qui donnent un aspect trouble à l'eau, (turbidité) est s'opposent à la pénétration de la lumière nécessaire à la vie aquatique. En trop grande quantité elles constituent donc une pollution solide des eaux.

• **La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)**

DBO<sub>5</sub>, comme il est couramment abrégé, est l'un des paramètres les plus importants et utiles indiquant la force organique des eaux usées. La demande biologique en oxygène est, par définition la quantité d'oxygène dissous nécessaire par les systèmes biologiques aérobies naturels dans les eaux usées pour décomposer les matières organiques décomposables dans des conditions définies. Elle est exprimée en mg O<sub>2</sub> /L. ( Eckenfelder, 1982). La gamme habituelle de la DBO<sub>5</sub> des eaux usées urbaines au Maroc est 200-400mg/L (Foutlane, 2005).

• **La demande chimique en oxygène (DCO)**

Est définie comme la quantité d'un spécifiée oxydant qui réagit avec l'échantillon dans des conditions contrôlées. La quantité d'oxydant consommée est exprimé en termes de son oxygène équivalence. En raison de ses propriétés chimiques uniques, l'ion dichromate (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) est réduite on ion de chrome (Cr<sup>+3</sup>), À la fois les composants organiques et inorganiques de l'échantillon sont soumis à l'oxydation, mais dans la plupart des cas, le composant organique prédomine. Elle est exprimée en mg O<sub>2</sub> /L. Vu la simplicité de mesure de DCO et sa précision, il s'est avéré nécessaire de développer des corrélations entre la DBO<sub>5</sub> et la DCO ainsi le rapport DCO/ DBO<sub>5</sub> des eaux usées urbaines est proche de 2 (Gomella et Guerree,

1978), le rapport DCO/ DBO<sub>5</sub> des effluents domestiques est de 1,9 à 2,5. (Hamdani et al, 2002).

- **Les matières azotées**

L'azote existe sous plusieurs formes. Les types d'azote Principaux sujets de préoccupation pour le traitement des eaux usées sont: l'azote total (TN), azote Total Kejeldahl (NTK), l'ammoniac (NH<sub>3</sub>), l'azote organique (ORG-N), les nitrates (NO<sub>3</sub>) et nitrites (NO<sub>2</sub>). Les concentrations sont indiquées en mg / L.

Azote Total Kejeldahl (NTK) : c'est la somme de l'azote ammoniacal et d'azote lié organiquement, mais n'inclut pas l'azote des nitrates ou des nitrites.

$$\text{NTK} = \text{NH}_3 + \text{org-N}$$

Azote Total (NT) : est la somme de l'azote des nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), des nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), l'azote ammoniacal (NH<sub>3</sub>-N) et azote lié organiquement.

$$\text{NT} = \text{NTK} + \text{NO}_3 + \text{NO}_2$$

- **Matières phosphatées**

Le phosphore se présente dans les eaux usées en trois fractions :

§ Ortho-phosphate inorganique dissous

§ Composés de phosphore organiques dissous

§ Phosphore particulaire (lié dans la biomasse ou fixé sur des particules)

Dont la somme donne la teneur totale en phosphore (PT)

### **b) Paramètres microbiologiques**

La plupart des micro-organismes connus pour les microbiologistes peuvent être trouvés dans les eaux usées :

- **Les protozoaires**

Ils sont présents dans les eaux usées à l'état de kystes. la principale forme pathogène pour l'homme est *Entamoebahistolytica*, agent responsable de la dysenterie amibienne.(Bouhoum 1997)

- **Les helminthes**

Les eaux usées sont susceptibles de véhiculer un grand nombre d'helminthes parasites d'origine humaine ou animale (El Shazly et al. 2003). La plupart des ces parasites sont excrétés dans le milieu extérieur sous forme d'œufs, éliminés avec les matières fécales, le nombre et la variété des œufs d'helminthes dans les eaux résiduaires sont liés au niveau d'infestation de la population humaine et /ou animal desservies. (Moubarrad, 2005.)

- **Virus**

Les virus se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau. Parmi les infections virales d'origine hydrique, on trouve la poliomyélite, également on peut citer l'hépatite A.

- **Les germes témoins de contamination fécale**

Une contamination fécale est anormale, elle révèle un problème d'hygiène générale. Il est impossible de rechercher dans les eaux usées la présence systématique de tous les pathogènes. On évalue alors la qualité sanitaire en recherchant la présence de bactéries fécales dites témoins de contamination fécale; parce que cela signifie la présence possible d'un grand nombre de pathogènes transmis par les fèces ou les urines de l'homme et des animaux à sang chaud. (Martin, 1982)

## **I.2 TRAITEMENT DES EAUX USEES**

Le traitement des eaux usées sert à éviter le plus possible de polluer le milieu naturel où elles sont rejetées. Pour cela, on dispose des stations d'épuration qui nettoient ces eaux.

Aujourd'hui, les stations de traitement des eaux usées sont devenues des usines de dépollution compactes, couvertes, désodorisées, automatisées. Elles mettent en œuvre des traitements de plus en plus performants, capables d'éliminer à la fois les différentes substances polluantes carbonées, azotées et phosphorées. Ces stations sont dimensionnées pour traiter une certaine charge de pollution et assurer un rejet conforme aux valeurs limites définies par l'arrêté préfectoral d'autorisation.

De l'entrée de la station jusqu'au rejet dans le milieu naturel, les différentes étapes du traitement des eaux usées sont classiquement les suivantes :

### **I.2.1 Le prétraitement**

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers. Il s'agit de dégrillage pour les déchets volumineux, de dessablage des sables et graviers et dégraissage pour éliminer les graisses et les huiles (Gomella et Guérée année ???). Les eaux usées débarrassées des objets encombrants, des graisses et des sables, peuvent alors être dirigées vers le traitement primaire.

### **I.2.2 Le traitement primaire**

Le traitement primaire fait appel à une étape de décantation, qui consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les "boues primaires". Ce traitement élimine 50 à 60 % des matières en suspension et réduit d'environ 25% à 50% de la DBO (Jouraiphy.2007). La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable. La coagulation-floculation permet d'éliminer jusqu'à 90 % des matières en suspension. Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif, qui provoque l'agglomération des particules en suspension, puis une accélération de leur chute au fond de l'ouvrage. Le traitement primaire est une étape facultative et dans de nombreuses stations d'épuration, les eaux usées prétraitées sont directement acheminées vers la phase de traitement secondaire.

