

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Mémoire du Projet de fin d'étude

2^{ème} Année Master



Département : Génie des Procédés
Spécialité : Génie des procédés des matériaux

Présenté par :

MEHAMMEDIA Ammar

TOUATI TLIBA Khalifa

=====

**Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration des
eaux usées (STEP) de Guelma**

=====

Sous la Direction de :

Dr BENGOURNA Nadjette

Année : 2020

Remerciements

Je remercie avant tout Dieu de m'avoir donné la volonté et la santé pour réaliser ce modeste travail.

*Mes remerciements, mes respects et ma profonde gratitude à mon encadreur **Dr. Bengourna Nadjette** pour avoir proposé le sujet de mon mémoire pour le suivi de mon travail ses suggestions et remarques pertinentes.*

*Un grand merci au personnel de la STEP de Guelma surtout **MME Benfreikh Abba et monsieur Dali Amine**, pour leur disponibilité et leur aide. Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à*

*L'ingénieur du laboratoire de l'office national de seaux (**ONA**), d'avoir guidé mes pas au niveau de la station de Guelma.*

*Par ailleurs nous remercions le chef de département de génie de procédés monsieur **Nememcha A/R** professeur à l'université de Guelma.*

Je remercie aussi le Jury pour l'honneur de juger notre travail.

Je remercie toute personne ayant contribué, de près ou de loin, dans ce travail, merci.

Dédicace

Je voudrais tout d'abord dire : Louange à Allah qui m'a inspiré le courage et la capacité de faire et accomplir ce modeste travail, que je dédie :

À l'âme de mon père.

À ma chère mère, le phare de ma vie, pour tous les sacrifices, les encouragements et le pouvoir qu'elle m'a donné toute ma vie.

Peu importe ce que je fais, ce ne sera pas suffisant pour rembourser ce que vous avez fait pour moi.

À mes cher frères et sœurs: Mohamed, Salem, Toufik, Nadjet, Lakhder, Rafika, El Arbi, Walid, Hanene, Sadouk, Warda, Saida.

Pour leur amour et leur aide qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.

À mes chères frères et amies : Ali, Salem, Ahmed, Nadjib.

À mes chères collègues et frères : Aimen, Aymen, Housseem, Zakaria, Wassim, Amar, Makki, Ismail, Japp iet Sofiane.

Une dédicace spéciale à mon cher prof Nemancha Abdelbrafik.

Et à toute la famille Touati Nliba petit et grand.

Et à toute la promotion de génie des matériaux.

À tous ceux de la faculté des sciences et de la technologie et le département de génie procédée

2020

À tous ceux qui m'aime. À tous ce que j'aime.

KHALIFA

Dédicace

Je voulais tout d'abord, dire : Louange à Allah qui m'a inspiré le courage et la capacité de faire et accomplir ce modeste travail, que je dédie :

À ma chère mère et à mon cher père, pour tous les sacrifices, les encouragements et le pouvoir qu'ils m'ont donné toute ma vie.

Peu importe ce que je fais, ce ne sera pas suffisant pour rembourser ce que vous avez fait pour moi.

A mes chers frères : Ishaak et Abdenaser Pour leur amour et leur aide qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.

Ames chères frères et amies :Walid, Bilel , Zaki, Amine, Morad, Saleh, Salah, Capilo, Omar.

A mes chères collègues et frères : Aimen, Aymen Houssein, Zakaria, Khalifa, Wassim, Amar, Makki, Ismail, Jappi et Sofiane.

Et a toute la famille Mehamdia petit et grand.

Et a toute la promotion de génie des matériaux.

A tous ceux de la faculté des sciences et de la technologie et le département de génie procédée 2020

A tous ceux qui m'aime. A tous ce que j'aime.

AMAR

Sommaire

| | |
|------------------------|-----|
| Remerciements | |
| Liste des tableaux | iv |
| Liste des figures | v |
| Liste des abréviations | vii |

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

| | |
|--|----|
| Introduction | 2 |
| I.1. Définition des eaux usées | 2 |
| I.2. Origine des eaux usées | 2 |
| I.3. les différents types des eaux usées | 2 |
| I.3.1. Les eaux usées industrielles | 2 |
| I.3.2. Les eaux usées domestiques | 3 |
| I.3.3. Les eaux pluviales | 3 |
| I.3.4. Les eaux usées agricoles | 3 |
| I.4. la pollution des eaux usées | 3 |
| I.4.1. Pollution minérale | 4 |
| I.4.2. la pollution microbiologiques | 4 |
| I.4.3. Pollution chimique | 5 |
| I.4.4. La pollution physique | 5 |
| I.4.5. Pollution par le phosphore | 5 |
| I.4.6. Pollution par l'azote | 5 |
| I.4.7. La pollution thermique | 5 |
| I.4.8. La pollution radioactive | 5 |
| I.4.9. la pollution par hydrocarbures | 6 |
| I.5. Paramètres de mesures | 6 |
| 1.5.1. Paramètres physico-chimiques | 7 |
| 1.5.2. Paramètres chimiques (indicateurs de pollution) | 9 |
| 1.5.3. Paramètres biologiques | 9 |
| I.6. Normes de rejets | 10 |
| I.6.1. Normes internationales | 10 |
| I.6.2. Normes de rejets Algérienne | 10 |
| I.7. Impactes des eaux usées | 12 |
| I.7.1. Sur le milieu naturel | 12 |
| I.7.2. Sur la santé de l'homme | 12 |
| Conclusion | 13 |

