

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE

THEME

*Contribution à la Réhabilitation de la
Station d'Epuration de
STAOUELI*

Présenté par :

M^{elle} K.Djabelkhir

Promoteur :

M^r M.Nakib

Promotion : Juin 2007

Remerciement

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à M^r Nakib pour avoir bien voulu me confier un travail aussi intéressant et pour son suivi attentif, ses conseils qui m'ont permis d'améliorer mon travail et sa confiance qui m'a été très précieuse. Je le remercie sincèrement pour n'avoir ménagé ni le temps ni l'effort pour m'assurer l'encadrement et la documentation nécessaires.

Mes plus vifs remerciements sont également dirigés à M^{me} Abdelouaheb, directrice de la STEP, pour m'avoir accordé l'autorisation d'effectuer mon stage pratique.

Je remercie cordialement M^{elle} Fahem Lynda pour son aide considérable afin de bien mener mon travail de stage.

Que tous mes enseignants au département hydraulique trouvent ici mes remerciements sincères pour la formation de qualité que j'ai acquis durant mon cursus universitaire.

Que messieurs les membres de jury trouvent ici ma haute considération pour avoir accepté d'examiner et de juger mon travail.

Je remercie aussi tous ceux qui m'ont soutenu dans ce travail et m'ont aidé à surmonter les moments très difficiles pendant cette année. Je tiens à remercier plus particulièrement D^r Assia Djabelkhir dont la disponibilité affable et permanente ont été d'un très grand intérêt.

Je tiens également à exprimer ma gratitude à ma chère famille pour le soutien moral et affective dont j'ai été entourée pendant toute ma vie et qui ont été le secret de ma réussite.

sous le signe de l'entraide mutuelle.

Dédicace

A...

*mes parents qui me sont les plus chers au monde, dont l'amour et
les sacrifices n'ont pas cessé de combler ma vie*

*mes adorables sœurs : Sabah, Fahima, Assia et la petite
mignonne Fatine*

mes frères Mohammed et Yazid qui me sont précieux

mon neveu Moncif

mes amies : Mounira, Nawel, Wafa , Soumia et Fathya

mon amis Sid Ali

mes camarades

Je dédie ce travail...



Sommaire

Introduction générale

CHAPITRE I : Les eaux résiduaires

I.1. Introduction	03
I.2. Origine des eaux usées.....	03
I.2.1. Source naturelle	03
I.2.2. Source domestique	04
I.2.3. Source industrielle	04
I.2.4. Source agricole	04
I.3. Différentes pollutions de l'eau	05
I.3.1. Pollution chimique	05
I.3.2. Pollution thermique	05
I.3.3. Pollution bactériologique	05
I.3.4. Pollution radioactive	05
I.4. Les paramètres indicateurs de la pollution.....	06
I.4.1. Les matières en suspension	06
I.4.2. Les matières volatiles en suspension	06
I.4.2. La demande chimique en oxygène	06
I.4.1. La demande biochimique en oxygène	06
I.5. Rejet des eaux usées	07
I.5.1. Importance des rejets urbain	07
I.5.2. Conséquences sur le milieu récepteur	07
I.5.3. Normes de rejet des eaux traitées	08
I.6. La réutilisation des eaux épurées	10
I.6.1. La recharge des nappes souterraines	11
I.6.2. Réutilisation des eaux épurées en agriculture	11
I.7. La réutilisation des eaux épurées	12
I.7.1. L'impact de la réutilisation des eaux épurées sur l'environnement	12
I.7.2. L'impact de la réutilisation des eaux épurées sur l'être humain	13
Conclusion	13

CHAPITRE II : Procédés d'épuration des eaux usées

Introduction	14
II.1. Implantation d'une station d'épuration	14

II.2. Choix de type de la station	14
II.3. Procédés d'épuration des eaux usées	15
II.3.1. Prétraitement	15
a. Le dégrillage	15
b. Dessablage	16
c. Dégraissage	16
II.3.2. Traitement primaire	18
II.3.3. Traitement secondaire	19
a. Traitement physico-chimique	19
b. Traitement biologique	21
c. Le décanteur secondaire	26
II.3.4. Traitement tertiaire	27
a. La chloration	27
b. L'ozonation	27
c. Le rayonnement ultraviolet	28
II.3.5. Le traitement des boues	28
a. Origine des boues	28
b. Traitement des boues	29
Conclusion	33

CHAPITRE III : Présentation de la station d'épuration de Staoueli

Introduction	34
III.1. La commune de Staoueli	34
III.1.1. Implantation	34
III.1.2. Les habitants	34
III.2. La station d'épuration de Staoueli	35
III.3. Les caractéristiques technique de la STEP	35
III.4. Garanties de traitement	35
III.5. Procédés de traitement appliqués au niveau de la STEP	36
III.5.1. Filière de traitement des eaux usées	37
III.5.2. Filière de traitement des boues	42
Conclusion	44

CHAPITRE IV : Traitements et interprétations

IV.1. Etat actuel de la station	45
--	-----------

IV.2. Etude des caractéristiques des eaux usées de la station.....	45
IV.2.1. Prélèvement	45
IV.2.2. Les points de prélèvement	45
IV.2.3. Méthode de mesure	46
IV.2.4. Résultats	47
IV.3 Etude des caractéristiques de la boue de la station	48
IV.3.1. Prélèvement	48
IV.3.2. Les points de prélèvement	48
IV.3.3. Méthode de mesure	48
IV.3.4. Résultats	49
IV.4. L'étude de performance de la station d'épuration	49
IV.4.1. Evolution du débit de l'eau brute	49
IV.4.2. L'étude des performances du désableur-déshuileur	50
IV.4.3. Etude des performances du bassin d'aération	50
IV.4.4. Etude des performances du clarificateur	56
IV.4.5. Etude des performances de l'épaississeur	58
IV.4.5. Etude des performances des lits de séchage	58
IV.5. Interprétation des résultats	59

CHAPITRE V : Dimensionnement de la station d'épuration

V.1. Horizon actuel	60
V.1.1. Calcul des débits et des charges polluantes.....	60
a. Calcul des débits.....	60
b. Calcul des charges polluantes	61
V.1.2. Ouvrages de prétraitements.....	61
a. Le dégrillage.....	61
b. Désableur-déshuileur	63
V.1.3. Ouvrage du traitement secondaire.....	64
a. Dimensionnement du bassin d'aération	64
b. Bilan des boues.....	68
c. Clarificateur.....	70
e. Poste de désinfection.....	72
V.1.4. Traitement des boues	72
a. L'épaississement.....	72
b. La déshydratation des boues par lit de séchage.....	73

V.2. Horizon futur	73
V.2.1. Evaluation de la population	74
V.2.2. Les données de base pour l'horizon futur.....	74
V.2.3. Les besoins des ouvrages.....	75
V.2.4. Le bilan des boues	75
Conclusion	75
Conclusion générale	
Annexes	
Bibliographie	

Indexe des tableaux

Le tableau N° I.1 : Valeurs maximales des eaux usées brutes et épurées selon l'OMS.....	8
Le tableau N° I.2 : Normes d'irrigation selon FAO.....	9
Le tableau N° I.3 : Valeurs limitées maximales des paramètres de rejet des installations de déversement.....	9
Le tableau N° III.1 : Les caractéristiques techniques de la STEP de Staouali.....	35
Le tableau N° III.2 : Garanties de traitement.....	36
Le tableau N° III.3 : Les pompes d'entrée.....	37
Le tableau N° III.4 : Les dimensionnements du déssableur-déshuileur.....	38
Le tableau N° III.5 : Les dimensionnements du bassin d'aération.....	39
Le tableau N° III.6 : Données sur la charge du bassin d'aération.....	39
Le tableau N° III.7 : Les dimensionnements du clarificateur.....	40
Le tableau N° III.8 : Les pompes de recirculation.....	41
Le tableau N° III.9 : Les dimensionnements de poste de désinfection.....	41
Le tableau N° IV.1 : les résultats d'analyse de l'eau brute et l'eau épurée.....	47
Le tableau N° IV.2 : les résultats d'analyse des boues activées et boues de retour.....	48
Le tableau N° IV.3 : les résultats d'analyse des boues épaissies et séchées.....	49
Le tableau N° IV.4 : débit de l'eau brute.....	49
Le tableau N° IV.6 : les quantités de déchets rejetés par le désableur-déshuileur.....	50
Le tableau N° IV.7 : la charge massique.....	51
Le tableau N° IV.8 : La biodégradabilité.....	54
Le tableau N° IV.9 : L'indice de Mohlman.....	55
Le tableau N° IV.10 : La limpidité.....	57
Le tableau N° V.1 : Les données de base pour l'horizon actuel.....	61
Le tableau N° V.2 : Les dimensions du déssableur-déshuileur.....	64
Le tableau N° V.4 : L'extension du bassin d'aération.....	67
Le tableau N° V-5 : Les caractéristiques du bassin existant.....	68
Le tableau N° V-6 : Les caractéristiques du bassin supplémentaire.....	68
Le tableau N° V.7 : Bilan des boues.....	70
Le tableau N° V.8 : L'extension du clarificateur.....	71
Le tableau N° V.9 : L'extension de l'épaississeur.....	73
Le tableau N° V.10 : Les données de base pour l'horizon futur.....	74
Le tableau N° V.11 : Les besoins de l'horizon futur.....	75
Le tableau N° V.12 : Bilan des boues pour l'horizon futur.....	75

Indexe des figures

La figure N° II.1 : Dégrilleur courbe.....	16
La figure N° II.2 : Flottation des graisses par injection de fines bulles.....	17
La figure N° II.3 : Extraction du sable d'un dessableur-dégraisseur.....	17
La figure N° II.4 : Schéma d'un décanteur primaire.....	18
La figure N° II.5 : Turbine de surface à vitesse lente.....	22
La figure N° II.6 : Aération et brassage séparés dans un bassin d'aération.....	23
La figure N° II.7 : Lit bactérien avec garnissage traditionnel.....	24
La figure N° II.8 : Disque biologique.....	25
La figure N° II.9 : Schéma de principe d'un décanteur secondaire raclé.....	26
La figure N° II.10 : Epaisseur gravitaire.....	30
La figure N° III.1 : Schéma général de la step de Staoueli.....	36
La figure N° IV.1 : Evolution du débit de l'eau brute.....	50
La figure N° IV.2 : Evolution de la charge massique.....	51
La figure N° IV.3 : Evolution des concentrations de MES dans le bassin d'aération.....	52
La figure N° IV.4 : Evolution de la DBO ₅	53
La figure N° IV.5 : Evolution de DCO.....	53
La figure N° IV.6 : Evolution de la biodégradabilité.....	55
La figure N° IV.7 : Evolution de I _M	56
La figure N° IV.8 : Evolution de la limpidité.....	57
La figure N° IV.9 : Evolution des MES.....	58

Indexe des photos

La photo N° III.1 : Le dégrilleur fin.....	38
La photo N° III.2 : Le dessableur-déshuileur.....	39
La photo N° III.3 : Le bassin d'aération.....	40
La photo N° III.4 : Le clarificateur.....	41
La photo N° III.5 : Le poste de désinfection.....	42
La photo N° III.6 : L'épaisseur.....	43
La photo N° III.7 : Lits de séchage.....	43

ملخص

أصبحت محطة تنقية المياه التابعة لمدينة سطاوالي غير قادرة على استيعاب الكمية المتزايدة للمياه المستعملة بالمنطقة. دراستنا تهدف إلى إعادة هيكلة المحطة و ذلك بتوسيعها و طرح إمكانية إنشاء سلسلة موازية للمعالجة بغرض مواجهة مشكل الفعالية في التنقية. غير أن تهيئة المحطة تحسبا للإحتياجات المستقبلية طرح مشكلة ندرة و غلاء الأرض بالمنطقة مما أوجب علينا البحث عن حلول أخرى كتوجيه كمية من هذه المياه المستعملة إلى محطة اكبر و اقرب, على سبيل المثال محطة بني مسوس.

المفاتيح محطة التنقية - القياس - الوحل المنشط - معالجة المياه المستعملة.

Résumé

La modeste station d'épuration de Staoueli s'avère insuffisante pour répondre aux demandes croissantes de la commune. L'objectif de notre étude est la réhabilitation de la station en faisant une extension par la construction d'une chaîne de traitement en parallèle afin d'y remédier aux problèmes de traitabilité au niveau de la station.

Cependant, afin de redimensionner la station pour un horizon futur de vingt ans, nous nous retrouvons confronté à un autre problème, qui est le prix et la rareté de terrain adéquat. Ce qui nous a poussé à chercher d'autres solutions telles que le pompage d'une partie des eaux usées vers d'autres stations d'épurations plus importantes et proches de Staoueli, en l'occurrence celle de Beni-Messous.

Mots clés : station d'épuration, dimensionnement, boues activées, traitement des eaux usées.

Abstract

The modest station of purification of staoueli proves to be insufficient to answer to the increasing requests of the commune. The objective of our study is the rehabilitation of the station by making an extension by the construction of a data processing sequence in parallel in order to cure it the problems of ability treatment at the level of the station.

However, in order to re-dimension the station for a future horizon of twenty years, we find ourselves confronted to another problem, which is the price and the scarcity of adequate ground. What pushed us to seek of other solutions such as the pumping of a part of the used water towards other stations more important and close to Staouali, in fact that of Beni-Messous.

Keywords : waste water treatment, dimensioning, activated sludge, station of purification.

Introduction générale

L'eau, cette source de vie, a acquis au cours des âges une importance grandissante dans la vie quotidienne de l'être humain. Ainsi, après l'avoir employé presque exclusivement pour ses besoins ménagers, l'homme, en développant son savoir, a étendu le champ d'utilisation de l'eau, à travers l'industrie et l'agriculture, jusqu'à la hisser en tête des ressources stratégiques des nations.

En effet, les besoins en eau potable varient de nos jours entre 120 et 200 litres par jour et par habitant, et les besoins en eau pour les activités industrielles sont énormes. Comme conséquence à cette consommation élevée, les rejets urbains et industriels déversés quotidiennement dans les lacs et les rivières ont considérablement diminué le potentiel hydrique de la planète. Le pouvoir filtrant du sol s'avère insuffisant à protéger les milieux récepteurs contre les effets de la pollution issue de l'activité humaine.

Pour parer à cette situation, l'homme a conçu des stations pour l'épuration des eaux usées et a développé une technologie conséquente dans le domaine de la protection des milieux récepteurs. Ces stations sont actuellement très répandues à travers le monde, et leur réalisation est devenue systématique et obligatoire pour les grands centres urbains et les industries grandes consommatrices d'eau. Cependant, la conception et la réalisation d'une station d'épuration coûtent cher, et cela est encore plus vrai pour les pays du tiers monde.

En Algérie, les années 70 ont vu le lancement de la réalisation de nombreuses stations d'épuration disséminées à travers le territoire national, un programme de mise en œuvre des stations d'épuration notamment dans les grands centres urbains. Malheureusement de nombreuses stations fonctionnent très mal ou sont à l'arrêt pour diverses raisons tel que la complexité de la gestion, le manque du personnel qualifié, ce qui conduit à une pollution de plus en plus accrue des cours d'eau et des nappes phréatiques.

De ce fait, il est urgent que les pouvoirs publics et l'ensemble des opérateurs concernés par la protection de l'environnement, prennent conscience de la lourde menace qui pèse sur la disponibilité de l'eau dans notre pays et usent de tous les moyens possibles pour préserver cette richesse inestimable.

La commune de Staoueli a souffert auparavant de déversement des eaux usées dans la mer, ce qui a laissé supposer un degré de pollution important qui présentait une triple dimension : écologique, économique et social. C'est ainsi que la modeste station d'épuration, qui était autrefois très suffisante pour épargner la région des dangers de la pollution, est devenue aujourd'hui insuffisante pour répondre aux demandes croissantes

de la commune. La station d'épuration est aujourd'hui confrontée à un problème de fonctionnement et, donc, de réhabilitation.

L'objectif de notre étude est la réhabilitation de la station. Pour cela, nous allons donner un aperçu général sur les eaux résiduaires et la pollution résultante, et nous caractériserons les eaux usées à l'entrée et à la sortie de la station afin de pouvoir trouver la ou les solutions appropriées.

Pour ce faire, nous avons structuré notre travail comme suit :

- Le premier et deuxième chapitre est un rappel bibliographique sur les eaux résiduaires ainsi que les différents procédés d'épuration des eaux usées.
- Dans le troisième chapitre, nous présentons la station d'épuration de Staoueli ainsi que les recommandations pour sa réhabilitation.
- Dans le quatrième chapitre, nous présentons les différents traitements effectués au niveau de la step, ainsi que l'étude de performance des différents ouvrages de cette dernière.
- Dans le cinquième chapitre, nous développons notre proposition concernant le dimensionnement de la station d'épuration pour les deux horizons, actuel et futur.

Enfin nous terminons par des conclusions et des recommandations quand à la poursuite de ce travail.

Chapitre I : Les eaux résiduaires

Introduction

Le respect de la santé publique et la protection des milieux naturels qui reçoivent les eaux usées sont les contraintes auxquelles doit répondre l'assainissement. En effet le développement de certaines épidémies au cours des siècles précédents, était dû à l'absence de traitement des eaux usées. Depuis quelques années en Algérie, une dégradation progressive de la qualité des eaux de surface et des nappes souterraines, est due à la multiplication des rejets non traités.

I.2. Origine des eaux usées

Les eaux usées quelle que soit leur origine, sont généralement chargées en éléments indésirables, qui selon leur quantité et selon leur composition, représentent un danger réel pour les milieux récepteurs ou leurs utilisateurs. L'élimination de ces éléments toxiques exige de concevoir une chaîne de traitement. Toute fois, avant de concevoir tout procédé d'épuration, il est impératif de caractériser l'effluent à traiter, quantitativement et qualitativement. [DF]

Les eaux usées proviennent principalement de quatre sources :

I.2.1. Source naturelle

Les eaux de pluie qui ruissellent sur les surfaces imperméabilisées, en général en zone urbaine, sont collectées par un réseau qui peut-être le même que celui qui collecte les eaux usées domestiques, ou non.

On distingue :

- Les réseaux unitaires : un seul collecteur assure le transport des eaux usées et des eaux pluviales. La qualité et le volume des eaux qui arrivent alors à la station d'épuration sont très variables. Pour éviter qu'un débit supérieur à sa capacité n'arrive à la station d'épuration, des ouvrages de déviation (réservoirs et déversoirs d'orage) sont répartis sur le réseau ;
- Les réseaux séparatifs : deux réseaux sont mis en place, l'un pour collecter les eaux usées, l'autre pour les eaux de ruissellement. En principe, seules les eaux usées arrivent à la station d'épuration pour traitement, c'est-à-dire que les eaux de pluie ne sont pas traitées et rejetées directement. La station ne doit donc théoriquement recevoir qu'un effluent brut de qualité relativement régulière et de débit relativement bien déterminé.

I.2.2. Source domestique

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts. On distingue généralement deux « types » d'eaux usées domestiques qui arrivent toutes deux dans le réseau d'assainissement :

- Les eaux vannes, qui correspondent aux eaux de toilettes ;
- Les eaux grises qui correspondent à tous les autres usages : lave-linge, lave-vaisselle, douche/bain, etc.

La composition des eaux usées d'origine domestique peut être extrêmement variable, ces eaux sont chargées essentiellement de matières directement liées aux excréments humains, de matières organiques, minérales, les graisses, les savons, des protéides et des glucides, des détergents et des huiles...etc. Elles présentent une bonne biodégradabilité.

I.2.3. Source industrielle

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc.

Le déversement de ces eaux dans les égouts publics n'est pas un droit et doit être préalablement autorisé par la collectivité.

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement :

- Soit ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;
- Soit ils sont pré-traités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- Soit ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

Dans le cas d'un rejet dans le réseau domestique, avec ou sans pré-traitement, les effluents industriels peuvent fortement modifier la composition des eaux usées. Cette modification est étroitement liée à l'activité industrielle concernée et peut prendre des formes innombrables.

I.2.4. Source agricole

L'agriculture constitue aussi une source importante de contamination microbienne. L'élevage des animaux génère des fumiers solides et liquides. Lors de l'épandage sur les terres agricoles, des contaminants bactériologiques peuvent être entraînés vers les cours d'eau.

Les engrais et pesticides mal utilisés polluent les eaux souterraines (en s'infiltrant dans le sol avec l'eau de pluie et d'arrosage) et de surface (en ruisselant). L'emploi excessif d'engrais a fait sensiblement augmenter la quantité de nitrate dans les rivières et nappes phréatiques peu profondes.

Les eaux d'origine agricole, ce sont les eaux de drainage et les rejets de fermes. Ces eaux sont caractérisées par la présence de forte concentration des produits azotés, phosphatés, des pesticides et d'engrais. Elles ont une valeur fertilisante très importante.

I.3. Différentes pollutions de l'eau

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine, elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes.

En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes :

I.3.1. La pollution chimique

Cette pollution est due aux utilisations d'engrais, aux rejets de produits chimiques utilisés dans l'industrie mais également aux rejets domestiques. Ces différents produits s'infiltrent dans la terre et polluent ainsi les nappes phréatiques. L'état tente de sensibiliser les agriculteurs afin qu'ils utilisent de manière plus appropriée les engrais ou autres traitements chimiques. [MNT]

I.3.2. La pollution thermique

Elle est, soit le résultat de changements importants de la température d'un milieu, soit dû aux rejets des eaux de refroidissement de différentes industries. Ces variations ont un impact important sur la faune et la flore aquatiques. Ce type de pollution touche généralement les lacs et les cours d'eau.

