



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil et d'Hydraulique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Hydraulique
Hydraulique Urbaine

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
BENDIAF Rafik

Le : dimanche 24 juin 2018

Evaluation de la qualité des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Ain Sfiha (Sétif)

Jury :

| | | | |
|------------------------|-----|----------------------|------------|
| Mme. DEBABECHE Mahmoud | MCA | Université de Biskra | Président |
| Mme. ABDESSEMED Fouzi | MCA | Université de Biskra | Examineur |
| M. REZEG Assia | MCA | Université de Biskra | Rapporteur |

Dédicaces

*Avec l'aide et la protection d'ALLAH
s'est réalisé ce modeste travail*

Je dédie ce travail à :

Toute ma famille

Mes amis

Mes camarades de promo d'hydraulique

Et tous ceux qui ont connu BENDIAF Rafik

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie ALLAH tout puissant, de m'avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

*Je tiens à remercier tous les enseignants du département d'hydraulique qui ont participé à ma formation au cours de toutes nos années d'étude, et particulièrement à mon encadreur "**Dr Rezag Assia**" pour ses conseils et ses consultations qui m'ont aidé à la réalisation de mon projet.*

Je tiens à exprimer mon remerciement les plus sincères aux membres du jury qui ont accepté de juger notre travail

Sans oublier de remercier intensivement tous mes amis de m'avoir soutenu et supporté Tout au long de ce cheminement

Je remercie La direction de l'hydraulique et le personnel de la station d'épuration des eaux usées de Sétif pour leur accueil, disponibilité et leur contribution par des données et des documents nécessaires.

Résumé

Résumé :

L'objectif de cette étude a été de suivre l'épuration des eaux usées par boues activées dans la station d'épuration d'Ain Sfiha à Sétif.

Dans les eaux brutes, les paramètres de pollution mesurés en termes de DCO (moyenne =599,6mgO₂/l), DBO₅ (moyenne =349,8mgO₂/l) et MES (moyenne 509,48mg/l) indiquent une pollution importante des eaux résiduaires qui serait liée à l'urbanisation.

Les rendements moyens mesurés à partir des MES, DBO₅, DCO donnent des valeurs respectives de 95,7% ; 91,57 %; 79,44%.

Le rendement épuratoire des matières en suspension (MES) s'est avéré très élevé et a varié entre 91% et 97,2% traduisant la bonne aptitude des boues à la décantation.

Mots clés : eaux usées, station d'épuration, rendement

الهدف من هذه الدراسة هو متابعة عملية تطهير المياه المستعملة عن طريق المعالجة البيولوجية بالأحوال المنشطة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي لعين سفيهة بولاية سطيف .

في المياه الخام, تشير عناصر التلوث المقاسة ذات المصطلحات: الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO) متوسطه يساوي (599,6 mgO₂/l) ، أما بالنسبة لطلب البيولوجي للأكسجين (DBO₅) فالمتوسط يساوي (349,8mgO₂/l)، أما بالنسبة للمواد الصلبة العالقة (MES) فالمتوسط هو (509,48mg/l) ، إلى تلوث كبير في المياه المتبقية التي قد تكون مرتبطة بالمنطقة الحضرية .

المردودات المتوسطة المقاسة من المواد الصلبة العالقة (MES) و الطلب البيولوجي للأكسجين (DBO₅) و الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO) تعطي القيم التالية على التوالي 95,7% ؛ 91,57% ؛ 79,44%.

مردود تنظيف المواد الصلبة العالقة (MES) يؤكد انها عالية جدا و متنوعة تتراوح بين 91% و 97,2% وهذا ما يعكس القدرة الجيدة للأحوال على الاستقرار وترسيب.

الكلمات المفتاحية : مياه مستعملة .محطة تطهير. مردود

résumé

Sommaire

SOMMAIRE

| | |
|--|-----|
| Introduction générale | 0 1 |
| Chapitre I : Eaux usées :caractéristiques et épuration | |
| I.1 Introduction..... | 0 2 |
| I .2 Origines des eaux usées..... | 02 |
| I.2.1 Origine domestique..... | 02 |
| I-2-2 Origine industrielle..... | 03 |
| I-2-3 Origine agricole..... | 03 |
| I-2-4 Eaux de ruissellement..... | 03 |
| I-3 Caractéristiques des eaux usées..... | 04 |
| I-3-1 Matières en suspension (MES)..... | 04 |
| I-3-2 Matières organiques..... | 04 |
| I-3-3 Les matières azotées..... | 05 |
| I-3-4 Les matières phosphorées..... | 06 |
| I-3-5 Les micropolluants..... | 06 |
| I-3-6 Les microorganismes..... | 07 |
| I-4 Normes de rejet..... | 07 |
| I-5 Epuration des eaux usées..... | 10 |
| I-5-1 Prétraitement..... | 10 |
| I-5-2 Traitement primaire (décantation primaire)..... | 11 |
| I-5-3 Traitement secondaire (traitement biologique)..... | 12 |
| I-5-3-1 Traitement extensif..... | 12 |
| I-5-3-2 Traitement intensif..... | 13 |
| I-5-4 Clarification..... | 16 |
| I-5-5 Traitement des boues..... | 16 |
| I-5-6 Traitement tertiaire..... | 17 |
| I-6 Conclusion..... | 19 |
| Chapitre II : Description de la STEP d'Ain Sfiha à Sétif | |
| II.1 Introduction..... | 20 |
| II.2 Présentation de la STEP Ain Sfiha..... | 20 |
| II.3 Etapes de traitement dans la STEP Ain Sfiha..... | 22 |
| II.3.1 Prétraitement..... | 23 |
| 1. Dégrillage..... | 24 |
| 2. Dessablage-déshuilage..... | 26 |
| II.3.2 Décantation primaire..... | 27 |
| II.3.3 Bassin d'aération..... | 28 |
| II.3.4 Décantation secondaire (clarification)..... | 29 |
| II.3.5 Traitement des boues..... | 30 |
| I.4 Conclusion..... | 32 |
| Chapitre III : Suivi du traitement dans la STEP d'Ain Sfiha | |
| III.1 Introduction..... | 33 |
| III.2 Méthodes d'analyse..... | 33 |
| 1. Potentiel d'Hydrogène (pH)..... | 33 |
| 2. Détermination de la conductivité..... | 33 |
| 3. Détermination de la demande biologique en oxygène..... | 34 |
| 4. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)..... | 35 |

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| 5. Analyse des matières en suspension(MES) | 36 |
| 6. Détermination de l'azote ammoniacal, nitrates. et les ions orthophosphates..... | 37 |
| III-3 Suivi de la qualité des eaux usées brutes et épurées..... | 40 |
| III.3.1 Débit | 40 |
| III.3.2 Potentiel hydrogène (pH) | 41 |
| III.3.3 La température | 43 |
| III.3.4 La conductivité | 44 |
| III.3.5 L'oxygène dissous(O ₂) | 46 |
| III.3.6 Demande biologique en oxygène (DBO5) | 47 |
| III.3.7 Demande chimique en oxygène (DCO) | 49 |
| III.3.8 Biodégradabilité (K) | 50 |
| III.3.9 Matières en suspension (MES) | 52 |
| III.3.10 Azote ammoniacal (N-NH ₄) | 53 |
| III.3.11 Nitrates (N-NO ₃) | 55 |
| III.3.12 orthophosphates (P-PO ₄ ³) | 56 |
| III.4 Conclusion | 58 |
| Conclusion générale..... | 59 |
| Références bibliographiques..... | 61 |

Liste des figures

| Liste des figures | Titre | Page |
|--------------------------|---|-------------|
| Figure 1 | Lagunage naturel | 13 |
| Figure 2 | Schéma de principe d'une filière type de disques biologiques | 14 |
| Figure 3 | Lit bactérien | 15 |
| Figure 4 | Boues activées | 15 |
| Figure 5 | Les ouvrages de la station d'épuration Ain Sfiha | 21 |
| Figure 6 | Poste de relevage | 23 |
| Figure 7 | Dégrillage grossier | 24 |
| Figure 8 | Dessablage/Déshuilage | 26 |
| Figure 9 | Décanteur primaire | 27 |
| Figure 10 | Bassin d'aération | 28 |
| Figure 11 | Décanteur secondaire | 29 |
| Figure 12 | Bassin de stabilisation | 30 |
| Figure 13 | Epaississeur des boues | 31 |
| Figure 14 | Lits de séchage | 32 |
| Figure 15 | Appareils de mesure de la DBO5 | 34 |
| Figure 16 | Appareils de mesure de la DCO | 35 |
| Figure 17 | Appareils de mesure des MES | 36 |
| Figure 18 | Spectrophotomètre (DR2000) | 37 |
| Figure 19 | Variations des débits moyens mensuels à l'entrée et à la sortie de la STEP. | 40 |
| Figure 20 | Variations du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP | 42 |
| Figure 21 | Variations de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP | 43 |
| Figure 22 | Variation de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la STEP | 45 |
| Figure 23 | Variations de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP | 46 |

Liste des figures

| | | |
|------------------|---|----|
| Figure 24 | Variations de la DBO ₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP | 47 |
| Figure 25 | Variation de la DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP | 49 |
| Figure 26 | Variations de la biodégradabilité DCO/DBO ₅ de la STEP d'Ain Sfiha | 51 |
| Figure 27 | Variations de la concentration des MES à l'entrée et à la sortie de la STEP | 52 |
| Figure 28 | Variation de N-NH ₄ à l'entrée et à la sortie de la STEP | 53 |
| Figure 29 | Variations des nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP | 55 |
| Figure 30 | Evolution des ions ortho phosphates dans les eaux usées brutes et épurées | 57 |

Liste des tableaux

| Liste des tableaux | Titre | Page |
|---------------------------|---|-------------|
| Tableau 1 | Normes de rejets internationales. | 7 |
| Tableau 2 | Normes algériennes de rejet des eaux usées. | 9 |
| Tableau 3 | Charges hydrauliques et polluantes pour le dimensionnement de la STEP . | 22 |
| Tableau 4 | Caractéristiques du poste de relevage. | 23 |
| Tableau 5 | Caractéristiques du dégrillage grossier. | 25 |
| Tableau 6 | Caractéristiques du dégrillage mécanisée. | 25 |
| Tableau 7 | Caractéristiques du dégrillage manuelle de by-pass. | 25 |
| Tableau 8 | Caractéristiques de décanteur primaire. | 27 |
| Tableau 9 | Caractéristiques de bassin d'aération. | 28 |
| Tableau 10 | Caractéristiques de décanteur secondaire. | 29 |
| Tableau 11 | Caractéristiques de bassin de stabilisation. | 31 |
| Tableau 12 | Caractéristiques de l'épaississeur. | 31 |
| Tableau 13 | Caractéristiques des lits de séchage. | 32 |
| Tableau 14 | Moyennes mensuelles des débits dans les eaux usées brutes et épurées | 41 |
| Tableau 15 | Moyennes mensuelles du pH dans les usées brutes et épurées | 42 |
| Tableau 16 | Moyennes mensuelles de la température dans les eaux usées brutes et épurées | 44 |
| Tableau 17 | Moyennes mensuelles de la conductivité dans les eaux brutes et épurées | 45 |
| Tableau 18 | Moyennes mensuelles de l'oxygène dissous de l'eau usées brute et épurée | 46 |
| Tableau 19 | Moyennes mensuelles de la DBO5 dans l'eau usée brute et épurée | 48 |
| Tableau 20 | Moyennes mensuelles de la DCO dans l'eau usée brute et épurée | 50 |
| Tableau 21 | Moyennes mensuelles de la biodégradabilité (K) de l'eau usée brute de la STEP d'Ain Sfiha | 51 |

Liste des tableaux

| | | |
|-------------------|--|----|
| Tableau 22 | Variations des moyennes mensuelles des MES dans l'eau usée brute et épurée | 53 |
| Tableau 23 | Moyennes mensuelles de l'azote ammoniacal dans l'eau usée brute et l'eau usée épurée | 54 |
| Tableau 24 | Moyennes mensuelles de nitrates dans l'eau usées brute et épurée | 56 |
| Tableau 25 | Moyennes mensuelles des ions ortho phosphates dans l'eau usée et épurée | 57 |

Les accroissements démographique, économique et urbain sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale. Parmi ces sources de pollution, la production des eaux usées qui sont souvent rejetées dans le milieu naturel sans traitement préalable. Cette pollution génère de graves problèmes environnementaux et de santé publique. Par conséquent, les eaux usées doivent être dirigées vers les stations d'épuration qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un résidu, et de rejeter une eau épurée répondant aux normes admises (**Hamid *et al.*, 2014**).

L'épuration des eaux usées peut être réalisée par voie physico-chimique ou biologique. Le choix doit prendre en compte le type d'effluent à traiter, sa biodégradabilité, les toxiques présentes, la production des boues, etc. Du fait de son coût de fonctionnement bas et de sa simplicité opérationnelle, l'épuration biologique est en général choisie pour le traitement des effluents urbains (**Da Motta, 2001**).

Au cours de cette étude, nous évaluons la qualité des eaux usées brutes et épurées dans la station d'épuration d'Ain Sfiha à Sétif. Le principe d'épuration dans cette station se base sur un traitement intensif biologique à boues activées.

Ce travail comprend trois principaux chapitres:

- Le premier chapitre expose les caractéristiques des eaux usées et les divers procédés d'épuration biologique.
- Le deuxième chapitre permet de décrire la station d'épuration d'Ain Sfiha.
- Le troisième chapitre expose les méthodes analytiques permettant de déterminer les paramètres qui contrôlent la pollution des eaux usées comme il étale une discussion sur les résultats obtenus.

Chapitre I :

Eaux usées : caractéristiques et épuration

I-1 Introduction

Les eaux usées sont des eaux chargées de résidus solubles ou non provenant de l'activité humaine, industrielle ou agricole et parvenant dans les canalisations d'évacuation des eaux usées. Elles sont polluées et comportent généralement un mélange de matières polluantes, dispersées ou dissoutes. La qualité très médiocre de ces eaux usées exige une épuration avant leur rejet dans le milieu naturel.

L'objectif de l'épuration des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictés par la législation, et pouvant par la suite être évacuée sans danger du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.

I-2 Origines des eaux usées

Les eaux usées proviennent essentiellement des activités domestiques, industrielles ainsi que des pratiques agricoles et des précipitations (les réseaux d'assainissement étant généralement unitaires).

I-2-1 Origine domestique

Elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent (**Rejsek, 2002**) :

- ✓ Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses ;
- ✓ Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents ;
- ✓ Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées ;
- ✓ Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme.

I-2-2 Origine industrielle

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir (**Rodier, 2005**) :

- Des graisses (industries agroalimentaires) ;
- Des hydrocarbures (raffineries) ;
- Des métaux (métallurgie) ;
- Des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques diverses, tanneries) ;
- De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

I-2-3 Origine agricole

Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau. Les pollutions dues aux activités agricoles découlent principalement (**Grosclaude, 1999**) :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation)
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides)

I-2-4 Eaux de ruissellement

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de pluie, par deux mécanismes :

- Le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées. Les déchets solides ou liquides déposés, par temps sec, sur ces surfaces, sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent.
- La remise en suspension des dépôts des collecteurs. Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs du réseau est lent, ce qui favorise le dépôt des matières décan tables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau, le plus important permet la remise en suspension de ces dépôts (**Rodriguez et Gracia, 2004**).

I-3 Caractéristiques des eaux usées

La composition des eaux usées s'analyse par le biais de diverses mesures physiques, chimiques et biologiques. Les analyses les plus fréquentes comportent des mesures des matières particulaires (MES), de la demande biochimique en oxygène mesurée après 5 jours (DBO5), de la demande chimique en oxygène (DCO), des matières azotées et phosphorées ainsi que les paramètres bactériologiques.

I-3-1 Matières en suspension (MES)

Exprimée en mg par litre. Ce sont les matières non dissoute de diamètre supérieur à $1\mu\text{m}$ contenues dans l'eau (**Rejsek, 2002**).