Chapitre II Procédés d'épuration des eaux usées

| | |
|--|----|
| Introduction | 14 |
| II.1. Définition de l'épuration | 14 |
| II.2. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées | 14 |
| II.3. Rôle des stations d'épuration | 15 |
| II.4. Description de la station d'épuration des eaux usées de la ville de | 15 |
| II.4.1. Localisation | 15 |
| II.4.2. Emplacement et accès | 15 |
| II.4.3. Caractéristiques techniques de la STEP | 16 |
| II.4.4. Point de rejet (Destination) | 16 |
| II.4.4.1. L'eau épurée | 16 |
| II.4.4.2. Les sous-produits issus de l'épuration | 17 |
| II.5. Les procédés d'épuration des eaux usées | 17 |

| | |
|--|----|
| II.5.1. Prétraitement | 17 |
| II.5.1.1. Dégrillage | 18 |
| II.5.1.2. Dessablage | 18 |
| II.5.1.3. Dégraissage-déshuilage | 19 |
| II.5.2. Traitement primaire | 19 |
| II.5.2.1. La décantation | 19 |
| II.5.2.2. Traitements de décantation physico-chimiques | 20 |
| II.5.2.3. Filtration | 20 |
| II.5.3. Traitement secondaire ou biologique | 20 |
| II.5.3.1. Les procédés extensifs | 21 |
| II.5.3.1.1. Le lagunage : | 21 |
| II.5.3.2. Les procédés intensifs | 22 |
| II.5.3.2.1. Lit bactérien (culture fixe) | 22 |
| II.5.3.2.2. Disque biologique (culture fixe) | 22 |
| II.5.3.3. Clarification et rejet des effluents | 23 |
| II.5.4. Traitements complémentaires ou tertiaires | 23 |
| II.5.4.1. Elimination l'azotée | 24 |
| II.5.4.2. Elimination phosphorée : | 24 |
| II.5.4.3. Elimination des germes pathogènes (chloration) : | 24 |
| II.5.5. Traitement des boues | 25 |
| II.5.5.1. Origine des boues | 25 |
| II.5.5.2. Déshydratation | 25 |
| II.5.5.3. Les lits de séchage | 26 |
| Conclusion | 26 |

Chapitre III Démarche expérimentale

| | |
|---|----|
| Introduction | 27 |
| III.1. Echantillonnage | 27 |
| III.2. Prélèvement | 27 |
| III.3. Analyses physico-chimiques | 28 |
| III.3.1. Température | 28 |
| III.3.2. pH | 29 |
| III.3.2.1. Principe | 29 |
| III.3.2.2. Mode opératoire | 29 |
| III.3.3. Matières en suspension (MES) | 30 |
| III.3.3.1. Matériels et réactifs | 30 |
| III.3.3.2. Procédure expérimentale | 30 |
| III-3-3-3. Calculs et résultats | 31 |
| III.3.4. Mesure de la conductivité | 32 |
| III.3.4.1. Principe | 32 |
| III.3.4.2. Mode opératoire | 32 |
| III.3.5. Oxygène dissous | 33 |
| III.3.5.1. Mode opératoire | 34 |
| III.3.6. Demande chimique en oxygène DCO | 34 |
| III.3.6.1. Matériels : | 34 |
| III.3.6.2. Mode opératoire | 34 |
| III.3.7. La demande biochimique en oxygène DBO ₅ | 35 |
| III.3.7.1. Principe d'analyse | 35 |
| III.3.7.2. Matériels | 36 |
| III.3.7.3. Mode opératoire | 37 |

| | |
|---|-----------|
| III.3.7.4.Résultat : | 37 |
| III.3.8. Ammonium NH_4^+ | 37 |
| III.3.8.1.Matériels | 37 |
| III.3.8.2. Mode opératoire | 37 |
| III.3.9. Orthophosphate OPO_4^- | 38 |
| III.3.9.1. Matériels | 38 |
| III.3.9.2. Mode opératoire | 38 |
| III.3.10. Matière sèche | 39 |
| III.3.10.1.Dètermination de MS | 39 |
| III.3.11. Matière volatile en suspension MVS | 39 |
| Conclusion | 40 |

Chapitre IV Résultats et discussions

| | |
|--|----|
| Introduction | 41 |
| IV.1. Analyses de l'eau au niveau de la STEP de Guelma | 41 |
| IV.1.1. Les analyses physiques | 41 |
| IV.1.1.1. Interprétation | 42 |
| IV.1.2.Les analyses chimiques | 44 |
| IV.1.2.1. Interprétation | 44 |
| IV.1.3. Paramètres de pollution organique (DCO, DBO5) | 46 |
| IV.1.3.1.Demande chimique en oxygène (DCO) | 47 |
| IV.1.3.2.Demande biologique en oxygène (DBO5) | 47 |
| IV.1.4.Rendements èpuratoires | 48 |
| Conclusion | 48 |
| Conclusion générale | 51 |
| Références Bibliographiques | 52 |
| Résumé | 55 |
| Annexes | 56 |

Liste des tableaux**Chapitre I :**

| | | |
|--------------------|--|----|
| Tableau I.1 | Germes pathogène rencontrés dans les eaux usées..... | 3 |
| Tableau I.2 | Normes de rejets internationales..... | 9 |
| Tableau I.3 | Normes de rejets dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.)..... | 10 |

Chapitre IV :

| | | |
|---------------------|---|----|
| Tableau IV.1 | Valeurs mesurées pour la station d'épuration des eaux de Guelma pour la température, pH, conductivité et matière en suspension..... | 41 |
| Tableau IV.2 | Analyse chimique de l'eau. | 44 |
| Tableau IV.3 | Valeurs mesurées par le personnel de la station d'épuration des eaux de Guelma pour la DBO5 et la DCO..... | 46 |
| Tableau IV.4 | Rendement épuratoire..... | 49 |

Liste des figure

Chapitre II

Figure II.1 : Photo aérienne de la station d'épuration (Guelma 2017). 16

Figure II.2 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées. 17

Figure II.3 : dégrillage (STEP Guelma 2017). 18

Figure II.4: Dessablage et déshuilage 19

Figure II.5 : décanteur primaire (STEP Guelma 2017). **20**

Figure II.6 : Bassin d'aération. 21

Figure II.7 : Clarificateur 23

Figure II 08 : Bassin de désinfection 24

Figure II 09 : Epaisseur des boues. 25

Figure II 10 : Lit de séchage..... 26

Chapitre III

Figure III.1 : Prélèvement à l'entrée 28

Figure III.2 : Prélèvement à la sortie..... 28

Figure III.3: Photo du pH mètre. 30

Figure III 4 : balance de précision (à gauche) et une pompe à vide (à droite) 31

Figure III 5 : un dessiccateur (à gauche) l'étuve (à droite)..... 32

Figure III.6 : Photo du conductimètre portatif (LF 90). 33

Figure III 7: Réacteur utilisée pour la mesure de la DCO à gauche et un Spectrophotomètre à droite 35