I.3.3. La pollution bactériologique

Les eaux d'égout contiennent une multitude d'organismes vivants apportés par les excréments d'origine humaine ou animale. La pollution bactériologique provient de divers rejets contenant des germes bactériens d'origine intestinale. [MNT]

I.3.4. La pollution radioactive

C'est la pollution générée par la radioactivité. Elle peut avoir plusieurs origines : naturelle, industrielle, militaire, médicale...

La pollution radioactive est nocive pour l'homme: en effet, les radio-éléments ont une durée de vie plus ou moins longue et se désintègrent en émettant des rayonnements dangereux. Lorsque des radio-éléments sont fixés dans le corps humain, ils peuvent être dangereux même si la quantité totale de rayonnements émis est relativement faible, car ils atteignent les cellules environnantes de manière très concentrée, pouvant créer des tumeurs (caractère mutagène des radiations). [MNT]

I.4. Paramètres indicateurs de la pollution

D'une manière abrupte les paramètres pris généralement en considération peuvent être définies comme suit :

- Les matières en suspension "MES"

Sont des matières non solubilisées, de nature organique et minérale, les premières sont généralement volatiles, elles peuvent être traitées par dégradation biologique ; les dernières de natures minérales essentiellement inertes, elles peuvent être éliminer en grande partie par sédimentation. [AG]

Ces matières solides contenues dans les eaux usées sont séparables par filtration décantation (filtres en papier, membranes filtrantes) ou par centrifugation. Les teneurs en MES sont obtenues après séchage à 105°C.

- Les matières volatiles en suspension "MVS "

Elles représente la fraction organique des matières en suspension, elles sont mesurées par calcination à 560°C pendant deux heures d'un échantillon dont on connaît déjà la teneur en MES. Elles constituent en moyenne 70% des MES.

- La demande chimique en oxygène "DCO"

Elle représente la quantité d'oxygène consommée pour l'oxydation chimique de la totalité des matières organiques et minérales dissoutes dans l'eau.

Le bichromate de potassium agissant en milieu d'acide sulfurique pendant deux heures à ébullition, à 150°C, oxyde presque entièrement les matières réductrices.

Ce test est particulièrement utile pour l'appréciation du fonctionnement des stations. [CGHG]

- La demande biochimique en oxygène "DBO₅"

Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation (Avec l'intervention des bactéries) les matières organiques contenues dans une eau usée.

Elle indique la quantité de matière organique présente dans une eau usée, qui est un des plus importants critères qui permet l'évaluation de la qualité et le degré de pollution de ces eaux usées.

Matière organique + bactéries → Boues + gaz + eau

Généralement, la pollution est dégradée d'une manière significative pendant une durée de 5 jours. Au-delà de 5 jours la consommation en oxygène diminue énormément ainsi on a adopté la notion DBO₅ obtenue après 5 jours d'incubation à 20°C et dans l'obscurité. [CGHG]

I.5. Rejet des eaux usées

I.5.1. Importance des rejets urbains

L'importance des rejets urbains dépend de certains facteurs notamment :

- Du type de réseau ;
- Des industries raccordées ou non au réseau ;
- De la taille de l'agglomération.

a. Type de réseau

Les principaux systèmes de collecte utilisés en assainissement sont :

- Le système unitaire qui reçoit dans les mêmes canalisations les eaux usées et les eaux pluviales,
- Le système séparatif comportant deux réseaux de canalisation différents, l'un pour les eaux pluviales et l'autre pour les eaux usées ;
- Le système pseudo-séparatif, actuellement peu préconisé dans la conception d'un nouvel équipement, est un système dans lequel, on divise les apports des eaux pluviales en deux parties.

b. Raccordement des industries

Le raccordement des industries aux égouts urbains permet d'obtenir le mélange nécessaire d'eau usée urbaine et industrielle, ce qui présente des avantages, aussi bien pour l'usine que pour la municipalité.

Néanmoins, la capacité de réception du réseau d'assainissement, la qualité des eaux résiduaires, imposent certaines limites au raccordement à l'égout.

c. Taille de l'agglomération

Le volume des eaux usées rejeté par habitant et par jour augmente généralement avec la taille de l'agglomération par suite de certaines différences d'habitude de vie, de niveau de développement et suivant le mode de tarification de la consommation d'eau potable.

I.5.2. Conséquences du rejet sur le milieu récepteur

Le rejet des eaux usées brutes perturbe l'équilibre du milieu récepteur, la quantité de pollution rejetée est devenu incompatible avec les capacités d'autoépuration des cours d'eau et provoque des conséquences néfastes telle que la dégradation du milieu naturel et le risque de contamination des eaux souterraines, dont le plus important est l'eutrophisation, ou vieillissement prématuré et accéléré d'un plan d'eau.

La matière organique contient du phosphore et de l'azote qui sont deux éléments importants pour la survie et la croissance de tout être vivant. Un surplus de ces deux éléments nutritifs provoque la prolifération d'algues et de plantes aquatiques. Ces

dernières peuvent rapidement envahir un plan d'eau ou gêner l'écoulement d'un cours d'eau. Elles consomment également une grande quantité d'oxygène. De plus, les bactéries et autres décomposeurs utilisent l'oxygène dissous dans l'eau pour digérer la matière organique. La prolifération des algues et des bactéries dans l'eau provoque une baisse de l'oxygène dans l'eau ce qui étouffe littéralement les poissons et les insectes qui y vivent. Cependant, les eaux usées ne sont pas la seule cause de l'eutrophisation ; l'épandage d'engrais agricole est en effet la première source de phosphore et d'azote. [LB]

I.5.3. Normes de rejet des eaux traitées

Prévenir la transmission de maladies véhiculées par l'eau et préserver l'environnement aquatique sont les deux principales raisons du traitement des eaux usées. On fournit certaines caractéristiques des eaux usées et comment elles influent sur le procédé de traitement.

Les normes de rejet et de réutilisation des eaux usées traitées parus en 1989, ont été élaborées sur la base des recommandations de la FAO et de l'OMS, de telle sorte que les effluents rejetés puisse être réutilisés sans risque majeur.

a) Les normes de rejets selon l'OMS

La qualité des effluents rejetés par les installations de traitement des eaux usées doit satisfaire aux critères définis par l'OMS indiquée sur le tableau I.1. [NI]

Tableau I.1 : Valeurs maximales des eaux usées brutes et épurées selon l'OMS

Paramètres	Unités	Valeurs Maximales	
		Eaux brutes	Eaux épurées
DBO ₅	mg/l	400	30
DCO	mg/l	900	90-120
MES	mg/l	600	30
Azote	mg/l	/	10-30
Phosphate	mg/l	/	2
Température	°C	30	30
pH	/	5,5-8,5	5,5-8,5

b) Les normes de qualité de l'eau d'irrigation selon FAO

La réutilisation des eaux pour l'irrigation n'est possible que si les eaux usées sont traitées selon certaines normes de qualité. La définition de normes et d'une réglementation spécifique est indispensable pour toute politique de mise en œuvre d'une réutilisation durable. Ces normes devront préciser la qualité physico-chimique et micro biologique des

eaux épurées afin de garantir la protection de la santé humaine et la préservation de l'environnement. [NI]

Tableau I.2 : Normes d'irrigation selon FAO

Paramètres	Unités	Valeurs maximales
MES	mg/l	20-30
DBO ₅	mg/l	5-20
Azote organique	mg/l	5
Azote ammoniacal	mg/l	0,2-10
Le phosphate PO ₄ ⁻	mg/l	1-5
Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	1-5
pH	/	6,5-8,4

c) Les normes de rejet nationales

Selon le journal officiel 1993, les normes nationales sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau I.3 : Valeurs limitées maximales des paramètres de rejet des installations de déversement

Paramètres	Unités	Valeurs maximales
Température	°C	30
PH	/	5,5 – 8,5
MES	mg/l	30
DBO ₅	mg/l	40
DCO	mg/l	120
Azote	mg/l	40
Phosphates	mg/l	2

Dans le contexte réglementaire actuel, l'exploitation de l'eau dans les projets agricoles étant encore faible, ne résout pas le problème environnemental de l'évacuation des eaux usées traitées dans le milieu naturel. Cet objectif ne pourra être atteint que si les agriculteurs sont assurés que d'une part l'eau qui leur est fournie, ne présente pas de risques sanitaires et que d'autre part la qualité du service de distribution soit meilleure.

I.6. La réutilisation des eaux épurées

La réutilisation ou le recyclage des eaux usées est un moyen efficace de préserver les ressources en eaux naturelles. Par rapport aux filières classiques de traitement conçues pour rejeter dans le milieu naturel, la réutilisation des eaux usées nécessite un complément de traitement pour rendre la qualité de l'eau traitée compatible à l'usage que l'on veut en faire.

Pour réaliser ce traitement complémentaire spécifique, le traiteur d'eau dispose d'une gamme de techniques physiques, chimiques ou biologiques, chacune n'ayant qu'un domaine d'action particulier sur certaines formes de la pollution. Une bonne caractérisation des pollutions résiduelles de l'eau usée à réutiliser est alors indispensable pour concevoir un complément de traitement fiable et performant.

Les applications des projets de REUE sont multiples. Elles dépendent de nombreux facteurs que l'on peut regrouper en cinq classes :

- **Le contexte socio-économique** : le type d'activité industrielle, le nombre et la densité de l'habitat, l'importance de l'agriculture, la présence d'usines de production d'énergie, etc. ;

- **Le contexte écologique** : la quantité des ressources disponibles, la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines, la sensibilité du milieu récepteur à l'eutrophisation et aux autres pollutions, le contexte hydrogéographique, etc. ;

- **Le niveau de traitement des eaux** : A chaque niveau de traitement, on peut appliquer un usage différent ;

- **La réglementation** : Elle limite les usages en fonction de la qualité de l'eau utilisée et donc de son niveau de traitement. Plus le niveau sanitaire est bon, plus les applications autorisées seront nombreuses ;

- **L'acceptation par la population** : Ce dernier aspect n'est pas à négliger. L'idée de réutiliser des eaux usées peut avoir un impact psychologique négatif sur la population.

On peut faire le parallèle avec le problème des boues de stations d'épuration, qui crispe actuellement l'opinion. Il faut donc bien informer la population des risques et des avantages de la REUE.

La conservation de l'eau est un problème clef dans les zones arides et semi-arides. Les eaux souterraines sont souvent la seule source disponible et les réserves sont surexploitées. Lorsque les eaux usées sont évacuées dans les rivières, elles sont perdues pour le système local, mais leur recyclage en irrigation contribue à la reconstitution de la nappe d'eau souterraine, ce qui maintient l'eau dans le système et permet de le réutiliser ultérieurement.

I.6.1. La recharge des nappes souterraines

La principale motivation concernant la recharge de nappe est la dégradation de sa qualité environnementale et/ou la diminution de sa réserve en eau. Ce mode de réutilisation a lieu essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de nappes, ou dans des zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer.

Il existe deux moyens de recharger une nappe phréatique :

- **Par percolation** : Le principal problème rencontré est celui des algues, qui pullulent dans les bassins. Les solutions préconisées sont variées : introduction de poissons, d'algicides, teindre l'eau pour empêcher la photosynthèse

- **Par recharge directe** : L'eau est injectée dans la nappe par plusieurs puits, disposés en ligne face à la nappe d'eau salée, et formant une véritable barrière. L'eau injectée est un mélange de deux tiers d'eaux épurées et d'un tiers d'eau de la nappe.

I.6.2. Réutilisation des eaux épurées en agriculture

Plusieurs études ont été réalisées sur l'irrigation de cultures par des eaux usées épurées. Ce principe a été testé sur différentes cultures comme les agrumes, les cultures à haute valeur ajoutée sous serre, les cultures forestières, les fourrages et différents types de cultures légumières.

De manière globale, toutes ces études confirment le bien fondé de cette pratique qui permet des résultats intéressants tant d'un point de vue agronomique qu'économique tout en garantissant, si l'irrigation est pratiquée de manière adéquate, une qualité sanitaire satisfaisante.

Les essais réalisés sur agrumes ont montré une efficacité de l'eau usée accrue par rapport à l'eau de puits, et a aussi démontré l'efficacité de l'irrigation souterraine par jarre qui, non seulement, permet d'obtenir les mêmes résultats, mais a également un impact favorable sur la protection de l'environnement et des cultures d'un point de vue sanitaire.

Les eaux usées et même les affluents issus du traitement secondaire sont riches en éléments minéraux nécessaires à la croissance des plantes (azote, phosphore, potassium). Des expériences ont montré à maintes reprises la productivité accrue des cultures ou des arbres lorsqu'ils sont irrigués avec des eaux usées par comparaison avec de l'eau propre. Ces éléments fertilisants sont une ressource extrêmement précieuse si on les compare aux coûts correspondants des engrais. [CGHG]

L'application d'eaux usées à des taux qui respectent l'équilibre entre les apports d'éléments fertilisants et les quantités exportées par les plantes assurera une croissance optimale des végétaux tout en limitant les risques de pollution.

I.7. Impact de la réutilisation des eaux épurées

Le recyclage des eaux usées urbaines en irrigation offre de nombreux avantages, y compris l'épuration et l'élimination sûres et peu coûteuses des eaux usées; la conservation de l'eau et la recharge des réserves de la nappe aquifère; et l'utilisation des éléments fertilisants que contiennent les eaux usées à des fins productives.

I.7.1. L'impact de la réutilisation des eaux épurées sur l'environnement

On reconnaît de plus en plus l'intérêt des espaces verts en milieu urbain et périurbain pour la protection de l'environnement, le cadre de vie, les activités de loisir et la production. Toutes les villes gagnent à avoir des arbres dans le paysage urbain, mais les avantages sont peut-être plus évidents dans les zones tropicales arides et semi-arides où la végétation naturelle est clairsemée, où il faut se protéger des tempêtes de sable et des vents desséchants et où les fortes températures font que l'ombre est autant une question de santé que de confort. [JAT]

L'utilisation des eaux usées traitées présente des avantages multiples aussi bien au niveau économique qu'environnemental:

- La mobilisation d'une ressource potentielle en eau (dont la qualité peut être encore améliorée);
- L'économie des ressources en eau conventionnelle (permet éventuellement de différer les investissements d'une nouvelle mobilisation en eau conventionnelle);
- La protection des milieux récepteurs en particulier le littoral et le réseau hydrographique contre la pollution hydrique,
- La préservation des zones humides (apport d'eau en continu);
- L'atténuation des impacts liés à la sécheresse (ressource en eau indépendante du climat);
- La réduction des quantités d'engrais utilisée en agriculture;
- Le renforcement des capacités nationales en matière de gestion intégrée des ressources en eau.

I.7.2. L'impact de la réutilisation des eaux épurées sur l'être humain

Les eaux usées traitées au niveau secondaire contiennent des éléments physico-chimiques et une pollution biologique (bactéries et parasites) considérables qui provoquent à leur manipulation soit des allergies soit des maladies. Les allergies ont pu être imputées aux EUT, par contre résultats relatifs aux maladies des exploitants et de la population

riveraine ne sont pas significatifs étant pratiquement semblables à toute autre population rurale. En effet, les agriculteurs ou les ouvriers qui manipulent les EUT ne respectent pas toujours les recommandations des agents de la santé publique et omettent souvent de porter des bottes et des gants.

Conclusion

L'augmentation de la population dans le monde entier a généré une consommation d'eau qui devient de plus en plus grande dans tous les domaines. Cette consommation d'eau produit par la suite une quantité considérable d'eaux usées qui doivent être remises dans le milieu naturel avec des caractéristiques de qualité devant répondre aux exigences imposées par des réglementations issues d'un souci de protection de l'environnement.

Afin de réduire la pollution de l'eau, de nombreuses stations d'épuration sont mises en place. Même si à la sortie de ces stations, l'eau n'est pas totalement dépolluée ou potable, elles permettent de réduire considérablement la présence de molécules polluantes et ainsi d'atténuer les problèmes dus à l'activité humaine.

Chapitre II : Procédés d'épuration des eaux usées

Introduction

L'épuration paraît chose usuelle, tant le terme s'est rapidement répandu. En peu d'années, les problèmes de l'eau s'aggravent, de nombreuses installations ont vu le jour. Elles se heurtent aujourd'hui à des difficultés croissantes.

Les stations d'épuration jouent un rôle crucial pour l'environnement et la conservation de notre planète. En effet, les activités domestiques et industrielles ont de graves répercussions sur la préservation de l'eau. La pollution de cette denrée précieuse peut se présenter sous différentes formes : chimique, thermique, bactériologique... Il faudrait pour remédier à ce problème, construire davantage de stations d'épuration qui vont limiter la pollution et permettre une économie de l'eau.

II.1. Implantation d'une station d'épuration

La nécessité de la mise en place d'une station d'épuration passe par un ensemble de dispositions qui sont à prendre en considération dans l'élaboration du projet en commençant par le choix du site qui est indissociable de l'étude d'impact.

À cet égard, quelques règles doivent être rappelées :

- Eviter de construire à proximité d'une zone urbaine, une zone industrielle et un environnement touristique ;
- Eviter les zones inondables ;
- Envisager des extensions et les aménagements futurs.

II.2. Choix du type de station d'épuration

La décision du site d'implantation d'une station d'épuration étant prise, il convient après d'en choisir le type.

De nombreux critères de choix peuvent intervenir :

- La nature des eaux usées : il est important de bien connaître les caractéristiques des eaux à traiter et d'identifier les rejets industriels susceptibles d'être présents dans les rejets d'une ville ;
- La qualité d'eau à obtenir : assurer une qualité d'eau en aval qui répond aux normes de rejet dans le milieu naturel, ou pour une éventuelle réutilisation, notamment dans le secteur de l'agriculture.

II.3. Procédés d'épuration des eaux usées

Le traitement des eaux usées consiste fondamentalement à éliminer différents éléments présents afin d'obtenir une eau épurée conforme à des objectifs de rejet. Il y a de nombreux types de traitement mais la plupart se base sur l'intégration de deux procédés importants : la séparation des solides de l'eau à traiter par des méthodes physico-chimiques, et l'action biologique de divers micro-organismes. L'application de ces divers processus d'épuration dépend à la fois des caractéristiques de ces eaux et du degré de traitement désiré.

II.3.1. Prétraitement

Les prétraitements sont indispensables au bon fonctionnement de la station, mais génèrent de fortes contraintes d'exploitation (récupération des refus, salubrité, entretien, ...). C'est un processus physique et mécanique dont le but est d'extraire de l'eau des éléments dont la taille, le pouvoir abrasif et la masse pourraient endommager le matériel ou perturber la suite du protocole d'épuration.

a. Le dégrillage

Il s'agit de séparer des eaux brutes, les matières les plus volumineuses, en faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'espacement est déterminé en fonction de la nature de l'effluent, afin d'éviter les risques de colmatage. Il est donc indispensable en tête de la station d'épuration. Selon l'efficacité désirée, il est possible de distinguer entre le pré-dégrillage (espacement des barreaux 30-100mm), le dégrillage moyen (espacement des barreaux 10-30mm) et dégrillage fin (espacement des barreaux 3-10mm). [CGHG]

Techniquement, de nombreux types de grilles existent :

- i. **Grilles manuelles** : Composées de barreaux le plus souvent inclinés à 60 – 80° sur l'horizontal, elles sont cependant réservées aux très petites stations.
- ii. **Grilles mécaniques** : Cette mécanisation est indispensable afin d'éviter un colmatage rapide des canalisations.

Les grilles mécaniques se classent en deux catégories :

- Les grilles droites ;
- Les grilles courbes.



Figure II.1 : Dégrilleur courbe

b. Dessablage

Le dessableur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse est inférieure à 0,3 m/s, vont pouvoir se déposer. Il s'agit principalement des sables et des graviers qui se déposent alors au fond de la cuve de dessableur entraînant avec eux les grains légers, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et les conduites et protéger les pompes et les autres appareils contre l'abrasion. Le fond du bassin est ensuite nettoyé par un racleur qui entraîne les graviers dans une nouvelle cuve, les séparant ainsi de l'eau à épurer. Les sables ainsi récoltés sont ensuite utilisés par les entreprises de travaux publics.

Il existe divers types de dessableurs dont :

- ***Dessableurs à couloirs*** : se sont des canaux, à section généralement rectangulaire, dans lesquels on ralentit la vitesse de l'eau à moins de 0.3 m/s. les sables déposés sont périodiquement évacués.
- ***Dessableurs rectangulaire à insufflation d'air*** : L'insufflation d'air provoque une rotation de liquide et crée ainsi une vitesse constante de balayage du fond. Le sable est extrait soit manuellement ou mécaniquement.
- ***Dessableurs circulaire*** : Ces appareils sont alimentés tangentiellement, les sables sont projetés vers la paroi et descendent en décrivant une spirale d'axe vertical, d'où ils sont évacués. [KI]

c. Dégraissage

Le dégraisseur a pour objet la rétention des graisses par flottation naturelle ou accélérée par injection de fines bulles. Cette étape est indispensable lorsqu'il n'y a pas de décantation primaire dans une station d'épuration.