Cette pollution particulaire et de nature organique (fragments d'aliments ou résidus de digestion) ou de nature minérale (sable ou argile). Son rejet dans le milieu naturel réduit la limpidité de ce milieu, limitant la vie des organismes photosynthétique et entraînant des dépôts qui peuvent perturber la vie benthique et créer un envasement du cours d'eau.

La pollution particulaire est appréciée par la détermination de la concentration en MES (matières en suspension) de l'eau. Il existe deux grands types de mesure de détermination des MES (**Grosclaude, 1999**) :

- La méthode gravimétrique résultant d'une séparation physique des MES de l'eau par filtration ou centrifugation ;
- Les méthodes optiques qui mesurent l'absorption ou la réfraction d'un rayonnement lumineux. Cette détermination est réalisée par turbidimétrie.

I-3-2 Matières organiques

Elles sont constituées par des molécules dont la structure de base comporte des liaisons covalentes reliant au moins deux atomes de carbone, d'où le nom de pollution carbonée.

Cette pollution organique rejetée dans le milieu récepteur, sans traitement préalable, entraîne, du fait de sa dégradation par les organismes vivants du milieu récepteur (biodégradation), une diminution de la teneur en oxygène dissous de ce milieu et une modification, voire une disparition de la faune existante (**Rodier, 2009**).

Les méthodes de dosage des composés organiques sont essentiellement basées sur la mesure de la consommation en oxygène nécessaire à leur dégradation (demande en oxygène) qui est une mesure globale. Parmi ces méthodes figurent celles qui font l'objet de normes et dispositions réglementaire pour imposer les normes de rejet : demande chimique en oxygène (DCO) et demande biochimique en oxygène (DBO₅), mais aussi les méthodes rapides comme l'oxydabilité au permanganate de potassium à froid.

➤ **Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

La DCO est exprimée en mg par litre. Elle est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies (**Rodier, 2005**).

La signification de la DCO est contenue dans son principe : elle ne représente rien d'autre qu'un phénomène d'oxydation chimique des molécules oxydables d'une eau, et ne peut être comparée à la biodégradables d'un effluents (déterminée par la DBO₅) (**Rejsek, 2002**)

➤ **Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅).**

La demande biochimique en oxygène pendant cinq jours, ou DBO₅, est l'un des paramètres de la qualité d'une eau. La DBO₅ mesure la quantité de matière organique biodégradable contenue dans une eau. Cette matière organique biodégradable est évaluée par l'intermédiaire de l'oxygène consommé par les micro-organismes impliqués dans les mécanismes d'épuration naturelle. Ce paramètre est exprimé en milligramme d'oxygène nécessaire pendant cinq jours pour dégrader la matière organique contenue dans un litre d'eau (**Guiraud, 1998**).

I-3-3 Les matières azotées

Dans le domaine de l'assainissement, on divise l'azote en deux grandes familles :

L'azote réduit. Dans le réseau d'assainissement, milieu fermé, l'azote est le plus souvent sous forme réduite. Dans les eaux usées domestiques, il provient essentiellement des déchets métaboliques, majoritairement de l'urée contenue dans les urines, une forme d'azote organique, et se transforme rapidement en azote ammoniacal (ion ammonium NH₄⁺).

L'azote oxydé. Il s'agit des nitrites (NO_2^-) et des nitrates (NO_3^-), produits de la transformation chimique de l'azote réduit en présence d'oxygène (oxydation). Dans les eaux usées, les formes oxydées sont quasiment absentes. Elles n'apparaissent qu'au cours des traitements épuratoires ou lors des rejets d'eau insuffisamment épurée dans les cours d'eau.

Les nuisances de cette pollution azotée sont nombreuses et variées. Les rejets d'azote ammoniacal dans le milieu récepteur s'accompagnent d'une consommation de l'oxygène dissous due au processus de nitrification ($4,3\text{mg O}_2/\text{mg de N-NH}_4$ nitrifié). Si le pH du milieu récepteur est élevé, l'ion ammonium se transforme en gaz ammoniac dissous (NH_3), très toxique pour les poissons, comme l'est également l'ion nitrite (NO_2^-). L'azote ammoniacal et l'azote nitrique contribuent à l'eutrophisation du milieu récepteur (**Degrémont, 1989**).

I-3-4 Les matières phosphorées

Le phosphore présent dans les eaux usées a deux origines principales : le métabolisme humain et les détergents. Il est mesuré sous deux formes :

- Le phosphore total (Pt) : phosphore particulaire + phosphore dissous
- Les ortho phosphates (PO_4^{3-}) : constituent la majeure partie du phosphore dissous.

La principale menace que représentent les pollutions phosphorées pour le milieu naturel est l'eutrophisation. Le phosphore est nécessaire à la croissance des végétaux et des algues, mais leur présence en excès dans le milieu aquatique conduit à la prolifération des espèces végétales, c'est l'eutrophisation. Cette dernière se traduit par une forte consommation d'oxygène notamment par les plantes surabondantes, mais surtout par les micro-organismes qui dégradent cette importante masse organique constituée par les végétaux morts. Cet appauvrissement en oxygène dissous est néfaste pour la faune aquatique.

I-3-5 Les micropolluants

Les eaux usées peuvent également contenir des micropolluants organiques (Hydrocarbures, pesticides, phénols, détergents...etc.) et des micropolluants inorganiques (Fe, Cd, Se, Mn, Cr, Hg, B, Pb, Zn...etc.).

I-3-6 Les microorganismes

Ils proviennent essentiellement des matières fécales. Escherichia coli représente, au plan quantitatif, le principal germe de cette catégorie et les entérocoques occupent la deuxième place. Cependant, ces bactéries commensales du tube digestif peuvent être accompagnées de microorganismes pathogènes.

La présence de ces microorganismes dans les eaux usées et les boues résiduaires nécessite des règles sanitaires lors de leur traitement de leur élimination. En particulier, lorsque le rejet se fait à proximité d'une zone conchylicole, d'une zone de baignade ou d'une prise d'eau potable, il est nécessaire d'effectuer une désinfection (Rejesk, 2002).

I-4 Normes de rejet

Dans plusieurs pays, des normes de rejet ont été établies afin d'atténuer les impacts négatifs de rejet des eaux usées épurées dans les milieux récepteurs, et d'éviter de causer des problèmes environnementaux. Une norme est fixée par une loi, une directive, ou un décret de loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau1 (CSHPF, 1995).

Tableau 1. Normes de rejets internationales

| Paramètres | Unité | Normes utilisées(OMS) |
|--------------|-------|-----------------------|
| PH | - | 6,5-8,5 |
| DBO5 | mg/l | <30 |
| DCO | mg/l | <90 |
| MES | mg/l | <20 |
| NH4+ | mg/l | <0,5 |
| NO2 | mg/l | 1 |
| NO3 | mg/l | <1 |
| P2O5 | mg/l | <2 |
| TempératureT | °C | <30 |
| Couleur | - | Incolore |
| Odeur | - | Inodore |

En Algérie, les eaux usées collectées, dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries, ne doivent être rejetées dans un milieu récepteur naturel (rivière, lac, littoral marin, ou terrain d'épandage) que lorsqu'elles correspondent à des normes fixées par voie réglementaire. Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, du Journal Officiel de la République Algérienne, réglementant les rejets d'effluents liquides dans son chapitre I, article 2, fixe les valeurs limites de ce rejet. Ces mêmes valeurs viennent d'être renforcées par un nouveau texte réglementaire ; le Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3. Les valeurs limites maximales de rejet d'effluents fixées par ces deux décrets sont regroupées dans le tableau ci-dessous

Tableau 2. Normes algérienne de rejet des eaux usées (JORA, 2006)

| PARAMETRES | VALEURS LIMITES | UNITES |
|----------------------------|-----------------|--------|
| Température | 30 | C° |
| pH | 5,5 à 8,5 | - |
| MES | 30 | mg /l |
| DBO5 | 40 | mg/l |
| DCO | 120 | mg/l |
| Azote kjeldahl | 40 | mg/l |
| Phosphates | 02 | mg/l |
| Phosphore total | 10 | mg/l |
| Cyanures | 0,1 | mg/l |
| Aluminium | 05 | mg/l |
| Cadmium | 0.2 | mg/l |
| Fer | 05 | mg/l |
| Manganèse | 01 | mg/l |
| Mercure total | 0.001 | mg/l |
| Nickel total | 05 | mg/l |
| Plomb total | 01 | mg/l |
| Cuivre total | 03 | mg/l |
| Zinc total | 05 | mg/l |
| Huiles et Grasses | 20 | mg/l |
| Hydrocarbures totaux | 20 | mg /l |
| Indice phénols | 0,3 | mg/l |
| Fluor et composés | 15 | mg/l |
| Etain total | 02 | mg/l |
| Composés organiques | 05 | mg/l |
| Chrome total | 0,5 | mg/l |
| (*)Chrome III+ | 03 | mg/l |
| (*)Chrome VI+ | 0.1 | mg/l |
| (*)Solvants organiques | 20 | mg/l |
| (*)Chlore actif | 1,0 | mg/l |
| (*)PCB | 0,001 | mg/l |
| (*)Détergents | 2 | mg/l |
| (*)Tensioactifs anioniques | 10 | mg/l |

I-5 Epuration des eaux usées

Une station d'épuration comprend obligatoirement deux filières de traitement, la filière eau et la filière boue. Les résidus générés de cette dernière, sont traités et déshydratés avant leur évacuation.

Dans la filière eau, l'eau est débarrassée de différents polluants avant son rejet dans le milieu naturel. Cette filière comprend généralement (Gaid, 1984 ; Joseph *et al.*, 2002):

- Un prétraitement qui permet d'éliminer de l'eau les matières en suspension, déchets grossiers, sables et les huiles...ect.
- Un traitement primaire qui permet aux matières en suspension de se déposer par simple gravité sous forme de boues.
- Un traitement secondaire élimine les matières en solution dans l'eau (matières organiques, substances minérales...).
- La clarification (décantation secondaire)
- Certaines stations sont également équipées d'un traitement tertiaire et il 'agit d'un traitement complémentaire ou « affinage » dans le but, soit d'une réutilisation à des fins industrielles ou agricoles, soit de la protection du milieu récepteur pour des usages spécifiques.

I-5-1 Prétraitement

Les dispositifs de prétraitement physique sont présents dans toutes les stations d'épuration, quels que soient les procédés mis en œuvre à l'aval. Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides ou les particulaires les plus grossiers (Ladjal, 2006).

1. Dégrillage

Le dégrillage consiste à séparer les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute, en faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'écartement est bien calculé.

L'efficacité du dégrillage est en fonction de l'écartement entre les barreaux de la grille ; on distingue :

- Pré dégrillage pour un écartement de 30 à 100mm;
- Dégrillage moyen pour un écartement de 10 à 25 mm;

- Dégrillage fin pour un écartement de 3 à 10 mm

2. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire les graviers, sables et autres particules minérales de diamètres supérieures à 0,2 mm contenus dans les eaux usées, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion.

L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé « dessableur » entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe.

Les sables extraits peuvent être lavés avant d'être mis en décharge, afin de limiter le pourcentage de matières organiques, sa dégradation provoquant des odeurs et une instabilité mécanique du matériau (**Degrémont, 1972**).

3. Déshuilage- Dégraissage

C'est un procédé destiné à éliminer les graisses et les huiles dans les eaux résiduaires. Les huiles et les graisses présentent plusieurs inconvénients pour le traitement tels (**Telli, 2013**) :

- Envahissement des décanteurs
- Mauvaise diffusion de l'oxygène dans les décanteurs;
- Mauvaise sédimentation dans les décanteurs;
- Risque de bouchage des canalisations et des pompes;
- Diminution du rendement du traitement qui arrive après

I-5-2 Traitement primaire (décantation primaire)

Le processus principal du traitement primaire est la décantation qui est réalisée par les forces de gravitation. La décantation s'effectue dans des ouvrages qui peuvent être rectangulaire et circulaire. La vitesse lente de l'eau permet le dépôt de matières en suspension constituant ainsi les boues primaires fraîches (**Desjardins, 1990**).

I-5-3 Traitement secondaire (traitement biologique)

Les procédés d'épuration secondaire (ou biologique) comprennent des procédés biologiques, naturels ou artificiels, faisant intervenir des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées (**Desjardins, 1997**).

I-5-3-1 Traitement extensif

Il repose sur les phénomènes de l'autoépuration naturelle et il demande une faible énergie mais nécessite, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Du point de vue économique, il est moins coûteux. Ce procédé d'épuration extensif consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long. C'est un procédé de stabilisation ou d'oxydation très intéressant du point de vue des performances pour l'élimination des matières organiques (80 à 90 % DBO₅) (**Gomella et Geurree, 1983**).

Lagunage naturel : Ce sont des bassins artificiels et imperméabilisés, de faible profondeur pouvant recevoir des effluents bruts ou prétraités et où la recirculation des boues biologiques décantées n'est pas réalisée, et la concentration de la biomasse épuratrice reste faible. Alimentées d'effluents à traiter, les lagunes naturelles sont nommées étangs de stabilisation (**Koller, 2004**), que l'on classe en fonction des filières de développement des bactéries en trois catégories : anaérobies, aérobies ou facultatifs (mixtes).

Différents assemblages de ces bassins sont possibles en fonction des conditions locales, des exigences sur la qualité de l'effluent final, du débit à traiter...etc. Le lagunage naturel peut être utilisé, en traitement complet des effluents ou en traitement tertiaire, pour affiner la qualité de l'eau traitée par une boue activée (ex. La désinfection) (**Degrémont, 1978**).

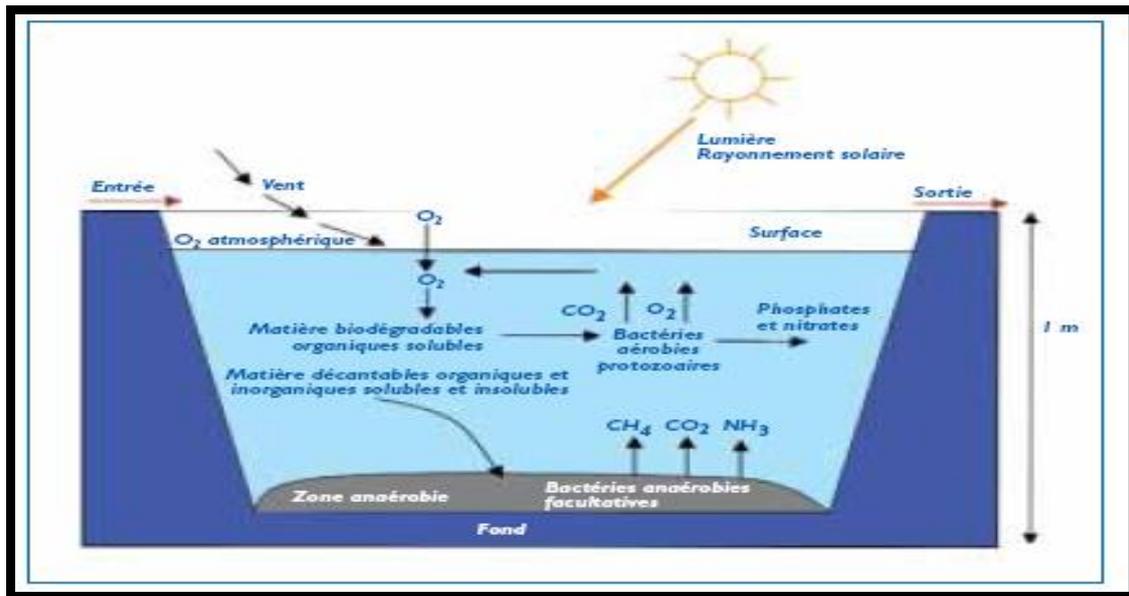


Figure 1 : Lagunage naturel

Lagunage aéré : Il s'agit d'un ou plusieurs bassins de 2 à 4 mètres de profondeur, dans lesquels l'apport d'oxygène est fourni par un système artificiel (aérateurs de surface, diffuseurs d'air) (Rejasse, 2009).

Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 % à 90 % de la DBO, 20 % à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant l'année (Troyes, 2002).

I-5-3-2 Traitement intensif

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel (Mekhalif, 2009).

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

disques sont recouverts par un bio film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr mn⁻¹. Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel (Boumediene, 2013).

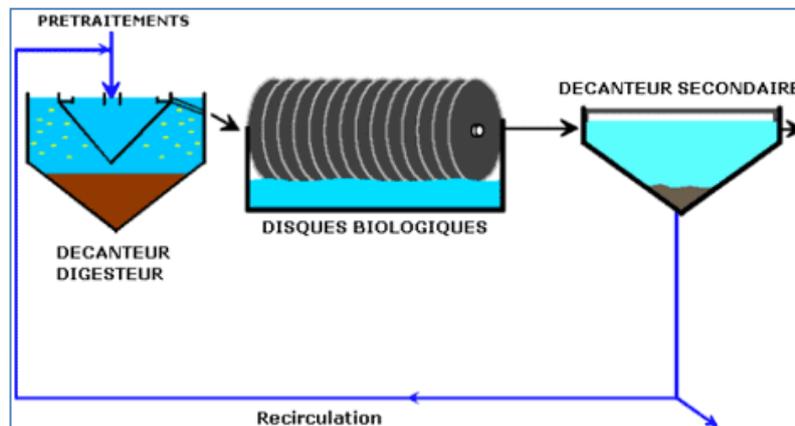


Figure 2 : Schéma de principe d'une filière type de disques biologiques

Lit bactérien: Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent

à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO₅ (Rodart *et al.*, 1989).

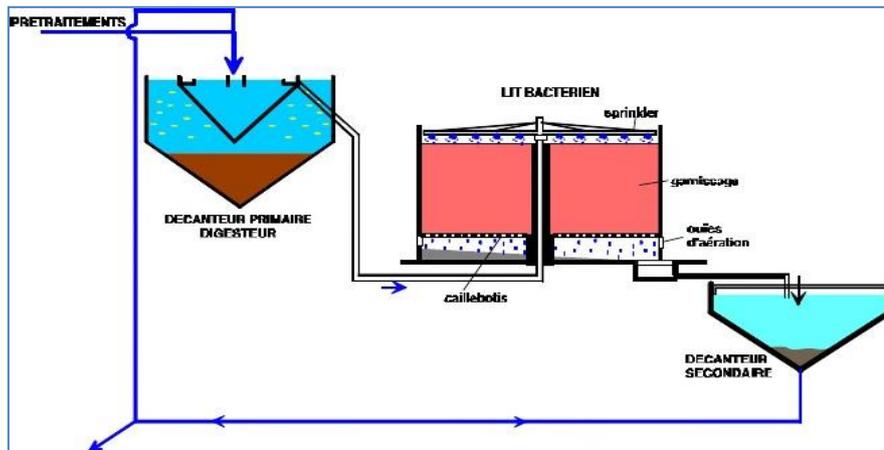


Figure 3: Lit bactérien

Boues activés : Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester et repose sur la constatation suivante: une eau d'égout aérée permet le développement rapide d'une flore bactérienne capable de dégrader des matières organiques polluantes. Dans les conditions idéales d'aération, les micro-organismes d'une eau usée se développent et s'agglomèrent en floccs. Au repos, ces derniers se séparent très bien de la phase liquide par décantation. Le principe du procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un flocc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'aération). Afin d'éviter la décantation des floccs dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante (Dhaouadi, 2013).

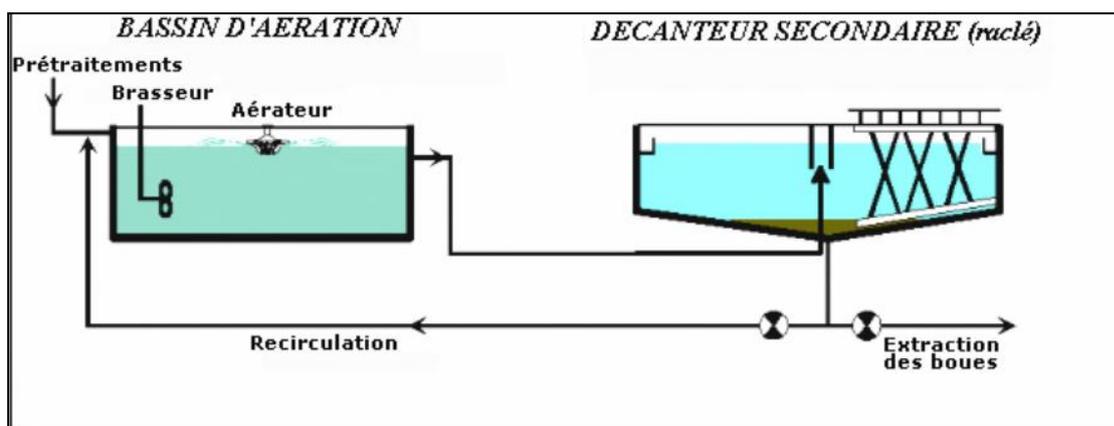


Figure 4 : Boues activées

I-5-4 Clarification

Le clarificateur est un bassin circulaire, équipé d'un pont racleur. La liqueur mixte, venant des bassins biologiques via la deuxième chambre de répartition est séparée en eau épurée et boues biologiques par décantation. Les boues décantées sont siphonnées par une pompe à vide, une partie sera acheminée vers la première chambre du répartiteur assurant la recirculation des boues contenant la culture bactérienne épuratrice afin de maintenir la concentration en biomasse nécessaire dans ce bassin.

I-5-5 Traitement des boues

Les boues produites par le processus d'épuration sont constituées principalement de bactéries mortes ou excédentaires, de matières minérales, de matières organiques qui n'ont pas été dégradées et d'une grande quantité d'eau.

1. Epaissement

Les procédés d'épaississements permettent de réduire le volume des boues grâce à l'extraction de leur eau. Ils sont très simples, ils peuvent être utilisés pour les stations des petites collectivités car ils n'entraînent pas de dépense d'énergie de fonctionnement, et entraînent une réduction importante du volume des boues. L'épaississement vise donc à augmenter la siccité des boues, soit leur teneur en matière sèche, sans modifier le caractère liquide des boues.

2. Stabilisation et hygiénisation

La stabilisation consiste à réduire au maximum l'activité biologique de dégradation des boues et plus particulièrement leur fermentation. Elle réduit fortement la masse bactérienne et par là-même les nuisances olfactives, les émissions de méthane, les risques de lixiviation et la Demande Biologique en Oxygène (DBO5).

L'hygiénisation est, quant à elle, destinée à réduire la présence d'agents pathogènes dans les boues afin d'éviter une contamination éventuelle dans le cas d'une utilisation pour la valorisation d'un écosystème ou dans le cas d'épandage sur des cultures sensibles. Ces deux étapes peuvent être assurées de manière biologique ou chimique.

3. Déshydratation

La déshydratation permet de poursuivre l'opération d'épaississement jusqu'à un état pâteux, les boues titrant alors de 15 à 35 % de siccité selon le type de boue et l'appareillage sélectionné. Elle se fait couramment par des moyens mécaniques tels que la décanteuse centrifuge, le filtre à bande ou le filtre-pressé à plateaux. Ces techniques exigent l'ajout de polymère, ou encore de chaux et de chlorure ferrique dans le cas des filtres à plateaux.

4. Séchage

Le séchage conduit à une réduction de volume jusqu'à plus de 60 %, voire 90 %, de siccité si nécessaire. Il peut être aussi utilisé en couplage avec un four afin de dépasser la siccité requise pour rendre la boue toujours auto combustible.

I-5-6 Traitement tertiaire

Selon l'objectif final prévu pour les eaux usées traitées, les critères de qualité ne sont pas les mêmes que lors d'un rejet direct en sortie de STEP. Ainsi, il y a une obligation de mettre en place un traitement tertiaire et de choisir le ou les procédés qui sont les plus adaptés vis-à-vis de la réutilisation désirée et de la qualité de l'effluent en sortie de station.

Les traitements tertiaires permettent donc d'éliminer les substances non voulues pour répondre à un objectif de qualité prédéfini. Par exemple, lors d'une réutilisation en irrigation maraîchère (production de fruits et légumes sans traitement thermique industriel) il faut éliminer en priorité les pathogènes et garder des éléments nutritifs, alors que lors d'une réutilisation en milieu urbain ou pour une recharge de nappe, l'azote et le phosphore doivent être éliminés afin d'éviter tout risque d'eutrophisation (**Dunglas, 2014**).

1. Elimination de l'azote

Les stations d'épuration classiques, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote présent dans les eaux usées. L'élimination de l'azote est réalisée, le plus souvent par des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification" ou par échange d'ions (traitements physico-chimiques).

La nitrification consiste en la transformation (l'oxydation) de l'ammoniaque en nitrite puis en nitrate, elle est réalisée de façon biologique par les bactéries nitrifiantes. Le temps de

rétenion des eaux dans le bassin d'aération doit donc être assez long (Servais, 2006). La nitrification s'effectue en deux stades par micro-organismes autotrophes :

- Nitritation : Oxydation de (NH_4^+) en (NO_2^-) par les bactéries des germes Nitrosomonas,
- Nitratisation : Oxydation de (NO_2^-) en (NO_3^-) par les bactéries aux germes Nitrobacter.

La dénitrification est le processus par lequel les bactéries dénitrifiâtes anaérobies convertissent le nitrate en azote gazeux (N_2).

Cette relation est réalisée par le fait que, en absence d'oxygène, ces bactéries sont capables d'utiliser immédiatement l'oxygène des nitrates comme un oxydant. En pratique, cette étape sera réalisée grâce à un bassin tertiaire anaérobie (Servais, 2006).

2. Elimination de phosphore

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par voies physico-chimiques ou biologiques.

La déphosphoration biologique repose sur l'accumulation de phosphore à l'intérieur des bactéries, qui, sont évacuées avec les boues en excès. La biomasse est exposée à une alternance de conditions anaérobies et aérobie.

Les bactéries déphosphatantes sont des bactéries aérobies strictes obtenant l'énergie seulement à partir de l'oxygène, ou bien des bactéries aérobies facultatives, tirant l'énergie en priorité de l'oxygène, puis des nitrates en absence d'oxygène. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexe (Boumediene, 2013).

La déphosphoration physico-chimique. C'est la voie d'élimination du phosphore la plus pratiquée. Il s'agit d'une précipitation des phosphates par des sels de fer ou d'aluminium, ou encore par de la chaux. L'injection des réactifs peut s'opérer de plusieurs manières, facilement mise en œuvre et ne nécessitant pas de surveillance particulière, la déphosphoration physico-chimique est une technique fiable et les rendements obtenus sont supérieurs à 80 % (Boumediene, 2013).

3. La désinfection

Les eaux usées en sortie de STEP contiennent une grande variété de microorganismes, des virus, des bactéries, des protozoaires et des helminthes. Ils proviennent de l'environnement et des matières fécales et sont pour certains pathogènes.

Il est donc nécessaire d'ajouter une étape de désinfection. Elle élimine et empêche tout développement de pathogènes lors de la réutilisation.

La méthode la plus ancienne de désinfection est l'utilisation de chlore. Le chlore est injecté directement dans les eaux usées. Il peut être utilisé sous forme de chlore gazeux, hypochlorite de sodium et bioxyde de chlore. Cet oxydant très puissant permet l'élimination de la plupart des microorganismes pathogènes même à faible dose.

Par ailleurs, l'ozone est un gaz oxydant très puissant, qui permet de dégrader la matière organique et d'éliminer les principales sources pathogènes présentes dans l'eau. Son potentiel d'oxydation est nettement supérieur à celui du chlore. Il peut oxyder les bactéries et les virus. L'ozone est un désinfectant, désodorisant, respectueux de l'environnement et purificateur.

Le procédé d'ultraviolet se place à la suite d'un traitement secondaire du type boues activées plus clarificateur. Les rayonnements UV sont des ondes lumineuses de longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm. Leur pouvoir germicide dépend de la longueur d'onde émise. Ce sont les UV compris entre 200 et 280 nm qui sont les plus germicides. Les UV permettent donc d'éliminer les bactéries et les virus. Ils éliminent même les formes les plus résistantes comme les spores bactériennes ou les kystes.

I-6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons essayé de faire une synthèse bibliographique sur les origines et les compositions des eaux usées. Ces données bibliographiques mettent en évidence la nécessité de la dépollution de ces eaux usées à partir de la station d'épuration (STEP) qui permet de traiter les eaux polluées de manière à réduire considérablement leur degré d'altération pour qu'elles puissent être réutilisées ou rejetées dans le milieu récepteur.

Chapitre III :

Description de la STEP d'Ain Sfiha à Sétif

II.1 Introduction

Le rôle d'une station d'épuration des eaux est l'élimination de la pollution jusqu'à un niveau définie par la réglementation en vigueur pour assurer que le rejet des eaux traitées n'affecte pas le milieu récepteur et selon cette réglementation, les procédés de traitement sont mis en œuvre selon plusieurs niveaux de traitements

Conçue dans le but de la protection de l'environnement et notamment le barrage de Ain Zada, la station d'épuration de Ain Sfiha consiste en une épuration biologique par boues activées à moyenne charge, avec stabilisation aérobie. Ce chapitre permet de décrire les différentes étapes de traitement de la STEP d'Ain Sfiha

II.2 Présentation de la STEP Ain Sfiha

La STEP de Ain Sfiha a été réalisé afin de protéger la source principale d'approvisionnement des eaux usées de barrage de Ain Zada qui est situé à une distance d'environ 40 km de la ville, et qui est alimenté principalement par Oued Boussellem principal cours d'eau de la wilaya.

La station d'épuration d'Ain Sfiha (partie sud-ouest de la wilaya) sur une superficie de 10 hectares a été inscrite en 1989. Les travaux ont été entamés fin de l'année 1990, et confié à l'entreprise S.E.E (Belgique) pour le lot équipements. La STEP est rentrée en exploitation en Mars 1996. Le procédé consiste en une épuration biologique par boues activées à moyenne charge, avec stabilisation aérobie.