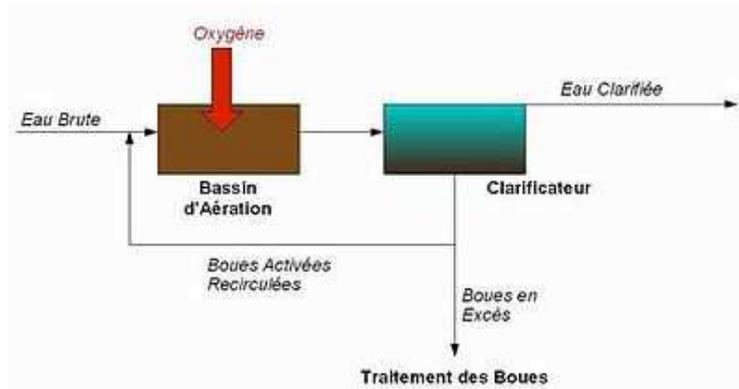
### **I.2.3 Le traitement secondaire**

Il s'agit d'un traitement biologique dont l'objectif est l'élimination de la pollution carbonée, azotée et phosphorée. Le principe de l'épuration par voie biologique consiste, dans un premier temps, à faire assimiler la pollution carbonée par des microorganismes dont l'activité est améliorée en la plaçant dans des conditions optimales, la pollution de l'eau est alors transformée en biomasse. Puis cette biomasse est extraite de l'eau sous forme de boues.

Les techniques de traitement biologique les plus couramment employées sont:

**a) Les boues activées**

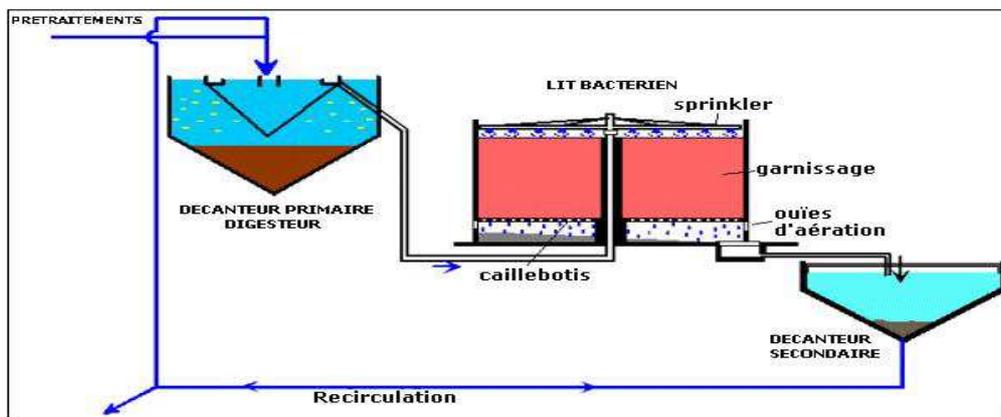
Le traitement par boues activées est très largement utilisé. Il s'agit d'un réacteur qui contient les eaux à traiter mélangées avec microorganismes flocculant et de l'oxygène dissous. Les bactéries consomment la matière organique et contribuent à l'élimination de l'azote et du phosphate. Le bassin d'aération est équipé d'un système d'aération fonctionnant en discontinu. La nitrification s'effectue durant les phases aérobies et la dénitrification durant les phases d'anoxie. (figure1)



**Fig. I.1 : schéma général d'une boue activée (d'après Barnard et al. 1998)**

**b) Lits bactériens aérobie**

C'est un système à cellules immobilisées le plus largement utilisé. Dans ce type de réacteur, la biomasse est fixée sur un support solide circulaire surmonté d'un distributeur rotatif. L'effluent à traiter est introduit par le haut et s'écoule par gravité sur le lit bactérien. (Figure2) Les matériaux supports ont tout d'abord été constitués de gros morceaux de pierre avec une surface relative assez limitée. Dorénavant des supports en plastique à faible densité (polystyrène) sont couramment utilisés et offrent des surfaces relatives importantes. L'injection d'air pour la nitrification se fait par le fond du lit (Andersson et al. 1994).



**Fig. I.2 : Schéma de la filière lit bactérien**

### c) Lits bactériens anaérobie

Les lits bactérien anaérobie ou digesteurs anaérobie sont des réacteurs biologiques où la biomasse est maintenue à l'abri de l'air et de la lumière. La flore en cause se caractérise par un métabolisme anaérobie libérant comparativement très peu d'énergie, donc ne provoquant qu'une faible production de biomasse comme elle assure la transformation de la majeure partie du carbone organique en dioxyde de carbone et de méthane. (Edeline.1993)

### d) Les disques biologiques

Les biodisques sont des bioréacteurs dans lesquels des disques fixés sur un axe horizontal sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces biodisques se développe un biofilm bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries respirent dans l'air l'oxygène nécessaire à leur survie, tandis que pendant leur immersion dans les eaux usées, elles absorbent comme nourriture la pollution dissoute dans les eaux usées. (Figure3) Avec le temps le biofilm grossit et vieillit, puis finit par se détacher sous forme de flocons de boues des disques rotatifs. Ces résidus de boues biologiques sont entraînés vers un décanteur secondaire, où s'opère alors leur séparation avec les eaux épurées. Les boues biologiques sont généralement recyclées par pompage vers un digesteur pour y être minéralisées.

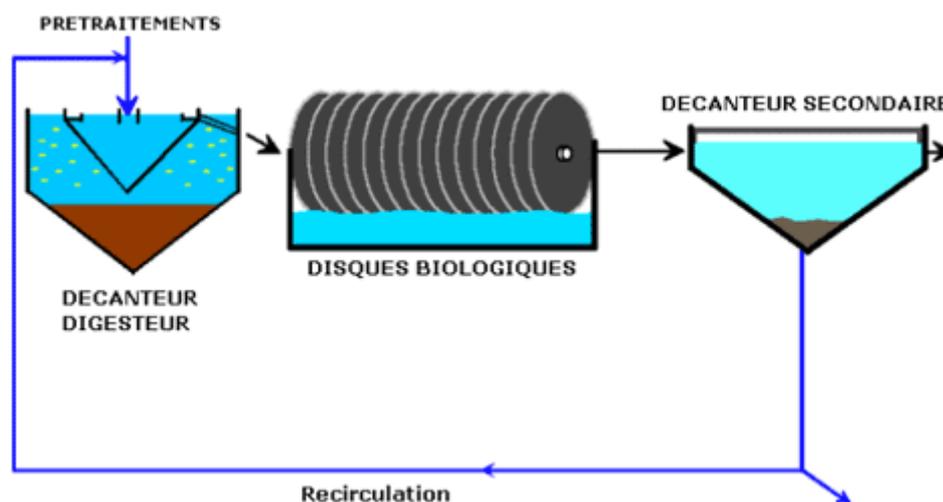


Fig. I.3: Coupe schématique d'une station à lits fixes rotatifs

## I.2.4 TRAITEMENT TERTIAIRE

Les traitements tertiaires visent à extraire la fraction des polluants non traités par les traitements primaires ou secondaires. Ils sont mis en place pour respecter les normes de rejet au milieu récepteur établies par des arrêtés préfectoraux. Parmi les techniques utilisées dans ce traitement on distingue : Filtre à sable, Filtre planté de macrophytes, l'UV, l'ozone (O<sub>3</sub>) ces deux derniers sont utilisés pour l'élimination des germes pathogènes.