Figure III 8 : Photo représentant l'analyse de la DCO 35

Figure III 9 : Oxymètre utilisé 36

Figure III 10 : photo del'enceinte où sont gardés les flacons pour l'analyse de la DBO₅. 36

Figure III 11 : Photo représentant la manipulation pour la détermination de NH₄⁺ 38

Figure III 12 : Photo montrant la manipulation pour la détermination d'OPO₄⁻ 39

Figure :III 13 : un four (550⁰C)..... 40

Chapitre IV

Figure IV.1 :Variation de la température 42

Figure IV.2 :Variation du pH 43

| | |
|--|------------------------------------|
| Figure IV.3 : Variation de la conductivité électrique. | 43 |
| Figure IV.4 : Variation des MES | 44 |
| Figure IV.5: Variation de la teneur en oxygène dissous | 45 |
| Figure IV.6 :Variation des orthophosphates. | 46 |
| Figure IV.7:Variation de NH_4^+ | 46 |
| Figure IV.8 : Variation de la DCO | 47 |
| Figure IV.9 : Variations hebdomadaire de la DBO5. | 48 |
| Figure IV.10 :Taux d'abattement DBO5 et DCO. | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure IV.11 : Taux d'abattement des MES. | 49 |
| Figure IV.12 : Rendement de réduction de NH_4^+ | 49 |

Liste des abréviations

STEP : Station d'épuration des eaux usées.

ERU : Les eaux résiduaires urbaines.

NH₄⁺ : Azote ammoniacal (mg/l).

NH₃ : ammoniac (mg/l).

NO₂⁻ : les ions nitrites.

NO₃⁻ : Nitrates.

K: constatant de la biodégradabilité.

HPA : hydrocarbures aromatiques polycycliques.

PH : le potentiel hydrique.

MES : Matières en suspension.

DCO : demande chimique en oxygène.

DBO : demande biochimique en oxygène.

NTK : L'azote total de Kjeldahl.

PO₄H₂: Ortho-phosphate, soluble PO₄H₂.

CE : Conductivité Electrique (µs/cm).

SAR : Rapport d'adsorption du sodium.

OH : Ion hydroxyde.

MS : Matière sèche.

MVS : Matière volatile en suspension.

DSDS : Direction de la santé et du développement social.

JORA : journal officiel de la république algérienne.

MOS : Organisation mondiale de la santé

T : Température

O₂ : Oxygène dissous.

ONA : Office National d'Assainissement.

Introduction Générale

Introduction générale

Depuis ces dernières décennies, l'humanité est de plus en plus consciente du danger menaçant la planète suite à la grande croissance démographique et aux énormes progrès technologiques qui engendrent l'insalubrité de l'environnement.

L'eau, Ou autrement dite l'or bleu, constitue dans nos jours un grand problème touchant la globalité de la terre. Pour ça, il faut alors la préserver par tous les moyens possibles : diminution du gaspillage ; réutilisation des eaux usées et introduction de ces dernières dans des techniques spéciales de recyclage.

La réutilisation des eaux usées est une pratique très répandue dans les régions du monde affectées par des pénuries de ressources en eau. Le bassin méditerranéen est l'une des régions du monde où la réutilisation des effluents urbains est pratiquée.

La Tunisie par exemple a une politique nationale de valorisation de cette catégorie des eaux.

En Algérie, ce domaine n'est pas très développé, et le dispositif mis en place ne permet pas d'atteindre les perspectives voulues pour faire face aux problèmes émanant des eaux usées.

Dans ce travail, ayant pour objectif de contribuer à la connaissance de la pollution hydrique sur l'environnement, nous essayons de projeter la lumière sur le volet épuration des eaux usées via quelques analyses.

Pour atteindre cet objectif, nous avons choisi un site d'étude qui est la station d'épuration des eaux usées de Guelma (S.T.E.P Guelma).

Les analyses effectuées au laboratoire de la station ont le but de contrôler la qualité des eaux en amont et en aval de la station d'épuration, c'est-à-dire, avant et après traitement.

Ce travail est présenté en deux parties l'une théorique et l'autre expérimentale.

La partie théorique comporte deux chapitres:

- Le premier chapitre consiste en un rapport général sur les eaux usées.
- Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des différentes méthodes d'épuration.

La partie expérimentale comporte deux chapitres :

- Un troisième chapitre consacré aux méthodes et techniques expérimentales.
- Avant de conclure ce travail, un quatrième et dernier chapitre est consacré à la discussion et l'interprétation des résultats obtenus.

Chapitre I :
Généralités sur Les eaux usées

Introduction

Les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels.

I .1.Définition des eaux usées

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance [1].

Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles).

I.2.Origine des eaux usées

Les eaux usées résultent des sources principales suivantes :

- De la pollution tant physico-chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité.
- Des activités humaines (qu'elles soient domestiques, industrielles ou agricoles).
- Des ruissellements Suivant l'origine des substances polluantes [2].

I.3. les différents types des eaux usées

I.3.1. Les eaux usées industrielles

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 sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir :

- Des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage).
- Des hydrocarbures (raffineries).
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie).

- Des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries).
- De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques).
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs). Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épurations [1].

I.3.2. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques sont constituées par :

- Les eaux ménagères (eau des toilettes, eau des cuisines) sont chargées en détergents, graisses, débris organiquesetc.
- Les eaux de vanne chargées des matières fécales et d'urines.

Les eaux usées urbaines sont rejetées par les installations collectives (hôpitaux, écoles, commerces, habitats) [3].

I.3.3. Les eaux pluviales

Comprenant les eaux des pluies, les eaux de lavage et les eaux de drainage qui entraînent toutes sortes de déchets minéraux et organiques [4].

I.3.4. Les eaux usées agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matière azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau et des retenues [5].