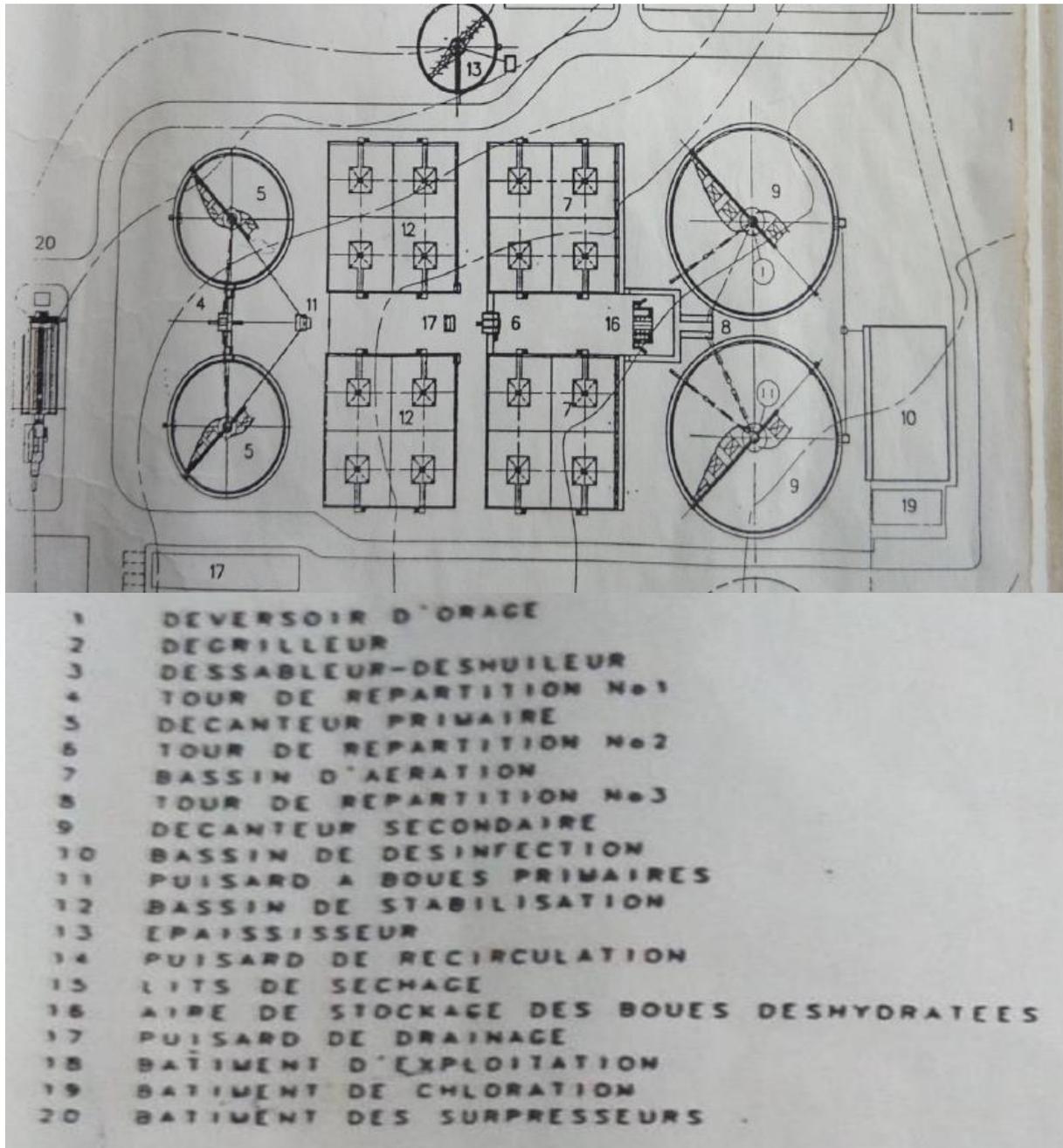


Figure 5: Les ouvrages de la station d'épuration Ain Sfiha

Le tableau 3 montre les charges hydrauliques et polluantes prises en considération pour le dimensionnement de la STEP pour l'année 2013.

Tableau 3 : Charges hydrauliques et polluantes pour le dimensionnement de la STEP

| Année | 2013 |
|--|--------|
| Capacité de la station (Eq.Hab) | 450000 |
| Charges Hydrauliques | |
| Qj : Débit journalier moyen (m ³ /j) | 99000 |
| Qh : Débit d'horaire (m ³ /h) | 4125 |
| Qps : Débit de pointe en temps sec (m ³ /h) | 6600 |
| Charges polluantes | |
| DBO₅ | |
| Charge journalière (Kg/j) | 24300 |
| Concentration (Kg/m ³) | 0.245 |
| Matière en suspension | |
| Charge journalière (Kg/j) | 31500 |
| Concentration (Kg/m ³) | 0.318 |

II.3 Etapes de traitement dans la STEP Ain Sfiha

La chaîne de traitement est composée deux lignes : une ligne d'eau et une ligne de boue. Le débit est divisé parallèlement sur certains ouvrages afin d'améliorer la fiabilité du traitement (figure 5).

Les effluents bruts arrivent à la station d'épuration par pompage puisque les eaux usées arrivent généralement dans un collecteur enterré cela nécessite un système de relèvement jusqu'au prétraitement. Le poste de relèvement est essentiellement destiné à relever, à faible hauteur et courte distance les eaux usées (**Satin et Selmi, 2006**). Ce poste doit assurer un débit d'eau assez important pour pouvoir absorber la pollution, même lors de fortes points saisonnières. Dans la STEP Ain Sfiha, deux pompes assurent le relèvement des eaux usées à

l'entrée de la station (figure 6). Les pompes sont de type submersible, une boîte de raccordement est prévue pour chaque pompe. Pour éviter le pompage par coup, et limiter les démarrages successifs des pompes, l'automate gère le fonctionnement des pompes pour garder une consigne de niveau paramétrable depuis la supervision. Les caractéristiques de ce poste de relevage sont présentées dans le tableau 4.



Figure 6: Poste de relevage

Tableau 4 : Caractéristiques du poste de relevage

| | |
|-----------------------|----------------------|
| Nombre de pompe | 02 |
| Capacité des pompes | 50 m ³ /h |
| Puissance | 6 KW |
| Hauteur de relèvement | 17 m |

II.3.1 Prétraitement

Le prétraitement dans la STEP de Ain Sfiha est composé de :

- Une grille grossière à nettoyage manuel
- Deux grilles fines mécanisées
- Une grille manuelle de by-pass

-Deux dessableurs-déhuileurs aérés mécanisés

1. Dégrillage

Les eaux brutes au débit limité par la cote spécifique du déversoir d'orage pénètrent dans la station par chenal, recouvert et sont dégrillées grossièrement par la grille grossière. Ce chenal se divise en 3 canaux, chacun d'eux est équipé d'une grille mécanisée et une grille manuelle de by-pass.

Dégrillage manuel grossier.

Ces grilles ont un fonctionnement entièrement manuel : les refus sont récupérés manuellement par l'opérateur grâce à un râteau et un panier, pour être déversés dans une remorque.



Figure 7: Dégrillage grossier

Tableau 5 : Caractéristiques du dégrillage grossier

| | |
|---|--------------------|
| Nombre de grille | 1 |
| Espacement des barreaux | 50 mm |
| Matériau de construction du dé grilleur | aluminium |
| Largeur du canal de la grille | 1800mm |
| Forme des barreaux | Rectangles 10x50mm |

Dégrillage mécanisé

Un détecteur de niveau installé à l'amont de chaque grille déclenche le mécanisme en cas de niveau d'eau trop haut de plus. La grille est commandée par minuteriers.

Chaque grille mécanisée dépose ses refus sur une bande transporteuse élevant ces derniers dans un conteneur drainé. Le fonctionnement de la bande est asservi à celui de grilles.

Tableau 6 : Caractéristiques du dégrillage mécanisée

| | |
|-------------------------------|--------|
| Nombre de grille | 2 |
| Espacement des barreaux | 25 mm |
| Epaisseur des barreaux | 10mm |
| Largeur du canal de la grille | 1500mm |
| Largeur de la grille | 1000mm |

Dégrillage manuelle de by-pass

Les refus de grilles sont déposés dans une trémie d'égouttages

Tableau 7 : Caractéristiques du dégrillage manuelle de by-pass

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| Nombre de grille | 1 |
| Espacement des barreaux | 30 mm |
| Epaisseur des barreaux | Rectangles 10x50mm |
| Largeur du canal de la grille | 1000mm |
| Largeur de la grille | 1000mm |

2. Dessablage-déshuilage

Le déssableur est du type longitudinal à deux compartiments. Il est constitué d'un chenal en béton de forme trapézoïdal, longueur (20m) et largeur (4m) équipé d'un pont suceur et écumeur. Ce pont animé d'un mouvement de va et vient est équipé d'un groupe moto-réducteur de translation de 0,37kw. Une pompe embarquée, avec groupe moto- sur presseur de 4kw assure l'évacuation du sable déposé.

Une lame d'écumage réglable, embarquée également, permet l'évacuation des flottants via déversoir d'extrémité. Le puisard à flottants est équipé d'un groupe moto- pompe de vidange de 10m³/h.

Le débit de sortie des eaux dessablées est mesuré par débordement sur un déversoir d'extrémité en paroi mince également équipé de glissière pour l'introduction de batardeaux d'isolement. L'effluent collecte dans un puisard d'extrémité est évacué gravitairement vers la tour de répartition.

La flottation des huiles et le maintien en suspension des matières organiques est assuré par de l'air insufflé dans les dessableurs via des rampes poreuses type incolmatable à grosses bulles. La production d'air est assurée par deux suppresseurs de 980m³/h.



Figure 8: Dessablage/Déshuilage

L'ensemble du débit est finement réparti en deux au niveau de la tour de répartition. La division se faisant au moyen de déversoirs réglables. La tour de répartition est également équipée d'un seul déversoir pour le by-pass des décanteurs primaires. De plus un trop-plein de sécurité est prévu. Les eaux rejoignent dans ce cas le by-pass général de la STEP.

II.3.2 Décanteur primaire

Les décanteurs sont de forme circulaire. La dimension de chaque décanteur est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8 : Caractéristiques de décanteur primaire

| | |
|---------------------|--------------------|
| Nombre de décanteur | 2 |
| diamètre | 33 m |
| surface | 855m ² |
| Profondeur d'eau | 3m |
| volume | 1473m ³ |

90% des matières décantables seront éliminées à ce stade. Les boues fraîches seront raclées, puis transférées régulièrement par pompage vers la stabilisation.

Les eaux décantées et collectées en surverse seront évacuées gravitairement vers les bassins d'aération.



Figure 9: Décanteur primaire

II.3.3 Bassin d'aération

Les eaux en provenance des deux décanteurs primaires sont transportés gravitairement par tuyauterie souterraine vers une chambre de répartition divisant les eaux vers les deux bassins d'aération.

Le tableau 9 présente les dimensions de chaque bassin. Les eaux brutes arrivant dans le bassin sont brassées avec la liqueur mixte et les boues de recirculation en provenance de décanteur secondaire. Le brassage et l'oxygénation de la liqueur mixte sont assurés par des aérateurs de surface à rotation lente installés sur des passerelles en béton. Cette disposition assure une grande facilité d'accès aux aérateurs.

La liqueur mixte est évacuée dans un puisard de collecte via une lame de débordement et cloison siphonide réalisé en béton, vers le décanteur secondaire. Le fonctionnement des aérateurs est piloté par une chaîne de mesure d'oxygène dissous dans l'eau, les sondes sont équipées d'un système de rinçage par jet d'eau détergent dilué. Les coins à l'aval de chaque ouvrage sont dotés de rampe d'arrosage pour lutter contre les mousses.

Tableau 9 : Caractéristiques de bassin d'aération

| | |
|------------------|---------------------|
| Nombre de bassin | 2 |
| volume | 5000 m ³ |
| Hauteur d'eau | 4 m |
| Hauteur béton | 5 m |



Figure 10: Bassin d'aération

II.3.4 Décanteur secondaire

La liqueur mixte en provenance des deux bassins d'aération sont transportées gravitairement par tuyauterie souterraine vers une chambre de répartition divisant les eaux vers les deux bassins de décantation secondaire.

Les boues venant du bassin d'aération 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 de raclettes avec lames en caoutchouc, les boues décantées sont évacuées et /ou recirculées. Les eaux clarifiées sont ensuite envoyées vers le poste de désinfection par chloration.

Les flottants sont récoltés dans un puisard annexe à chaque ouvrage. Ces puisards seront périodiquement vidés. Le liquide pompé sera réintroduit en tête de station.



Figure 11 : Décanteur secondaire

Tableau 10 : Caractéristiques de décanteur secondaire

| | |
|---------------------|---------------------|
| Nombre de décanteur | 2 |
| surface | 1661 m ² |
| Hauteur d'eau | 4 m |
| diamètre | 46 m |

Le poste de recirculation des boues comprend huit pompes submersibles équipées de vannes et clapet. Le débit total de recirculation est de $5760 \text{ (m}^3/\text{h)}$. Les boues passent du décanteur dans le puisard via des télescopiques permettant de soutirer sur chaque décanteur le même débit de boue.

Les pompes de recirculation refoulent dans un collecteur commun aboutissant dans le chenal de recirculation débouchant dans la chambre de répartition à l'amont des bassins d'aération. Ce chenal est équipé d'un jaugeur venturi permettant une estimation aisée de la valeur du débit de recirculation.

II.3.5 Traitement des boues

Les boues secondaires en excès sont pompées vers la tour de répartition N1 par deux pompes submersibles de $62 \text{ (m}^3/\text{h)}$. L'ensemble des boues primaires et secondaires est transféré par pompage vers la stabilisation par l'intermédiaire de deux pompes de $90 \text{ (m}^3/\text{h)}$.

Bassin de stabilisation

Les boues arrivent dans les bassins et sont aérées par l'action de 4 aérateurs de surface à rotation lente installés sur passerelles en béton. Les boues sont évacuées dans un puisard de collecte via une lame de débordement et cloison siphonée réalisée en béton. Le puisard est en communication hydraulique avec l'épaississeur. Après stabilisation les boues sont transférées vers l'épaississeur par une tuyauterie aérienne. Les coins à l'aval de chaque ouvrage seront dotés de rampes d'arrosage pour lutter contre les mousses.



Figure 12 : Bassin de stabilisation

Tableau 11 : Caractéristiques de bassin de stabilisation

| | |
|-------------------|---------------------|
| Nombre de bassin | 2 |
| volume | 5000 m ³ |
| Hauteur des boues | 4 m |
| Hauteur du béton | 5 m |
| Forme carrée de | 35.4m de coté |

Épauississeur

Les boues stabilisées arrivent dans un épauississeur mécanisé de 22m de diamètre. L'eau de trop-plein est ramené en tête de station via pompes de la station drainage.

Tableau 12 : Caractéristiques de l'épauississeur

| | |
|---------------|--------------------|
| surface | 380 m ² |
| Hauteur | 4 m |
| Pente de fond | 1/10 |

**Figure13** : Epauississeur des boues

Lits de séchage

Les boues épaissies sont pompées vers les lits de séchage ou elles sont séchées naturellement. Les lits de séchage sont constitués de couche de graviers et de sable recouvrant une tuyauterie drainage.

Chaque lit est équipé d'une vanne d'alimentation DN et 80 et d'un jeu de batardeau en bois imputrescible.

Tableau 13 : Caractéristiques des lits de séchage

| | |
|------------------|----------------------|
| Nombre de lit | 36 |
| dimension | 30*15 |
| Surface unitaire | 450 m ² |
| Surface total | 16200 m ² |



Figure 14 : Lits de séchage

I.4 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté une synthèse qui a permis de décrire la STEP Ain Sfiha à Sétif

La filière de traitement des eaux comprend les étapes de prétraitement (dégrillage grossier et dégrillage mécanisé, dessablage/deshuilage), le traitement biologique (deux bassins d'aération), la décantation secondaire (deux clarificateurs). Par ailleurs, le traitement des boues passe par les étapes de la stabilisation, l'épaississement, et lits de séchage.

Chapitre III :

Suivi du traitement dans la STEP d'Ain Sfiha

III.1 Introduction

Au cours de ce chapitre, nous présentons les méthodes analytiques permettant d'évaluer la qualité des eaux usées brutes et épurées dans la station d'épuration d'Ain Sfiha à Setif.

Les paramètres analysés ont portés essentiellement sur le pH, la conductivité, l'oxygène dissous(O₂), les MES, la DCO, la DBO₅, les orthophosphates et l'azote ammoniacal et nitrate

Pour évaluer les performances épuratoires de la station d'Ain Sfiha, les paramètres contrôlant la pollution des eaux ont été suivis à l'entrée et à la sortie de la station pendant cinq mois d'études en allant de novembre 2017 à mars 2018. Nous présentons et discutons dans ce chapitre les résultats de l'évolution des moyennes mensuelles des paramètres globaux de la pollution des eaux usées de la station d'Ain Sfiha.

III.2 Méthodes d'analyse

La station d'épuration d'Ain Sfiha est équipée d'un dispositif d'échantillonnage automatique des eaux usées. Les prélèvements s'effectuent à l'aide de deux armoires d'échantillonnages l'une placée après le dessableur /déshuileur, et l'autre est installée à la sortie de l'opération de clarification près du bassin de désinfection.

1) Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH des eaux usées brutes et traitées se fait au laboratoire de la STEP à l'aide d'un pH-mètre model WTW équipé d'une électrode modèle (Tétra com. 325). Le principe d'utilisation de cet appareil est très simple et il consiste à mettre la sonde dans l'eau à analyser et laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation puis on peut lire la valeur du pH. L'étalonnage du pH mètre s'effectue avant chaque sérié d'analyse.

2) Détermination de la conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm .Elle est l'inverse de la résistivité électrique. La mesure de la conductivité se fait à l'aide d'un conductimètre et électrode : modèle (Cellox 325). On plonge la sonde dans l'échantillon d'eau jusqu'à la stabilisation de la valeur affichée de la conductivité électrique.

3) Détermination de la demande biologique en oxygène (DBO₅)

Le principe de la méthode consiste à mesurer l'évolution de l'air à l'intérieur d'un flacon contenant l'échantillon. Cette évolution est directement liée à la diminution de la concentration en oxygène de l'atmosphère d'incubation.

Une quantité d'eau usée est versée dans un flacon incubateur hermétique. Ce flacon est relié à un bouchon d'un capteur de pression (OxiTop). Les échantillons sont placés dans une chambre thermostatée maintenue à 20°C. Les micro-organismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air contenu dans le flacon provoquant ainsi une diminution de la pression laquelle est enregistrée par le système de mesure OxiTop. Le mode opératoire est le suivant :

- Prélever 432ml de l'eau épuré, et 164ml de l'eau brute.
- Verser le volume de chaque échantillon dans le flacon DBO (OxiTop).
- Ajouter 2 gouttes d'inhibiteur de nitrification et 2 pastilles de NAOH pour absorber le CO₂ formé.
- Ajouter un barreau magnétique pour assurer l'agitation et insérer le flacon dans un incubateur de DBO à 20°C.
- Après cinq jours, lire la valeur correspond au cinquième jour.



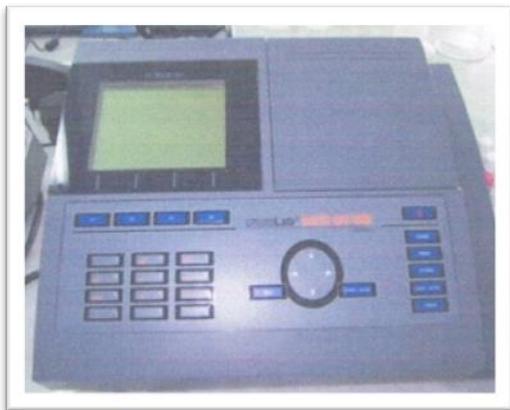
Figure 15: Appareils de mesure de la DBO₅

4) Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

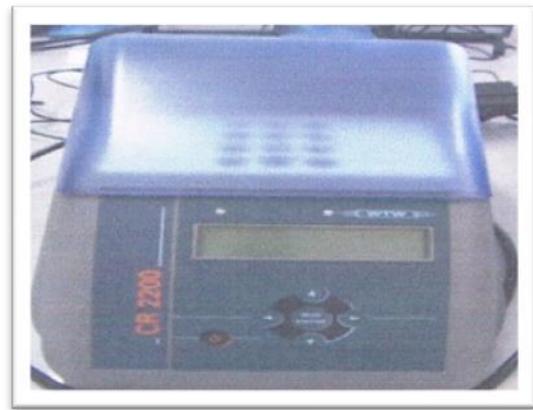
Le principe de la méthode consiste à mesurer la quantité d'oxygène utilisée par les réactions d'oxydation. L'oxydation s'effectue à chaud, en milieu acide, en présence d'un excès d'oxydant.

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium. Le mode opératoire est le suivant :

- Prélever avec une micropipette 2ml de l'eau brute et l'eau traitée et verser dans chaque tube de réactif spécifique dont le réactif pour l'eau brute et le réactif pour l'eau traitée
- Mélanger chaque contenu dans le tube pour avoir une solution homogène avec une petite agitation.
- Mettre le mélange de chaque contenu dans un DCO mètre chauffer dans le thermostat : 2 h à 148 °C.
- Laisser refroidir à température ambiante : dans le support de tubes, bien nettoyer l'extérieur du tube et on le met dans un spectrophotomètre.
- Puis on fait la lecture, après le choix de la méthode.
- Les résultats sont exprimés en milligrammes d'oxygène par litre.



Spectrophotomètre



Thermo réacteur

Figure 16 : Appareils de mesure de la DCO

5) Analyse des matières en suspension(MES)

Les MES sont mesurées par filtration sur filtre en verre de 45 mm de diamètre. Le principe consiste en la vaporisation de l'échantillon à une température de 105° pendant 2 heures et la détermination des matières en suspension s'effectue par pesée différentielle. La figure 17 illustre le matériel utilisé Le mode opératoire est suivant :

- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée
- Mettre dans l'étuve pendant quelques minutes.
- Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- Peser le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable du filtre tare vide en (g).
- Prendre une fiole de 100 ml, laver abondamment avec de l'eau distillée.
- Prendre une prise d'essai de 100 ml, placer le filtre dans la rampe de filtration.
- Verser le volume d'eau (100 ml) jusqu'à filtration complète.
- Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 105 °C pendant 2 heures.
- Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total.
- Peser le filtre tare séché en (g).



Filtration



Etuve



Dessiccateur

Figure 17: Appareils de mesure des MES

La teneur des MES est déterminée selon la formule suivante:

$$\text{MES} = \frac{1000 (M_1 - M_0)}{V}$$

- MES: teneur en MES en mg/l
- M_0 : masse de la capsule vide en mg
- M_1 : masse de capsule contenant l'échantillon après étuvage
- V: volume de la prise d'essai en ml.

6) Détermination de l'azote ammoniacal, nitrates. et les ions orthophosphates

La mesure de ces paramètres s'effectue à l'aide d'un spectrophotomètre DR 2000, HACH

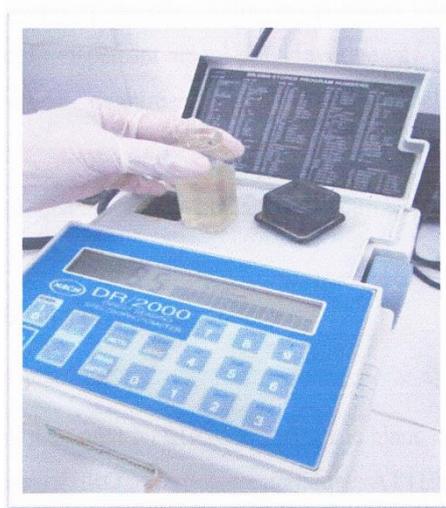


Figure 18 : Spectrophotomètre (DR2000)

a) Azote ammoniacal. Le mode opératoire est comme suit :

-Entrer le numéro de programme mémorisé pour le azote ammoniacal ; presser : READ/ENTER ; l'affichage indique : REGLER nm à 425.

- Tourner les boutons de réglage de longueur d'onde jusqu'à ce que l'affichage indique 425nm.
- Presser : READ/ENTER ; l'affichage indique : mg/l NH₄.
- Remplir une éprouvette graduée bouchée (l'échantillon préparé) jusqu'à au trait 25 ml avec l'échantillon.
- Remplir une autre éprouvette graduée bouchée (le blanc) avec 25 ml d'eau desionisée.
- Ajouter 3 gouttes de stabilisant minéral à chaque éprouvette ; Retourner plusieurs fois pour mélanger ; Ajouter 3 gouttes de réactif dispersant-alcool-polyvinylique à chaque éprouvette, en tenant le compte-gouttes vertical ; retourner plusieurs fois pour mélanger.
- Pipeter 1,0 ml de réactif de Nessler dans chaque éprouvette ; boucher ; retourner plusieurs fois pour mélanger.
- Presser : SHIFT TIMER ; une période de réaction de 1min commence.
- Verser chaque solution dans un flacon colorimétrique.
- Lorsque de minuteur sonne, l'affichage indique ; mg/l NNH₄ Ness ; placer le blanc dans le puits de mesure ; fermer le capot ; presser : ZERO ; l'affichage indique : ATTENDRE puits : 0, mg/l NNH₄ Ness.
- Presser : READ/ENTER ; l'affichage indique : ATTENDRE puits le résultat en mg/l d'azote ammoniacal s'affiche

b) Nitrate. Le mode opératoire de mesure est comme suit :

- Entrer le numéro de programme mémorisé pour le nitrate, réactif en gélules ; presser : 355 READ/ENTER ; l'affichage indique : REGLER nm à500.
- Tourner les boutons de réglage de longueur d'onde jusqu'à ce que l'affichage indique. 500nm
- Presser : READ/ENTER ; l'affichage indique : mg/l N-NO₃
- Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon.
- Ajouter le contenu d'une gélule de NitraVer5 au flacon (l'échantillon prépare) bouché

- Presser SHIFT TIMER ; agiter le flacon vigoureusement jusqu'à ce que le minuteur sonne après une minute.
- Lorsque le minuteur sonne, presser : SHIFT TIMER une période de réacteur de 5 min commence.
- Remplir un autre flacon avec 25ml d'échantillon (le blanc).
- Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : mg/l ; placer le blanc dans le puits de mesure ; fermer le capot.
- Presser : ZERO ; l'affichage indique : ATTENDRE puis : 0 ,00mg/l NNO3.
- Retire le bouchon ; placer l'échantillon préparé dans le puit de mesure ; ferme le capot.
- Presser : READ/ENTER ; l'affichage indique ATTENDRE puis le résultat en mg/l NO3 s'affiche.

c) Orthophosphates. Le mode opératoire est comme suit :

- Entrer le numéro de programme mémorisé pour le phosphate méthode PhosVer ; réactif en gélule ; presser : 490 READ/ENTER pour les unités en mg/l PO₄⁻³ OU presser 496 READ/ENTER pour les unités en mg/l.
- Tourner les boutons de réglage de longueur d'onde jusqu'à ce que l'affichage indique. 890nm.
- Presser : READ/ENTER ; l'affichage indique : mg/l PO₄⁻³.
- Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon.
- Ajoute le contenu d'une gélule de PhosVer 3 au flacon (l'échantillon préparé) ; Agiter pour mélanger.
- Presser : SHIFT TIMER ; une période de réaction de 2min commence.
- Remplir un autre flacon volumétrique avec 25 ml d'échantillon (le blanc). Le placé dans le puits de mesure ; fermer le capot.
- Lorsque de minuteur sonne, l'affichage indique ; mg/l ; presser : ZERO ; l'affichage indique : ATTENDRE puis : 0, mg/l PO₄⁻³

- Place l'échantillon préparé dans le puits de mesure ; presser le capot.
- Presser : READ/ENTER ; l'affichage indique : ATTENDRE puis le résultat en mg/l PO_4^{-3} s'affiche.

III-3 Suivi de la qualité des eaux usées brutes et épurées

Après avoir décrit les méthodes d'analyses des différents paramètres de pollution. Nous consacrons cette partie à la discussion des résultats des analyses qui ont porté sur le pH, la conductivité, l'oxygène dissous (O_2), les matières en suspension (MES), la DCO, la DBO5, les orthophosphates, l'azote ammoniacal ainsi que les nitrates

III.3.1 Débit

La figure ci-dessous montre la variation des débits moyens mensuels en m^3/j à l'entrée et à la sortie de la STEP au cours de notre étude.

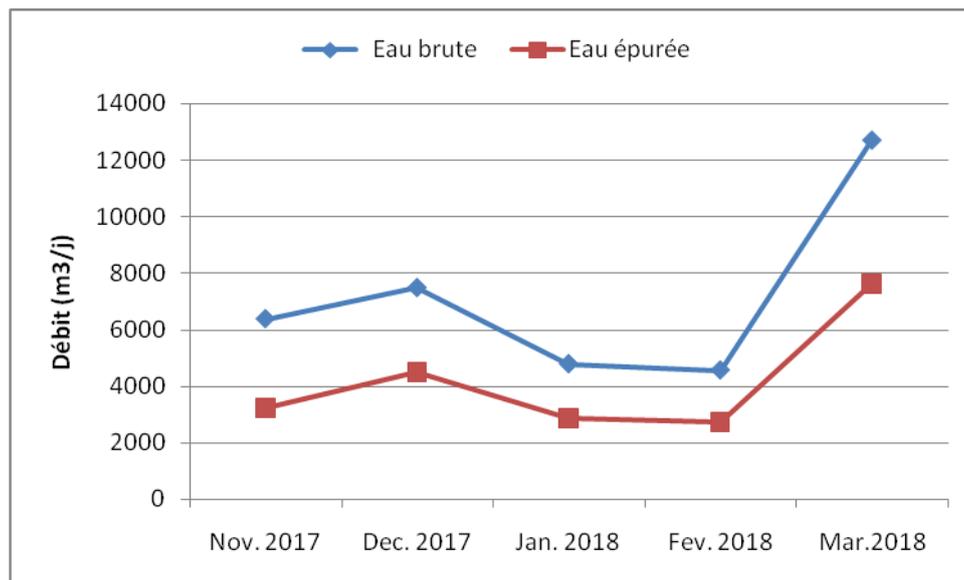


Figure19 : Variations des débits moyens mensuels à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Nous pouvons constater que les courbes des débits à l'entrée et la sortie de la STEP présentent une allure et une variation semblable mais les débits enregistrés à la sortie de la station sont plus faibles. Les débits plus forts à l'entrée de la station s'expliqueraient par la quantité des boues que contiennent les eaux usées brutes et que les eaux usées épurées se sont débarrassées.

Notons que les débits d'eaux entrant, durant notre étude, ont variés entre 4530 m³/j et 12700 m³/j (tableau 14). Ces valeurs ne conduisent pas à la surcharge de la STEP d'Ain Sfiha puisqu'elles restent largement inférieures au débit moyen journalier de dimensionnement de la station (99000m³/j).

Tableau 14 : Moyennes mensuelles des débits dans les eaux usées brutes et épurées

| Mois | Eau usée brute (m ³ /j) | Eau usée traitée (m ³ /j) | Débit max. station(m ³ /j) |
|---------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Novembre 2017 | 6380 | 3828 | 99000 |
| Décembre 2017 | 7480 | 4488 | |
| Janvier 2018 | 4780 | 2868 | |
| Février 2018 | 4560 | 2736 | |
| Mars 2018 | 12700 | 7620 | |
| Moyenne | 7180 | 4308 | |

III.3.2 Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre indispensable pour la vitalité de la masse bactérienne dans le bassin biologique et qui doit être proche de la neutralité (6,5 à 8,5) pour la bonne dégradation des matières polluantes des eaux usées (ONA, 2006).

La figure 20 et le tableau 15 présentent les variations de moyennes mensuelles du pH, au cours de notre période d'étude.