## I.2.5 LA NITRIFICATION ET LA DENITRIFICATION BIOLOGIQUE

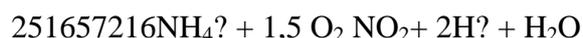
### a) LA NITRIFICATION BIOLOGIQUE

La nitrification est un processus contrôlé par l'action de certains micro-organismes spécifiques, qui conduit à la transformation de l'ammoniaque ou de l'ammonium en nitrate, c'est à dire la conversion biologique de la forme réduite,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$  en la forme oxydée  $\text{NO}_3^-$

Cette transformation est effectuée par les bactéries autotrophes nitrifiantes, en présence d'oxygène, est se divise en deux étapes :

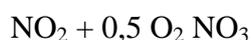
- **Nitrification** : c'est l'oxydation de l'ammonium en nitrites, il est réalisé par des bactéries nitreuses, *Nitrosomonas* en particulier, mais également *Nitrosococcus* et *Nitrospira*.

La réaction de Nitrification est décrite par l'équation suivante :



- **Nitratation** : c'est l'oxydation de nitrite en nitrate, est se fait par des bactéries nitriques du genre *Nitrobacter*.

La réaction de Nitratation est décrite par l'équation suivante :



Plusieurs facteurs influencent la nitrification, notamment la disponibilité du substrat, la concentration d'oxygène dissous, la température, le pH. Pour lesquels il existe une limite de tolérance et un optimum. En plus la nitrification est inhibée par une large variété de composés. On peut citer notamment les métaux lourds (comme le cuivre, le nickel, le cobalt, le zinc et le chrome), les amines, les phénols, les composés sulfurés, chlorés et les composés cycliques azotés. Cependant, tous ces composés ne sont pas inhibiteurs aux mêmes concentrations et il faut noter que les micro-organismes nitrifiants possèdent une forte capacité d'adaptation (Martin, 1979).

### b) LA DÉNITRIFICATION BIOLOGIQUE

La dénitrification biologique est un procédé qui consiste à la réduction du nitrate en azote gazeux avec la formation des composés intermédiaires tels que le nitrite, l'oxyde nitrique et l'oxyde nitreux en conditions anoxies. La réaction de la dénitrification peut se résumer de la façon suivante :



**Nitrate Nitrite oxyde nitrique oxyde nitreux Azote gazeux**

Chaque étape étant catalysée par une enzyme particulière (Schwartzbrod et Martin, 1985)

NAR : nitrate réductase

NIR : nitrite réductase

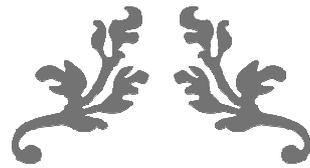
NOR : oxyde nitrique réductase

N<sub>2</sub>OR : oxyde nitreux réductase

La dénitrification est aussi un mode respiratoire qui permet aux bactéries anaérobies facultatives d'utiliser l'oxygène des nitrates comme accepteur final d'électron dans les réactions d'oxydation des substances organiques ou substances minérales via le nitrate réductase. Dans les réactions hétérotrophes, les bactéries intervenantes utilisent le carbone organique pour leur synthèse cellulaire. Cette réaction peut se résumer de la façon suivante :

**Matière organique + Bactéries NO<sub>3</sub> → Nouvelles Bactéries + N<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>**

La dénitrification est effectuée par des bactéries notamment celle qui appartiennent au genre des *Pseudomonas* et des *Alcaligenes*. Cependant, des bactéries d'autres genres peuvent aussi intervenir *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Paracoccus* (Knowles, 1982). L'activité et la croissance des bactéries dénitrifiantes est influencées par beaucoup des facteurs, notamment la concentration d'oxygène, qui doit être nulle pour que la dénitrification aura lieu, aussi la température, le pH, la charge organique.



---

## *Chapitre II:*

---

# *Présentation de la STEP de Boumerdes*



## II.1 Introduction

La station d'épuration des eaux usées de Boumerdes est une station à boues activées à faible charge massique et fonctionnant à aération prolongée, elle est gérée par l'Office National de l'Assainissement d'Algérie (ONA), et assurant l'épuration d'un débit journalier de 15000 m<sup>3</sup>/j.

Le tableau suivant donne une présentation de celle-ci :

<b>Nom</b>	STEP BOUMERDES
<b>Adresse</b>	Rue, Mohamed Boukeroucha, <i>STEP Boumerdes</i>
<b>Maître d'ouvrage / Exploitant</b>	ONA «Office National de l'Assainissement Algérie»
<b>Année de mise en route</b>	2006
<b>Volume journalier</b>	15000 m <sup>3</sup> /j

**Tab. II.1 : Présentation de la STEP**

## II.2 Localisation de la STEP

La STEP de Boumerdes est située en zone côtière à 50 Km à l'Est d'Alger, sur le territoire du chef-lieu de la wilaya, soit la commune de Boumerdes.

Le terrain d'assiette du projet se situe à 1.5 Kilomètre au Sud-Est de l'agglomération de Boumerdes, en contre bas de la Route Nationale 24 sur la rive gauche de l'Oued Tatareg et à proximité de la confluence de celui-ci avec l'Oued Safsaf.

Cette station occupe une superficie de 3,11 hectares et une capacité de traitement de 75000 Equivalent Habitant (EH), elle est destinée à épurer les eaux usées domestiques de la ville de Boumerdes et des communes voisines telles que Tidjellabine et Corso.



**Fig II.1 STEP de Boumerdes (image Google.earth)**

### II.3 Caractéristiques Techniques

La station de Boumerdes est du type « boues activées à faible charge massique à aération prolongée » ( $C_m = 0.076 \text{ kg DBO/kg MVS/Jour}$ ).