Il existe deux types d'appareils couramment utilisés :

*i. Dégraissage statique**ii. Dégraissages aérés*

On insuffle de l'air par le dessous à l'aide d'une pompe qui permet de faire remonter l'huile à la surface, que l'on récupère au final à l'aide de racleurs. [KI]



Figure II.2 : Flottation des graisses par injection de fines bulles

Remarque

Lorsqu'il s'agit d'un ouvrage combiné (dessableur-dégraisseur), le dessablage est réalisé dans la partie inférieure (conique) du bassin. La pente ne doit pas être inférieure à 50°.



Figure II.3 : Extraction du sable d'un dessableur-dégraisseur

II.3.2. Traitement primaire

La décantation est une technique de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc. Cette technique est très répandue dans les usines d'épuration et de traitement des eaux.

La **décantation primaire** vise à parfaire la qualité des prétraitements notamment par la capture des MES naturellement décantables et par une élimination poussée des flottants (huiles et graisses). Lors de cette étape, les particules, dont la densité est supérieure à l'eau, vont avoir tendance à s'accumuler au fond du décanteur sous l'effet de la pesanteur. Les particules seront éliminées du fond du bassin périodiquement. [Deg]

Différents types de décantation

- Décantation statique : les particules sont considérées indépendantes et tombent à leur propre vitesse. L'écoulement doit être laminaire sans turbulences, ni courants. Le principe est que les particules atteignent le fond du décanteur avant de sortir.
- Décantation lamellaire : On dispose des lamelles par rapport à l'horizontal pour avoir des décanteurs de faible surface admettant de plus forts débits.
- Décantation à contact de boues aussi appelée en compression de boues : la décantation- floculation est améliorée si la concentration en particules augmente. On met donc en contact l'eau flocculée avec des boues déjà formées.
- Décantation à floc lesté : Le lestage du floc par du microsable permet d'augmenter la densité des particules et par conséquent la sédimentation des particules (donc augmentation de V_p).

On peut atteindre une élimination de 30 à 40% de la DBO_5 et environ 60% des MES lors de la décantation primaire avec une charge superficielle de 2m/h en moyenne.

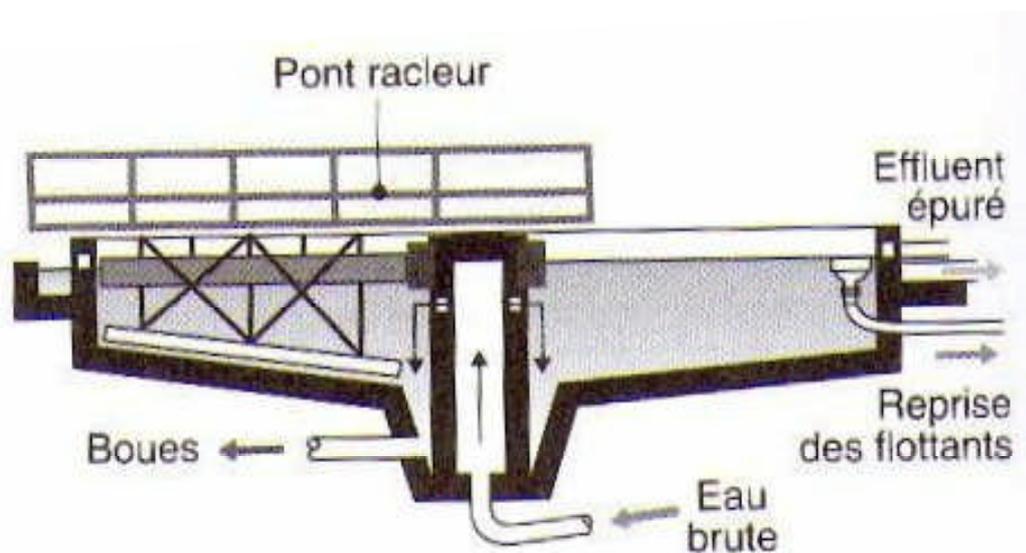


Figure II.4 : Schéma d'un décanteur primaire

II.4.3. Traitement secondaire

Il s'agit de l'élimination de la pollution organique et minérale. Lors du traitement secondaire, la plupart des traitements secondaires, la plupart des critères de pollution diminuent (DCO, CO, MO...). Les micro-organismes utilisent les éléments nutritifs des eaux résiduaires comme nourriture pour produire de l'énergie vitale ou pour la synthèse de tissus cellulaires.

a. Traitement physico-chimique

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre : les colloïdes. Leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. [CC]

Les matières existantes dans l'eau peuvent se présenter sous les trois états suivants :

- Etat de suspension qui regroupe les plus grosses particules.
- Etat colloïdal.
- Etat dissous des sels minéraux et des molécules organiques.

i. Coagulation

La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion de produits chimiques.

Les particules en suspension dans une eau de surface proviennent de l'érosion du sol, de la dissolution de substances minérales et de la décomposition de matière organique. A cet apport naturel, s'ajoutent les eaux d'égouts domestiques, industriels ou agricoles. En général, la turbidité est causée par des particules de matière inorganique, alors que la couleur est imputable aux particules de matière organique et aux hydroxydes de métaux.

ii. Floculation

La floculation a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on pourra facilement éliminer par décantation. Après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers. La floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité de rencontre entre les particules grâce à l'agitation du fluide.

Les facteurs qui peuvent améliorer la coagulation- floculation sont le gradient de vitesse, le temps et le PH. Le temps et le gradient de vitesse sont importants pour augmenter la probabilité de chocs entre les particules. Le PH est un facteur très important pour l'élimination des colloïdes.

iii. Flottation

La flottation est un processus de séparation liquide - liquide ou solide - liquide que l'on applique à des particules dont la densité est inférieure à celle du liquide dans lequel elles sont contenues. [CC]

Il y a trois types de flottation : flottation naturelle, aidée et induite.

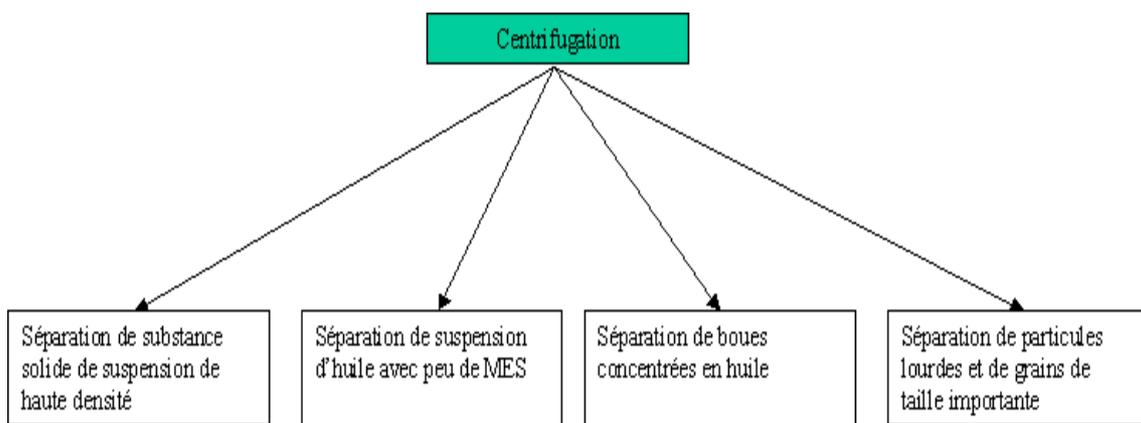
flottation naturelle	flottation aidée	flottation induite
Applicable si la différence de densité est naturellement suffisante pour la séparation.	On utilise ce terme lorsque des moyens extérieurs sont utilisés pour faciliter la séparation de particules qui flottent naturellement.	Lors d'une flottation induite on diminue artificiellement la densité des particules pour leur permettre de flotter. Cette opération est basée sur la capacité qu'on certains liquides ou solides à se lier avec des bulles de gaz pour former des particules gazeuses ayant une densité inférieure au liquide.

iv. Centrifugation

La centrifugation est un procédé de séparation qui utilise l'action de la force centrifuge pour permettre un dépôt accéléré des particules d'un mélange solide-liquide. Il y a deux principales phases distinctes qui sont formées dans l'enceinte durant la centrifugations:

- ◆ Les **sédiments**.
- ◆ Le **concentrat** (parfois appelé centrifugeat).

Il est souvent clair mais parfois trouble due fait de la présence de particules colloïdales très fines, qui ne sont pas facilement déposées. Cependant ; il peut aussi se composer de plusieurs phases si le liquide contient des éléments de différentes densités comme des huiles par exemples. [CC]



v. Filtration

La filtration a pour but essentiel la clarification finale d'une eau en les faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire.

Il existe plusieurs techniques de filtration :

- Filtre à tambour ;
- Filtre à sable ;
- Ultrafiltration ;
- Nanofiltration.
- L'osmose inverse.

b. Traitements biologiques

Ils constituent le mode classique d'épuration de la pollution organique carbonée et azotée. Quel que soit le procédé mis en œuvre, le principe de l'épuration par voie biologique consiste, dans premier temps, à faire assimiler la pollution carbonée par des micro-organismes, la pollution de l'eau est alors transformée en biomasse. Puis, cette biomasse est extraite de l'eau sous forme de boue.

L'épuration des eaux usées fait appel à deux types de procédés :

- Les procédés extensifs ;
- Les procédés intensifs.

i. Les procédés intensifs**1. *Le traitement par boues activées***

Le procédé à boues activées est un système fonctionnant en continu dans lequel, des micro-organismes sont mis en contact avec les eaux usées contenant des matières organiques. De l'oxygène est injecté dans le mélange, permettant de fournir aux bactéries cet élément vital à leurs besoins respiratoires. [AG]

◆ Bassins d'aération

Les bassins d'aération sont les réacteurs biologiques dans lesquels s'effectue la transformation de la matière organique par les microorganismes aérobies. Ils constituent un élément fondamental de la filière définie sous le terme de boues activées.

Une bonne gestion de l'aération permet également d'assurer les réactions de nitrification et de dénitrification.

Dans le domaine des petites stations d'épuration, la technique des boues activées en aération prolongée est la plus répandue. [RT]

- De plus, les temps de fonctionnement des aérateurs varient selon le type d'élimination de l'azote :
 - Pour l'élimination des composés azotés en bassin unique, le temps cumulé de fonctionnement de l'aération au nominal est d'environ 14^{H00}/jour. Des périodes d'arrêt sont nécessaires pour dénitrifier (2^{H00} maximum).
 - Pour l'élimination de l'azote avec une zone d'anoxie en tête, ce temps cumulé serait d'environ 20^H/jour.
- Les dispositifs d'aération habituellement utilisés dans le domaine du traitement des eaux usées peuvent être classés de la manière suivante :
 - Dispositif d'injection d'air sous pression ;
 - Système d'aération à turbines avec mobile d'agitation sous lequel est injecté de l'air comprimé ;
 - Aération de surface réalisant le transfert de l'oxygène par une turbulence accrue au voisinage de la surface et par la dispersion du liquide ;
 - Aérateurs statiques où l'air sous pression est injecté à la base de tube cylindriques placés verticalement et qui contiennent des éléments internes de forme hélicoïdale.



Figure II.5 : Turbine de surface à vitesse lente

◆ Le brassage

Les fonctions d'aération et de brassage doivent être séparées afin d'optimiser l'élimination de l'azote et d'éviter les dépôts lors de l'arrêt de l'aération. En fond de bassin, les vitesses de circulation de la boue activée doivent être supérieures ou égales à 35 cm/s.

Afin de favoriser le mélange des eaux usées et des boues, il est conseillé de mettre en place une cloison siphonoïde à l'entrée du bassin. Par la même occasion, les risques de court-circuit hydraulique sont limités. [RT]

L'évacuation de la liqueur mixte doit être aussi éloignée que possible de l'arrivée des effluents et du retour des boues recirculées.



Figure II.6 : Aération et brassage séparé dans un bassin d'aération

2. L'épuration sur lit bactérien

Cette technique est basée sur le principe de l'auto-épuration du sol qui permet la biodégradation des matières organiques.

Ce procédé consiste à alimenter en eau usée préalablement décantée, un ouvrage contenant une masse de matériaux servant de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique, cette masse se compose soit : de pouzzolane (roche volcanique) ou de matériaux plastiques. Les eaux usées sont distribuées sur le matériau filtrant et s'écoulent au travers du lit sous l'effet de la pesanteur. Une aération est pratiquée le plus souvent par tirage naturel et quelque fois par ventilation forcée.

La forme des ouvrages est le plus souvent cylindrique. L'eau à traiter est distribuée uniformément sur la surface du lit à l'aide d'un distributeur hydraulique rotatif appelé Sprincler. A la base du lit bactérien, les eaux sont collectées puis évacuées vers le décanteur secondaire. Le fond de l'ouvrage est construit de telle sorte que soit assurée l'entrée d'air dans la masse du lit. [KGGM]

Les lits bactériens sont définis par leur charge organique c'est-à-dire par la qualité journalière de matières organiques admise par m^3 de matériaux. On peut ainsi, les classer en :

- Lits à faibles charges, jusqu'à $0,4 \text{ kg DBO}^5/m^3/j$;
- Lits à moyenne charges, jusqu'à $0,8 \text{ kg DBO}^5/m^3/j$;
- Lits à forte charges, supérieures à $0,4 \text{ kg DBO}^5/m^3/j$.



Figure II.7 : Lit bactérien avec garnissage traditionnel

3. Les disques biologiques

Ce procédé est un système d'épuration biologique aérobie où la culture bactérienne est fixée sur un support. Il est également appelé procédé d'épuration par biodisque.

Le réacteur est constitué de disques en matière plastique, de diamètre élevé et montés, en série sur un axe horizontal. Le tambour, à demi immergé tourne autour de cet axe. Un biofilm, dont l'épaisseur varie de 1 à 4mm, se développe sur les disques.

La rotation permet le contact entre les micro-organismes épurateurs (biofilm) qui se développent fixés au disque et l'effluent, puis l'aération de ce biofilm. Après leur contact avec le biofilm, l'eau est envoyée vers un clarificateur pour la séparation des phases. [RT]

Pour l'épuration des eaux résiduaires urbaines :

- La vitesse de rotation des disques est optimale à 18m/mn.
- Les performances augmentent en fonction du rapport Volume du liquide/ surface.
- La température n'affecte pas le procédé entre 13 et 29°C, en dessous de 13°C, les performances diminuent.



Figure II.8 : Disques biologiques

ii. Les procédés extensifs

◆ *Lagunage*

Le lagunage est utilisé lorsqu'on dispose de grandes surfaces de terrain et lorsqu'on ne désire pas assurer en performance une haute qualité de l'effluent. On distingue principalement deux types de lagunage :

1- *Le lagunage naturel* est un procédé de traitement des eaux usées fondé sur un écosystème constitué principalement d'algues et des bactéries aérobies et anaérobies. Le rayonnement solaire est utilisé comme source énergétique pour la production de l'oxygène par photosynthèse par les algues microscopiques.

Ce type de lagunage se caractérise essentiellement par un temps de séjour très élevé des effluents, plusieurs dizaines de jours et par des mécanismes de fonctionnement biologique fortement liés à la température et aux saisons.

2- *Le lagunage aéré* s'effectue dans un bassin où l'eau séjourne une vingtaine de jours, il est aéré artificiellement. Il y a alors dégradation anaérobie des matières décantables et aérobie des matières solubles.

Dans le lagunage aéré, un support supplémentaire de l'oxygène nécessaire à l'assimilation des matières organiques par les bactéries est fourni par brassage de surface grâce à des aérateurs mécaniques. [RT]

Le lagunage est donc un moyen peu coûteux et efficace de traiter les eaux usées. Il nécessite peu de moyens financiers, techniques et humains. Cependant, il requiert une surface importante. On retiendra que l'efficacité du traitement dépend surtout de la durée de rétention et des conditions climatiques. Ainsi, il est moins efficace en hiver qu'en été.

◆ Épandage des eaux usées

L'épandage est le procédé le plus ancien, il consiste à déverser directement sur le sol perméable des eaux usées, où les granulats constituant le sol sont alors un matériau de support de micro-organismes, ces derniers servent à dégrader la matière organique. Ce procédé peut être dangereux dans la mesure où les eaux qui s'infiltrent à travers le sol peuvent contaminer la nappe.

c. Le décanteur secondaire

Dans une station d'épuration, le décanteur secondaire est l'ouvrage fondamental qui assure la séparation gravitaire de la boue et de l'eau épurée rejetée dans le milieu récepteur. [RT]

Le bon fonctionnement de cet ouvrage implique le respect des règles de conception, une gestion rationnelle de la production de boue ainsi que la maîtrise de sa décantabilité.

Les ouvrages cylindriques munis de racleur de fond sont à prescrire pour les boues activées. La hauteur d'eau à la périphérie ne doit pas être inférieure à 2,80 m. Toute surprofondeur d'un décanteur secondaire est à considérer comme facteur sécurisant au plan hydraulique.

La recirculation permet :

- De maintenir une concentration en MES constante et correcte dans le bassin d'aération.
- D'éviter l'accumulation des boues dans le clarificateur et le débordement du lit de boue.
- De limiter le temps de séjour dans le clarificateur pour garantir une bonne qualité de boue.

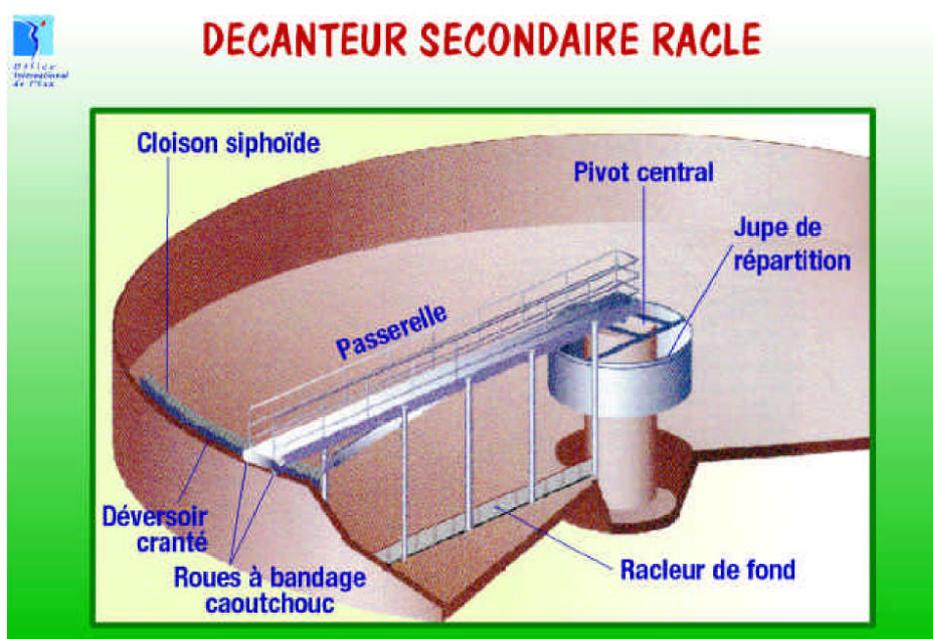


Figure II.9 : Schéma de principe d'un décanteur secondaire raclé

Lame déversante (Goulotte de récupération de l'eau épurée) sera de préférence à l'extérieur du décanteur et protégée par une cloison siphonide faiblement immergée ($h = 15$ cm), placée à 20 cm de la goulotte.

II.4.4. Traitement tertiaire

À l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurées, les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires.

Actuellement, il existe de nombreuses techniques de désinfection visant à améliorer la qualité bactériologique des rejets afin de protéger les milieux récepteurs sensibles comme notamment les zones de baignades et conchylicoles. [DF]

a. La chloration

Cette technique est actuellement la plus employée pour la désinfection des eaux usées. Elle s'opère par injection de chlore (gazeux Cl_2 ou hypochlorite de sodium NaOCl) ou de bioxyde de chlore ClO_2 sur une eau préalablement épurée et clarifiée.

Le chlore; dont les effets bactéricides, germicides et algicides sont reconnus; permet une élimination à 99,9% des germes pathogènes. Cependant il est inefficace sur les virus et protozoaires ou pour des pH supérieurs à 7,5 et difficile à stocker lorsqu'il se trouve à l'état gazeux. De plus son utilisation engendre la formation de chlore résiduel et de chloramines, en présence d'ammoniac, inefficaces en désinfection et toxiques pour le milieu récepteur suscitant la mise en place de traitements spécifiques supplémentaires (déchloration et nitrification poussée).

Le bioxyde de chlore beaucoup moins réactif permet d'éviter la formation de chloramines et haloformes tout en présentant une efficacité désinfectante supérieure (notamment sur les virus) en un temps de contact beaucoup plus court. Cependant l'instabilité de ce composé impose sa production sur le lieu d'utilisation rendant sa mise en oeuvre délicate et onéreuse.

b. L'ozonation

L'ozone O_3 , oxydant puissant, est un désinfectant particulièrement efficace qui permet d'éliminer les bactéries, certains virus, protozoaires et les traces de médicaments dans les eaux usées. Il est généré in situ par décharge électrique sur de l'oxygène pur ou contenu dans l'air.

Ce procédé est généralement utilisé après une épuration biologique des effluents par boues activées permettant de réduire la matière organique sur laquelle l'ozone réagit fortement pour former des aldéhydes et cétones toxiques pour le milieu marin, le rendant moins efficace.