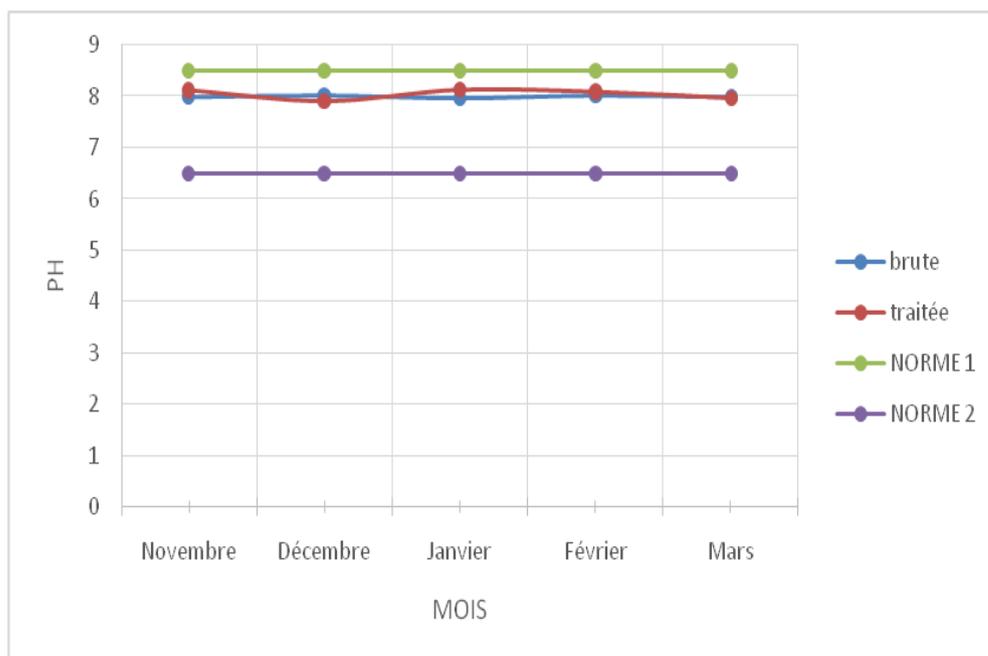


Figure20 : Variations du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP

Nous pouvons constater que les valeurs du pH relatives aux eaux brutes et épurées sont proches de la neutralité et ne présentent pas une variation importante. Pour les eaux épurées, le pH varie entre 7,92 et 8,14 alors que le pH des eaux brutes varie entre 7,8 et 8,01. Ces valeurs n'excèdent pas la gamme optimale (6,5 à 8,5) et ainsi le pH ne perturbe pas le traitement biologique puisque ce milieu du pH est favorable pour l'activité bactérienne.

Tableau 15 : Moyennes mensuelles du pH dans les usées brutes et épurées

| Mois | Valeurs moyennes mensuelles de pH dans l'eau usée brute | Valeurs moyennes mensuelles de pH dans l'eau usée traitée |
|---------------|---|---|
| Novembre 2017 | 7,94 | 8,13 |
| Décembre 2017 | 8,01 | 7,92 |
| Janvier 2018 | 7,96 | 8,14 |
| Février 2018 | 8,01 | 8,10 |
| Mars 2015 | 7,8 | 7,98 |
| Moyenne | 7,94 | 8,05 |

III.3.3 La température

La température influe fortement sur la cinétique des processus biologiques, puisqu'elle traduit la plus ou moins grande agitation des molécules. A titre d'exemple, une diminution de la température de l'eau entraîne une augmentation de sa viscosité ce qui explique les difficultés de décantation des floes de boues (**Desjardins, 1990**).

La figure 21 et le tableau 16 représentent les variations des moyennes mensuelles de la température de l'eau usée brute et traitée pendant la période d'étude.

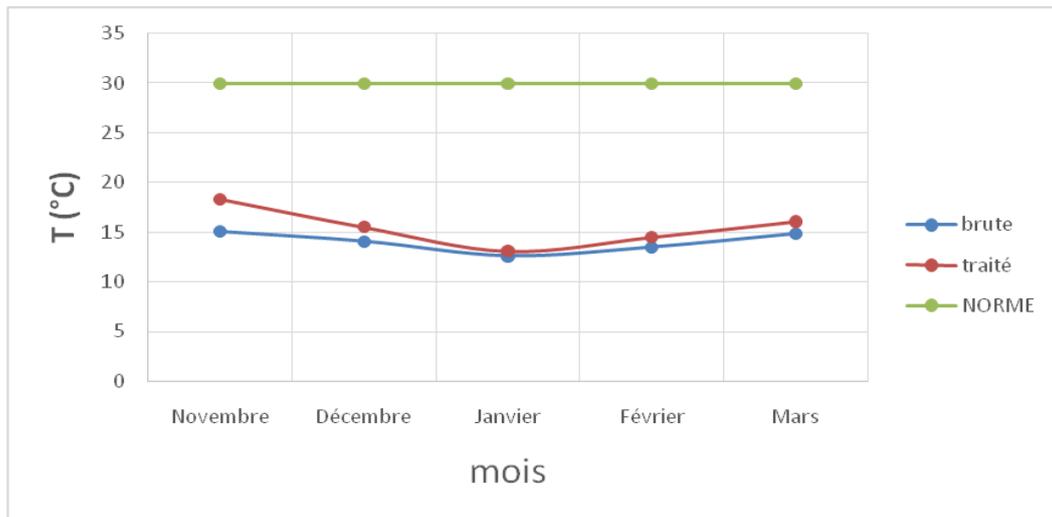


Figure 21 : Variations de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP

Selon la figure ci dessus, les données de la variation de température ont abouties à une allure similaire des courbes à l'entrée et à la sortie de la station avec toutefois des valeurs légèrement élevées pour les eaux traitées. Les courbes sont décroissantes du mois de novembre (15.1⁰C eau brute et 18.3⁰C eau épurée) au mois de mars (14.9⁰C eau brute et 16.06⁰C eau épurée) jusqu'à atteindre un minimum au mois de janvier (12.6⁰C eau brute et 13.1⁰C eau épurée) à partir duquel les courbes sont croissantes. Ces variations observées dans les températures reviennent au changement des saisons (estivale et hivernale). Il faut signaler que les valeurs moyennes mensuelles sont toujours inférieures à la norme de rejet d'eaux usées qui est de 30°C (**JORA, 2006**).

Tableau 16 : Moyennes mensuelles de la température dans les eaux usées brutes et épurées

| Mois | Valeurs moyennes mensuelles de température (°C) dans l'eau usée brute. | Valeurs moyennes mensuelles de température (°C) dans l'eau usée traitée. |
|---------------|--|--|
| Novembre 2017 | 15,1 | 18,3 |
| Décembre 2017 | 14,1 | 15,5 |
| Janvier 2018 | 12,6 | 13,1 |
| Février 2018 | 13,5 | 14,5 |
| Mars 2018 | 14,9 | 16,06 |
| Moyenne | 14,04 | 15,49 |

III.3.4 La conductivité

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau (**Rodier, 2009**).

Les résultats des la moyennes mensuelles de la conductivité sont illustrés sur la figure 22 et regroupés dans le tableau17. Nous constatons que les valeurs de la conductivité électrique, se situent dans un intervalle de 2055 à 2525 $\mu\text{s/cm}$ à l'entrée et de 1754 à 2507 $\mu\text{s/cm}$, à la sortie. Ces valeurs indiquent que les eaux usées de la région ne sont pas trop chargées en sels minéraux. Nous pouvons supposer que la nature des ces eaux est en fonction de la minéralisation naturelle de l'eau potable et celle à usage domestique. Cependant, il faut noter que pour une même eau distribuée, tout rejet polluant s'accompagne d'un accroissement de la conductivité. Il faut noter également que les traitements physiques ou biologiques n'ont qu'une faible incidence sur ce paramètre et que sa valeur varie peu entre l'eau brute et l'eau traitée (**Franck, 2002**).

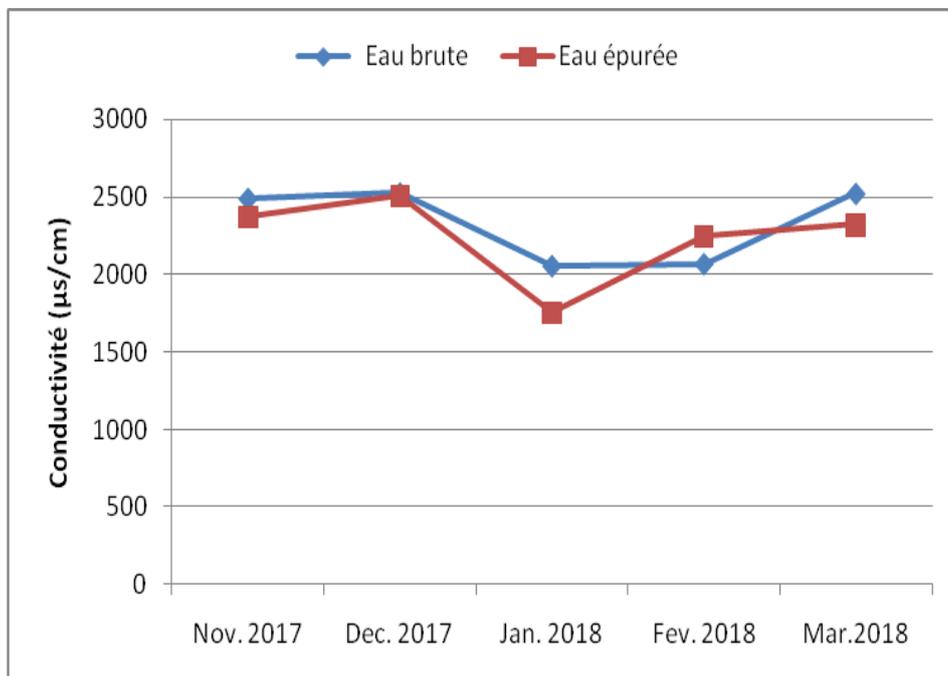


Figure 22 : Variation de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la STEP

Tableau 17 : Moyennes mensuelles de la conductivité dans les eaux brutes et épurées

| Mois | Valeurs moyennes mensuelles de Conductivité dans l'eau usée brute (µS/cm) | Valeurs moyennes mensuelles de Conductivité dans l'eau usée traitée (µS/cm) |
|---------------|---|---|
| Novembre 2017 | 2490 | 2373 |
| Décembre 2017 | 2525 | 2507 |
| Janvier 2018 | 2055 | 1754 |
| Février 2018 | 2068 | 2249 |
| Mars 2018 | 2523 | 2320 |
| Moyenne | 2332,2 | 2240,6 |

III.3.5 L'oxygène dissous(O₂)

L'oxygène dissous est un paramètre important dans la dégradation de la matière organique. Au cours de notre étude, on a pu disposer que des données relatives aux mois de janvier, février et mars présentées dans le tableau 18 et la figure 23. D'après le graphique, les teneurs en oxygène dissous enregistrées à la sortie sont nettement supérieures à celles de l'entrée, ceci est dû à une bonne aération des eaux au niveau des bassins d'aération. Cette oxygène est nécessaire pour le développement des microorganismes aérobies assurant l'oxydation des matières organiques, ce qui assure une bonne épuration biologique des eaux usées.

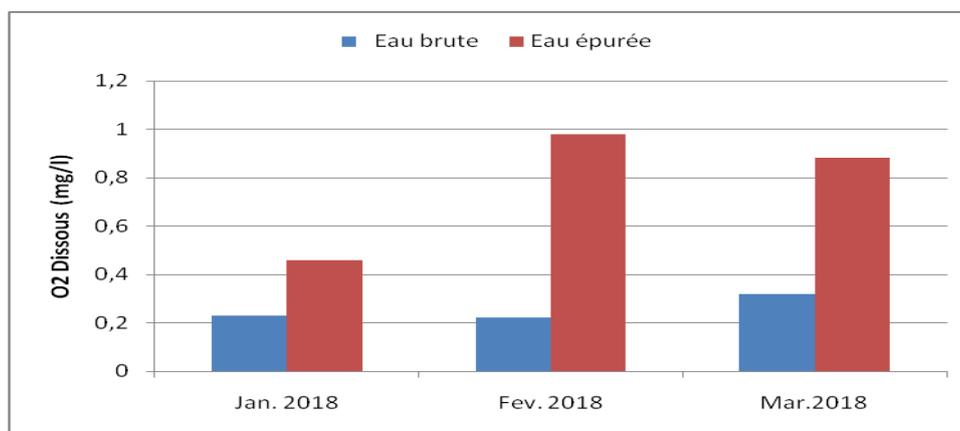


Figure 23: variations l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP

Tableau 18 : Moyennes mensuelles de l'oxygène dissous de l'eau usées brute et épurée

| Mois | Valeurs moyennes mensuelles d'O ₂ dissous dans l'eau usée brute (mg/l). | Valeurs moyennes mensuelles d'O ₂ dissous dans l'eau usée traitée (mg/l). |
|--------------|--|--|
| Janvier 2018 | 0,23 | 0,46 |
| Février 2018 | 0,22 | 0,98 |
| Mars 2018 | 0,32 | 0,88 |
| Moyenne | 0,25 | 0,77 |

III.3.6 Demande biologique en oxygène (DBO5)

Les variations des moyennes mensuelles de la teneur en DBO5 au cours de notre suivi, sont représentées sur la figure ci-dessous et le tableau 19.

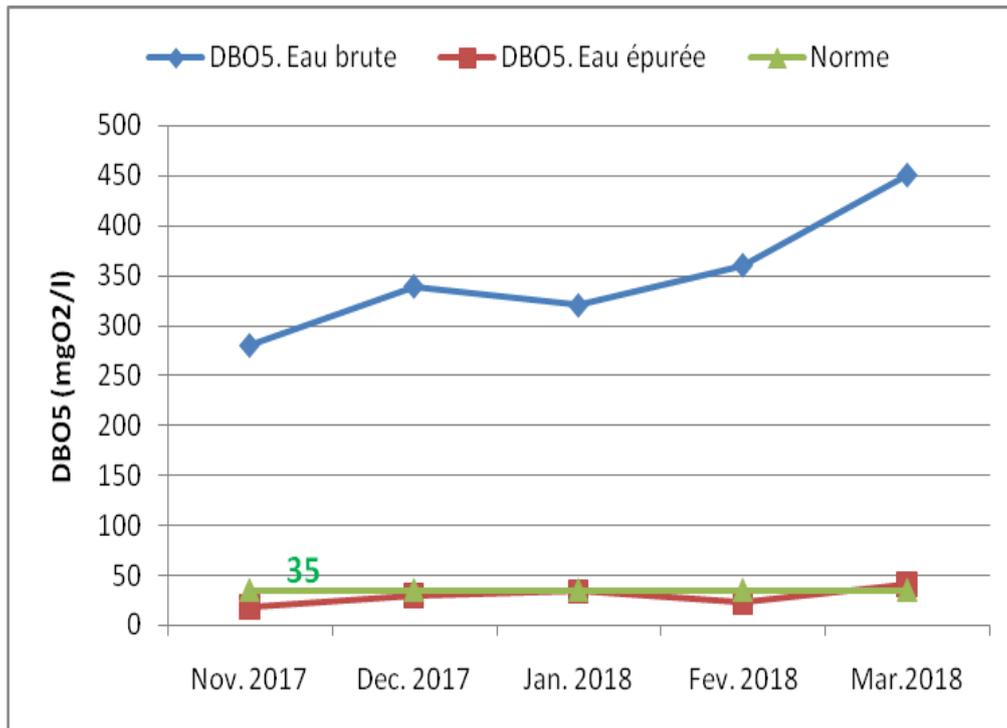


Figure 24 : Variations de la DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP

Tableau 19 : Moyennes mensuelles de la DBO5 dans l'eau usée brute et épurée

| Mois | Charges moyennes mensuelles de DBO ₅ dans l'eau usée brute (mgO ₂ /l). | Charges moyennes mensuelles de DBO ₅ dans l'eau usée traitée (mgO ₂ /l). | Rendements d'élimination de la DBO ₅ pendant chaque mois (%). | Norme (mgO ₂ /l) |
|---------------|--|--|--|-----------------------------|
| Novembre 2017 | 280 | 18,42 | 93,42 | 35 |
| Décembre 2017 | 339 | 30 | 91,15 | |
| Janvier 2018 | 320 | 34 | 89,37 | |
| Février 2018 | 360 | 23,7 | 93,41 | |
| Mars 2018 | 450 | 41,2 | 90,84 | |
| Moyenne | 349,8 | 29,46 | 91,57 | |

En observant les résultats trouvés, on remarque que les valeurs de DBO₅ à l'entrée de la station oscillent entre 280 mg O₂/l et 450 mg O₂/l avec une moyenne de 349,8 mg O₂/l. Notons que les valeurs enregistrées à l'entrée de la station dépassent la charge maximale prise en compte par la station (cf. tableau 3) malgré cela, on constate que le maximum de pollution organique biodégradable est éliminé au cours du traitement. Les rendements d'élimination sont entre 89.37%, à 93.42% avec une moyenne de 91.57%.