L'eau à traiter possède les caractéristiques suivantes :

- Volume journalier ..... 15000 m<sup>3</sup>/j
- Débit moyen 24 h ..... 625 m<sup>3</sup>/h
- Débit de pointe temps sec ..... 1063 m<sup>3</sup>/h
- Débit de pointe temps de pluie ..... 1944 m<sup>3</sup>/h

### II.4 Paramètres de pollution de conception

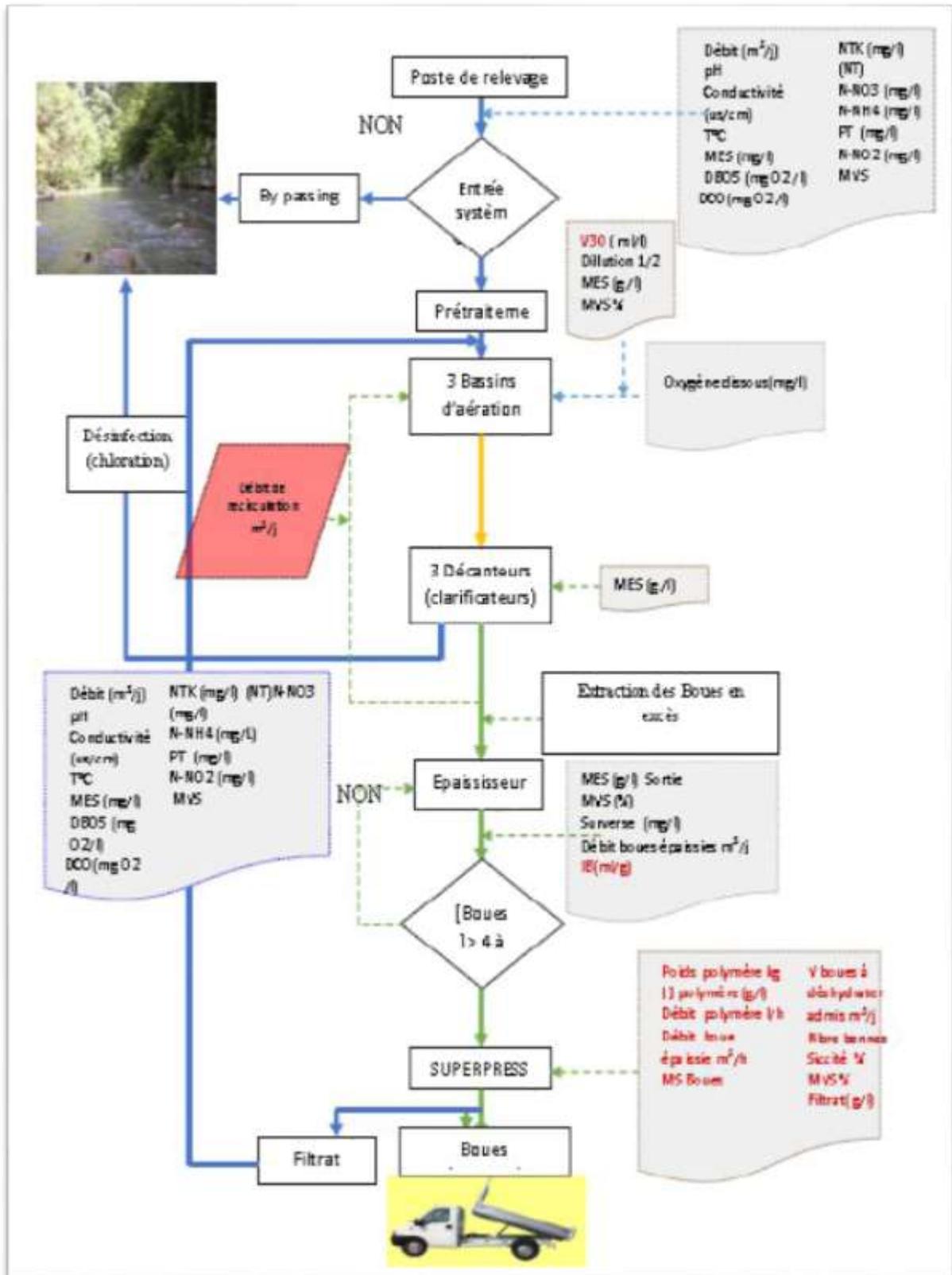
La station d'épuration a été conçue pour épurer les eaux usées et les rejeter selon les caractéristiques suivantes :

	Entrée	Sortie	Abattement (%)
<b>DBO5 (mg/l)</b>	270	30	88.89
<b>DCO (mg/l)</b>	750	90	88.00
<b>MES (mg/l)</b>	350	30	91.43

**Tab II.2 : Paramètres de pollution de conception de la station de Boumerdes**

## II.5 Les étapes du procédé d'épuration :

Les eaux usées arrivent à la station par gravité ou par pompage, et passent par différentes étapes de traitement qui sont schématisées dans la Synoptique suivante :



La STEP de Boumerdes comporte alors deux chaînes de traitement :

- ✚ **Traitement au fil de l'eau** : le prétraitement, le traitement biologique à boues activées,

Décantation et désinfection.

- ✚ **Traitement au fil de boues** : épaissement, déshydratation et lit de séchage.

## II.6 Traitement au fil de l'eau

- **Arrivée des eaux et bassin d'orage**

Une partie des effluents est pompée directement dans le canal d'alimentation du prétraitement d'une part et par gravité dans la bache de relevage d'autre part, et ce par deux conduites de diamètre 600 mm. Ce poste de relevage permet :

\* L'alimentation du prétraitement en aval.

\*Le By-pass total des installations par manœuvre d'un batardeau contrôlant l'entrée générale de la station.



**Fig II.3 : Bassin d'orage de la STEP de Boumerdes**

### II.6.1 Prétraitement

- **Dégrillage :**

L'ensemble de dégrillage comporte un dégrilleur automatique du type à champ courbe avec espacement entre barreaux de 20 mm. Les refus sont évacués par convoyeur à vis. En cas d'avarie ou d'entretien sur le dégrilleur automatique, un canal de by-pass équipé d'un dégrilleur de secours à champ droit à nettoyage manuel et espacement entre barreaux de 20 mm est utilisé.



**Fig. II.4 : Dégrilleur du type à champ courbe.**

- **Dessaleur-Déshuileur**

Ouvrage circulaire de forme Cylindro-conique qui permet l'élimination par décantation de la plus grande partie des sables de dimensions supérieures à 150 mm et l'élimination d'une grande partie des matières flottantes (graisses, écumes, etc.) dans la partie supérieure de l'ouvrage.



**Fig. II.5 : Dessableur-Déshuileur**

## II.6.2 Procédé biologique

- **Bassins d'aération**

Les eaux prétraitées sont dirigées vers trois bassins d'aération munis de turbines type «actirotor», aérateur à axe vertical et à vitesse lente, permettant l'aération prolongée de la culture bactérienne à l'origine du traitement. Les bassins reçoivent d'autre part la « liqueur mixte » constituée par la recirculation des boues provenant des clarificateurs finaux.

**Caractéristiques :** Nombre de bassins : 3, volume unitaire : 3600 m<sup>3</sup>, profondeur : 4.5 m, nombre d'aérateurs : 9.