Malgré son efficacité remarquable, l'ozonation est un procédé peu utilisé puisqu'il nécessite des apports importants de réactif chers à l'achat et les concentrations élevées en découlant peuvent engendrer des problèmes de toxicité même si ce traitement offre peu de rémanence.

c. Le rayonnement ultraviolet

Les ultraviolets sont de plus en plus utilisés pour la désinfection des eaux usées urbaines et industrielles notamment dans les zones côtières. Leur pouvoir bactéricide, virucide et germicide les rendent particulièrement efficaces et attractifs d'autant plus qu'ils n'entraînent pas l'apparition de sous-produits de désinfection toxique pour le milieu naturel contribuant à la sauvegarde des zones aquatiques sensibles.

Ce procédé présente néanmoins quelques inconvénients non négligeables nécessite de mettre en place en amont de son installation un système d'élimination des MES (filtration, charbon actif...) inhibant ce traitement, un vieillissement plus ou moins rapide des lampes ou un coût relativement élevé. Malgré cela cette technique simple est en plein essor.

II.3.5. Traitement des boues

a. Origine des boues

Il n'existe pas de traitement d'épuration d'eau qui n'aboutisse à la production de résidus concentrés contenant les matières de pollution et les produits de transformation insolubles. Ces résidus appelés boues.

Une station d'épuration génère trois catégories de boues :

- i. Les boues de traitement primaire produites par décantation des matières en suspension, elles sont constituées essentiellement de matières organiques (70%) et minérales en suspension dans l'effluent, n'ayant pas subi de décomposition, elles sont très instables et putrescibles.
- ii. Les boues de traitement physico-chimique composées de matières organiques solubles ou colloïdales agglomérées dans les eaux traitées par addition d'un réactif coagulant (sels de fer ou d'ammonium). Elles contiennent 95% d'eau et 5% de matières solides qui sont constituées par 70 à 75% de matières organiques.
- iii. Les boues issues de traitement biologique formées par les bactéries qui se sont nourries de matières organiques contenues dans l'eau usées.

b. Traitement des boues

Selon leur origine, les boues ont une composition différente qu'elles proviennent d'un procédé physico-chimique ou biologique, d'une eau usée urbaine ou industrielle.

La nature de la boue est donc liée à la composition de l'effluent traité, et aussi aux techniques de traitement utilisées.

On peut distinguer deux types de boues :

- Les boues de caractère essentiellement minéral ou assimilable ;
- Les boues de caractère organique.

Le but de traitement des boues est de réduire leur pouvoir fermentescible pour les rendre relativement stables, puis de réduire leur volume par déshydratation plus ou moins poussée afin de les rendre plus facilement manipulables. Une boue bien stabilisée, une fois séchée, n'évolue pratiquement plus et ne dégage aucune odeur nauséabonde. [CGHG]

1. *Stabilisation*

La stabilisation est la transformation des matières organiques en matières minérales non fermentescibles, s'applique sur des boues à teneurs en MO prépondérante (sup à 40%).

La stabilisation tente de remédier à cet état de fait, elle peut s'opérer à l'abri de l'air en fermentation anaérobie ou bien avec aération qui minéralise peu à peu les MO :

● *Stabilisation aérobie*

Les boues sont aérées et non nourries, dans des ouvrages semblables aux bassins d'aération. La biomasse évolue alors en décroissant, la nourriture essentielle des germes survivants provenant de la lyse des bactéries mortes.

Ce procédé peut être considéré comme une aération prolongée utilisant deux bassins différents. Les boues extraites de ce stabilisateur peuvent être envoyées dans un concentrateur. Ce stade précède soit l'utilisation agricole, soit la déshydratation.

● *Stabilisation anaérobie*

Ce procédé vise à stabiliser les boues grâce à l'utilisation d'une étape à l'abri de l'air. Lorsqu'un effluent biodégradable est non aéré, s'installe tout d'abord une phase acidifiante, puis une phase méthanique. Ces 2 étapes, qui ont lieu en même temps dans un digesteur, sont dues à deux flores tout à fait différentes.

2. *Epaississement*

Il s'agit d'une étape intermédiaire dans la diminution du volume de boues produites par la station. Cette étape réalisée dans des épaisseurs, consiste à séparer par décantation ou flottation l'eau interstitielle des particules de boues. Elle ne doit pas être confondue avec le stockage des boues sur une longue période (silo) en vue de leur épandage ultérieur.

Il présente divers avantages :

- Amélioration du taux de réduction des matières organiques ;
- Amélioration des rendements des dispositifs de déshydratation et de séchage ;
- Joue le rôle d'un bassin tampon avec la chaîne de traitement des boues et assure une homogénéité des caractéristiques physico-chimiques de la boue ;
- Soulage les décanteurs primaires et évite tout risque de fermentation des boues. [RT]

○ Épaisseurs gravitaires

Cette technique permet à introduire la suspension boueuse dans un épaisseur de façon à permettre une concentration des boues au fond de l'ouvrage. L'avantage d'un tel ouvrage réside en une facilité du glissement des boues épaissies vers la fosse centrale de laquelle les boues sont extraites. L'eau interstitielle est évacuée au moyen d'une herse verticale solidaire du racleur de fond et de l'écumeur de surface.

L'épaississement par gravitation se signale par sa faible dépense d'énergie.



Figure II.10 : Épaisseur gravitaire

○ Épaisseurs statiques

Il permet la réduction de la masse volumique apparente des particules par adsorption de fines bulles de gaz et d'en provoquer l'entraînement vers la surface. Les boues concentrées sont récupérées par raclage de la surface du liquide.

La mise en place de ce dispositif d'épaississement permet de :

- Appliquer des charges spécifiques plus importantes ;
- Réduire les dimensions de l'ouvrage ;
- Obtenir des boues plus épaissies que par l'épaississement gravitaire.

3. Conditionnement des boues

Le but du conditionnement est de modifier les forces de cohésion internes de la boue afin de libérer l'eau liée aux particules.

On peut définir, en général, une boue suivant deux paramètres :

- Sa résistance spécifique à la filtration ;
- Son facteur de compressibilité.

Le conditionnement aura pour but essentiel de diminuer la valeur de ces deux paramètres et d'augmenter la concentration finale des boues à traiter. [AG]

On distingue trois types de conditionnement :

- ◆ Conditionnement chimique ;
- ◆ Conditionnement thermique ;
- ◆ Conditionnement électrique.

4. Déshydratation

La boue, même stabilisée, contient beaucoup d'eau : il faut la déshydrater. Pour ce faire, deux manières sont disponibles : [AG]

◆ *Déshydratation naturelle*

Le séchage des boues sur les lits de sable réside en deux étapes : dans un premier temps, se fait une filtration de l'eau à travers le support, par des forces à très faible pression qui sont essentiellement des forces gravitaires. Dans un deuxième temps, a lieu l'évaporation de l'eau liée, en faisant appel à des forces extérieures comme les conditions météorologiques.

Le lit de séchage constitue le procédé le plus rustique. Les boues reposent sur un sol artificiel composé, de haut en bas, de 2 couches : une couche de sable de 10 à 20 cm d'épaisseur, sable dont la granulométrie varie de 15-25 mm, dont l'épaisseur atteint 30 cm.

Un système de drains à la base de cet ensemble assure l'évacuation des eaux. La boue est retenue à la surface du massif.

◆ *Déshydratation mécanique*

Les mécanismes principaux de la déshydratation mécanique sont :

a) Filtre sous vide

Il existe diverses techniques de filtre sous vide dont le plus important est le filtre à tambour rotatif. Le tambour est constitué de compartiment qui, dans leur partie inférieure baigne dans la boue à filtre, alors que les compartiments ne contenant pas de boues restent sous vide.

L'utilisation d'une toile de sortie permet un lavage permanent de celles-ci au moyen d'eau sous pression.

b) Filtre sous pression

Cette technique permet d'extraire l'eau libre et l'eau interstitielle contenue dans la boue. Le filtre sous pression est formé de chambres entourées de toile filtrante où sont admises les boues ; ensuite, une surpression forte environ 5-15 bars est appliquée, en comprimant chaque chambre contre la suivante : l'eau est chassée des boues.

c) Filtre à bande

Cette technique consiste à déshydrater les boues entre une bande presse et une bande filtrante.

La boue subit trois traitements successifs : floculation, égouttage et compression. Il s'agit de fabriquer une boue floculée permettant un drainage rapide et une cohésion suffisante pour résister à la compression.

5. Evacuation des boues

Les boues soutirées des stations de traitement des eaux résiduaires sont riches en matière organique et contiennent des doses non négligeables d'azote et de phosphore. Leur valeur fertilisante est donc bien réelle. [CGHG]

Les quantités de boues, même traitées, peuvent être énormes, aussi la recherche d'une évacuation rationnelle est indispensable. Deux aspects peuvent être appliqués :

i. Incinération

Il s'agit de transformer les constituants organiques des boues, en produits stables tels que : CO_2 , NO_2 , SO_2 , H_2O ..., et également de vaporiser l'eau que les boues contiennent.

L'incinération des boues conduit nécessairement à un résidu de cendres internes ne contenant que des matières minérales.

Les boues suffisamment déshydratées sont souvent auto-combustibles. Seul un élément important doit être ajouté : il y aura pas d'odeur si la température des gaz peut être portée à $750-800^\circ\text{C}$, mais une température supérieure à $1000-1050^\circ\text{C}$ entraîne la fusion des cendres. De nombreuses technologies existent : four à soles, à sècheurs rotatifs et à lit fluidisé.

ii. Utilisation agricole des boues

L'épandage des boues sur les sols destinés à l'agriculture s'accompagne d'une minéralisation de la matière organique avec la formation d'humus stable et la libération progressive de composés minéraux ou gazeux. Par opposition aux éléments minéraux provenant des engrais de synthèse, qui sont directement utilisables, les éléments

fertilisants des boues, qui se composent d'éléments majeurs comme l'azote, le phosphate et la potasse et d'oligoéléments (fer, manganèse, bore, amine, etc.), ont une disponibilité retardée et progressive. La pratique de l'épandage devra donc tenir compte de cette donnée.

L'époque la plus favorable pour l'épandage dépend des conditions climatiques et des disponibilités des cultures. Il est recommandé d'épandre les boues lorsque l'humidité du sol est inférieure à la capacité de rétention en eau, en d'autres termes, lorsque l'évapotranspiration est supérieure à la pluviométrie. Il est déconseillé d'épandre sur un sol gelé ou sur une pente trop importante.

L'épandage est envisageable en milieu rural. Les éléments intéressants en vue d'une utilisation agricole. Il peut s'effectuer sous forme liquide – après épaissement. Pour des motifs hygiéniques, l'apport doit se faire assez longtemps avant l'utilisation. Ainsi, un délai de 4 à 6 mois est-il souhaitable avant pâturage. Par ailleurs, le sol destiné à l'épandage doit avoir un drainage naturel au moins moyen à bon, sans excès, ce qui exclut à la fois les zones à tendance marécageuse et les pentes trop fortes, égales ou supérieures à 10 %. La profondeur du sol doit être de préférence de l'ordre du mètre : en dessous de 0,3 m, le sol est en principe inapte à l'épandage des eaux résiduaires. La texture la plus adaptée correspond à des sols limoneux ou limono- sableux.

Conclusion

Les stations d'épuration permettent donc de limiter la pollution de l'eau. En effet, à cause de la surpopulation urbaine, l'auto- épuration naturelle n'est pas suffisante à l'élimination des nombreux détritiques polluants. Il est donc indispensable de mettre en place des stations d'épuration qui vont, grâce à la succession de plusieurs traitements éliminer progressivement la quasi-totalité de la pollution.

Les stations d'épuration permettent également une économie d'eau, grâce à la réutilisation de celle-ci. Cependant ce procédé n'est que très peu pratiqué en raison d'un fort coût de mise en place.

Chapitre III : Présentation de la station d'épuration de Staoueli

Introduction

La commune de Staoueli est une des plus importantes communes de la wilaya d'Alger de point de vue touristique et agriculture, elle a vu un développement important pendant ces dernières années.

La commune de Staoueli a souffert auparavant de déversement des eaux usées dans la mer, c'est ainsi que la modeste station d'épuration, qui était autrefois très suffisante pour épargner la région des dangers de la pollution, est devenue aujourd'hui insuffisante pour répondre aux demandes croissantes de la commune.

III.1. La commune de Staoueli

L'histoire de la commune de Staoueli, nous ramène avant la colonisation de l'armée française ; le mot Staoueli est pris de « *wali turc* » qui veut dire marabout de cette région et « *Austa* » qui veut dire grand.

Le 11 juin 1830 la flotte de l'armée française attaque l'Algérie par le port de Sidi Fredj à Staoueli où une grande bataille s'est livrée entre les forces armées françaises et l'armée algérienne, cette bataille s'appelle la bataille de Staoueli.

Staoueli était une région qui appartenait en 1844 à Sidi Fredj, par la suite, elle est devenue une commune indépendante administrativement dont Sidi Fredj lui est devenue une annexe, par le décret du premier mars 1884. La commune de Staoueli s'est détachée ultérieurement en février 1905 et la commune de Staoueli est devenue commune de plein exercice.

III.1.1. Implantation

La commune de Staoueli est considérée comme une ville très stratégique.

- Elle est devenue une des 57 communes de la wilaya d'Alger suite à un décret présidentiel.
- Elle est située à l'ouest de la capitale d'Alger à 22 Km d'une superficie urbaine est d'environ 17000 hectares quant à la surface agricole exploitée est d'environ 1314 hectares.

III.1.2. Les habitants

Le nombre global des habitants de la commune selon les statistiques de 1998 est de 38731 habitants. En 2003 le nombre d'habitants est arrivé à 45000.

III.2. La station d'épuration de Staoueli

La station d'épuration de Staoueli est implantée dans la zone la plus basse de la commune sur un hectare à proximité de l'oued Boukraâ. Elle a été mise en service en 1989.

Cette station d'épuration est raccordée à un réseau d'assainissement des eaux usées urbaines unitaire, avec une capacité de 15000 eq-hab. Elle a été conçue pour traiter chaque jour 3000m³ d'eaux usées de la ville de Staoueli par voie biologique. Elle contribue ainsi à la diminution de la pollution de l'environnement, particulièrement, celle de l'oued Boukraâ qui se déverse dans la mer.

Malheureusement, la mauvaise gestion due au manque de personnel qualifié ainsi que la maintenance ont conduit à l'arrêt de la station. A partir de Juin 2002, elle est gérée et exploitée par l'O.N.A. Après un arrêt de quatre mois, et depuis Mai 2006, la station de staoueli est dirigée par la SEAAL.

III.3. Les caractéristiques technique de la STEP

Les caractéristiques techniques de la station d'épuration de Staoueli (wilaya d'Alger) sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau III-1 : Les caractéristiques techniques de la STEP de Staoueli

Type de réseau	Unitaire
Nature des eaux brutes	Domestiques
Population	15000 eq-hab
Débit moyen journalier	3000 m ³ /j
Débit par équivalent habitant	200 l/hab/j
Débit moyen horaire	125 m ³ /h
Coefficient de pointe	1,91
Débit de pointe	239 m ³ /h
DBO ₅ (charge journalière)	900 kg/j
DBO ₅ par équivalent habitant	60 g/hab/j
MES (charge journalière)	1,05 kg/j
MES par équivalent habitant	70 g/hab/j

III.4. Garanties de traitement

Cette station est construite pour assurer un rendement de 91% sur les matières en suspension et de 90% sur la demande biochimique en oxygène comme indique le tableau qui suit.

Tableau III-2 : Garanties de traitement (Source : SAAL)

	Concentration de l'effluent à l'entrée de la STEP	Concentration de l'effluent à la sortie de la STEP	Taux de réduction
DBO ₅	300 mg/l	30 mg/l	90 %
DCO	600 mg/l	90 mg/l	85 %
MES	350 mg/l	30 mg/l	91 %

L'eau épurée de la station est :

- Rejetée dans l'oued Boukraâ qui se dirige vers la mer ;
- Réutilisée pour l'irrigation d'une parcelle privée de 4 à 5 ha.

Les boues produites par la STEP sont recyclées vers le bassin d'aération dans le but d'éliminer la matière organique, présente dans l'eau usée. Les boues en excès sont traitées et ensuite utilisées comme engrais au niveau des parcelles agricoles de Staoueli.

III.5. Procédés de traitement appliqués au niveau de la STEP

La station de Staoueli est de type boues activées à faible charge. Nous présentons dans le schéma qui suit l'implantation partielle de chaque équipement de la station.

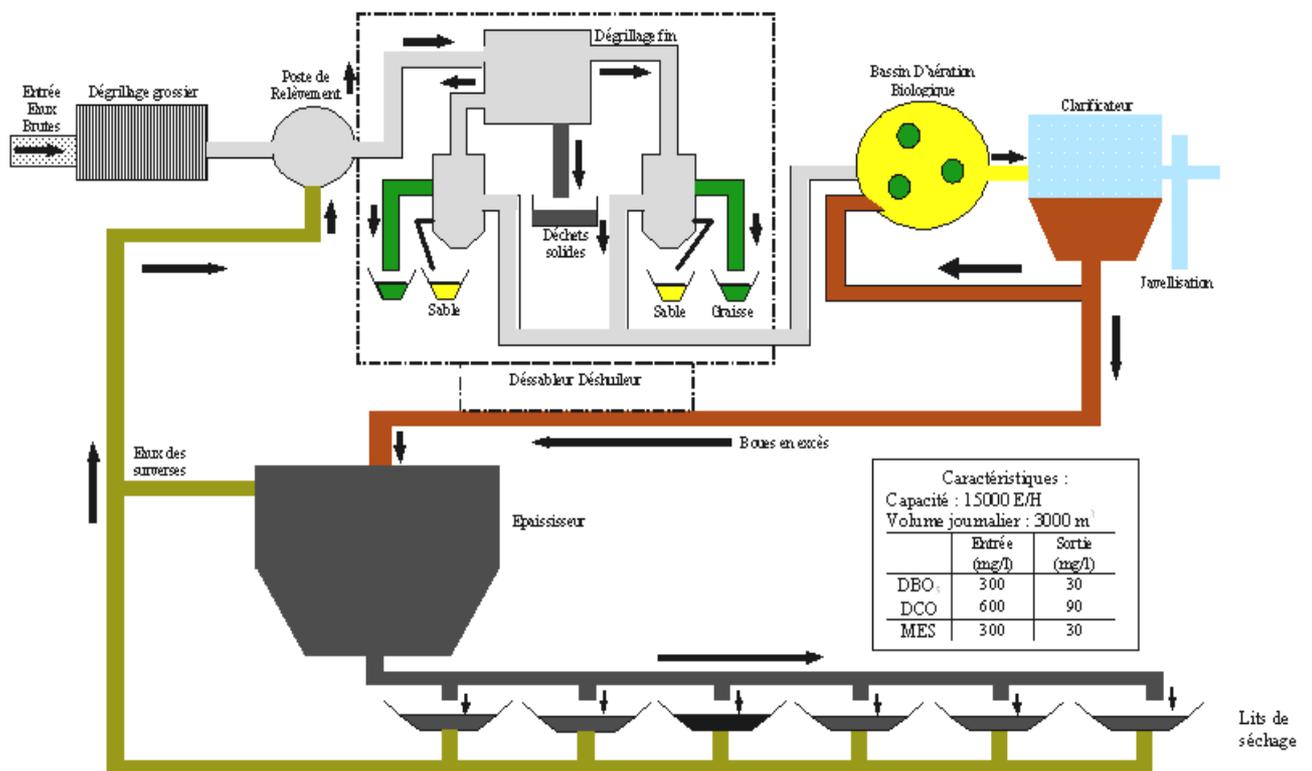


Figure N° III-1 : Schéma général de la STEP de staoueli

La station comporte deux filières de traitement.

III.5.1. Filière de traitement des eaux usées

Toutes les eaux usées arrivent à la station par gravité dans une canalisation enterrée à une profondeur de 3m et subit les traitements suivants :

1- Le poste de relevage : il est équipé de :

- ✦ ***Vanne batardeau*** : Pour l'isolement de la station en cas de nettoyage de la cuve de pompage ou du panier de dégrillage.
- ✦ ***Un dégrilleur grossier*** : C'est une grille de nettoyage manuel (l'écartement entre les barreaux est de 30mm) permet d'éliminer les déchets volumineux qui peuvent endommager les pompes et les équipements qui se trouvent à l'aval.
- ✦ ***Deux pompes submersibles P1 et P2*** : Ces pompes sont installées avec barre de guidage et pied d'assise permettant un contrôle et entretien sans devoir descendre dans le puisard (il a un diamètre de 2,3m et de profondeur de 6m, et pour le fil d'eau se trouve à profondeur de 3,44m sous sol) et sont spécialement pour les liquides chargés.

Le tableau N° III.3 : Les pompes d'entrée

Type	(immergée C.P.3152) version MT431
La puissance	13,5 KW
Débit	239 m ³ /h
HMT	12m

Les pompes sont équipées de sonde thermistance pour être protégées contre toute élévation anormale de température.

2- La grille fine

Il s'agit d'une grille fine inclinée de 60° à nettoyage manuel, installée dans un canal alimentant gravitairement une goulotte de répartition permettant l'alimentation de l'un ou l'autre du déssableur-déshuileur, l'écartement des barreaux est de 20mm et la largeur du canal est de 600 mm.

Un trop-plein de by-pass en acier galvanisé DN 200 permet d'éviter le débordement en cas de colmatage.