I.4. la pollution des eaux usées

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques; par des déversements,

rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels.

Selon leurs natures, on distingue divers types de pollution [6].

I.4.1. Pollution minérale

Elle est constituée essentiellement des métaux lourds en provenance des industries métallurgiques et de traitement de minerais, ex (plomb, du cuivre, du fer, du zinc et du mercure...etc.) [7].

I.4.2. la pollution microbiologiques

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes [8]. Les germes pathogènes susceptibles d'être présents dans les eaux sont données sur le tableau suivant :

Tableau I.1: Germes pathogène rencontrés dans les eaux usées.

| Germes | Organisme | Maladie |
|---|----------------------|----------------------------------|
| Les bactéries pathogènes | Salmonella shigelles | Typhoïde |
| | | Dysenterie |
| Entérobactérie vibrions | Colibacilles | Tuberculose cholera |
| | Leptospires | |
| | Mycobactéries | |
| | Vibrion coma | |
| Les virus | Entérovirus | Poliomyélite |
| | Reovirus | Méningite |
| | Adénovirus Rota | Affection respiratoire, diarrhée |
| | Virus | |
| Les parasites et Les champignons | Taenia, ascaris | Lésions Viscérales |
| | | Eczéma, Maladie de la peau |

I.4.3. Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée en deux catégories :

- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..).
- Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...) [9].

I.4.4. La pollution physique

Résultat de la présence dans l'eau de particules ou de déchets capables de colmater le lit d'un cours d'eau (cas des eaux provenant par exemple des mines, d'usines de défilage de bois, de tanneries) [10].

I.4.5. Pollution par le phosphore

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire [11]. Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [12].

I.4.6. Pollution par l'azote

Les activités industrielles, peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riches en azote (élément nutritif) issu des fabrications d'engrais, des cokeries, et des industries chimiques et agroalimentaires [12]. L'azote existe sous deux formes: la forme réduite qui regroupe l'azote ammoniacal (NH_3 ou NH_4^+) et l'azote organique (protéine, créatine, acide urique). Plus une forme oxydée en ions nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-).

I.4.7. La pollution thermique

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); ont une température de l'ordre de (70 à 80°C.) Elle diminue jusqu'à (40 à 45°C) lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène [9].

I.4.8. La pollution radioactive

C'est celle qui est occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes

(installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements [13].

I.4.9 la pollution par hydrocarbures

La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marées noires). Les effets des hydrocarbures dans le milieu marin sont considérables. Ils dépendent largement de leur composition. En fait leurs activités peuvent s'exercer selon plusieurs modalités très différentes.

- **Toxicité aigüe:** elle s'exerce sur l'ensemble des êtres vivants du milieu (végétaux, animaux ou bactéries) provoquant des disparitions immédiates des poissons s'effectuent par colmatage des branchies. Les oiseaux sont également tués en masses par engluage des plumes. On n'estime que 150 000 à 400 000 le nombre d'oiseaux tués annuellement par les hydrocarbures.

- **Toxicité à long terme:** les hydrocarbures ou les produits de dégradation, peuvent être accumulés par les différents organismes marins, après leur ingestion, leurs effets peuvent s'étaler sur des périodes très longues. Ce danger est évidemment plus grave lorsqu'il s'agit des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HPA) cancérigènes. Ils sont repris par les chaînes alimentaires et concentrés jusqu'à des taux très élevés. On imagine le danger que peut présenter ce phénomène pour le consommateur humain [13].

I.5. Paramètres de mesures

Pour une meilleure appréciation de la composition des eaux usées, il existe des critères d'évaluation de la pollution qui sont : la température de l'eau, le potentiel hydrique (pH), la conductivité électrique, les matières en suspension (MES), la demande biochimique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote, le phosphore et autres critères microbiologique tels que les coliformes fécaux. On trouve aussi les métaux lourds qui peuvent représenter une nuisance potentielle [14].

1.5.1. Paramètres physico-chimiques

a- Température :

C'est un paramètre souvent négligé dans les collecteurs urbains, mais qui devrait être plus souvent mesuré surtout dans le cas de rejets industriels dans le réseau. Le fonctionnement de certains ouvrages d'épuration est très sensible à des températures trop élevées, ainsi tout rejet doit être inférieur à 30°C [15].

b- Potentiel hydrique :

Le pH permet d'exprimer le degré d'acidité des eaux usées. Sa mesure est très importante pour juger le bon fonctionnement d'une étape de traitement.

c- Conductivité :

C'est une mesure simple, qui se pratique avec une électrode et fournit une indication précise sur la concentration totale en sels dissous. Par comparaison avec la conductivité de l'eau potable, il est ainsi possible de juger rapidement si des apports importants, en particulier industriels, ont lieu dans le réseau d'assainissement [15].

d- Matières En Suspension :

Les MES représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc qui sont retenues par un filtre. Les MES, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel [16].

e-Demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydable dans des conditions opératoires bien définies [17]. Elle est d'autant plus élevée qu'il y'a des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. La DCO est mesuré en mg d'O₂/l.

- DCO = 1.5 à 2 fois DBO pour les eaux usées urbaines ;
- DCO = 1 à 10 fois DBO pour l'ensemble des eaux résiduaire ;
- DCO > 2.5 fois DBO pour les eaux usées industrielles.

La relation empirique de la matière oxydable en fonction de la DBO5 et la DCO est donnée par l'équation suivante:

$$MO = (2 DBO5 + DCO) / 3$$

f- La demande biochimique en oxygène (DBO)

Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation et au moyen des bactéries aérobies, les matières organiques des eaux usées. Cette oxydation s'effectue en deux stades :

- Oxydation des composés de carbone, phénomène qui à 20°C, se trouve pratiquement terminer en 20 jours ;
- Oxydation des combinaisons comprenant de l'azote, réaction qui ne s'amorce qu'au bout d'une dizaine de jour.