**Fig. II.6 :** *Bassin d'aération.*

- **Clarification finale et ouvrage de recirculation**

Les eaux sortantes des ouvrages d'aération sont dirigées vers 3 clarificateurs de diamètre 24m, les boues décantées au fond de chaque ouvrage sont dirigées à l'aide d'un racleur vers un puits central de collecte. Elles sont reprises par une tuyauterie les acheminant vers la bache de recirculation attenante aux bassins d'aération sous le nom de la liqueur mixte et une partie est extraite pour être envoyée vers l'épaisseur. Les eaux décantées sont recueillies par surverse dans une rigole périphérique pour être dirigée vers la désinfection et le canal de comptage.



**Fig. II.7 :** *Décanteur-Clarificateur.*

### II.6.3 Traitement final

- **Désinfection**

L'eau clarifiée transite vers un ouvrage en béton comportant un certain nombre de canaux enchicanes. Un premier canal permet la mesure du débit d'eau épurée. Une série de canaux en chicane permet d'assurer un contact prolongé entre l'eau à désinfecter et l'eau chlorée. Une fois épurée l'eau est rejetée dans le milieu naturel.



**Fig. II.8 : Bassin de chloration.**

### II.7 Traitement au fil de boues

#### II.7.1 Epaissement des boues

L'épaississeur n'est pas le dépotoir final du traitement de l'eau mais l'ouvrage intermédiaire indispensable entre la chaîne de traitement d'eau et la chaîne de traitement des boues.

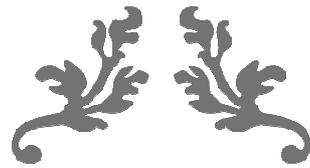
Le diamètre de l'épaississeur de la STEP est de 13 m, la charge massique est de 30 kg/m<sup>2</sup>/j, concentration de sortie moyenne est de 20 g/l minimum avec un volume à transférer en déshydratation de 792 m<sup>3</sup>.

#### II.7.2 Déshydratation mécanique des boues sur bandes presseuses

Les boues épaissies sont d'abord floculées avant d'être envoyées sur une bande presseuse SUPERPRESS. L'ajout de polymère en faible quantité est nécessaire afin d'améliorer la filtrabilité des boues. La largeur de bande de la SUPERPRESS est de 2 m, la masse journalière de boues produites est de 4 t/j de boues sèches.



**Figure II.9 : Presse à bande**



---

# *Chapitre III:*

---

## *Problématique et analyse des données*



## Chapitre 3 : Problématique et analyse des données

### III.1 Présentation des données :

Pour de ce travail nous avons utilisé une série de données journalières des paramètres de pollution à l'entrée et à la sortie de la STEP de Boumerdes, contenant des valeurs de janvier 2006 à décembre 2013.

Les caractéristiques statistiques des différents paramètres mesurés à cette station sont données dans le tableau III.1:

Paramètre	Unité	Paramètres Brutes					Paramètres Epurées				
		N	Min	Max	Moyenne	Ecartye	N	Min	Max	Moyenne	Ecartype
PH		1898	3,31	8,02	7,32	0,17	1894	6,39	7,96	7,29	0,16
T	°C	1897	7,55	35,93	20,53	3,97	1893	9,40	29,90	20,45	4,16
MES	mg/l	1861	40	2400	239,51	144,49	1865	1,00	100	13,85	7,31
DBO5	mg/l	387	20	2500	244,96	170,62	411	1,00	55	10,80	8,46
DCO	mg/l	395	110	3264	484,99	280,33	424	1,00	164	46,06	24,69
NO2	mg/l	386	0,00	2,50	0,22	0,26	384	0,00	9,40	0,49	0,98
NTK	mg/l	364	8,12	218,96	50,18	22,80	364	0,05	644	16,54	35,24
PO4	mg/l	386	0,35	64,44	7,07	5,50	386	0,13	22,40	3,26	2,58
NH4	mg/l	328	0,80	126,54	32,77	19,74	320	0,00	60,10	6,02	8,90
Débit	m3/j	2705	0,00	20601	10247,63	4075,65	/	/	/	/	/
Energie	Kwh	2751	11	4985	3535,81	831,36	/	/	/	/	/
BR	m3/j	1795	3390	27170	17260	4288,85	/	/	/	/	/
Bex	m3/j	1631	2,09	936,43	336,18	224,14	/	/	/	/	/

**Tab III.1 : Statistiques descriptives des paramètres de pollution de la STEP Boumerdes**

### III.2 Etude des rendements épuratoires :

Dans ce qui suit, une étude comparative entre les rendements optimaux et les rendements observés de la station qui correspondent à une élimination qui n'excède pas les normes de rejet sont représentées dans les figures (III.1-III.2- III.3) suivantes. Nous avons défini un seuil d'élimination optimal pour chacun des paramètres de pollution correspondant aux normes exigées.

## Chapitre 3 : Problématique et analyse des données

On définit les rendements comme suit :

$$\text{RMES} : \text{rendement épuratoire MES} = 1 - \frac{\text{MESep}}{\text{MESbrt}}$$

$$\text{RDBO5} : \text{rendement épuratoire DBO5} = 1 - \frac{\text{DBO5ep}}{\text{DBO5brt}}$$

$$\text{RDCO} : \text{rendement épuratoire DCO} = 1 - \frac{\text{DCOep}}{\text{DCObrt}}$$

$$\text{RNMES} : \text{rendement MES lié à la norme} = 1 - \frac{30}{\text{MESbrt}}$$

$$\text{RNDBO5} : \text{rendement DBO5 lié à la norme} = 1 - \frac{40}{\text{DBO5brt}}$$

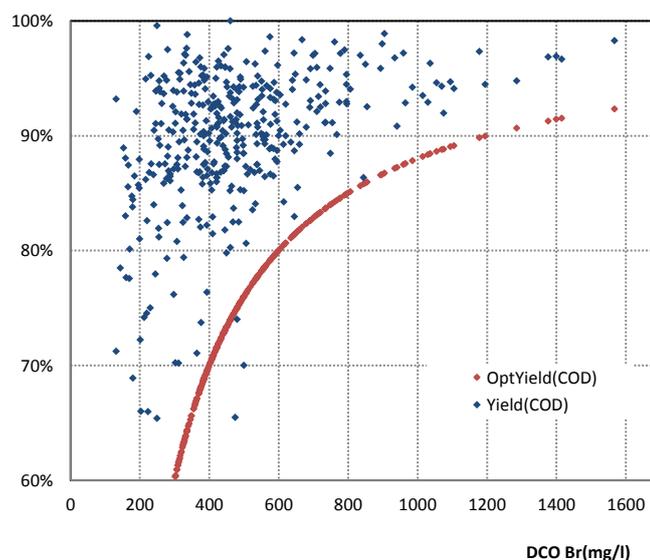
$$\text{RNDCO} : \text{rendement DCO lié à la norme} = 1 - \frac{120}{\text{DBO5brt}}$$

Les résultats sont illustrés dans les graphs suivants :

La figure III.1 représente le taux d'élimination de la DCO en pourcentage en fonction de la valeur de la DCO de l'eau brute (DCO br) en mg/l comparé à la courbe de rendement optimisé (COD opt = 120 mg / l).