La photo III-1 représente le dégrilleur fin.



Photo III-1 : Dégrilleur fin

3- Déssableur - déshuileur

Le bassin est de type cylindro-conique avec deux compartiments :

- Le premier compartiment annulaire, alimenté latéralement et aéré, assure à l'eau traitée un mouvement hélicoïdal. Il permet la décantation des sables et l'évacuation des huiles et des flottants vers le centre de l'appareil ;
- Le deuxième compartiment central, ressemblant à une écumoire, recueille les huiles et les flottants et les concentre petit à petit. Leur évacuation est possible grâce à un entonnoir télescopique que l'on peut descendre périodiquement.

L'air est injecté à l'aide d'un by-pass d'un surpresseur d'air provoquant un mouvement secondaire de l'eau permettant de guider les flottants (les huiles et les graisses) vers les zones tranquilles où ils seront raclés mécaniquement vers une fausse de récupération.

Les sables décantés au fond de l'ouvrage sont extraire dans un petit bassin. Il est utilisé par les entreprises de travaux publics.

Le tableau N° III. : Les dimensionnements du déssableur-déshuileur

La forme	Cylindro-conique
La surface	39,25m ²
Le diamètre	5m
La hauteur	1,40m
La profondeur	1,27m
Le débit d'alimentation	239m ³
Le temps de passage	14mn

La photo III-2 représente le déssableur - déshuileur.



Photo III-2 : Dégrossisseur - Déshuileur

4- Le bassin d'aération

Il est par définition le réacteur biologique dans lequel s'effectue la dégradation de la pollution par les micro-organismes avec la présence de l'oxygène dans l'effluent. Il est alimenté par les eaux brutes ayant subi le prétraitement.

Le brassage et l'oxygénation de la liqueur mixte sont assurés par trois aérateurs de surface, type turbine lente, installés sur une plate forme en acier.

Tableau III.5 : Les dimensionnements du bassin d'aération

La forme	Cylindrique
Le diamètre	28,5m
Le volume utile	2295m ³
La hauteur	3,6 m
Le diamètre de l'aérateur	1,7 m
La puissance de l'aérateur	22 KW pour chacun

Le tableau N° III.6 : Données sur la charge du bassin d'aération

DBO moyenne à traiter	900 kg/j
La charge volumique moyenne	0,44 kg DBO ₅ /m ³ j
La charge massique moyenne	0,1Kg DBO ₅ /kg MS j
La concentration moyenne en MVS	4 kg/m ³
Production des boues en excès	+/- 40g/eq. Hab
Boues en excès produites	+/- 600 kg/j
Age des boues	15jours

La photo III-3 représente le bassin d'aération



Photo III- 3 : Bassin d'aération de la station de Staoueli

5- Le bassin de clarification

C'est l'ouvrage qui assure la séparation gravitaire de l'eau épurée et de la boue. Les boues activées venant du bassin d'aération sont introduites dans le décanteur secondaire par une tuyauterie DN 400 en acier galvanisé dans une jupe siphonide de tranquillisation de diamètre 2,40m et de hauteur de 1,60m. Elles se déposent sur le fond et sont raclées vers une fosse à boue centrale à l'aide d'un pont racleur tournant en acier lequel est muni des raclettes avec lame en caoutchouc.

Pour maintenir une concentration adéquate en bactéries épuratrices, les boues en excès venant du clarificateur sont évacuées et dirigées vers l'épaississeur.

Tableau III.7 : Les dimensionnements du clarificateur

La forme	Circulaire
Diamètre	20,5m
Surface	330m ²
Pente de fond	1/12
Volume	822,5m ³
Temps de séjour	3,43 h pour un débit Q_p 239m ³ /h
	6,57 h pour un débit Q_m 125m ³ /h

La photo III-4 représente le clarificateur.



Photo III-4 : Clarificateur

La fosse à boues contient deux pompes, de type submersible, une fonctionne et l'autre reste de secours. Elle assure :

- La circulation des boues vers le bassin d'aération ;
- Alimentation de l'épaississement en boues en excès.

Tableau III.8 : Les pompes de recirculation

Type	Submersible (type CT3127 MT 432)
La puissance	5,9 KW
Débit	190 m ³ /h
HMT	4m

6- Le poste de désinfection

La finalité sera donc de réduire les germes pathogènes non éliminés par les boues activées. La désinfection est réalisée par un agent oxydant qui est l'hypochlorite de sodium (NaOCl) ayant une action germicide directe.

Tableau III.9 : Les dimensionnements de poste de désinfection

La forme	Cylindrique
Diamètre	6m
Hauteur	3m (hauteur utile 2,3m)
Surface	28,26m ²
Volume	169,6m ³ (volume utile 65m ³)
Temps de séjour	16,3mn pour un débit Q _p 239m ³ /h
	31,2mn pour un débit Q _m 125m ³ /h

La photo III-5 représente le poste de désinfection



La photo III-5 : Poste de désinfection

Remarque

Il est à noter que l'ouvrage de désinfection ne fonctionne pas, les eaux sortant du décanteur secondaire sont directement déversées vers le milieu naturel.

III.5.2. Filière de traitement des boues

La production journalière de boues en excès est estimée en moyenne à 600kg. Les boues de recirculation sont envoyées dans le bassin d'aération, et les boues en excès sont dirigées vers l'épaississeur. En bref aperçu cette filière est constituée :

1- L'épaississeur

Les boues en excès produites lors de l'épuration biologique sont envoyées par une conduite DN 100 en acier galvanisé vers l'épaississeur où elles séjournent quelques temps avant d'être envoyées vers les lits de séchage.

L'épaississeur a une surface de $14,31\text{m}^2$ (diamètre 4,27m). Ce traitement concerne 600Kg des boues par jour. La concentration des boues venant de la clarification est de 12g/l et la quantité de boues à soutirer est de 50m^3 .

Le volume des boues à évacuer chaque jour vers les lits de séchage est +/- 15m^3 .

L'eau de trop plein est dirigée en tête de la station ;

La photo III-6 représente l'épaississeur.



Photo III-6 : L'épaississeur

2- Les lits de séchage

Les boues épaissies sont soutirées par gravité et dirigées vers le lit de séchage par le biais d'une conduite en acier galvanisé de diamètre DN 80. Elles contiennent encore une grande quantité d'eau, et leur déshydratation s'opère en deux étapes afin d'obtenir des boues séchées :

- D'une part par infiltration de l'eau à travers le milieu filtrant et élimination par des drains.
- D'autre part, la partie restante est éliminée par évaporation sous l'action de la chaleur.

Il y a au niveau de la STEP six lits de séchage dont chacun mesure 8m par 20m.

La photo III-7 représente deux lits de séchage (l'un contient la boue épaissie et l'autre la boue séchée)



Photo III-7 (a) : Lit de séchage (boue épaissie)



Photo III-7 (b): Lit de séchage (boue séchée)

Conclusion

Il est important de caractériser et de diagnostiquer la pollution de l'effluent à traiter et de connaître chaque source de pollution afin de pouvoir aboutir sur une meilleure remise à niveau de cette STEP.

Chapitre IV : Traitement et interprétations

Dans ce chapitre, nous présentons le bilan annuel des traitements effectués au niveau de la station d'épuration de Staoueli, afin de pouvoir qualifier la pollution des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP.

IV.1. Etat actuel de la station

Avec le développement considérable de la commune de Staoueli, sa population est estimée à 48000 habitants pour cette année. Le débit entrant à la station d'épuration devient alors très important et dépasse la capacité de la station.

IV.2. Etude des caractéristiques des eaux usées de la station

IV.2.1. Prélèvement

Le prélèvement correct des échantillons d'eaux résiduaires constitue la condition la plus importante pour l'exploitation des résultats d'analyses obtenus au laboratoire et leur utilisation dans la pratique. D'une façon générale, l'échantillon doit être homogène et représentatif.

Les prélèvements effectués s'étalent du 05/2006 jusqu'à 05/2007, avec une fréquence d'échantillonnage de trois fois par semaine. Ils sont effectués à la main le même jour et transporté dans une glacière au laboratoire pour les analyser.

IV.2.2. Les points de prélèvement

Nous prélevons les quatre échantillons suivants :

- Eau brute à l'entrée de la station ;
- Eau épurée à la sortie du clarificateur ;
- Boues activées au niveau du bassin d'aération ;
- Boues de retour.

Dans une première étape, les 4 échantillons sont placés dans la centrifuge qui permet la séparation de l'eau des MES.

Les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire central du SEAAL.

IV.2.3. Méthode de mesure

▪ Détermination des matières en suspension

- Centrifuger 200ml de l'échantillon ;
- Récupérer les culots et transvaser dans une capsule déjà pesée ;
- Déposer la capsule dans l'étuve à 105°C pendant deux heures.
- Laisser refroidir au dessiccateur et peser. (annexe3)

Le calcul de MES s'effectue comme suit :

$$\text{MES} = (\text{Poids séché} - \text{Tare}) * 80 / 1000$$

▪ Détermination des matières volatiles en suspension

- Après détermination du résidu sec, placer la capsule et son contenu dans le four préalablement porté à 560°C pendant deux heures.
- Retirer la capsule et la laisser refroidir dans un dessiccateur et peser. (annexe3)

Le calcul de MVS s'effectue comme suit :

$$\text{MVS} = (\text{Poids séché} - \text{Poids calciné}) / (\text{Poids séché} - \text{Tare}) * 100$$

▪ Détermination de la demande chimique en oxygène

La méthode de mesure de la DCO est un procédé classique de laboratoire avec des dosages volumétriques effectués. On réalise trois échantillons :

- Le blanc (10ml ED + 5ml K₂Cr₂O₇ + 15ml Ag₂SO₄) ;
- Eau brute (5ml EB + 5ml K₂Cr₂O₇ + 15ml Ag₂SO₄) ;
- Eau épurée (5ml EE + 5ml K₂Cr₂O₇ + 15ml Ag₂SO₄).

Après passage des trois échantillons (B, EB, EE) dans un DCO-mètre à 150°C pendant 2 heures, nous les plaçons dans des béchers, puis, nous complétons les volumes jusqu'à 75ml. Nous appliquons le titrage avec le sulfate de fer et d'ammonium et trois gouttes du ferroïne jusqu'à l'obtention de la couleur rouge. De cette manière, nous obtiendrons le volume du sulfate de fer. (annexe1)

Le calcul de DCO s'effectue comme suit :

$$\text{DCO} = (V_B - V_E) * 960 * \text{facteur} / 10$$

▪ **Détermination de la demande biochimique en oxygène**

A partir de la valeur de DCO, nous prenons le volume correspondant des deux échantillons (EB, EE). Nous ajoutons une barre magnétique pour assurer la bonne agitation des deux échantillons, enfin, nous les laissons sous incubation dans le débiomètre pendant 5 jours.

Nous utilisons des pastilles en soude (NaOH) pour absorber le CO₂ dégagé par les bactéries. (annexe2)

IV.2.4. Résultats

Pour les deux échantillons, l'eau brute et l'eau épurée, on effectue la mesure de : MES, MVS, DCO, DBO₅. Les résultats sont représentés dans le tableau IV-1 :

Tableau IV-1 : Résultats d'analyse de l'eau brute et l'eau épurée

Moyenne	Eau brute				Eau épurée			
	MES (mg/l)	MVS ()	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	MES (mg/l)	MVS ()	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)
Mai-06	64	53.91			33.63	35.73		
Juin-06	120.85	65.91	440		38.9	45.84	70.4	
Juil-06	114	78.2	408.7		47.6	41.3	174	
Août-06	125	81.4	356		60	63.2	95	
Sept-06	240	69.8	409		87.6	53.3	117	
Oct-06	108	69.1	278	125	48.9	46.6	72	10.7
Nov-06	178	60.4	285	181	60.5	49.3	115	13.7
Déc-06	302	64.9	262	194	77.7	67.5	96	10.8
Janv-07	141.8	72.68	261.6	233.1	41.61	81.72	76.8	35.38
Févr-07	197.7	66.66	223.2	222.2	71.66	57.53	79.12	22.44
Mars-07	144	66	176	97	46	53	52	8
Avr-07	104	74,3	186	104	42	68	44,1	19,5
Mai-07	190	67,3	78,4	183	55,5	66,4	40,8	9,39

A propos des deux autres échantillons, boues activées et boues de retour, on effectue la mesure des MES et MVS seulement. Les résultats sont représentés dans le tableau IV-2 :

Tableau IV-2 : Résultats d'analyse des boues activées et boues de retour

Moyenne Mois	Boues activées		Boues de retour	
	MES (g/l)	MVS ()	MES (g/l)	MVS ()
Mai-06	4.94	65.93	4.84	67.53
Juin-06	2.33	51.9	2.44	51.7
Juil-06	3.26	71.5	4.53	66.39
Août-06	2.53	73.57	3.26	73.64
Sept-06	2.17	61.24	2.73	72.52
Oct-06	3.1	58.23	4.54	59.32
Nov-06	6.83	40.56	7.72	36.35
Déc-06	7.39	44.13	9.19	44.51
Janv-07	4.21	54.41	5.22	60.8
Févr-07	4.01	58.58	5.34	59.91
Mars-07	4	58	7	49
Avr-07	5,18	51,84	8,19	53,61
Mai-07	5,53	53,68	7,28	49,7

IV.3. Etude des caractéristiques de la boue de la station

IV.3.1. Prélèvement

Les prélèvements effectués s'étalent du 05/2006 jusqu'à 05/2007.

IV.3.2. Les points de prélèvement

Nous prélevons les deux échantillons suivants :

- A la sortie de l'épaississeur.
- Au niveau des lits de séchage.

Nous effectuons les mesures des paramètres suivants : MS, MO.

IV.3.3. Méthode de mesure

▪ Détermination de la matière séchée

Nous prenons un échantillon des boues (extraites de l'épaississeur ou séchées), nous le plaçons dans la capsule, après avoir pris son poids vide (tare), ensuite, nous laissons la capsule dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures. (annexe4)

Le calcul de MS s'effectue comme suit :

$$\text{MS} = (\text{Poids séché} - \text{Poids vide}) / (\text{Poids remplis} - \text{Poids vide}) * 100$$

▪ Détermination de la matière organique

Nous mettons l'échantillon étuvé dans le four à 560°C pendant 2 heures, ensuite, nous pesons l'échantillon dans la balance (poids calciné). (annexe4)

Le calcul de MO s'effectue comme suit :

$$\text{MO} = (\text{Poids séché} - \text{Poids calciné}) / (\text{Poids séché} - \text{Poids vide}) * 100$$

IV.3.4. Résultats

Tableau IV-3 : Résultats d'analyse des boues épaissies et séchées

Moyenne Mois	Boues épaissies		Boues séchées	
	MS (g/l)	MO %	Siccité %	MO %
Mai-06		92	59.39	53.55
Août-06	10.8	74.4	60.21	63.93
Sept-06	15.22	78.02	57.12	53.37
Oct-06	16.9	62.16		
Nov-06	32.37	45.63	75.27	51.01
Déc-06	28.42	47.68	64.02	34.07
Févr-07	20.27	61.34	63.48	43.57
Mars-07	3	53	48.37	38.65
Avr-07	5,74	50,35	43,49	44,25

IV.4. L'étude de performance de la station d'épuration

IV.4.1. Evolution du débit de l'eau brute

Il y a deux pompes à l'entrée de la station qui permettent de quantifier le débit d'eau brute. Les tableaux électriques enregistrent le nombre de tours pour chaque pompe.

Tableau IV-4 : Débit de l'eau brute

Mois	Débit (m ³ /j)
Mai-06	3821.2
Juin-06	4672.52
Juil-06	5066
Août-06	5089
Sept-06	4715.7
Oct-06	5223.2
Nov-06	4918.5
Déc-06	4524.8
Janv-07	5618.66
Févr-07	5468.75
Mars-07	4833
Avr-07	5280

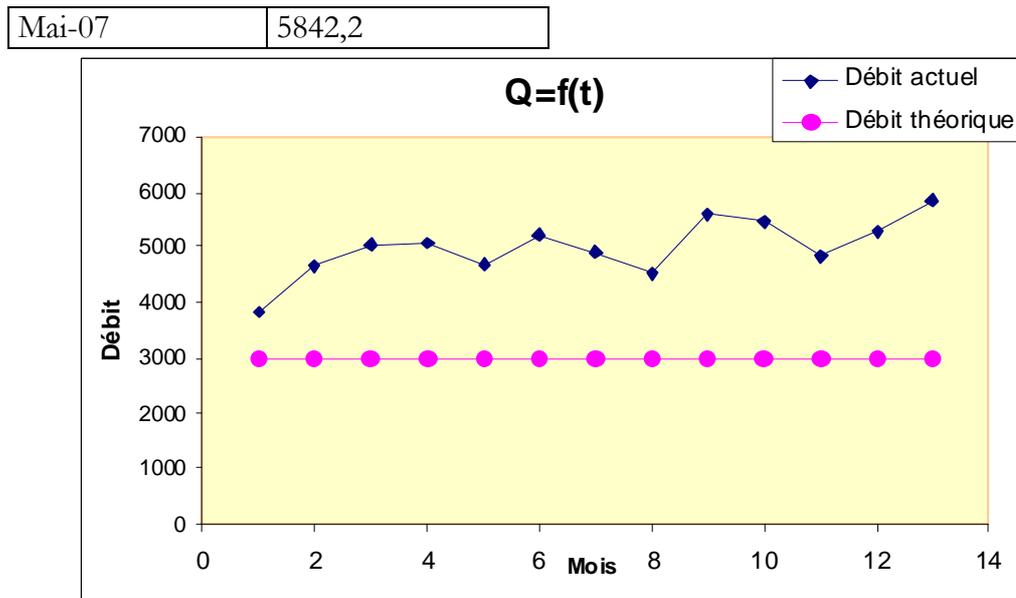


Figure IV.1 : Evolution du débit de l'eau brute

Toutes les valeurs du débit entrant de la figure IV.1 sont supérieures à la capacité de la station de 3000 m³/j. Cette augmentation de débit est due à l'augmentation de la population de Staoueli de 15000 eq.hab en 1989 à 48000 eq.hab en 2007.

IV.4.2. L'étude des performances du désableur-déshuileur

- **Les quantités des sables rejetés**

Le tableau suivant présente les quantités mensuelles de déchets rejetés par le désableur-déshuileur pendant cinq mois.

Tableau IV-6 : Quantités de déchets rejetés par le désableur-déshuileur

Mois	Mai (2006)	Août (2006)	Février (2007)	Mars (2007)	Avril (2007)
La quantité de sable (m ³)	5,25	15	21	19	3

On remarque que les quantités des sables augmentent pendant la période de pluie.

IV.4.3. Etude des performances du bassin d'aération

- **Les paramètres de fonctionnement du bassin d'aération**

* La charge massique

Dans le bassin d'activation, une quantité de boues est activée. On définit la charge massique comme étant le rapport du nombre de kg de DBO₅ éliminés par jour dans un bassin d'activation, par le nombre de kg de MVS contenu dans ce même bassin.

Si $0,02 < C_m < 0,1 \Rightarrow$ boues activées à très faible charge massique (aération prolongée).

Si $0,1 < C_m < 0,2 \Rightarrow$ boues activées à faible charge.

Si $0,2 < C_m < 0,5 \Rightarrow$ boues activées à moyenne charge.

Si $0,5 < C_m < 1,5 \Rightarrow$ boues activées à forte charge.

Si $1,5 < C_m < 2,5 \text{ à } 5 \Rightarrow$ boues activées à très forte charge.

Tableau IV-7 : Charge massique

Mois	Oct 06	Nov 06	Déc 06	Janv 07	Fév 07	Mars 07	Avril 07	Mai 07
C_m (kg/j)	1,5	1,9	1,33	2,38	1,58	1,18	1,5	1,37

L'évolution de la charge massique est représentée dans la figure IV.2 :

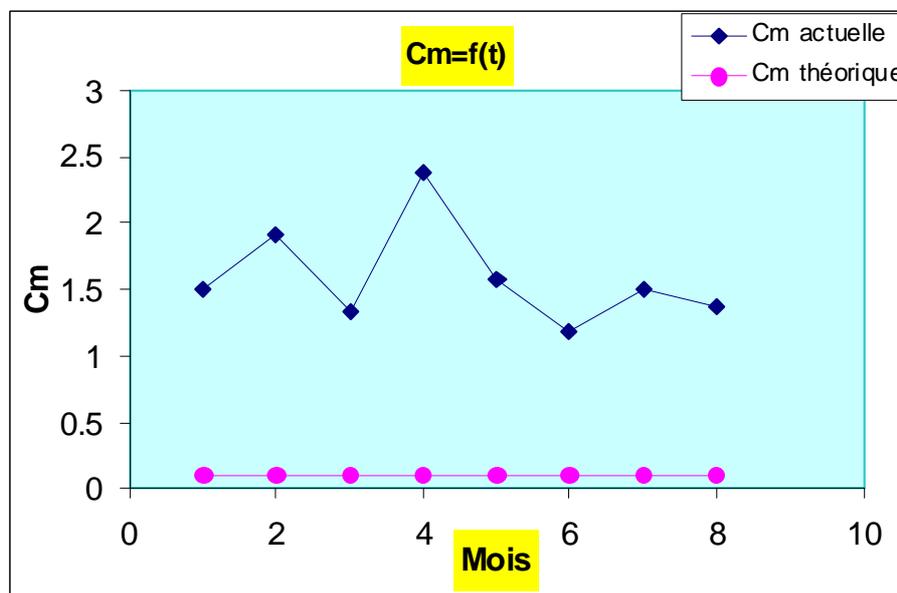


Figure IV.2 : Evolution de la charge massique.