La DBO5 exprime la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation par voie aérobie. Pour la mesure, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO5 [18].

g- La biodégradabilité :

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les microorganismes qui interviennent dans les processus d'épuration biologique des eaux. Elle est exprimée par un coefficient K avec $K = DCO/DBO5$:

- Si $K < 1,5$, cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables.
- Si $1.5 < K < 2.5$, cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.
- Si $2.5 < K < 3$, les matières oxydables sont peu biodégradables.
- Si $K > 3$, les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que : les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures... etc. La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physicochimique [19].

h-Carbone total organique (COT) :

Détermine des propriétés variables du carbone organique dissous et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatils et du carbone minéral dissous. Sa mesure est réalisée par un analyseur de CO₂ à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon [20].

1.5.2. Paramètres chimiques (indicateurs de pollution)

a- L'azote :

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, Les formes de l'azote dans les eaux usées sont :

- L'azote total de Kjeldahl (NTK);
- Les nitrates (NO_3^-);
- Et les nitrites (NO_2^-).

En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique, l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel [21].

b- L'azote kjeldahl :

L'azote kjeldahl = Azote ammoniacal+ azote organique.

c- L'azote organique :

L'azote contenu dans les déjections animales, et plus généralement dans les matières organiques mortes, est progressivement libéré par l'activité de la microflore aérobie et anaérobie du sol, les acides uriques, les protéines.

d- L'azote ammoniacal :

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes, l'ammoniac NH_3 et l'ammonium NH_4^+ . En milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrite puis en nitrate

e- Le phosphore total :

Le phosphore se trouve dans les eaux résiduaires sous formes:

- D'orthophosphate, soluble PO_4H_2 ;
- De poly-phosphate qui a tendance à s'hydrolyser en orthophosphate;
- De phosphore non dissous [22].

1.5.3. Paramètres biologiques

La boue activée est constituée essentiellement de bactéries et parfois de champignons de rotifères et de nématodes.

a- Nématodes :

Ce sont des vers filiforme non segmentés, recouvert d'une couche chitineuse transparente.

b- Coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C. Bien que la présence

de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur, des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire.

I.6. Normes de rejets

I.6.1. Normes internationales

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

Tableau I.2 : Normes de rejets internationales

| Caractéristiques | Unité | Normes utilisés par OMS |
|-----------------------------------|-------|-------------------------|
| pH | - | 6,5-8,5 |
| DCO | Mg/l | < 90 |
| DBO5 | Mg/l | < 30 |
| MES | Mg/l | < 20 |
| NH⁺₄ | Mg/l | < 0,5 |
| NO₃ | Mg/l | < 1 |
| P₂O₅ | Mg/l | < 1 |
| NO₂ | Mg/l | 1 |
| Température | °C | < 30 |
| Couleur | - | Incolore |
| Odeur | - | Incolore |

I.6.2. Normes de rejets Algérienne

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau suivant : [23]

Tableau I.3 : Normes de rejets dans un milieu récepteur (Journal Officiel d la République Algérienne, 2006.).

| Paramètre | Unité | Concentration maximale admissible |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Température | °C | <30 |
| pH | - | 6,5 à 8,5 |
| MES | mg/l | 35 |
| CE | mS/cm | 3 |
| DBO5 | mg/l | 35 |
| DCO | mg/l | 120 |
| SAR = 0-3 CE | | 0,2 |
| 3-6 | | 0,3 |
| 6-12 | mS/cm | 0,5 |
| 12-20 | | 1,3 |
| 20-4 | | 3 |
| Azote (NO₃-N) | mg/l | 30 |
| Phosphate (P-PO₄) | mg/l | 0,2 |
| Métaux lourds = | | |
| Fer | | 3 |
| Cuivre | | 0,5 |
| Zinc | | 3 |
| manganèse | mg/l | 1 |
| chrome | | 0,5 |
| nickel | | 0,5 |
| cadmium | | 0,2 |
| plomb | | 0,5 |
| Coliforme Fécaux | Nombre de cf/100ml | <1000 CF/100ml |
| Nématodes intestinaux | Oeufs /l | Absence |

Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3.

I.7. Impacts des eaux usées

Les eaux usées ont des impacts sur les milieux aquatiques mais également sur la santé de l'homme.

I.7.1. Sur le milieu naturel

Si le réseau de collecte des eaux usées ne couvre pas l'ensemble de la population. Ce manque d'infrastructure a un impact non négligeable sur la qualité des milieux naturels.

a- L'ocean:

Lorsque les eaux usées sont rejetées dans la mer après un traitement insuffisant ou sans épuration, elles polluent les eaux de baignades. Ainsi depuis 2005, le point des Roches à Kourou et la plage de zéphire sont interdits à la baignade. Ces sites sont contaminés par des bactéries, des virus et de parasites issus des eaux usées domestiques rejetées en mer sans traitement, selon la DSDS (Direction de la santé et du développement social)

Ces eaux peuvent transmettre à l'homme des maladies, en cas d'ingestion ou de contact.

b- Eaux superficielles:

Il arrive que ces déchets soient déversés directement dans le milieu naturel. La présence excessive de phénomène d'eutrophisation, c'est-à-dire la prolifération d'algues qui diminue la quantité d'oxygène contenue dans l'eau et peut provoquer à terme la mort de poissons et des autres organismes aquatiques qui y vivent.

Les métaux lourds comme le mercure, le chrome et l'arsenic, peuvent avoir des effets sur les espèces aquatiques les plus fragiles. Sous certaines conditions physico-chimiques, certains métaux lourds tel que le mercure peuvent s'accumuler le long de la chaîne trophique et avoir un impact sur l'homme.

Actuellement, il n'existe pas de filière de valorisation pour les boues issues de l'assainissement, ainsi que les matières de vidanges de fosse septique.

c- Eaux souterraines:

La qualité de l'eau des nappes phréatiques peut être dégradée par les eaux usées, si l'étanchéité de la station d'épuration ou lorsque le système d'assainissement non collectif présente des dysfonctionnements.