La courbe de rendement optimale représente la variation de taux d'élimination optimale correspondant à une élimination conforme aux exigences de la norme en fonction de la valeur de la DCO br. On constate ce qui suit :

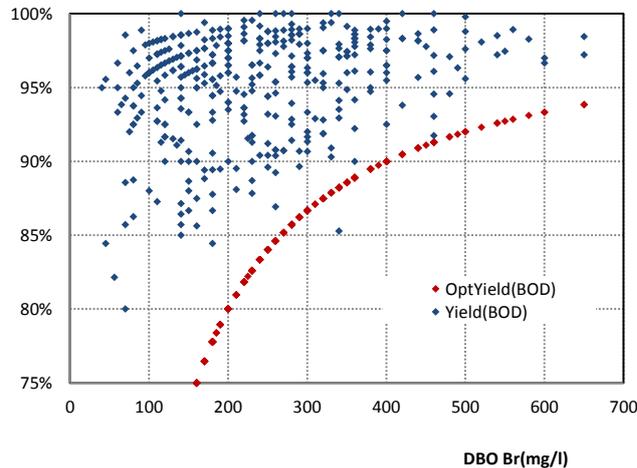
-Les écarts entre le rendement optimal et le rendement observé sont plus faibles lorsque la concentration de la DCObr est importante en d'autre terme le processus d'élimination de la matière organique est meilleure lorsque les concentrations sont élevées.



**Figure III.1 : Les rendements d'élimination de la DCO comparé au rendement optimal**

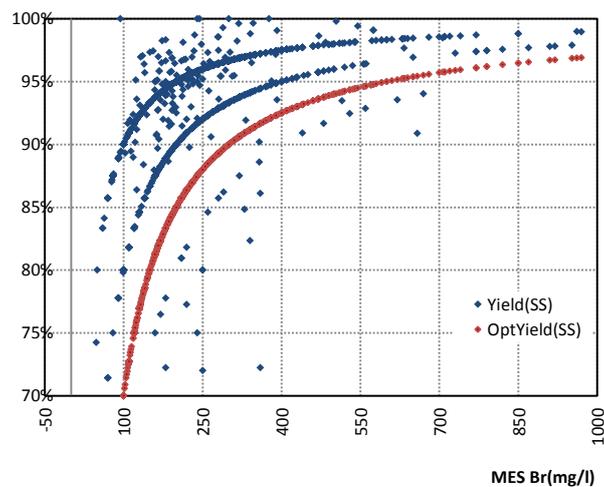
## Chapitre 3 : Problématique et analyse des données

Le taux d'élimination de la DBO5 en pourcentage en fonction des valeurs observés de l'eau brute (DBO5 br) en mg/l est représenté dans la figure III.2. Ce graphique qui se représente sous forme d'un nuage de point est comparé avec la courbe de rendement optimale qui représente le taux d'élimination optimal correspondant à un taux d'élimination équivalent en norme exigé (DBO5= 40mg/l). On constate que l'écart entre le rendement observé et le rendement optimal est inversement proportionnel à la DBO5 brute.



**Figure III.2 : Les rendements d'élimination de la DBO5 comparé au rendement optimal**

La figure III.3 représente le taux d'élimination de MES en pourcentage en fonction de la valeur de MES de l'eau brute (MES br) en mg/l. un nuage de point se trouve entre 100 et 400mg/l de MES br est comparé à la variation de taux d'élimination optimale correspondant à une élimination conforme aux exigences de la norme (MES=30mg/l) en fonction de la valeur de MES br. Les écarts entre le rendement optimal et le rendement observé sont plus faibles lorsque la concentration de MES br est importante qui se traduit par une élévation d'élimination pour des valeurs élevées en MES br.



**Figure III.3 : Les rendements d'élimination de MES comparé au rendement optimal**

## Chapitre 3 : Problématique et analyse des données

On remarque clairement que pour les trois paramètres ainsi pour différentes pollution on a les rendements épuratoires MES, DBO5 et DCO sont respectivement supérieur aux rendements lié à la norme MES, DBO5 et DCO.

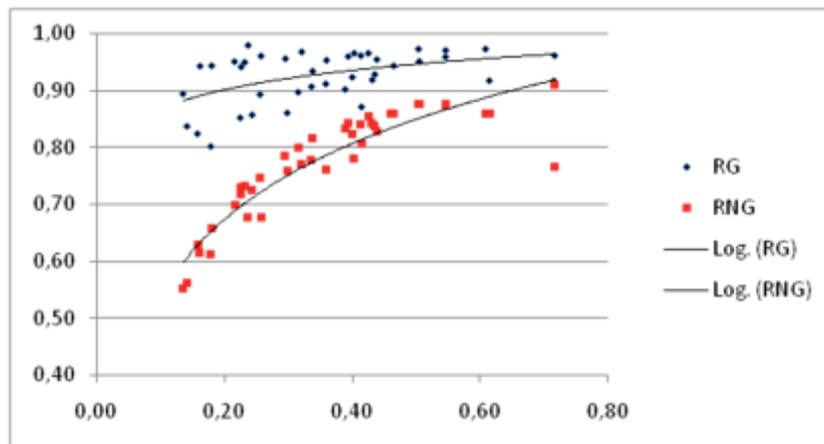
Du moment que le comportement est le même pour les trois paramètres on va essayer de voir sur une échelle. Autrement, dit on va introduire deux autre paramètres à savoir ; le rendement globale épuratoire qui caractérise les trois rendements RMES, RDBO5 et RDCO et le rendement globale lié à la norme qui caractérise lui aussi les rendements RNMES, RNDBO5 et RNDCO.