Le graphe montre que la station fonctionne dans le domaine de forte à très forte charge, alors qu'elle est prévue pour fonctionner à faible charge, cette variation de la charge massique est due à la variation de débit, donc de la charge polluante.

* La concentration du MES dans le bassin d'aération

Les résultats des MES sont donnés par le tableau IV-2 (boues activées) et représentés dans la figure ci-dessous :

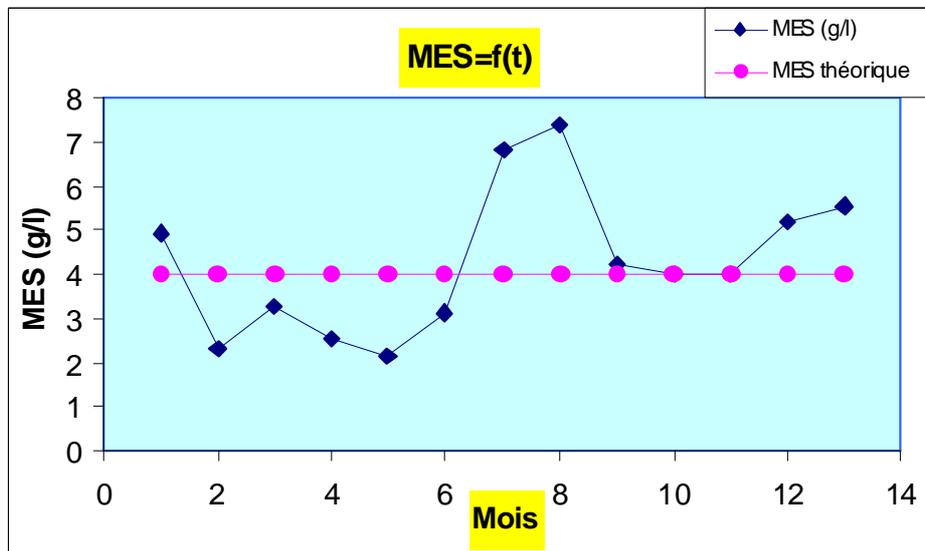


Figure IV.3 : Evolution des concentrations de MES dans le bassin d'aération.

Le graphe montre que les concentrations des MES sont inférieures de 4 g/l à l'exception de quelques valeurs accidentelles dues aux eaux de ruissellement, le réseau étant unitaire, ce qui favorise ce phénomène pendant les périodes de crues.

* Evolution de DBO₅

Les résultats de la DBO₅ donnés par le tableau IV-1 sont représentés dans la figure ci-dessous :

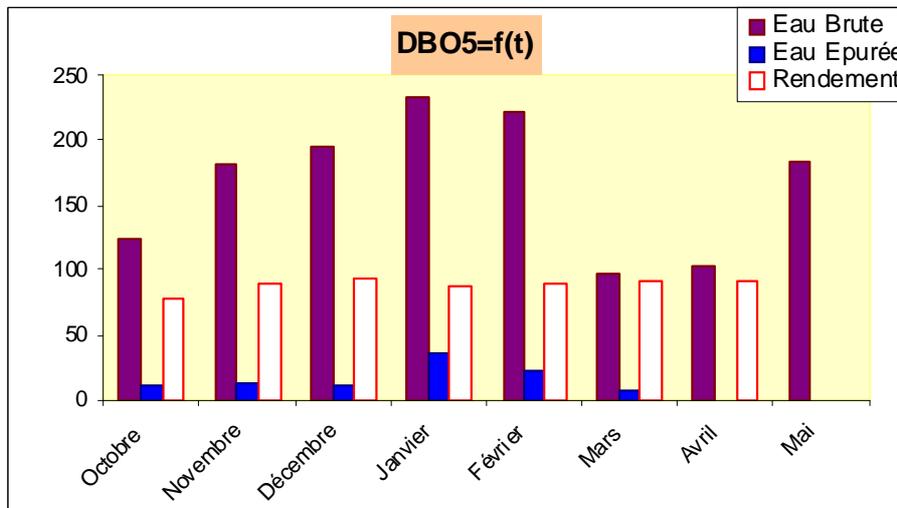


Figure IV.4 : Evolution de la DBO₅

On constate, d’après cette figure, une chute des valeurs de la DBO₅ de l’eau épurée quelque soit la pollution de DBO₅ de l’eau brute.

Les valeurs de la DBO₅ varient entre 97 et 233,1 mg/l pour l’eau brute et entre 8 et 35,4 mg/l pour l’eau épurée. Ces valeurs ne dépassent pas les normes de rejet recommandées par l’OMS (30mg/l) à l’exception de deux résultats d’analyse pendant la période de pluie pouvant être dues à l’autocurage des conduites d’assainissement pendant les orages.

* Evolution de la DCO

Les résultats de la DCO donnés par le tableau IV-1 sont représentés dans la figure ci-dessous :

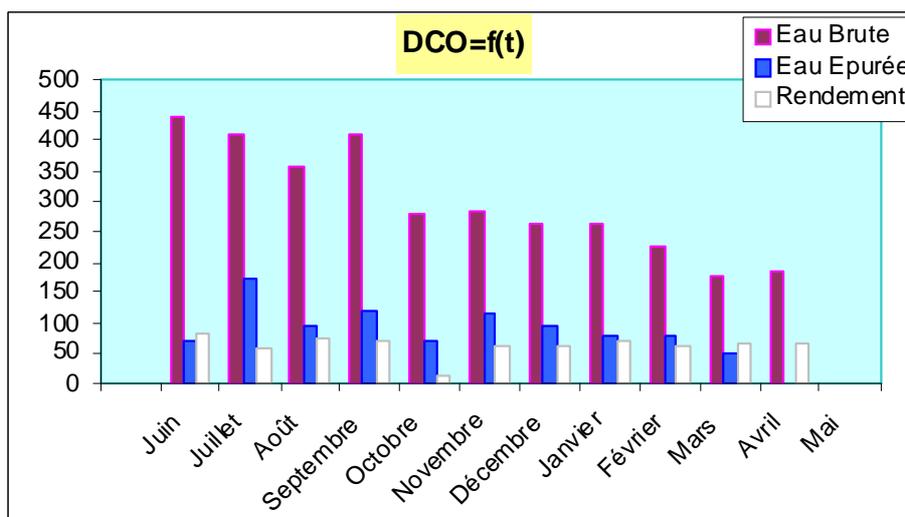


Figure IV.5 : Evolution de DCO

D'après la figure IV.5, les résultats de l'évolution de la DCO obtenus révèlent des valeurs qui varient entre 176 et 440 mg/l pour l'eau brute et entre 52 et 174 mg/l avec une moyenne d'élimination de 61,8%. Ces résultats répondent aux normes de rejets indiquées par l'OMS (90 - 120 mg/l) à l'exception d'une valeur correspondante au mois de Juillet, elle est provoquée par une pollution accidentelle.

* La biodégradabilité

La biodégradabilité d'une substance exprime son aptitude à être décomposé par les micro-organismes (bactéries, champignon, etc....).

Ce type d'évolution est constaté dans les effluents domestiques et dans de nombreuses industries agricoles (laiteries, abattoirs, etc....); par contre, d'autres substances également d'origine naturelle ne sont que lentement et difficilement biodégradable, c'est le cas des composées d'origine végétale, et des produits de synthèse dont la structure résiste à la dégradation bactérienne. Elle est le rapport de DCO/DBO₅.

C'est le coefficient de biodégradabilité qui nous permet d'avoir une idée sur la possibilité du traitement biologique.

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.8 : La biodégradabilité

Mois	DCO/ DBO ₅
Oct-06	2,22
Nov-06	1,57
Déc-06	1,35
Janv-07	1,12
Févr-07	1,00
Mars-07	1,81
Avr-07	1.78
Mai-07	0,43

L'évolution de l'indice de La biodégradabilité est représentée dans la figure ci-dessous :

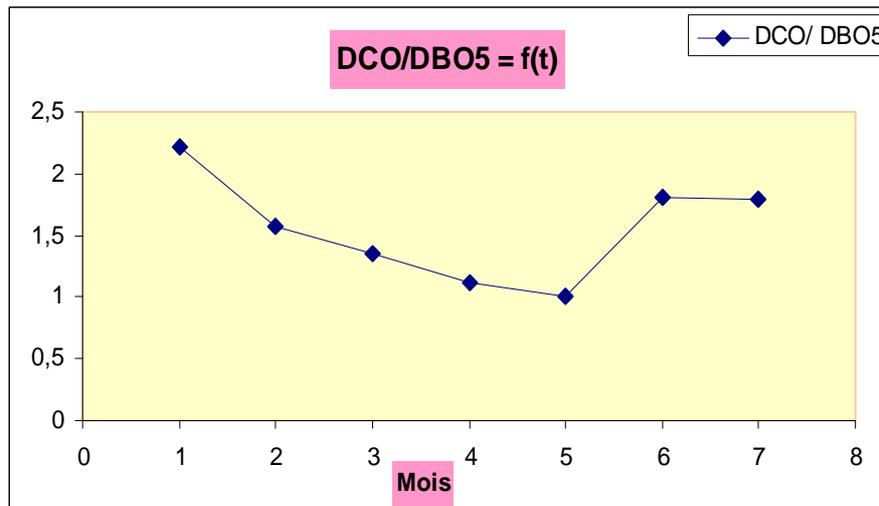


Figure IV.6 : Evolution de la biodégradabilité

Les valeurs de la biodégradabilité varient entre 1,00 et 2,22, ces valeurs expriment une bonne biodégradabilité des boues.

* L'indice de Mohlman I_M

L'indice de Mohlman est le rapport entre le volume de boues décantées en $\frac{1}{2}$ heures, et la masse de matières en suspension contenue dans ce volume.

Il permet d'une part de traduire la bonne ou la mauvaise disponibilité des boues à la décantation, et d'autre part de fixer un taux des MES à maintenir dans le bassin d'aération.

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau IV-9 : Indice Mohlman

Mois	Décantation 30 min	I_M
Mai-06		182.47
Juin-06		269.38
Juil-06	360.97	240.6
Août-06	772.9	322.6
Sept-06	567	274.4
Oct-06	25.81	230
Nov-06	40.56	96.6
Déc-06	747	112
Janv-07	755.48	191.82
Févr-07	552.85	140.56
Mars-07	417	90
Avr-07	748,33	164,5
Mai-07	826,45	166,1

L'évolution de l'indice de Mohlman est représentée dans la figure IV.7 :

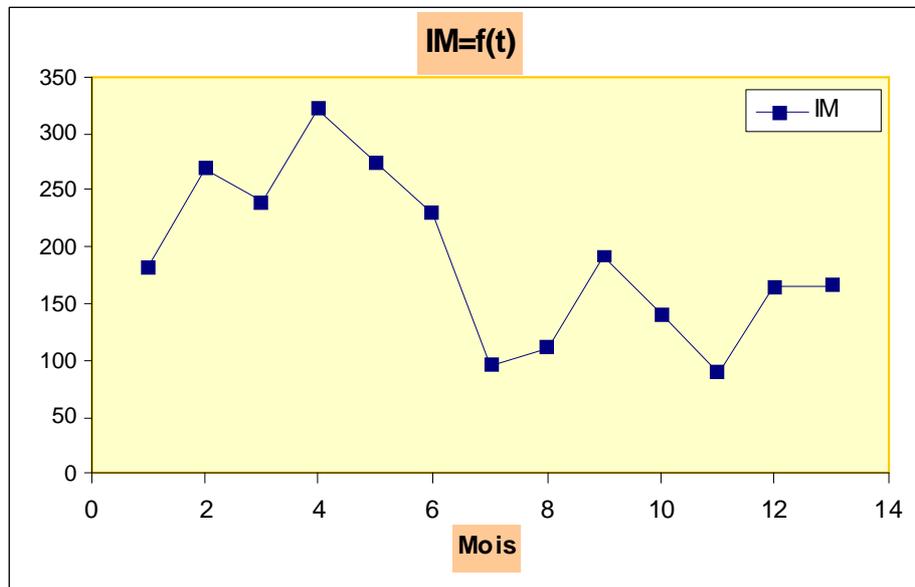


Figure IV.7 : Evolution de I_M

D'après cette figure, nous constatons que les valeurs de I_M oscillent entre 100 et 200, ce qu'explique une bonne décantation des boues, à l'exception de quelques valeurs dépassant le seuil de 200 et qui pourraient être causées par des rejets accidentels.

IV.4.5. Etude des performances du clarificateur

*** Evolution de la limpidité**

Le test de Sicchi est effectué au niveau de clarificateur à l'aide d'un disque blanc fixé par un fil. Ce test permet :

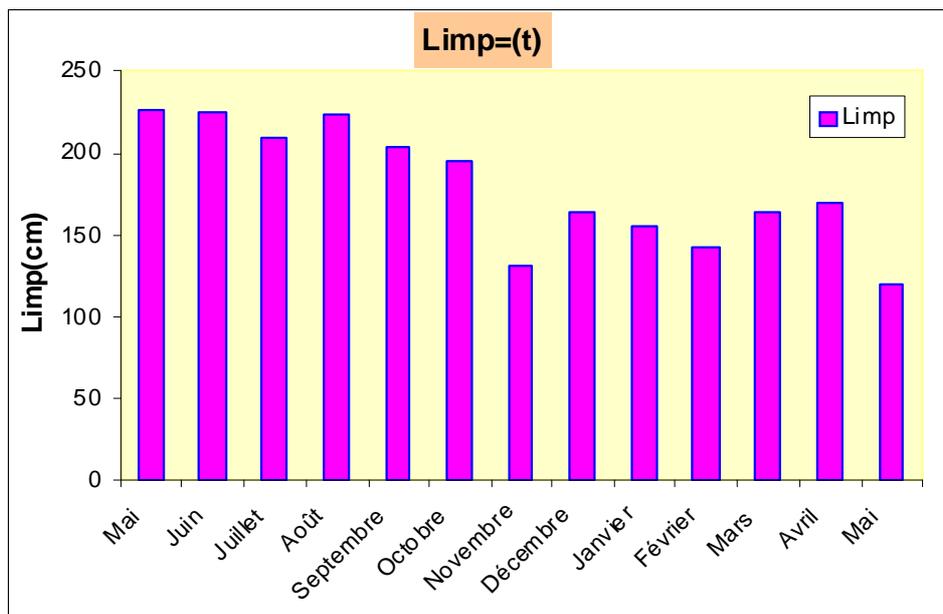
- D'apprécier la quantité de MES dans l'eau épurée.
- De mesurer la hauteur du voile de boue.

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau IV-10 : Mesures de la limpidité

Mois	Limp (cm)
Mai-06	226.45
Juin-06	225.51
Juil-06	210
Août-06	223
Sept-06	205
Oct-06	196
Nov-06	131
Déc-06	164
Janv-07	156.1
Févr-07	141.8
Mars-07	163
Avr-07	170
Mai-07	120

L'évolution de l'indice de la limpidité est représentée dans la figure ci-dessous :

**Figure IV.8** : Evolution de la limpidité.

Les valeurs de la limpidité dépassent, en général, les 100 cm, elles indiquent une bonne qualité de l'eau épurée.

Remarque: nous remarquons une sensible détérioration de ce paramètre pendant l'année 2007 par rapport à l'année précédente à cause de l'augmentation des charges polluantes.

* Evolution des MES

Les résultats des MES donnés par le tableau IV-1 sont représentés dans la figure ci-dessous :

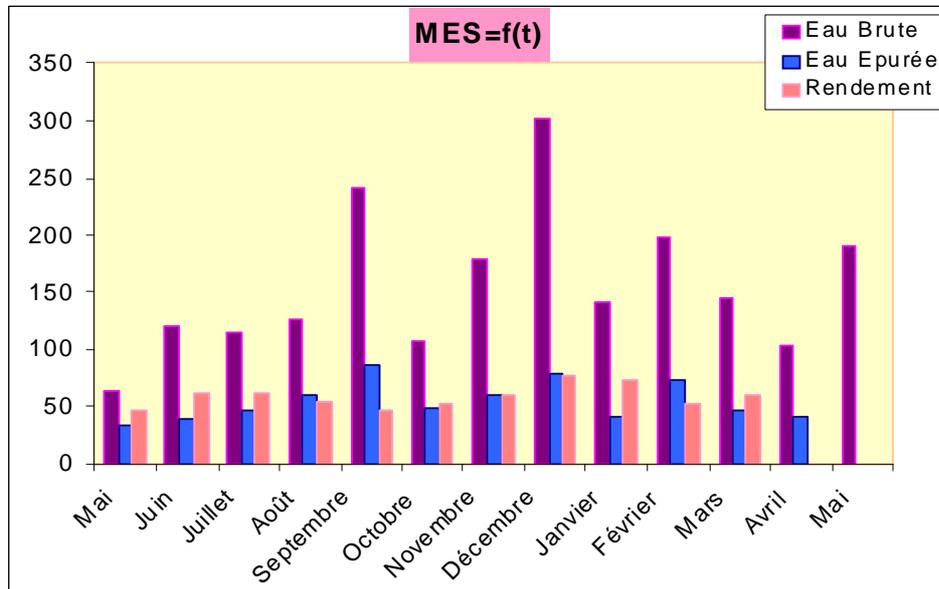


Figure IV.9 : Evolution des MES.

La figure IV.9 montre que les valeurs des MES dépassent les normes de rejet de l'OMS (30mg/l) et les normes d'irrigation de la FAO (20 - 30mg/l), avec un rendement d'élimination moyen de 58,6%, à cause d'un mauvais fonctionnement du clarificateur.

IV.4.6. Etude des performances de l'épaississeur

D'après les résultats d'analyse des boues épaissies, représentées dans le tableau IV.3, ces derniers ne conforment pas aux concentrations adéquates. Ceci indique un mauvais fonctionnement de l'épaississeur.

IV.4.7. Etude des performances des lits de séchage

On remarque que la période de séchage de la boue épaissie est fonction des conditions climatiques (augmentation de la période de séchage de la boue pendant la période pluviale). Elle varie entre quelques jours à un mois.

IV.5. Interprétation des résultats

En se basant sur ces résultats, et après avoir étudié la performance des différents ouvrages, nous pouvons conclure ce qui suit :

- Le débit des eaux usées d'entrée dépasse la capacité de réception de la station. La step de Staoueli a un fonctionnement aléatoire avec des rendements d'épuration variables.
- L'absence de désinfection augmente la pollution microbienne dans le milieu récepteur et interdit leur réutilisation.
- Suivant les différents résultats d'analyses effectuées, les eaux de la station d'épuration ne sont pas épurées conformément aux normes en vigueur.
- Cette dernière peut provoquer le déséquilibre du milieu aquatique ou encore provoquer certaines maladies hydriques.

Pour cela nous préconisons de redimensionner la station afin de concrétiser sa remise à niveau en fonction de ces nouvelles données hydrauliques et biologiques (débit, MES, DBO₅, DCO...).

Chapitre V : Dimensionnement de la station d'épuration de Staoueli

Le dimensionnement d'une station d'épuration dépend de la charge à l'entrée, qui est fonction du débit, et des concentrations moyennes des paramètres de pollution (DBO₅, MES...).

V.1. Horizon actuel

V.1.1. Calcul des débits et des charges polluantes

Pour bien dimensionner la station d'épuration, il faut bien estimer les débits d'eau usée et les charges polluantes.

a. Calcul des débits

- i. Le débit moyen journalier est : $Q_j = 4936 \text{ m}^3/\text{j}$; (la moyenne des débits calculés au niveau de la station).
- ii. Débit moyen horaire

$$\text{Il est donné par la relation suivante : } Q_m = \frac{Q_j}{24} \Rightarrow Q_m = \frac{4936}{24} = 205,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Rightarrow Q_m = 57,13 \text{ l/s}$$

- iii. Le débit de pointe en temps sec

On le calcule par la relation suivante : $Q_p = C_p * Q_m$;

$$\text{avec, } C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}} \quad \text{si } Q_m \geq 2,8 \text{ l/s}$$

$$C_p = 3 \quad \text{si } Q_m < 2,8 \text{ l/s}$$

Dans notre cas : $C_p = 1,83$.

Le débit de pointe est :

$$Q_p = 1,83 * 205,66 = 376,4 \text{ m}^3/\text{h};$$

$$\text{D'où : } Q_p = 9036,62 \text{ m}^3/\text{j}.$$

- iv. Le débit diurne

Le débit moyen diurne correspond à la période diurne de 14 heures consécutives au cours de laquelle la station reçoit le plus grand volume d'eau usée, soit :

$$Q_d = \frac{Q_j}{14 \text{ heures}} \Rightarrow Q_d = \frac{4936}{14}$$

$$\text{D'où : } Q_d = 352,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

v. Le débit maximum d'orage

$$Q_{\max} = 2,5 * Q_p = 22591,55 \text{ m}^3/\text{j} ;$$

$$\Rightarrow Q_{\max} = 941,3 \text{ m}^3/\text{h}.$$

b. Calcul des charges polluantes

A défaut de procéder à des prélèvements et analyses de l'eau usée, les charges polluantes de notre eau usée sont estimées à partir des charges polluantes spécifiques par habitant et par jour à savoir une $DBO_5 = 60 \text{ g/hab/j}$ et une $MES = 70\text{g/hab/j}$.