L'augmentation des concentrations de la DBO₅ de l'eau brute et traitée respectivement de (320-450) mgO₂/l et (34-41.2) mgO₂/l est en relation avec la charge en matières organiques biodégradable. D'après **Bliefert et Perraud(2001)**, elle est associée au maximum du développement de l'abondance bactérienne et une diminution de la teneur en oxygène suite à la consommation de ce dernier par les microorganismes.

La moyenne des concentrations résiduelles en DBO₅ est évaluée à 29.46mg O₂/l, laquelle est inférieure à la norme de rejet (35 mgO₂/l).

III.3.7 Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non biodégradable) d'une eau à l'aide d'un oxydant. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables. Elle est exprimée en mgO₂/l. La figure 25 et le tableau 20 représentent l'évolution des concentrations et les rendements d'élimination au cours de notre période d'étude

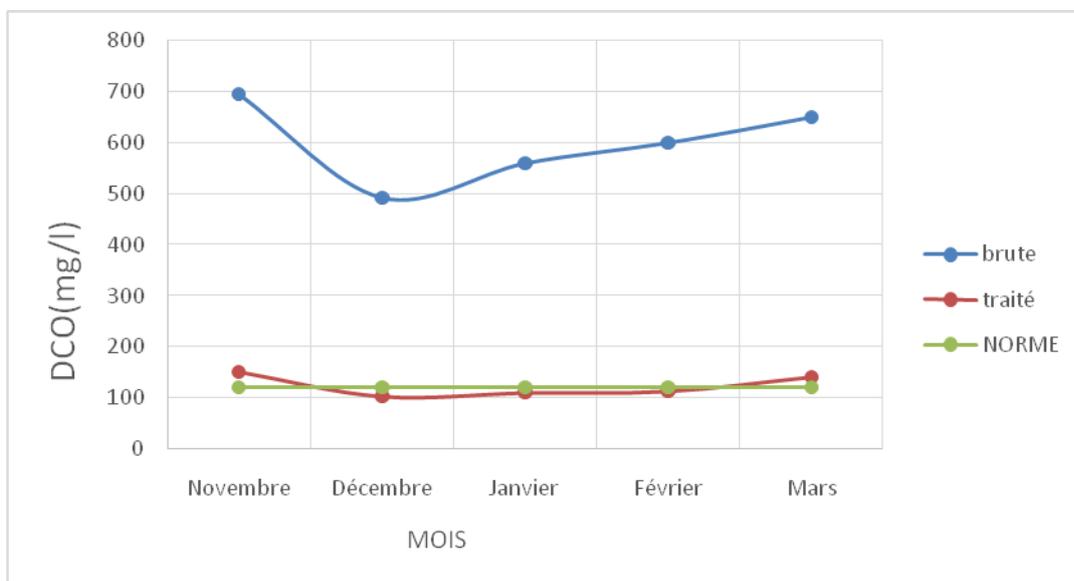


Figure25: Variation de la DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP

Tableau 20 : Moyennes mensuelles de la DCO dans l'eau usée brute et épurée

| Mois | Charges moyennes mensuelles de DCO dans l'eau usée brute (mgO ₂ /l). | Charges moyennes mensuelles de DCO dans l'eau usée traitée (mgO ₂ /l). | Rendements d'élimination de la DCO pendant chaque mois (%). | Norme (mgO ₂ /l) |
|---------------|---|---|---|-----------------------------|
| Novembre 2017 | 695 | 150 | 78,4 | 120 |
| Décembre 2017 | 493 | 103,2 | 79,4 | |
| Janvier 2018 | 560 | 110 | 80,03 | |
| Février 2018 | 600 | 113 | 81,16 | |
| Mars 2018 | 650 | 140 | 79,3 | |
| Moyenne | 599,6 | 123,24 | 79,44 | |

En examinant les résultats présentés, on remarque que les valeurs de la DCO à l'entrée de la station oscillent entre 493 mg O₂/l et 695mg O₂/l avec une moyenne de 599.5 mg O₂/l. Concernant l'effluent traité, les valeurs enregistrées de la DCO sont largement inférieures à celles de l'eau brute. La moyenne étant de 123.24 mg O₂/l laquelle dépasse légèrement la norme préconisée (120 mg O₂/l). Le pourcentage d'abattement de la DCO représenté sur le tableau 20 indique un rendement variant entre 78,4 % à 81,16 % et ceci prouve la présence une bonne réduction de la matière organique biodégradable ou non biodégradable contenue dans les bassins d'aération mais le pouvoir épuratoire s'avère plus performant pour la DBO₅ et dont les rendements ont variés entre 89,37 % à 93,42 %.

III.3.8 Biodégradabilité (K)

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique de l'eau usée urbaine (Metahri, 2012). L'effluent urbain contient dans sa majorité des composés organiques biodégradables. Le rapport DCO/DBO₅ constitue une indication de l'importance

de matières polluantes peu ou pas biodégradables. Si l'indice de biodégradabilité $K = DCO/DBO5 < 3$ donc les effluents de la station d'épuration sont considérés comme facilement biodégradables (Rodier, 2009).

Les données de notre étude sont reportées sur la figure 26. Nous remarquons que les valeurs moyennes mensuelles de la biodégradabilité varient entre 1,44 et 2,48 avec une moyenne $K = 1,756$ (inférieure à 3). Donc la majorité de la matière organique que contiennent les eaux usées dans le STEP d'Ain Sfiha est biodégradable et le traitement biologique par boues activées est suffisant pour dégrader ces matières polluantes

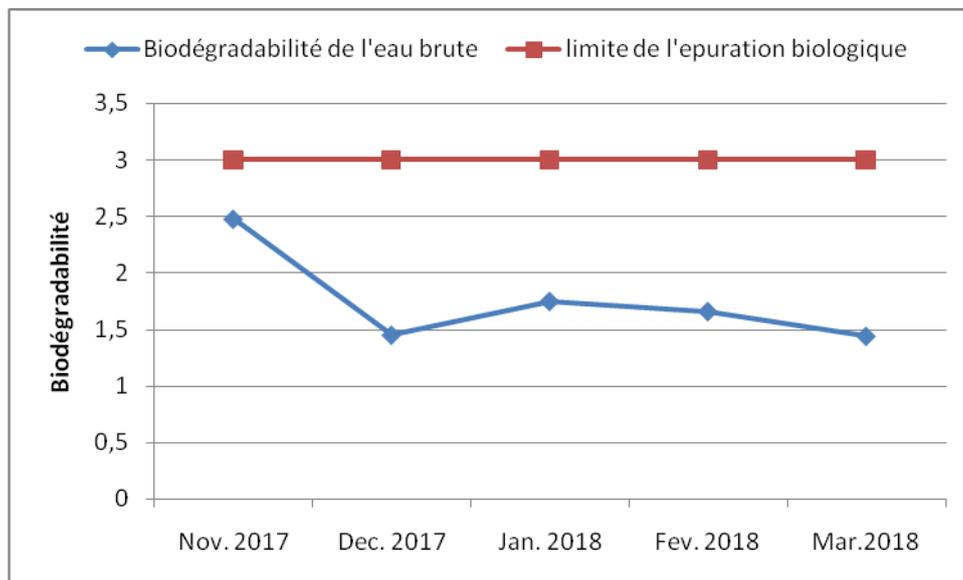


Figure 26 : Variations de la biodégradabilité DCO/DBO5 de la STEP d'Ain Sfiha

Tableau 21 : Moyennes mensuelles de la biodégradabilité (K) de l'eau usée brute de la STEP d'Ain Sfiha

| Mois | DCO dans l'eau usée brute (mgO ₂ /l). | DBO5 dans l'eau usée brute (mgO ₂ /l). | K |
|---------------|--|---|-------|
| Novembre 2017 | 695 | 280 | 2.48 |
| Décembre 2017 | 493 | 339 | 1.45 |
| Janvier 2018 | 560 | 320 | 1.75 |
| Février 2018 | 600 | 360 | 1.66 |
| Mars 2018 | 650 | 450 | 1.44 |
| Moyenne | 599,6 | 349,8 | 1.756 |

III.3.9 Matières en suspension (MES)

L'intérêt de détermination de MES à la sortie de la STEP est de vérifier la conformité aux normes de rejet en MES selon les normes algérienne de rejet.

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau (sable, boues, particules organiques, plancton, etc.). Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets, etc. (Rodier et al., 2005).

Les résultats de la moyenne mensuelle de MES sont illustrés sur la figure 27 et regroupés dans le tableau 22.

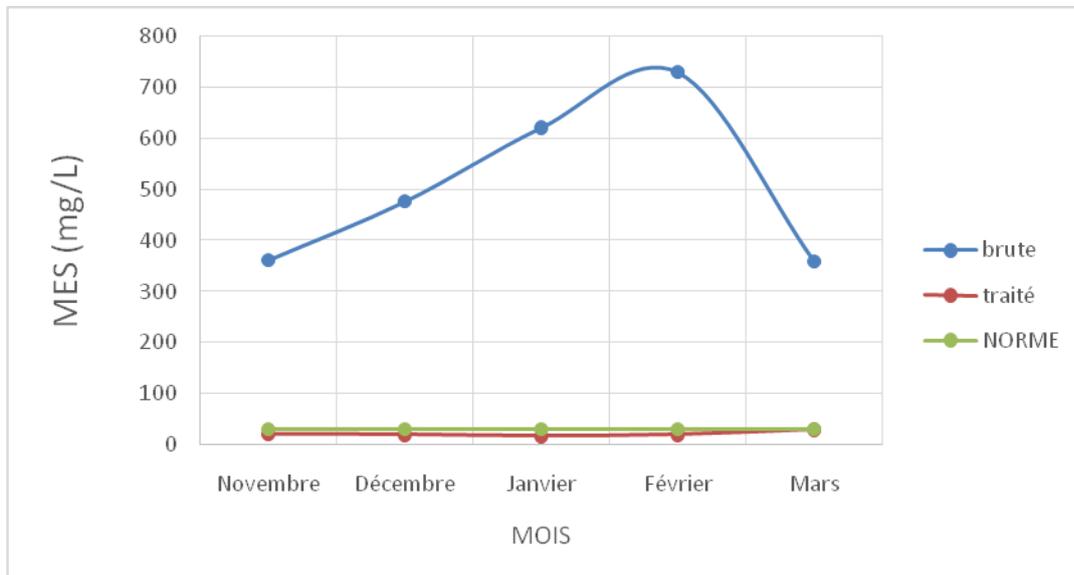


Figure 27 : Variations de la concentration des MES à l'entrée et à la sortie de la STEP

Nous constatons que en MES à l'entrée de la station varient entre 359 et 730 mg/l, avec une moyenne de 509,4 mg/l. Les remontées brusques de la concentration en MES observées, respectivement de 621 mg/l et 730 mg/l aux mois de janvier et février sont probablement liées à un arrivage d'eau (précipitation) chargée en matière minérale à savoir le sable, limon, argile...etc.

Les concentrations résiduelles à la sortie de la station ont largement diminuées (17 à 30 mg/l) par une moyenne de 21,6 mg/ qui est dessous de la norme (30 mg/l). Ainsi, la moyenne des

rendements d'élimination observés a atteint ainsi 95,7%. Ce pourcentage d'abattement important indique la performance de la décantation primaire et de même la clarification.

Tableau22 : Variations des moyennes mensuelles de MES dans l'eau usée brute et épurée

| Mois | Charges moyennes mensuelles de MES dans l'eau usée brute (mg/l). | Charges moyennes mensuelles de MES dans l'eau usée traitée (mg/l). | Rendements d'élimination de la MES pendant chaque mois (%). | Norme (mgO ₂ /l) |
|---------------|--|--|---|-----------------------------|
| Novembre 2017 | 361 | 21 | 94,1 | 30 |
| Décembre 2017 | 476 | 20 | 95,7 | |
| Janvier 2018 | 621 | 17 | 97,2 | |
| Février 2018 | 730 | 20 | 97,2 | |
| Mars 2018 | 359 | 30 | 91 | |
| Moyenne | 509,4 | 21,6 | 95,7 | |

III.3.10 Azote ammoniacal (N-NH₄)

Le tableau ci-dessous et la figure 28 représentent les variations de l'azote ammoniacal à l'entrée et à la sortie de la STEP ainsi que leurs rendements d'élimination.

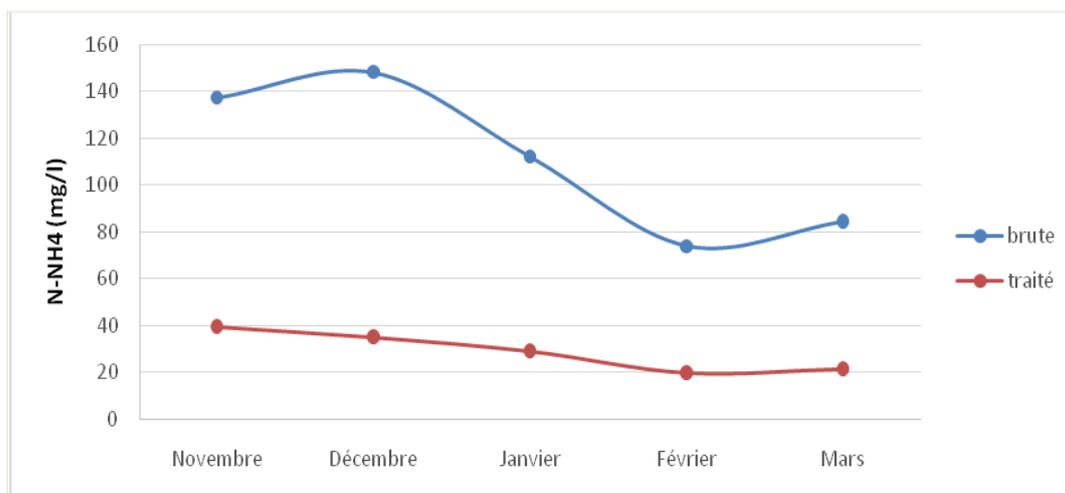


Figure 28: Variation de N-NH₄ à l'entrée et à la sortie de la STEP

Tableau 23 : Moyennes mensuelles de l'azote ammoniacal dans l'eau usées brute et l'eau usée épurée

| Mois | Charges moyennes mensuelles de N-NH ₄ dans l'eau usée brute (mg/l). | Charges moyennes mensuelles de N-NH ₄ dans l'eau usée traitée (mg/l). | Rendements d'élimination de la N-NH ₄ pendant chaque mois (%). | Norme OMS (mg/l) |
|---------------|--|--|---|------------------|
| Novembre 2017 | 137,5 | 39,5 | 71,27 | — |
| Décembre 2017 | 148,2 | 35 | 76,38 | |
| Janvier 2018 | 112,17 | 29 | 74,14 | |
| Février 2018 | 74,16 | 19,7 | 73,43 | |
| Mars 2018 | 84,62 | 21,4 | 74,71 | |
| Moyenne | 111,33 | 28,92 | 74,02 | |

Selon les résultats présentés on remarque que la concentration de l'azote ammoniacal dans l'eau brute est comprise entre 74,16 mg/l et 148,2 mg/l avec une moyenne de 111,33 mg/l. L'azote ammoniacal rencontré dans les eaux usées, traduit habituellement un processus de dégradation incomplet ce qui explique l'élévation de la teneur en cet élément dans l'eau usée.

A la sortie de la station, dans les eaux épurées on observe une diminution des concentrations en azote ammoniacal qui ont variées entre 19,7 mg/l et 39,5 mg/l. Cette diminution des teneurs en azote ammoniacale est expliquée par une réaction chimique dite nitrification

III.3.11 Nitrates (N-NO₃)

La figure 29 et le tableau 24 montrent les variations des moyennes mensuelles des nitrates décelées au cours de notre période d'étude.