Donc on définit :

RG : rendement globale épuratoire = le module du vecteur  $\begin{cases} RMES \\ RDBO5 \\ RDCO \end{cases}$

RNG : rendement globale lié à la norme = le module du vecteur  $\begin{cases} RNMES \\ RNDBO5 \\ RNDCO \end{cases}$

On trace le même graphe que les précédents pour voir est ce qu'on va avoir les mêmes résultats :

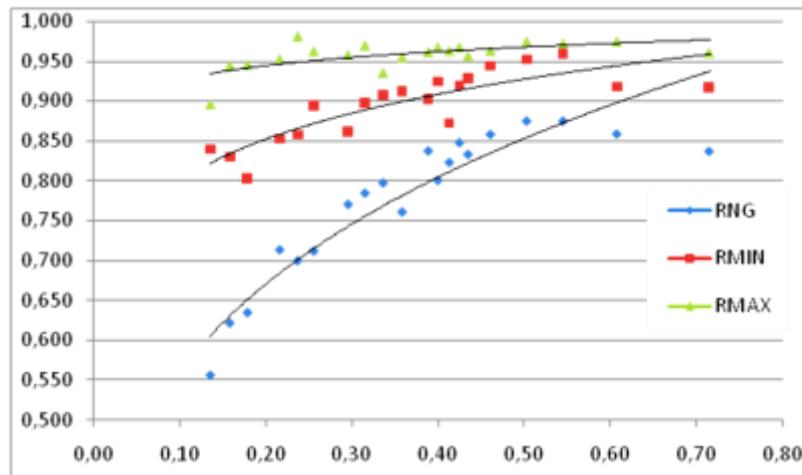


**Fig III.4 : Graph illustrant la comparaison en les rendements globaux**

Effectivement le résultat trouvé dans la première partie est confirmé dans le graph ci-dessus.

On constat qu'il y a une surestimation de la pollution où à chaque fois le rendement épuratoire est largement au-dessus de celui exigé par la norme, donc là on est entraine de faire travailler la STEP plus qu'il le faut.

Pour aller encore en profondeur on va essayer de détecter les cas extrêmes c'est-à-dire là où le rendement épuratoire est minimal donc il est le plus proche du rendement lié à la norme et le cas contraire où il est le plus loin. C'est ce qui va être illustré dans le graphe suivant :



**Fig III.5 graphe des rendements épuratoires max et min**

Dans ce dernier graphique le problème détecté au part avant se confirme de plus e plus par la détection des extrême là où on remarque même les rendements minimale sont en dessus des rendements normalisé, sinon pour les rendements max le drame est encore plus exposé.

### **III.3 La relation entre rendement épuratoire et rendement énergétique :**

Pour pouvoir agir à cette problématique on doit détecté là où le processus est entrainé de travailler excessivement et plus qu'il le faut.

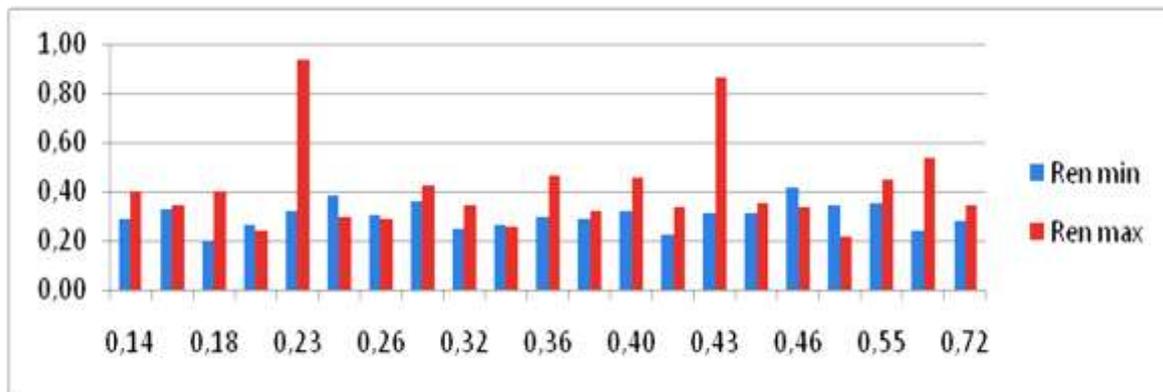
Le paramètre le plus intéressant et sur lequel on pourra éventuellement agir est l'énergie, qui dit énergie dit soit la consommation énergétique soit le rendement énergétique.

Pour notre cas on est entrainé de raisonner dans un repère où la pollution est déjà fixé conditionner par l'effluent rentrant à la STEP donc ça serai plus intéressant de travailler sur le rendement énergétique que sur la consommation énergétique, car le faite de prendre le rendement énergétique on inclut avec non seulement l'énergie consommée par la STEP mais aussi le débit.

Dans ce qui suit on va associer pour chaque valeur de pollution donnée à un rendement min ou max son rendement énergétique qui correspond, pour voir est ce qu'il y a vraiment une relation entre les deux ou pas, et surtout est ce que le rendement énergétique contribuent dans le problème déjà exposé.

## Chapitre 3 : Problématique et analyse des données

Le graph suivant illustrera les résultats trouvés :



**Fig III.6 histogramme des rendements énergétiques min et max**

On remarque aisément que le rendement énergétique correspondant au rendement épuratoire max est le plus souvent supérieur à celui correspondant au rendement énergétique min.

Ce résultat confirme que les deux rendements ont une sorte de proportionnalité, ceci qui nous amène à dire que l'énergie est un facteur très important est déterminant si on veut vraiment optimiser le travail de la station d'épuration.

### **Conclusion :**

On a défini un seuil d'élimination optimal pour chacun des paramètres de pollution correspondant aux normes exigées. La comparaison entre les rendements observés au niveau de la station et les seuils optimaux illustrés graphiquement montre une élimination excessive de MES et de la matière organique (plus que la norme exigée) ceci est illustrés par les écarts importants des rendements observés et des rendements optimaux. A partir d'un seuil des concentrations de la matière organiques (DCO<sub>br</sub>, DBO<sub>br</sub>) et MES<sub>br</sub> le taux d'élimination devient de plus en plus horizontal (voir les figures III.1-III.2-III.3) par conséquent à partir d'un certain seuil, l'élimination devient indépendante de la concentration de pollution. On conclut que le processus adopter dans la gestion des procédé de dépollution tend à maximiser l'élimination de la matière organique sans tenir compte du taux exigés ceci peut être générer une surconsommation énergétique.

Le travail explicité ci-dessus nous a confié une certitude sur le fait que le facteur énergie à une part de présence dans le surplus d'effort fournie par la STEP, dans le chapitre suivant on va essayer d'illustrer la différente technique utilisée dans l'optimisation énergétique d'une station d'épuration



---

# *Chapitre VI:*

---

*L'optimisation énergétique de  
la station d'épuration*



### **Introduction :**

On a vu dans le chapitre précédant que l'optimisation dans l'énergie pourra nous amener à un rendement épuratoire appréciable tout réduisant l'effort fourni par la STEP. L'énergie consommée par les services d'eaux et d'assainissement représente souvent le premier poste de consommation électrique pour les collectivités territoriales. Ainsi, même si l'objectif principal des services d'assainissement reste –et doit rester – le traitement optimal des effluents rejetés dans les milieux récepteurs, la réduction des impacts environnementaux liés à la consommation énergétique devient progressivement un sujet d'intérêt.

Depuis un certain temps, les spécialistes ont donc décidé de travailler cette problématique, afin de dégager des solutions techniques mobilisables pour cet objectif d'optimisation énergétique.