A partir de ces hypothèses, les charges polluantes journaliers se calculent aisément :

$$MES = 70 * 10^{-3} * 48000 = 3360 \text{ kg/j} ;$$

$$\text{D'où : } MES = 3360 \text{ kg/j}.$$

$$DBO_5 = 60 * 10^{-3} * 48000 = 2880 \text{ kg/j};$$

$$\text{D'où : } DBO_5 = 2880 \text{ kg/j}.$$

Le tableau qui suit résume l'estimation des débits et des charges polluantes nécessaires au dimensionnement :

Tableau V-1 : Les données de base pour l'horizon actuel

Données de base	Valeur	Unité
Population	48000	Eq-hab
Débit journalier	4936	m ³ /j
Débit moyen horaire	205,66	m ³ /h
Débits de pointe en temps sec	376,4	m ³ /h
Débits de pointe journalière	9036,6	m ³ /j
Débit diurne	352,6	m ³ /h
Débit maximum d'orage	941,3	m ³ /h
Charge en DBO_5	2880	kg/j
Charge en MES	3360	kg/j

V.1.2. Ouvrages de prétraitement

a. Le dégrillage

La surface de la grille est donnée par la formule suivante : $S = \frac{Q_{\max}}{V}$

avec, Q_{\max} : débit pointe en temps sec (m³/j) et V : vitesse d'entrée des eaux brutes comprise entre 0.6 et 1 m/s.

- Dégrilleur grossier : $V = \frac{Q_{\max}}{S}$, ceci nous donne $V = 0,26$ m/s.
- Dégrilleur fin : $V = \frac{Q_{\max}}{S}$, ceci nous donne : $V = 0,5$ m/s.

On remarque que la vitesse d'entrée des eaux usées à la station est faible ($< 0,6 - 1$ m/s), donc, nous avons proposé de nouveaux dégrilleurs grossier et fin.

▪ Dimensionnement

La largeur totale de la grille est donnée par la relation suivante d'après Kittelberger :

$$L = \frac{d+e}{e} * \frac{1}{1-n} * \frac{Q_{\max}}{V * h}$$

Avec, L : largeur totale des grilles ; d : largeur des barreaux; e : l'espacement entre les barreaux ; n : degré d'encassement = 40% ; Q_{\max} : Débit maximum d'orage et h : Profondeur d'eau en amont des grilles égale à 0,5 m.

✦ Grille grossière

$$L = \frac{15+50}{50} * \frac{1}{1-0,4} * \frac{0,26}{1*0,5}$$

$$\Rightarrow L = 1,13 \text{ m.}$$

Donc : nous choisissons une grille de largeur 1,5 m.

✦ Grille fine

$$L = \frac{15+20}{20} * \frac{1}{1-0,4} * \frac{0,26}{1*0,5}$$

$$\Rightarrow L = 2,27 \text{ m.}$$

Donc : nous choisissons une grille de largeur 2,5 m.

Résidu du dégrillage

Le volume des résidus retenus par les grilles est estimé à $(2 \div 5)$ l/hab/an pour une grille grossière et $(5 \div 10)$ l/hab/an pour une grille fine.

Le volume du refus des dégrilleurs grossier et fin est donné par la relation suivante :

$$V = \frac{12 \text{ à } 15}{e}, \text{ avec, } e : \text{l'espacement entre les barreaux en cm.}$$

D'où : $V = 8,4$ l/hab/an.

Le volume journalier est de 1104.66 l/j.

Pour toutes grilles, il est impératif d'évacuer tous les jours les matières dégrillées qui peuvent contenir jusqu'à 80 % des matières organiques.

Tous les jours, nettoyage au jet d'eau des parois, de la grille et du râteau pour enlever les matières adhérentes.

b. Le déssableur-déshuileur

On adaptera un dessableur - déshuileur cylindro-conique avec deux compartiments, le volume de chacun est donné par :

$$V_D = Q_{\max} * T_s$$

Avec, T_s : temps de séjour de l'eau dans le déssableur - déshuileur et Q_{\max} : le débit maximum.

Connaissant le volume du déssableur, nous calculons son diamètre par :

$$D = \sqrt{4 * V / (\pi * h)}$$

Le débit entrant pour chaque compartiment du déssableur - déshuileur est :

$$Q_D = \frac{Q_{\max}}{2} \Rightarrow Q_D = 470,65 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Dans nos calculs, nous prendrons $T_s = 14\text{min}$ (c'est les valeurs adoptées dans l'étude de 1989).

D'où le volume de chaque compartiment est : $V_D = 109,82 \text{ m}^3$.

★ Calcul de la quantité d'air injectée

Il s'agit d'un déssableur - déshuileur aéré, il faut donc estimer la quantité d'un d'air à injecter. Elle est estimée à 1 à 1,5 m^3 par m^3 d'eau usée selon l'étude de 1989 :

$$\text{On a : } Q_{\text{air}} = Q_{\max} * V_{\text{air}}$$

Avec, V_{air} : volume d'air à injecter (on prend : $V=1,25 \text{ m}^3/\text{m}^3$).

$$\text{D'où : } Q_{\text{air}} = 28239,4 \text{ m}^3.$$

★ Calcul des quantités de matières éliminées par le déssableur-déshuileur

Le dessableur-déshuileur élimine 80% de matière minérale présente dans les eaux usées. La matière minérale représenté 30% environ de la charge en matière en suspension (MES), les 70% restants, représentent les matière volatiles en suspension (MVS).

Partant de ces hypothèses, il s'ensuit :

$$\text{Les matières minérales totales} = 0,30 * 3360 = 1008 \text{ kg/j ;}$$

Les matières minérales éliminées = $0,80 * 1008 = 806,4 \text{ kg/j}$;

Les matières minérales restantes = $201,6 \text{ kg/j}$;

Les MES sortantes = $2553,6 \text{ kg/j}$.

Tableau V-2 : Les dimensions du déssableur - déshuileur

Désignation	Unité	Actuel	Extension
Le volume	m^3	71,6	148
La surface	m^2	39,25	33,16
La hauteur	m	1,4	1,7
Le diamètre	m	5	6,5
La profondeur	m	1,27	1,6

V.1.4. Ouvrage du traitement secondaire

d. Dimensionnement du bassin d'aération

Le traitement par boues activées se fait à faible charge (même condition que dans l'étude de 1989). Elle est caractérisée par :

- Une charge massique $0,07 \leq C_m \leq 0,2 \text{ kg DBO}_5/\text{kg MVS/j}$;

- Une charge volumique $0,35 \leq C_v \leq 0,6 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3/\text{j}$.

Nous adopterons : $C_m = 0,1 \text{ kg DBO}_5/\text{kg MVS/j}$ et $C_v = 0,4 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3/\text{j}$.

Les charges polluante en DBO_5 à l'entre du bassin d'aération sera notée :

$$L_0 = 2880 \text{ kg DBO}_5/\text{j}.$$

La concentration en DBO_5 est alors de :

$$S_0 = \frac{L_0}{Q_j} = \frac{2880}{4936} = 0,58 \text{ kg/m}^3$$

$$\Rightarrow S_0 = 0,58 \text{ g/l}.$$

La concentration en DBO_5 à la sortie doit répondre aux normes de rejets établies par l'OMS 30mg/l , d'où la charge à la sortie :

$$L_s = S_s * Q_j = 30 * 10^{-3} * 4936$$

$$\Rightarrow L_s = 148,08 \text{ kg DBO}_5/\text{j}.$$

La charge en DBO_5 éliminée est alors de :

$$L_e = L_0 - L_s \Rightarrow L_e = 831 \text{ kg DBO}_5/\text{j}.$$

Ce qui conduit à un rendement d'élimination de :

$$R = \frac{L_0 - L_S}{L_0} * 100 = 94\% \Rightarrow R = 94\%.$$

▪ Volume du bassin d'aération

Volume du bassin peut être déduit de la charge volumique C_v :

$$\text{Sachant que } C_v = \frac{\text{charge en DBO}_5 \text{ à l'entrée du bassin (kg/j)}}{\text{volume du bassin}}$$

Avec : $C_v = 0,4 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 / \text{j}$;

Charge en $\text{DBO}_5 = 2880 \text{ kg/j}$.

D'où : le **volume du bassin $V = 7200 \text{ m}^3$** .

▪ Vérification du temps de séjour

Selon que l'on tient compte du débit moyen ou du débit de pointe le temps de séjour est :

- A partir du débit moyen :

$$T_s = \frac{V}{Q_m} = \frac{7200}{205,66} \Rightarrow T_s = 35 \text{ heures.}$$

- A partir du débit de pointe par temps sec :

$$T_s = \frac{V}{Q_p} = \frac{7200}{376,4} \Rightarrow T_s = 19 \text{ heures.}$$

La masse totale des boues dans le bassin peut être déduite de la charge massique sachant que :

$$C_m = \frac{\text{charge en DBO}_5 \text{ à l'entre (kg / j)}}{\text{masse dans le bassin (MVS)(kg)}}$$

Avec, $C_m = 0,1 \text{ kg DBO}_5 / \text{kg MVS/j}$, soit $B_a = \frac{2880}{0,1} = 28800 \text{ kg}$.

D'où une concentration des boues dans le bassin :

$$[B_a] = \frac{B_a}{V} = \frac{28800}{7200} \Rightarrow [B_a] = 4 \text{ kg/m}^3.$$

▪ Besoins en oxygène

Pour favoriser la réaction aérobie qui est plus rapide que la fermentation anaérobie, il faut que le milieu contienne une concentration suffisante en oxygène.

Nous admettons que les micro-organismes aérobies n'utilisent pas directement l'oxygène, mais il doit être dissous dans l'eau.

La quantité théorique d'oxygène est la somme de celle nécessaire à la synthèse et celle nécessaire à la respiration endogène. Elle est donnée par la relation :

$$q_{O_2} = a' L_e + b' B_a \quad (\text{Kg/j}).$$

Avec, q_{O_2} : besoin en oxygène (Kg/j).

Les paramètres a' et b' sont des coefficients déterminés expérimentalement sous une température de 20°C. Ils représentent :

a' : Fraction de pollution transformée en énergie de synthèse au cours de l'épuration.

b' : Fraction d'oxygène correspondante à la quantité de matière détruite par endogène pour fournir l'énergie d'entretien.

Les coefficients a' et b' adoptées dans l'étude de 1989 sont ($a' = 0,66$ et $b' = 0,062$).

D'où : $q_{O_2} = 0,66 * 2731,92 + 0,062 * 28800$

$$\Rightarrow q_{O_2} = \mathbf{3588,66 \text{ kg } O_2/j}.$$

La quantité horaire d'oxygène nécessaire est : $q_h = \frac{q_{O_2}}{24} \Rightarrow \mathbf{q_h = 149,53 \text{ kg/h}}$.

La quantité d'oxygène nécessaire pour 1m³ du bassin est : $q_b = \frac{q_{O_2}}{V}$

D'où : $\mathbf{q_b = 0,49 \text{ kg } O_2/m^3/j}$.

La quantité d'oxygène nécessaire en cas du pointe est : (ce cas arrive pendant la période

diurne) : $q_{O_2 \text{ (pointe)}} = \frac{a' L_e}{14} + \frac{b' B_a}{24}$

$$\Rightarrow q_{O_2 \text{ (pointe)}} = \mathbf{203,19 \text{ kg/h}}.$$

▪ Le passage aux conditions réelles

Le passage des conditions nominales aux conditions réelles d'utilisation s'effectue à l'aide d'un coefficient correcteur Ω à appliquer aux calculs conduits ci-dessous.

Conditions effectives = Conditions nominales * Ω .

Le coefficient Ω est défini comme suit :

$$\Omega = \alpha * 1,02^{(T - 10)} * \frac{C_{stp} - C_x}{C_{10}}$$

Avec ,

α : Coefficient de correction ($0,8 \leq \alpha \leq 0,95$) ;

C_{stp} : est la capacité d'oxygène corrigée à la température et pression de travail, elle s'écrit : $C_{stp} = C_s \frac{P}{P_a} \beta$ avec : $\beta = \frac{C_s (\text{eau usée})}{C_s (\text{eau épurée})}$;

β : est de l'ordre de 0,95 (eau usée domestique) ;

C_s : concentration en oxygène à saturation, mesurée à l'interface ;

P : pression atmosphérique en fonction de l'altitude de la région ($P = 10,28$) ;

P_a : pression atmosphérique au niveau de la mer ($P_a = 10,33$) ;

C_x : concentration minimale à maintenir dans le bassin, elle est égale à 1,5 mg/l ;

C_{10} : concentration de saturation d'une eau en oxygène à 10°C, elle est égale à 10,92 mg/l.

Nous prenons : $t = 20^\circ\text{C}$ et $\alpha = 0,85$.

D'où : $C_{stp} = 8,38$ mg/l.

$$C_s = \frac{475}{33,5 + T} = 8,87 \text{ mg O}_2/\text{l}.$$

Alors : $\Omega = 0,67$

◆ Les besoins réels en oxygène sont donc :

- A partir de débit moyen : $q_{o_2m} = \frac{149,53}{0,67} = 223,18$ kg/h.

- A partir de débit de pointe : $q_{o_2p} = \frac{203,19}{0,67} = 303,26$ kg/h.

▪ Calcul de la puissance

- La puissance fournie pour le transfert d'oxygène (le rapport spécifique est de 2 kg/kwh) est : $P_a = \frac{303,26}{2} = 152$ kW.

- La puissance nécessaire pour le brassage est : $P_b = 0,03 * 7200 = 216$ kW.

- La puissance totale à fournir est : $P_t = P_a + P_b = 368$ kW.

Tableau V-4 : L'extension du bassin d'aération

Bassin d'aération	Unité	Actuel	Extension
Forme circulaire	/	/	/
Volume	m ³	2295	4905
Surface	m ²	637,5	1226,25
Hauteur	m	3,6	4
Diamètre	m	28,5	39,5
Charge éliminée L_c	Kg/j	810	2731,92

Tableau V-5 : Les caractéristiques du bassin existant

Bassin existant	Unité	Valeur
Volume	m ³	2295
Débit	m ³ /s	1573,35
Masse des MVS	Kg	9180
Charge éliminée L _e	Kg/j	870,8
Besoins en oxygène	Kg/j	1143,88
Puissance d'oxygénation	KW	52,8
Puissance du brassage	KW	66,1
Turbine	KW	3 * 22

Tableau V-6 : Les caractéristiques du bassin supplémentaire

Bassin supplémentaire	Unité	Valeur
Volume	m ³	4905
Débit	m ³ /s	3362,65
Masse des MVS	Kg	19620
Charge éliminée L _e	Kg/j	1861,14
Besoins en oxygène	Kg/j	2444,8
Puissance d'oxygénation	KW	99,2
Puissance du brassage	KW	149,9
Turbine	KW	3 * 33

b. Bilan des boues

i. Calcul de la quantité des boues en excès

Il s'agit des boues qui seront envoyées vers le traitement des boues, elles sont issues des décanteurs secondaires.

La quantité de boues en excès est déterminée par la relation suivante :

$$\Delta B = B_{\min} + B_{\text{dur}} + a_m L_e - b X_a - B_{\text{eff}}$$

avec,

B_{\min} : Boues minérales non éliminées (kg/j) ;

B_{dur} : Boues difficilement biodégradables, elles représentent 25% des matières volatiles en suspension (appelées matières dures) ;

a_m : Taux de conversion de la DBO₅ en matières volatiles en suspension. Elle est égale 0,75 ;

L_e : Quantité de DBO₅ éliminer (Kg/j) ;

b : Fraction de la masse cellulaire éliminée par jour en respiration endogène ($b=0.05$) ;

B_a : Masse totale de MVS dans le bassin (Kg) ;

B_{eff} : Fuite des MES avec l'effluent (dépend des normes de rejet, nous avons déjà adopté 30mg/l).

D'où :

$$B_{\text{min}} = 766,08 \text{ kg/j} ;$$

$$B_{\text{dur}} = 446,88 \text{ kg/j} ;$$

$$a_m L_e = 2048,94 \text{ kg/j} ;$$

$$b B_a = 1440 \text{ kg/j} ;$$

$$B_{\text{eff}} = 148,08 \text{ kg/j}.$$

Alors : $\Delta B = 1673,82 \text{ kg/j}$.

ii. Concentration de boues en excès

$$\text{Elle est donnée par : } X_m = \frac{1200}{I_m}$$

avec, X_m : Concentration de boues en excès ;

I_M : L'indice de Mohlman.

Si nous supposons que les boues se décantent bien, l'indice de Mohlman se situe alors entre 100 et 150. Cet indice représente le volume occupé par un gramme de poids sec de boues après décantation d'une demi heure dans une éprouvette de 1litre.

Si nous prenons $I_m = 100$ (bonne décantation des boues), alors :

$$X_m = \frac{1200}{100} \Rightarrow X_m = 12 \text{ kg/m}^3.$$

iii. Le débit de boues en excès

$$\text{Ce débit est donné par : } Q_{\text{exés}} = \frac{\Delta B}{X_m} = 139,48 \text{ m}^3/\text{j}.$$

iv. Le débit spécifique par m³ de bassin

$$\text{Son expression est : } q_{\text{sp}} = \frac{\Delta B}{V}$$

D'où : $q_{\text{sp}} = 0,098 \text{ kg/m}^3/\text{j}$.

Les boues recyclées

Dans le but de maintenir une concentration moyenne constante de boues dans le bassin, le recyclage est effectué à partir du clarificateur.

- **Le taux de recyclage** : Il peut varier de 15 à 100% de débit de l'effluent produit.

Il est donné par l'expression suivante : $R = \frac{1}{\frac{X_m}{S_v} - 1}$

Avec, R : Taux de recyclage (%);

X_m : Concentration des boues dans le bassin ;

S_v : Concentration des MES à l'intérieur du bassin, elle est donnée par :

$$S_v = \frac{[Ba]}{0,7} = \frac{4}{0,7} = 5,7 \text{ g/l.}$$

Donc : $R = 90\%$

- **Le débit des boues recyclées**

- A partir de débit moyen : $Q_m^R = R * Q_m = 4442,4 \text{ m}^3/\text{j.}$

- A partir de débit de pointe : $Q_p^R = R * Q_p = 8132,96 \text{ m}^3/\text{j.}$

v. Age des boues

L'age des boues est défini comme étant le rapport entre la quantité de boues présentes dans le bassin d'aération et la quantité de boues retirées quotidiennement.

$$\text{Donc : } A_b = \frac{B_a}{\Delta B} \Rightarrow A_b = 17 \text{ jours.}$$

Les boues sont vieilles, cela indique qu'elles sont minéralisées. Elles ont donc subi une décantation.

Tableau V-7 : Bilan des boues

Bilan des boues	Unité	Valeur
Quantité des boues en excès	Kg/j	1673,82
Débit des boues en excès	m ³ /j	139,48
Débit des boues recyclées en cas d'un débit moyen	m ³ /j	4442,4
Débit des boues recyclées en cas de pointe	m ³ /j	8132,96
Age des boues	jours	17

c. Clarificateur

Le clarificateur ou décanteur secondaire a pour but, la séparation de floc biologique de l'eau épurée.

Les boues déposées dans le clarificateur sont recirculées vers le bassin d'aération afin d'y maintenir une concentration quasi constante en bactéries et les boues en excès sont évacuées vers les installations de traitement de boues (épaississement, déshydratation).

▪ **Dimensionnement de clarificateur**

Le débit d'eau entrant au décanteur secondaire est :

$$Q = Q_p (1 + R)$$

$$\text{AN : } Q = 376,4 * (1 + 0,9) \Rightarrow Q = 715,16 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Avec une vitesse ascensionnelle de 1 m/h et une hauteur de 2,5 m ; la surface du clarificateur est :

$$S = \frac{1 + R}{V_a} * Q_p \Rightarrow S = 715,16 \text{ m}^2.$$

$$\text{Le volume sera donc : } V = S * H \Rightarrow V = 1787,9 \text{ m}^3.$$

▪ **Vérification du temps de séjour**

Selon que l'on tient compte du débit moyen ou du débit de pointe le temps de séjour est :

- A partir de débit moyen :

$$T_s = \frac{V}{Q_m} = \frac{1787,9}{376,4} \Rightarrow T_s = 4,7 \text{ heures.}$$

- A partir de débit de pointe par temps sec :

$$T_s = \frac{V}{Q_p} = \frac{1787,9}{205,66} \Rightarrow T_s = 8,7 \text{ heures.}$$

Tableau V-8 : L'extension du clarificateur

Clarificateur	Unité	Actuel	Extension
Forme circulaire	/	/	/
Volume	m ³	822,5	965,4
Surface	m ²	330	386,16
Hauteur	m	2,5	2,5
Diamètre	m	20,5	22,18
Temps de séjour/Q _m	h	4,7	4,7
Temps de séjour/Q _p	h	8,7	8,7

d. Poste de désinfection

Le bassin de stérilisation est le siège de destruction des germes pathogènes contenus dans l'eau épurée. Elle se fera par injection de l'hypochlorite de sodium (NaOCl) dilué dans l'eau traitée avec des proportions qui sera déterminées suivant l'analyse de ces eaux et selon son utilisation finale;

▪ Dimensionnement

Le temps de contact étant pris égale à 16,3 mn, le débit à désinfecter est le débit de pointe.