Selon les résultats présentés on remarque que les concentrations de nitrates dans l'eau brute sont comprises entre 3,7 mg/l et 8,7 mg/l avec une moyenne de 6.28 mg/l, alors que dans l'eau épurée, les valeurs oscillent entre 2,7 mg/l et 5,1 mg/l avec une moyenne de 3,52 mg/l. La réduction de nitrate à la sortie de la station s'explique par le processus de dénitrification qui consiste en une réduction des nitrates en azote gazeux par des bactéries hétérotrophes du genre *Pseudomonas* en l'absence d'oxygène dissous (**Pelmont, 1993**). La matière organique est utilisée comme source de carbone. Par ailleurs, cette réduction peut s'expliquer également par des mécanismes physiques c'est-à-dire par décantation lorsque l'élément nitrate se trouve lié aux matières en suspension dans les bassins de clarification.

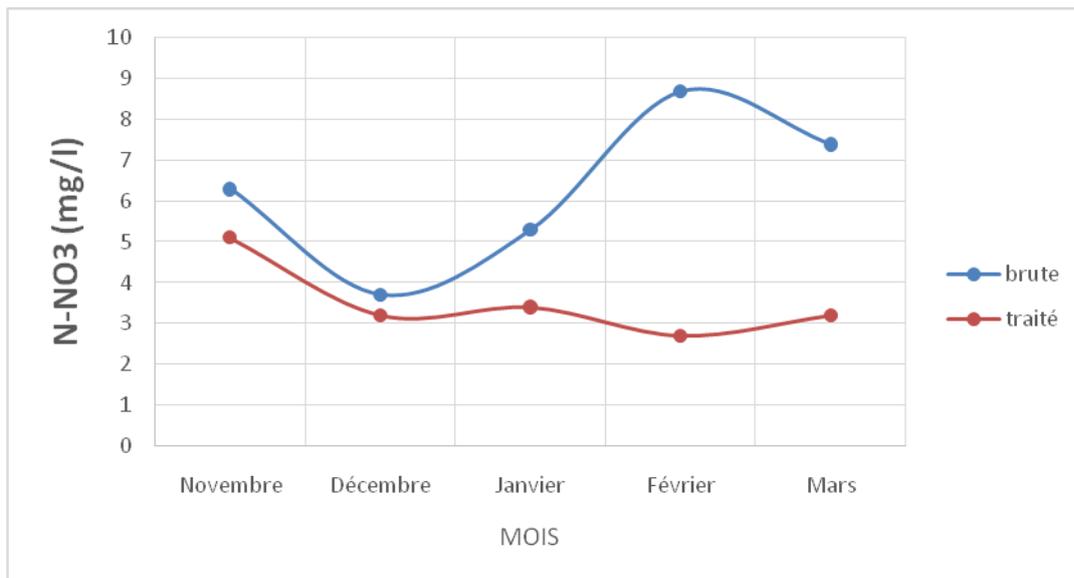


Figure 29: Variations des nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP

Tableau 24: Moyennes mensuelles de nitrates en (mg/l) dans l'eau usées brute et épurée

| Mois | Moyennes mensuelles de N-NO ₃ dans l'eau usée brute (mg/l). | Moyennes mensuelles de N-NO ₃ dans l'eau usée traitée (mg/l). | Rendements d'élimination de la N-NO ₃ pendant chaque mois (%). |
|---------------|--|--|---|
| Novembre 2017 | 6,3 | 5,1 | 19,0476 |
| Décembre 2017 | 3,7 | 3,2 | 13,51 |
| Janvier 2018 | 5,3 | 3,4 | 35,84 |
| Février 2018 | 8,7 | 2,7 | 81,08 |
| Mars 2018 | 7,4 | 3,2 | 56,75 |
| Moyenne | 6,28 | 3,52 | 43,94 |

III.3.12 Phosphore (P-PO₄³⁻)

La connaissance de la quantité des ions ortho phosphates (50 à 90% du phosphore total des eaux usées urbaines) contenue dans les eaux résiduaires permet de vérifier si ce composé ne fait pas défaut pour envisager un traitement biologique de ces eaux.

La figure 30 et le tableau 25 représentent les variations des moyennes mensuelles des ions orthophosphates (PO₄³⁻) pendant notre période d'étude ainsi que leurs pourcentages d'abattement.

Le rendement moyen d'élimination des orthophosphates (tableau 25) est de 40%. Le rendement épuratoire en phosphore des systèmes de traitement aérobie se montre moins efficace à l'exception de la consommation en phosphore qu'effectuent les microorganismes pour assurer leur subsistance (Henka, 2015).

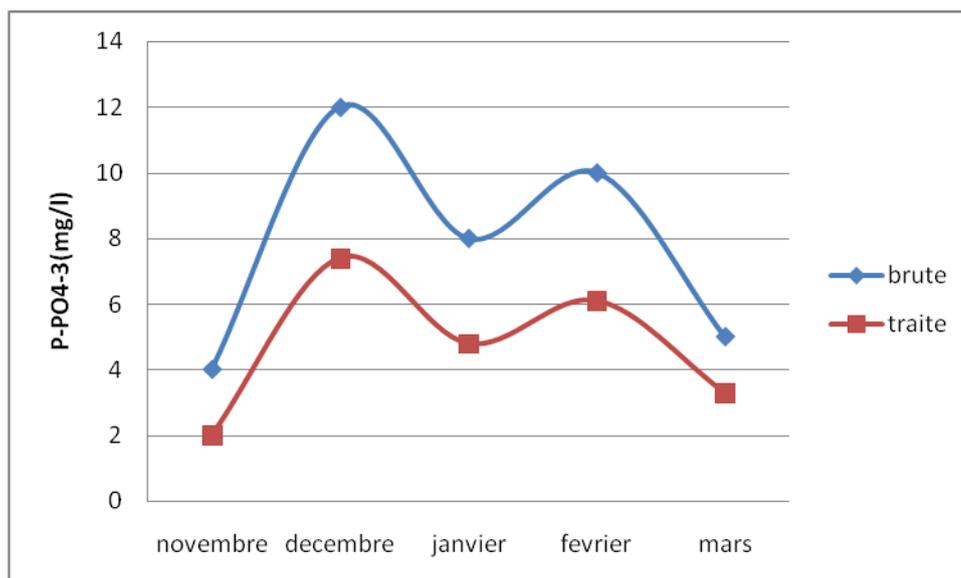


Figure 30 : Evolution des ions ortho phosphates (mg/l) dans les eaux usées brutes et épurées

Tableau 25 : Moyennes mensuelles des ions ortho phosphates dans l'eau usée et épurée

| Mois | moyennes mensuelles de (PO ₄ ⁻³) dans l'eau usée brute (mg/l). | moyennes mensuelles (PO ₄ ⁻³) dans l'eau usée traitée (mg/l). | Rendement % | Norme algérienne (mgO ₂ /l) |
|----------|---|--|-------------|--|
| Novembre | 4 | 2 | 50 | 2 |
| Décembre | 12 | 7.4 | 38 | |
| Janvier | 8 | 4.8 | 40 | |
| Février | 10 | 6.1 | 39 | |
| Mars | 5 | 3.29 | 34 | |
| Moyenne | 7.8 | 4.71 | 40.2 | |

III.4 Conclusion

Pour évaluer les performances épuratoires de la station d'épuration Ain Sfiha, nos résultats d'étude sont exploités et illustrés sous forme de courbes et d'histogrammes.

Au cours de notre période étude, la moyenne des moyennes mensuelles obtenues en DCO (599,6mgO₂/l) et DBO5 (349,8mgO₂/l) indiquent une pollution organique importante des eaux résiduaires qui serait liée à l'urbanisation. Cette eau usée présente un pH proche de la neutralité favorable à un traitement biologique.

Les rendements d'élimination sont en fonction du type des charges polluantes exprimées en MES, DBO5, DCO dont les rendements moyens respectifs sont de 95,7% ; 91,57 % ; 79,44%.

Le rendement épuratoire des matières en suspension (MES) s'est avéré également très élevé et a varié de 91% à 97,2% traduisant la bonne aptitude des boues à la décantation.

La biodégradabilité moyenne $K = 1,756$ indique que la majorité de la matière organique que contiennent les eaux usées dans le STEP d'Ain Sfiha est biodégradable et le traitement biologique par boues activées est suffisant pour dégrader ces matières polluantes.

La diminution des teneurs en azote ammoniacale à la sortie de la station est expliquée par une réaction chimique dite nitrification. Par ailleurs, la réduction de nitrate à la sortie de la station s'explique par le processus de dénitrification qui consiste en une réduction des nitrates en azote gazeux par des bactéries hétérotrophes

Conclusion générale

Ce travail a été consacré à l'évaluation de la qualité des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Ain Sfiha à Sétif. Le principe de fonctionnement consiste en un traitement biologique intensif par boues activées.

Au cours de cette étude, on a présenté un aperçu bibliographique sur les origines des eaux et les paramètres globaux permettant de contrôler leur pollution. Le rôle d'une station d'épuration des eaux est l'élimination de la pollution jusqu'à un niveau définie par la réglementation en vigueur pour assurer que le rejet des eaux traitées n'affecte pas le milieu récepteur et selon cette réglementation, les procédés de traitement sont mis en œuvre selon plusieurs niveaux de traitements.

La station d'épuration d'Ain Sfiha à Sétif a été mise en service en mars 1996. Elle vise à traiter un effluent d'eaux usées de 450000E.H et d'un débit de 99000 m³/j. La filière de traitement des eaux comprend les étapes de prétraitement (dégrillage grossier et dégrillage mécanisé, dessablage/déshuilage), le traitement biologique (deux bassins d'aération), la décantation secondaire (deux clarificateurs). Par ailleurs, le traitement des boues passe par les étapes de la stabilisation, l'épaississement, et lits de séchage.

Dans le but d'évaluer la performance de la station d'épuration de la ville de Sétif, nous avons étudié les paramètres globaux de la pollution des eaux brutes et épurées. Les résultats des moyennes mensuelles des différents paramètres analysées au cours de notre période d'étude qui s'étale de novembre 2017 à mars 2018, nous ont permis de parvenir à une synthèse pour évaluer la qualité des eaux usées brutes et épurées dans la STEP.

Les paramètres de pollution mesurés en termes de DCO (moyenne =599,6mgO₂/l) et DBO5 (moyenne =349,8mgO₂/l) indiquent une pollution organique importante des eaux résiduaires qui serait liée à l'urbanisation. L'eau usée brute présente un pH proche de la neutralité favorable à un traitement biologique.

Les rendements moyens mesurés à partir des MES, DBO5, DCO donnent des valeurs respectives de 95,7% ; 91,57 %; 79,44%.

Le rendement épuratoire des matières en suspension (MES) s'est avéré très élevé et a varié entre 91% et 97,2% traduisant la bonne aptitude des boues à la décantation. Cette performance vis-à-vis de l'élimination des MES indique le bon fonctionnement des ouvrages de traitement notamment au niveau de la décantation primaire et secondaire.

Conclusion générale

La diminution des teneurs en azote ammoniacale à la sortie de la station est expliquée par une réaction chimique dite nitrification. Par ailleurs, la réduction de nitrate à la sortie de la station s'explique par le processus de dénitrification qui consiste en une réduction des nitrates en azote gazeux par des bactéries hétérotrophes.

Références bibliographiques

- Belaid H. Z. (2013).** Contribution à l'étude des dysfonctionnements relevés dans une station d'épuration, étude du cas : STEP d'Ain El Houtz, Mémoire de master en hydraulique, Université Abou-Bakr Belkaid de Tlemcen.
- Bliefert C., Perraud R. (2001).** Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sol, Déchets, Edition de Boeck, pp 317 à 477.
- Boumediene A. (2013).** Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées: cas de la STEP AIN EL HOUTZ. Mémoire de master en hydraulique, Université Abou-BakrBelkaid de Tlemcen
- CHOCAT B. (1997).** Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines », conseil supérieur d'hygiène publique de France section des eaux ; 22p.http://www.sante.gouv.fr/dossiers/cshpf/re_1095_desinfection.htm.
- Da Motta M. (2001).** Application de l'analyse d'image à la caractérisation de la microfaune de stations d'épuration des eaux usées, Thèse de Doctorat, INPL Nancy
- Degrémont. (1989).** Mémento technique de l'eau usée, tome I, édition cinquantenaire : Lavoisier, Paris (France)
- Degrémont. (1978).** Mémento technique de l'eau : 8ème édition. Edition Technique
- Dégrémont.(1972).** Mémento technique de l'eau, Ed ; Lavoisier, Paris
- Desjardins R. (1997).** Traitement des eaux, deuxième édition, Edition de l'Ecolepolytechnique de Montréal (Canada)
- Dhaouadi H. (2013).** Traitement des eaux usées urbaines, les procédés biologiques d'épuration. Thèse de doctorat. Université Virtuelle de Tunis, 34 p
- Dunglas. (2014).** La réutilisation des eaux usées. Académie d'agriculture de France. Note de travail N°5. pp2-3.
- Gaïd A. (1993).** Traitement des eaux usées urbaines. Techniques de l'ingénieur C5-220. Editions T. I. Paris, France. pp4-5, 23,28.
- Gaid A.K. (1984).** Epuration biologique des eaux usées urbaines, Tome I, Ed. O.P.U, Alger.
- Guiraud. (1998).** Microbiologie alimentaire. Ed. DUNOD, Paris p25-380
- Gomella C., Geurree H. (1983).** Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales, Tome 2, Edition : Ayrolles, Paris (France).
- Grosclaude G. (1999).** L'eau usage et polluant, Tome II. 4eme Edition : INRA paris

- Hamid B. (2014).** Étude des performances épuratoires de la technique du lagunage aéré appliquée à la station d'épuration de la ville d'Errachidia - Maroc.
- JORA. (2006).** Journal Officiel De La République Algérienne N°26 De 23 Avril 2006.
- Josep P. (2002).** Station d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation
- Koller E. (2004).** Traitement des pollutions industrielles. Eau – air – déchets – sols– boues. Prais, Dunod, pp 424
- Ladjel F. (2006).** Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes. 80p
- Mekhalif F. (2009).** Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de magister en chimie, Université de skikda.
- Metahri M. S. (2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzo
- ONA. (2006).** Fiche technique de la station d'épuration (STEP)
- Pelmont J. (1993).** Bactéries et environnement, adaptations physiologiques. [eds] Presses Universitaires de Grenoble. Presses universitaires de Grenoble, Grenoble. 898p
- Rejsek F. (2002).** Analyse des eaux, Aspects Réglementaires Et Techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. France.
- Rejasse S. J. (2009).** Optimisation du fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées de 10 000 EH, Trélissac », Mémoire d'ingénieur de l'ENGEES, Promotion Indre
- Rodier J. (2005).** Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^{ième} Ed. Dunod, Paris(France)
- Rodier J. (2009).** Analyse de l'eau : Eaux naturelles, 9^{ième} Ed. Dunod, Paris(France)
- Rodart T. (1989).** « Modélisation statistique d'une usine de traitement de l'eau potable ». Rencontres Internationales Eau et Technologies Avancées. Montpellier
- Rodriguez C ., Gracia A. (2004).** Étude de la congélation comme technique de traitement des eaux: applications spécifiques. Thèse de doctorat. L'institut national des sciences appliquées de Toulouse. Université de Toulouse. France.
- Telli S. M. (2013).** Etude sur la valorisation par séchage solaire Des boues d'épuration des Eaux urbaines –Office Nationale d'Assainissement (ONA)- Tlemcen, mémoire master génie énergétique université de Tlemcen

Références bibliographiques

Thomas O. (1955). Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed. Lavoisier, Cedeboc, 135-192p

Troyes I. (2002). Eaux usées et assainissement. Les traitements adaptés.

Satin M., Selmi B. (2006). Guide technique de l'assainissement, 3^{ième} édition. Edition du moniteur, Paris(France).

Servais. (2006). Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes, Diplômé d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement (2006).