Pour les services assainissement, dont la vocation est la dépollution des eaux, l'objectif principal en matière d'environnement reste le traitement optimal des effluents rejetés dans les milieux récepteurs.

Cependant ces domaines de l'eau et de l'assainissement présentent de nombreuses opportunités pour développer des solutions techniques et de gestion pour limiter l'impact environnemental.

### **VI.2 Comment agir ?**

Pour l'optimisation énergétique d'une station d'épuration, les services d'assainissement peuvent agir grâce à deux leviers :

#### **a) En diminuant leur consommation énergétique**

- Principe de sobriété : supprimer les gaspillages et les surconsommations
- Principe d'efficacité : faire la même chose ou plus avec moins d'énergie

Pour cela, il est nécessaire de réaliser un bilan énergétique puis d'agir sur les processus et les équipements.

#### **b) En produisant de l'énergie (énergies renouvelables)**

- Par méthanisation,
- Par géothermie,
- Par microcentrales hydrauliques, etc.

### VI.3 Astuces pour réduire la consommation énergétique d'une STEP

Sur la base de sa propre expérience en tant que responsable assainissement du *SI de la vallée de l'Ondaine (42)*, situé à l'ouest de l'agglomération de Saint-Etienne, dans la Loire, Sébastien LAVIGNE fait part de quelques astuces mise en œuvre pour réduire la consommation énergétique d'une station, il souligne que d'autres moyens technique ont également été mis en œuvre sur la station (retours expériences détaillées en paragraphe 3.3) :

#### *a) Astuces d'optimisation du process :*

- **aération des bassins** : régulation par la mise en place d'un asservissement au démarrage selon le potentiel redox et l'arrêt selon seuil en O<sub>2</sub>, couplé à un temps. Il a été observé surtout (ce qui était recherché avant tout) une amélioration de la qualité de traitement.
- **désodorisation** : l'ensemble désodorisation-ventilation à l'arrêt le week-end a été tenté. Il a été retenu de maintenir quand même la ventilation des locaux mais d'arrêter le fonctionnement des tours de désodorisation (économie réactifs en plus). Dans les locaux PCR et graisses (quand pas en service entre deux dépotages) cela s'y prête assez bien.
- **fonctionnement des pompes** : bien regarder à ce que les pompes fonctionnent au plus près de leur point nominal de fonctionnement. (intensité et débit/fréquence).
- **la hauteur de marnage et hauteur d'eau** tout simplement dans la bêche de relèvement ont une importance sur le rendement de la pompe. Il ne faut chercher à descendre de trop.
- **restant à essayer** : réduire l'agitation à deux au lieu de trois agitateurs. Il ne faut pas que la création de dépôts génère de surconsommer en aération ensuite.
- **investir et bien gérer les batteries de condensateurs** pour maîtriser le facteur de puissance réactive (sujet à pénalités).
- **sectorisation des zones d'éclairages**, et/ou couplé à de la temporisation (voirie, zones de travail)

#### *b) La diminution de la facture énergétique :*

- **gestion des heures de pointes** de décembre à fin février sans fonctionnement d'équipements qui pourraient être différé (2x 2heures dans la journée). Délestage de certains équipements (transfert des graisses, trommel à l'arrêt pendant ce temps)
- **optimisation des contrats d'énergie** : souscrire une puissance moindre et payer de façon limité des pénalités. C'est souvent au final moins coûteux que la tranche d'abonnement supérieure à l'échelle d'une année.

#### **VI.4 Une multiplicité de solutions techniques mobilisables pour l'optimisation énergétique**

Les échanges entre membres du groupe et les journées de l'eau de l'assemblée des pays de Savoie 2011 ont permis de mettre au jour une multiplicité de solutions techniques pour l'optimisation énergétique :

- **l'installation d'échangeurs de chaleur dans les canalisations d'assainissement**, pour le chauffage et la climatisation (procédé degrés bleus de Lyonnaise des eaux),
- **l'utilisation de microturbines** sur les réseaux d'eau potable (utilisation pour le traitement d'une source par la commune de Châtel dans un lieu peu accessible et non alimenté par le réseau électrique) ou d'assainissement (en sortie de station d'épuration à Chambéry Métropole –production 215 MWh/an),
- **l'utilisation directe de l'énergie solaire pour le séchage des boues** (le Syndicat intercommunal de Bellecombe dispose de deux serres de séchage : 370 tMS en 2010),
- **l'utilisation du biogaz de digestion des boues** par cogénération (procédé Biothélys sur la station d'épuration du syndicat de la vallée de l'Ondaine),
- **mais aussi** la réduction des volumes de boues transportée, l'utilisation d'eau industrielle, la mise en place de panneaux solaires et photovoltaïques, la valorisation des sous-produits de l'assainissement (boues, sables), etc., autant de solutions techniques retenues sur la nouvelle station d'épuration de Chambéry Métropole.



---

# *Conclusion Générale*

---



## Conclusion Générale

---

### Conclusion Générale

Les stations d'épuration des eaux usées de Boumerdes et de Tipaza sont deux stations à boues activées, leur procédé d'épuration repose sur la dégradation aérobie de la pollution par mélange des micro-organismes épurateurs et de l'effluent à traiter, et est assuré par différents ouvrages dont le plus important est le bassin d'aération qui permet l'abattement de la pollution carbonée, la nitrification, lors des phases aérées, et la dénitrification lors des phases non aérées, il élimine également une partie de la pollution phosphorée par voie biologique (synthèse bactérienne).

Les stations d'épuration jouent de plus en plus un rôle déterminant et très important dans le système écologique, social et même économique désormais, donc c'est aux détenteurs et aux gestionnaires de ces entités d'agir d'une manière sérieuse et réfléchi pour parvenir à avoir des résultats satisfaisants sur le plan épuratoire avec le coût et l'énergie les moins possibles.

Et enfin, la perspective de ce travail se reposera principalement sur les expériences jugées les plus optimales afin d'élaborer un modèle de gestion et de monitoring de la station d'épuration de la meilleure manière possible.

## Références bibliographiques

[1] **Ait Abed AHCEN, Chellil Sami** : Elaboration d'un Dashboard pour les stations d'épurations.

[2] Cours d'épuration **ENSH**.

[3] **Fédération canadienne des Municipales** : Optimisation d'une station d'épuration des eaux usées.

[4] **Graie** : Groupe de recherche Rhône Alpes sur les infrastructures et l'eau. « Retour d'expérience sur l'optimisation énergétique des stations d'épuration ».

[5] **Hatem Dhaouadi** : les procédés biologiques. Université de Tunis.

[6] **Hedam Salim**. Thèse de doctorat d'état : Contribution à la modélisation de la qualité des eaux.

[7] **Office fédérale de l'environnement OFET** : Exploitation et contrôle de station d'épuration.