I.5.2. Sur la santé de l'homme

L'eau, ressource naturelle indispensable à la vie, est aussi devenue, de manière directe ou indirecte, la première cause de mortalité et de maladie au monde. L'inégalité dans la répartition des ressources en eau associée à la dégradation de la qualité de l'eau engendrent

de grands problèmes de santé. Ainsi, dans les pays en développement, 80% des maladies sont dues à l'eau, un Africain sur deux souffre d'une maladie hydrique. Par exemple la fièvre typhoïde est une maladie causée par les bactéries salmonella typhi. La transmission peut se faire par:

- Le contact direct avec une personne infectée.
- La consommation d'aliments contaminés par de l'eau souillée par des matières fécales.
- La consommation d'aliments contaminés lors de leur préparation par une personne malade(ou porteuse saine).

Bien que les nouveaux antibiotiques permettent des traitements plus courts, la résistance du virus aux antibiotiques progresse.

Le contact prolongé avec les eaux usées lors de baignades peut entraîner des infections au niveau de la peau, de la gorge du nez et des oreilles [23].

Conclusion

Compte tenu des éléments présents dans les eaux usées, la réutilisation d'une eau de mauvaise qualité peut présenter des risques pour la santé et l'environnement, et poser des problèmes d'ordre technique D'un point de vue sanitaire, la quantité de contaminants qui parvient dans l'environnement se nomme la charge excrétée. Sa composition dépend de la population à l'origine de la production des eaux usées, et notamment de la proportion d'individus infectés et des conditions d'hygiène. Elle peut être considérablement réduite par un traitement.

On peut dire qu'à partir d'une eau usée et grâce aux procédés de traitement. Il est clair que les traitements qui existent peuvent réduire les concentrations des polluants sous toutes leurs formes, à des niveaux qui sont actuellement considérés comme non dangereux.

Chapitre II :
Procédés d'épuration
des eaux usées

Introduction

Pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel et les rendre propres et sécuritaires, l'épuration des eaux usées s'avère une nécessité primordiale. Elle est effectuée au niveau des stations d'épuration (STEP) où les eaux usées subissent des prétraitements, et différents types de traitements : physiques, biologiques et physico-chimiques.

Une station d'épuration comporte généralement une phase de prétraitement, pendant laquelle les éléments les plus grossiers sont éliminés par dégrillage (pour les solides de grandes tailles), puis par flottaison/décantation (pour les sables et les graisses). Vient ensuite un traitement dit primaire, une décantation plus longue, pour éliminer une partie des MES. Des traitements physico-chimiques et/ou biologiques sont ensuite appliqués afin d'éliminer la matière organique. Ils sont généralement suivis d'une phase de clarification qui est encore une décantation. Enfin, un traitement des nitrates et des phosphates est exigé en fonction de la sensibilité du milieu récepteur. Il existe également des traitements dits extensifs, comme le lagunage, qui combinent des traitements biologiques, physiques et naturels.

II.1. Définition de l'épuration

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduelles rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur il s'agit donc d'éviter une pollution l'Environnement et non de produire de l'eau potable [24].

II.2. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées

Les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte :

- Des exigences du milieu récepteur.
- Des caractéristiques des eaux usées, (demande biochimique en oxygène, demande chimique en oxygène, matières en suspension...etc.).
- Des conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.).
- De la disponibilité du site.
- Des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation).
- Des facilités d'exploitations, de gestion et d'entretien [25].

II.3. Rôle des stations d'épuration

Ce rôle peut être résumé dans les points suivants :

- Traiter les eaux.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.
- Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement [26].

II.4. Description de la station d'épuration des eaux usées de la ville de

II.4.1. Localisation

La Station d'épuration des eaux usées de la wilaya de Guelma est fonctionnelle depuis le 28 Février 2008.

II.4.2. Emplacement et accès

La station est implantée sur un terrain agricole de 7,8 Hectares à (01) kilomètre environ au nord de la ville de Guelma, sur le flanc droit de la vallée développée par oued SEYBOUSE, et sans habitations existantes à la proximité.

Elle est alimentée par 02 conduites de refoulement, l'une en diamètre 700mm en provenance du premier poste de refoulement SP1 (OUED MAIZ) avec un débit de 1575 m³/h, l'autre en diamètre 500mm en provenance du second poste de refoulement SP2 (OUED SKHOUNE) son débit est de 1125 m³/h. et l'emplacement de ces 02 postes était également pris en considération. (STEP Guelma, 2008)



Figure II.1 : Photo aérienne de la station d'épuration (Guelma 2017).

II.4.3. Caractéristiques techniques de la STEP

200.000 équivalent/habitant

- Débit normale :

- Débit journalier en temps de pluie : $43399\text{m}^3/\text{j}$.
- Débit journalier en temps secs : $32000\text{ m}^3/\text{j}$.
- Débit de pointe : $4182\text{ m}^3/\text{j}$;

- Procédé de traitement : boue activée

- Milieu à protégé : ville de Guelma

- Commune et nombre d'habitant raccordées à la STEP : 119906

- Taux de raccordement : 98%

- Nature de flux : effluent domestique uniquement

- Milieu récepteur : oued Seybouse (ONA, 2011) [27].

II.4.4. Point de rejet (Destination)

II.4.4.1. L'eau épurée

Le rejet est réalisé dans l'Oued SEYBOUSE situé en contrebas de la station d'épuration à 331 m de distance, les effluents sont acheminés jusqu'à l'Oued par une canalisation de rejet.

II.4.4.2. Les sous-produits issus de l'épuration

- **Boues:** Les boues sont épaissies puis hydratées sur lits de séchage avant leur envoi en décharge (ou autres = utilisation Agricole).
- **Les produits de dégrillage :** Les refus de dégrillage sont évacués par un tapis transporteur, ou une vis de convoyage dans une benne ordure.
- **Graisses et huiles:** Elles sont stockées dans une fosse à graisse avant enlèvement.
- **Sables :** Ils sont extraits de l'ouvrage de prétraitement, séparés de leur eau par un classificateur, puis stockés dans une benne relevable [27].