Le volume du bassin est calculé comme suite : $V = Q_p * T_s$

$$\text{AN : } V = 376,4 * \frac{16,3}{60} \Rightarrow V = 102,25 \text{ m}^3.$$

Donc : Le bassin existant est très suffisant.

IV.1.5. Traitement des boues

Les boues provenant du décanteur secondaire sont admises dans une filière de traitement comportent l'épaississement et la déshydratation et l'évacuation finale.

a. Epaississement

L'épaississeur constitue la première étape des filières de traitement des boues. Il sera dimensionné en fonction des charges polluantes éliminées dans le décanteur secondaire.

- Boues issues du décanteur secondaire : $\Delta B = 1673,82 \text{ kg/j}$.
- Calcul du débit journalier des boues secondaires entrant dans l'épaississeur :

$$Q_B = Q_{\text{exés}} = 139,48 \text{ m}^3/\text{j}.$$

- Calcul du volume de l'épaississeur

Il est donné par la formule suivante :

$$V_E = Q_B * T_s$$

Avec, T_s : temps de séjour de 2 jours.

D'où le volume de l'épaississeur est de : $V_E = 278,96 \text{ m}^3$.

La concentration des boues sortant de l'épaississeur varie de 25 à 30 g/l, ce qui donne un débit de boues à la sortie de l'épaississeur de l'ordre de :

$$Q_{BE} = \frac{\Delta B}{CBE} = \frac{16744}{30} = 55,8 \text{ m}^3/\text{j}.$$

$$\Rightarrow Q_{BE} = 20367 \text{ m}^3/\text{an}.$$

Tableau V-7 : L'extension de l'épaisseur

Epaisseur	Unité	Actuel	Extension
Forme circulaire	/	/	/
Volume	m ³	34,34	2 * 122,3
Surface	m ²	14,31	28,26
Hauteur	m	2	3,5
Diamètre	m	4,27	6
Profondeur	m	1,2	2,4

b. La déshydratation des boues par lit de séchage

Les boues recueillies dans une station d'épuration ont une teneur en eau variable de 90 à 99% selon leur nature et le traitement qu'elles ont subi. Elles occupent donc un volume important et ne peuvent être évacuées facilement. La déshydratation a pour but d'éliminer une partie de l'eau de constitution, avec comme conséquence une diminution du volume des boues et une manipulation plus facile pour procéder à leur évacuation.

▪ ***Dimensionnement des lits de séchage***

- L'épaisseur maximale (H_s) de boues admissible sur les lits de séchage est de 35cm.
- Le temps de remplissage d'un lit est de 1 à 2 jours, on prend $t = 2$ jours.
- Largeur (b) optimum de 8m $b = 8$ m.
- Longueur (L) de 20 à 30 m $L = 20$ m.
- Durée de séchage 2 à 4 semaines.

Donc le volume épandu dans chaque lit est : $V_L = b * L * H$

$$\text{D'où : } V_L = 56\text{m}^3.$$

Le volume des boues extraite de l'épaisseur correspond à : $V_{BE} = 111,6 \text{ m}^3$.

- Le nombre des lits nécessaires à chaque épandage : $n = V_{BE} / V_L$

$$\text{AN : } n = \frac{111,6}{56} \Rightarrow n = 2 \text{ lits.}$$

Donc à chaque fois on va remplir deux lits, de cette façon les six lits vont nous servir pour trois semaines, donc, nous sommes besoin de deux autres lits pour la quatrième semaine (ou un seul lit de dimension 16m par 40m).

V.2. Horizon futur

Pour assurer un bon dimensionnement de la station d'épuration pour l'horizon 2027, il faut une bonne connaissance de la population et la dotation, afin de bien estimer les débits d'eau usée et les charges polluantes.

V.2.1. Evaluation de la population

La population de la commune de Staoueli est estimée à 68580 habitants.

La population actuelle d'après le P.U.D (Plan d'Urbanisation Directeur) est de 4800 habitants.

L'évolution de la population est estimée à partir de la formule de l'évolution géométrique :

$$P_n = P_0 (1 + \alpha)^n$$

Où, P_n : la population future à l'horizon considéré ; P_0 : population de l'année de référence ; n : nombre d'années séparant l'année de référence à celle de l'horizon considéré et α : taux de croissance annuelle de la population en %.

Nous prenons le taux de croissance $\alpha = 1,8\%$.

$$\text{A.N : } P_{2027} = P_{2007} (1 + 0.018)^{20} = \mathbf{68580 \text{ habitants.}}$$

La population de la commune de Staoueli pour l'an 2027 est estimée à 68580 habitants.

V.2.2. Les données de base pour l'horizon futur

Le volume rejeté par les habitants est estimé à 80 % de la dotation d'AEP adoptée par la direction de l'hydraulique de la willaya d'Alger.

▪ Le débit journalier

Le débit total journalier se calcule comme suit :

$$Q_j = D * N * R$$

Avec, D : dotation d'AEP (200 l/hab/j) ; N : nombre d'habitant l'horizon futur ; R : coefficient de rejet.

$$Q_j = 200 * 10^{-3} * 68580 * 0,8 = 10972,8 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{D'où : } \mathbf{Q_j = 10972,8 \text{ m}^3.}$$

Le tableau qui suit résume l'estimation des débits et des charges polluantes nécessaires au dimensionnement.

Tableau V-8 : Les données de base pour l'horizon futur

Données de base	Valeur	unité
Population	68580	Eq-hab
Débit journalier	10972,8	m ³ /j
Débit moyen horaire	457,2	m ³ /h
Débits de pointe en temps sec	786,38	m ³ /h
Débits de pointe journalière	18873,12	m ³ /j
Débit maximum d'orage	47233,5	m ³ /h

Débit diurne	783,77	m ³ /h
Charge en DBO ₅	4114,8	kg/j
Charge en MES	4800,6	kg/j

V.2.3. Les besoins des ouvrages

Tableau V-9 : Les besoins de l'horizon futur

Ouvrage	Unité	Besoins
Déssableur	m ³	5510,57
Bassin d'aération	m ³	10287
Décanteur secondaire	m ³	3735,3
Poste de désinfection	m ³	213,63
Epaississeur	m ³	364,33

V.2.3. Le bilan des boues à l'horizon futur

Tableau V-10 : Bilan des boues pour l'horizon futur

Bilan des boues	Unité	Valeur
Quantité des boues en excès	Kg/j	2185,63
Débit des boues en excès	m ³ /j	182,13
Débit des boues recyclées en cas d'un débit moyen	m ³ /h	411,48
Débit des boues recyclées en cas de pointe	m ³ /h	707,74
Age des boues	jours	18

Conclusion

Notre travail consiste à étudier la performance de différents ouvrages de la station d'épuration de Staoueli et à quantifier la pollution déversée dans l'oued de Boukraâ. Nous préconisons de procéder à revoir les dimensions de la Step et à construire une chaîne de traitement en parallèle afin d'y remédier aux problèmes de traitabilité au niveau de la station.

Cependant, afin de redimensionner la station pour un horizon futur de vingt ans, nous sommes confrontés à un autre problème, d'ordre financier cette fois-ci, qui est le prix et la rareté d'un terrain adéquat. Il est nécessaire donc de chercher d'autres solutions telles que le pompage d'une partie des eaux usées vers d'autres stations d'épuration plus importantes et proches de Staoueli, en l'occurrence la station de Beni-Messous.

Conclusion générale

L'objectif essentiel de notre travail consiste à répondre à la question de savoir si la station d'épuration des eaux usées de Staoueli fonctionne avec une bonne performance, à travers la mise en œuvre d'un plan d'action efficace. Cette station peut être réhabilitée et répondre ainsi en partie aux objectifs pour lesquels elle a été envisagée.

Le diagnostic qui a été effectué a montré une carence dans le fonctionnement d'un nombre important d'équipements de la station.

Suite aux analyses effectuées, nous avons constaté que la qualité d'eau sortant de la station n'est pas conforme aux règles en vigueur. Nous avons constaté également que la boue produite par la station n'a pas les caractéristiques nécessaires pour être utilisée dans l'agriculture.

L'extension de la station d'épuration à l'horizon actuel consiste à augmenter la capacité de la station en construisant une chaîne de traitement en parallèle afin de pouvoir répondre au total des besoins de la population actuelle de la commune et concrétiser la remise à niveau de la step. A l'échelle future, l'extension doit prévoir le taux d'augmentation de la population dans une vingtaine d'années à venir. Afin de redimensionner la station, nous sommes confronté à un autre problème, d'ordre financier cette fois-ci, qui est le prix et la rareté de terrain adéquats. Il est nécessaire donc de chercher d'autres solutions telles que le pompage d'une partie des eaux usées vers d'autres stations d'épuration plus importantes et proches de Staoueli, en l'occurrence la station de Beni-Messous.

Notre travail aurait pu être mieux enrichie avec plus de données permettant d'effectuer une étude hydraulique. Ces données sont inexistantes au niveau de la station.

Annexe 1

La demande chimique en oxygène DCO

Matériels

- Agitateur.
- DCO mètre «réacteur 10119».
- Barreaux magnétiques.

Verrerie

- Bûchers.
- Pipettes de 15ml, 10ml et 5ml.
- Régulateurs d'ébullition (bille en verre).
- Tube gradué de 100 ml.

Réactifs

- ✦ Solution de bichromate de potassium ($C(K_2Cr_2O_7) = 0,04 \text{ mol/l}$, contenant un sel de mercure).
 - Dissoudre 80g de sulfate de mercure ($HgSO_4$) dans 800ml d'eau.
 - Ajouter avec précaution, 100ml d'acide sulfurique ($\rho = 1,84 \text{ g/ml}$).
 - Laisser refroidir et dissoudre 11,768g de bichromate de potassium, préalablement séché à $105^\circ C$ pendant 2 heures, dans la solution.
 - Transvaser la solution quantitativement dans une fiole jaugée et diluer à 1000ml.
- ✦ Solution d'acide sulfurique
 - Ajouter 10g de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) à 35ml d'eau.
 - Ajouter par portions, 965ml d'acide sulfurique ($\rho = 1,84 \text{ g/ml}$).
 - Laisser reposer 1 ou 2 jours pour que la dissolution soit favorisée par agitation.
 - Solution de sulfate de fer et d'ammonium ($C[(NH_4)_2Fe(SO_4)_2, 6H_2O] = 0,12 \text{ mol/l}$).
 - Dissoudre 47g de sulfate de fer et d'ammonium hexahydraté dans de l'eau.
 - Ajouter 20ml d'acide sulfurique ($\rho = 1,84 \text{ g/ml}$),
 - Refroidir et diluer avec de l'eau à 1000ml.

Cette solution doit être étalonnée chaque jour de la manière suivante :

- Diluer 10ml de la solution étalon de référence de bichromate de potassium à environ 100ml avec de l'acide sulfurique.
- Titrer avec la solution de sulfate de fer et d'ammonium, en présence de 2 à 3 gouttes de ferroïne.

✦ Solution de ferroïne (solution d'indicateur)

- Dissoudre 0,7g de sulfate de fer ($\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$) ou 1g de sulfate de fer et d'ammonium hexahydraté $[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2, 6\text{H}_2\text{O}]$ dans l'eau.
- Ajouter 1,50g de phénanthroline 1,10 monohydratée $[\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2, \text{H}_2\text{O}]$ et agiter jusqu'à dissolution. Diluer à 100ml.

Mode opératoire

Nous effectuons trois échantillons :

- Un blanc est considéré comme un témoin contenant 10ml d'eau distillée, 5ml de bichromate de potassium et 15ml du sulfate d'argent.
- Un échantillon d'eau brute contient 5ml de ce dernier, 5ml de bichromate de potassium et 15ml du sulfate d'argent.
- Un échantillon d'eau épurée contient 5ml de ce dernier, 5ml de bichromate de potassium et 15ml du sulfate d'argent.

Après passage des trois échantillons (B, EB, EE) dans un DCO-mètre à 150°C pendant 2 heures, nous les mettons dans des béchers. Nous complétons les volumes des échantillons jusqu'à 75ml avec de l'eau distillée et nous ajoutons trois gouttes du ferroïne pour chacun. Nous faisons le titrage avec le sulfate de fer et d'ammonium jusqu'à obtention de la couleur rouge. De cette manière, nous pouvons déduire le volume du sulfate de fer.

$$\text{DCO} = \frac{(V_B - V_E)}{10} * 960 * 2 \text{ [mg /l de O}_2\text{]}$$

avec : V_B : Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai à blanc (ml) et V_E : Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage de l'échantillon (ml).

Annexe 2

La demande biochimique en oxygène DBO₅

Matériels

- DBO mètre.
- Barre magnétique.

Verrerie

- Flacons en verre brin (bouteilles oxytop).
- Eprouvette graduée.

Réactifs

- Pastilles de hydroxyde de sodium

Principe

- L'échantillon d'eau, introduit dans une enceinte thermostatée, est mis à incuber en présence d'air.
- Les micro-organismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène en provenance du volume d'air situé au dessus de l'échantillon. Le CO₂ formé est piégé par du NAOH.

Mode opératoire

- La détermination de la DCO est primordiale pour connaître les volumes à analyser pour la DBO₅.
- L'échantillon est mis dans un flacon en verre qu'on ferme avec un bouchon adéquat et dans lequel nous mettons une certaine quantité de pastille de NAOH.
- Nous mettons le flacon dans un appareil incubateur doté d'une barre magnétique pour assurer l'agitation et un bouchon reliés à un appareil de mesure. Les micro-organismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par de l'oxygène en provenance du volume d'air situé au dessus de l'échantillon à analyser. L'anhydride carbonique formé est piégé par l'hydroxyde de potassium.
- Une fois l'échantillon est mis en place, nous referme le flacon, à l'aide du bouchon de l'incubateur, à moitié, nous allumons l'appareil après avoir réglé la température à 25°C et on la règle à zéro. Enfin, nous refermons le bouchon de façon à ne pas laisser rentrer l'air.
- Nous laissons l'échantillon sous incubation pendant 5 jours, et nous lisons le résultat directement sur l'appareil.

Annexe 3

Les MES et Les MVS (par centrifugation)

Matériels

- Centrifugeuse.
- Capsules.
- Balance.
- Dessiccateur.
- Etuve réglable à 105°C.
- Four réglable à 560°C.

Mode opératoire

Mesure de MES

- Placer les échantillons pris dans la glacière dans la centrifugeuse.
- Placer le fond des échantillons centrifugés dans des capsules étuvées et les laisser dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- Peser ces échantillons à l'aide d'une balance, et après soustraction de la masse vide des capsules (tare), retirer la masse de (EB, EE, BA, BR).

Le calcul de MES est donné par : $MES = \frac{Ps - T}{1000} * 80$

avec : Ps : Poids séché de la capsule et de son contenu après séchage à 105°C (mg) et T : la masse vide des capsules (tare) ;

Mesure de MVS

Nous laissons les quatre échantillons étuvés dans le four à 560°C pendant 2 heures, ensuite après avoir laissé refroidir dans un dessiccateur, nous pesons les échantillons dans la balance.

Le calcul de MVS s'effectue comme suit : $MVS = \frac{Ps - Pc}{Ps - T} * 100$

avec, Ps : Le poids séché de la capsule et de son contenu après séchage à 105°C (mg) ;
Pc : Le poids en mg de la capsule et son contenu après calcination et T : la masse vide des capsules (tare).

Annexe 4

Les matières séchées et les matières organiques

Matériels

- Capsules.
- Balance.
- Dessiccateur.
- Etuve réglable à 105°C.
- Four réglable à 560°C.

Mode opératoire

▪ Détermination de la matière séchée

Nous prenons un échantillon des boues (extraites de l'épaississeur ou du lit de séchage), nous le plaçons dans la capsule, après avoir pris son poids vide, ensuite, nous laissons la capsule dans l'étuve à 105°C pendant deux heures.

Après avoir laissé refroidir au dessiccateur, nous pesons le poids de la capsule contenant l'échantillon séché.

Le calcul de MS s'effectue comme suit :

$$\text{MS} = \frac{P_s - P_v}{P_r - P_v} * 100$$

avec, P_s : le poids séché de la capsule et de son contenu (g) ; P_r : le poids de la capsule contenant l'échantillon brut en (g) et P_v : le poids vide des capsules (tare).

▪ Détermination de la matière organique

Nous mettons l'échantillon étuvé dans le four à 560°C pendant 2 heures.

Après avoir laissé refroidir au dessiccateur, nous pesons l'échantillon dans la balance (poids calciné).

Le calcul de MO s'effectue comme suit : $\text{MO} = \frac{P_s - P_c}{P_r - P_v} * 100$

avec, P_s : le poids séché de la capsule et de son contenu (g) ; P_c : le poids de la capsule contenant l'échantillon brut en (g) et P_v : le poids vide des capsules (tare).

Annexe 5

L'indice de Mohlman

Matériels

- Eprouvette de 1000ml.
- Un chronomètre.
- Capsule.
- Balance.
- Etuve.

Mode opératoire

- Introduire dans une éprouvette 1000 ml de boue.
- Déterminer le volume occupé par la boue après une décantation d'une demi heure.
- Déterminer par ailleurs la teneur en matières séchées d'un litre de boue à analyser.

Expression des résultats

L'indice de Mohlman est représenté par le rapport suivant :

$$I_M = \frac{V}{P}$$

avec :

V : Volume occupé par ces boues après 30 min (en litre) ;

P : Poids de matières séchées (g/l).

Annexe 6

Test de sicchi (mesure de la limpidité de l'eau)

Appareil

- Un disque blanc de 22cm de diamètre ;
- Le disque est fixé sur un manche de 300cm gradué de 20cm.

Mode opératoire

- Enfoncer le disque dans l'eau jusqu'à sa disparition ;
- Mesurer l'enfoncement en cm gradué sur le manche ;
- Noter cette valeur.

Expression des résultats

- > 100cm : Très bonne qualité de l'eau épurée.
- > 80cm : Bonne qualité de l'eau épurée.
- < 60cm : Qualité médiocre de l'eau épurée.
- < 30cm : Mauvaise qualité de l'eau épurée.

Bibliographie

- [KI] K.Imhoff
Manuel de l'assainissement urbain
Ed : Dunod, 1964, Paris
- [CGHG] Cyril Gomella ; Henri Guerrée
Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales
Ed : Eyrolles , 1982
- [CC] Claude Cardot
Les traitements de l'eau (procédés physico-chimique et biologique)
Ed : Ellipses ; 1999
- [RT] Robert Thomazeau
Station d'épuration (aux potables – eaux usées)
Office International de l'Eau : CNFME / SNIDE / Décembre 2002.
- [AG] Abdelkader Gaid
Épuration biologique des eaux usées urbaines
Ed : N° 1247 05/ 84
- [KI] K. Imhoff
Manuel de l'assainissement urbain
Ed. Dunod, 1964, Paris
- [Deg] Degrement
Memento technique d'eau
Ed. Technique et documentation, 1972, Paris
- [HG] H. Guerré
Pratique de l'assainissement des agglomérations urbaines et rurales
Ed. Eyrolles, 1967, Paris
- [PB] P. Brouzes
Précis d'épuration biologique
Ed : Technique et documentation, 1973, Paris
- [AHD] A/H.Debbou
Contribution à l'étude de la traitabilité de la station d'épuration de la ville de Béjaia.
PFE Septembre 1998
- [FMH] F.Meinck, H ;Stoof, H.Kolschutter
Les eaux résiduaires
Ed : Masson et Cie, 1970, Paris
- [WWE] W.W.Eckenfelder, Jr, D.J.O Connr
Biological Waste Treatment
Ed : Pergamon Press, 1961, New - York
- [CEZ] C.E.Zobell
J. of bacteriology. USA, 1943, 46, 1, 39
- [KCM] K.C.Marshall, R.Stout, R.Mitchell
J. of General microbial , 1971, 68, 337

- [AM] Aoudjehane.M
Dimensionnement d'une station d'épuration d'eaux usées, ville de Soumaa.
PFE Juin 1982
- [HH] H.Hartmann
Untersuchungun uber die biologishe reiningung von abwasser mit hilfe von
Tauchtropfk 1960
- [CNDK] Chouia.N – Debiane.K
Etude et conceptionde la station d'épuration du bassin versant de Beni Messous.
PFE Juin 1996
- [KGGM] K.Gaid, G.Martin
Lits bactériens concentriques
Brevet déposé N° 1973, Bennes
- [CL] C.Lebanc
Contribution à l'étude de l'élimination de composés azotés dans les eaux
destinées à l'alimentation
Thèse Doct.Ing, Université de Rennes, 1978
- [MNT] M.N.Tariq
Presented at the 7th Int.Conf.On Water Pollution Res, 1974, Paris
- [LB] L.Bovijn
Conf. donnée 3ème Sym.Lutte contre la pollution de l'eau, Université de Gand,
octobre 1969
- [JAT] J.A.Ternisien
La lutte contre les pollutions
Ed : Presses universitaires de France, 1968, Paris
- [NI] Normes internationales pour l'eau de boisson
Ed : OMS, 1965
- [DD] DEMAGREF-DICOVA.
Gestion des flux de boues dans les stations d'épuration.
Ed : DOCUMENT SATESE/CEMAGREF (1991)
- [DF] Différents filières de traitement des eaux
Université IBN ZOHR.