II.5. Les procédés d'épuration des eaux usées

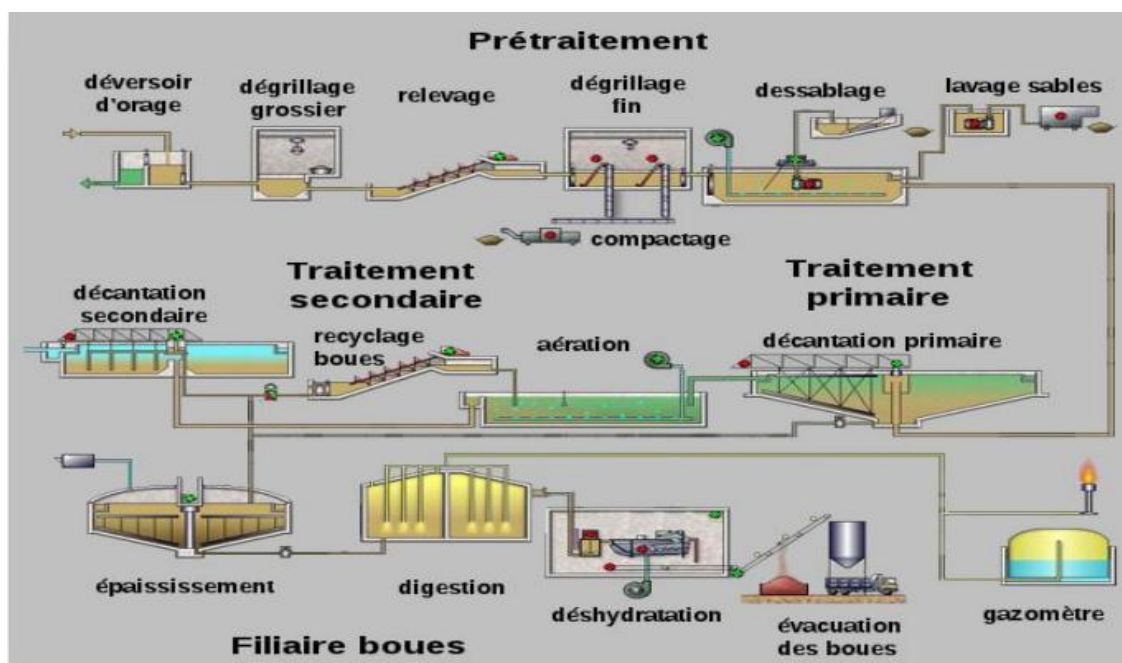


Figure II.2 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées.

II.5.1. Prétraitement

Le prétraitement a pour objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement.

Il comprend le dégrillage pour retenir les déchets volumineux, le dessablage, pour obtenir une meilleure décantation, le dégraissage et le déshuilage pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras [28].

II.5.1.1. Dégrillage

A l'arrivée, l'eau usée en provenance des égouts passe entre les barreaux métalliques d'une grille (ou d'un tamis) qui retiennent les déchets volumineux (papiers, feuilles, matières plastiques, objets divers, etc.) et l'effluent est relevé jusqu'au niveau de l'usine à l'aide de vis d'Archimède ou de pompes. Ce prétraitement se décline en trois sous-catégories : le pré-dégrillage (de 30 à 100 mm), le dégrillage moyen (de 10 à 30 mm) et enfin le dégrillage fin (les barreaux sont espacés de moins de 10 mm). Les grilles peuvent être verticales, mais elles sont le plus souvent inclinées de 60° à 80° sur l'horizontale [29]. Dans le cas de la STEP de Guelma, un dérailleur automatique permet de bloquer les déchets d'une taille supérieure à 20 mm.

En cas de panne du dégrilleur, les eaux sont dirigées vers un canal parallèle équipé d'une grille (maille de 30 mm) à nettoyage manuel par élévations de niveau et déversement d'une lame déversant.

Le racleur du dégrilleur est mis en marche cycliquement afin de décolmater la grille d'évacuer les déchets dans une benne par l'intermédiaire d'une vis.



Figure II.3 : dégrillage STEP Guelma

II.5.1.2. Dessablage

Le dessablage consiste à retirer de l'effluent les sables et les particules minérales plus ou moins fines, afin de protéger les conduites et les pompes contre la corrosion et éviter même le colmatage des canalisations par les dépôts à la cour de traitement, la technique classique du dessaleur consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse d'environ de 0.3m/s qui permet le dépôt d'une grande partie des sables [30].

Selon le principe de fonctionnement on distingue deux types de bassin de dessablage : Les dessaleurs longitudinaux et les dessaleurs circulaires.

II.5.1.3. Dégraissage-déshuilage

Le dégraissage vise à éliminer la présence de graisse dans les eaux usées, graisses qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques qui interviennent ensuite. Le dégraissage s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras. Les graisses sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées [31].



Figure II.4: Dessablage et déshuilage

II.5.2. Traitement primaire

Le procédé a pour but d'extraire le maximum de matières en suspensions et de matières organiques facilement décantables. Trois voies de traitement sont possibles :

II.5.2.1. La décantation

Le principe de séparation solide-liquide est la pesanteur, les matières en suspension ou colloïdales tendent à se séparer du liquide par sédimentation.

II.5.2.2. Traitements de décantation physico-chimiques

Si la décantation se faisait directement après le prélèvement dans le milieu aquatique, le temps de décantation d'un gravier dans un mètre d'eau serait d'une seconde par la seule influence de son poids, on passerait à 2 minutes pour le sable fin, à 2 heures pour l'argile, à 8 jours pour une bactérie et de 2 à 200 ans pour un colloïde. Ces durées étant bien évidemment beaucoup trop grandes. Les colloïdes peuvent même traverser un filtre très fin, ils sont les principales causes de la turbidité et la couleur d'une eau [32].

II.5.2.3. Filtration

Est un procédé permettant de séparer une phase continue (liquide ou gazeuse) et une phase dispersée (solide ou liquide) initialement mélangées. La séparation se fait en faisant passer le mélange au travers d'un milieu filtrant, milieu poreux adapté aux caractéristiques de la suspension à filtre, sous l'action d'une force de pression fournissant à la suspension l'énergie nécessaire qui lui permet de traverser le milieu poreux.



Figure II.5 : décanteur primaire (STEP Guelma 2017).

II.5.3. Traitement secondaire ou biologique

Cette étape est conçue sur le principe des boues activées à moyenne charge, afin d'éliminer la pollution carbonée. L'épuration par boue activée consiste à mettre en contact les eaux

usées avec un mélange riche en micro-organismes appelés bactéries, par brassage pour dégrader la matière organique en suspension ou dissoute. Il y a une aération importante pour permettre

L'activité des bactéries et la dégradation de ces matières (Bassin d'aération) (ONA, 2011). Il est nécessaire de fournir aux bactéries épuratrices des conditions pour commencer leurs activités :

- La température : température idéal = 22 °C.
- Le pH : de 7.3 jusqu'à 8.
- L'oxygène dissous grâce à des turbines d'aération.



Figure II.6 : Bassin d'aération.

II.5.3.1. Les procédés extensifs

II.5.3.1.1. Le lagunage :

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

Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommable et en oxygène [33].

a- Le lagunage naturel

D'une profondeur de 1.2 à 1.5 m au maximum et de 0.8 m au minimum (afin d'éviter le développement de macrophytes), avec un temps de séjour de l'ordre du mois, ces bassins fonctionnent naturellement grâce à l'énergie solaire. On peut obtenir un rendement d'épuration de 90 %. Ces procédés sont très sensibles à la température et sont peu applicables aux régions froides.

b- Le lagunage aéré

En fournissant l'oxygène par un moyen mécanique, on réduit les volumes nécessaires et on peut accroître la profondeur de la lagune. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel. Le temps de séjour est de l'ordre d'une semaine, la profondeur est de 1 à 4 m. Le rendement peut être de 80 % et il n'y a pas de recyclage de boues. L'homogénéisation doit être satisfaisante pour éviter les dépôts [33].

II.5.3.2. Les procédés intensifs**II.5.3.2.1. Lit bactérien (culture fixe)**

L'épuration sur lit bactérien est le plus ancien procédé biologique. Des bactéries sont cultivées sur un substrat neutre, comme de la pierre concassée, de la pouzzolane (sable volcanique), du mâchefer ou du plastique. On fait passer l'effluent sur le substrat.

La difficulté consiste à trouver la bonne vitesse du flux d'eau, qui ne doit pas être trop rapide (pour permettre la dégradation bactérienne) ni trop lente (pour une bonne évacuation de MES en excès). Une épuration sur lit bactérien est plus efficace qu'un traitement à boues activées car elle élimine non seulement les virus et les bactéries (respectivement 30 à 40 % et 50 à 95%) mais aussi les œufs d'helminthes (20 à 90 %) et les kystes de protozoaires (83 à 99 % des kystes d'*Entamoeba histolytica*) [34].

II.5.3.2.2. Disque biologique (culture fixe)

L'eau usée, préalablement décantée, alimente un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe horizontal sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration et elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent. Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées [35].

II.5.3.3. Clarification et rejet des effluents

La clarification permet de séparer par décantation l'eau épurée des boues « secondaires » issues du traitement biologique. Cette décantation se fait dans des ouvrages spéciaux, le plus souvent circulaires, appelés clarificateurs ou décanteurs secondaires.

Une partie des boues « secondaires » est évacuée en aval vers le traitement des boues ; l'autre partie est recyclée vers le bassin d'aération pour maintenir la masse biologique nécessaire au fonctionnement de l'installation.

Dans la plupart des cas, l'effluent peut être rejeté dans le milieu naturel après la clarification et ne nécessite pas, au préalable, une désinfection [29].



Figure II.7: Clarificateur

II.5.4. Traitements complémentaires ou tertiaires

Après le traitement secondaire, les eaux sont parfois rejetées dans le milieu naturel. Autrement, elles subissent un traitement complémentaire ou "affinage". Cet affinage permet soit :

- Une réutilisation à des fins industrielles ou agricoles.
- La protection du milieu naturel où cette eau est rejetée.
- La protection des prises d'eau situées en aval.

L'objectif des traitements tertiaires est d'éliminer les éléments indésirables tels que les MES, la DCO (dure et colloïdale), le phosphore, et les composés spécifiques (pesticides, métaux, détergents...). Ils visent à améliorer la qualité de l'eau épurée en vue de leur rejet dans le milieu naturel ou de leur réutilisation.

II.5.4.1. Elimination l'azotée

Le traitement des composés azotés se déroule en deux étapes :

La première phase est la nitrification en milieu aérobie (formation de nitrites puis de nitrates à partir de l'azote organique et ammoniacal).

Dans une seconde phase en conditions anoxiques, les nitrates sont réduits en azote moléculaire en présence de carbone. La dénitrification peut avoir lieu soit dans un réacteur situé en amont du réacteur aéré pour bénéficier de l'apport de carbone provenant de l'effluent, soit dans un réacteur placé en aval du réacteur aéré avec ajout d'une source carbonée externe (méthanol, par exemple), soit dans le même réacteur en alternant les conditions aération/anoxie. Le rendement est voisin de 95 % [36].

II.5.4.2. Elimination phosphorée

Une bactérie mise en anaérobie (stress anaérobie) se met à consommer 4 fois plus de phosphate quand on lui redonne de l'oxygène (bassin d'aération). On distingue l'épuration biologique par cultures fixées (la biomasse se développe sur un support) et par cultures libres (la biomasse est maintenue en mélange intimes avec l'effluent dans un bassin d'aération) [37].

II.5.4.3. Elimination des germes pathogènes (chloration)

La chloration se fait dans un bassin à l'aide d'hypochlorite de calcium équipé de chicanes pour permettre un temps de contact suffisant.



Figure II.8: Bassin de désinfection

II.5.5. Traitement des boues

II.5.5.1. Origine des boues

- Les boues physico-chimiques: Les boues physico-chimiques renferment la quasi-totalité de la pollution particulière et colloïdale enlevée à l'eau (dans les décanteurs placés en aval), ainsi que les quantités de réactifs ajoutés qui se retrouvent dans les boues sous forme de précipités minéraux (carbonate, phosphate, etc.) [38].
- Les boues biologiques: Les boues biologiques résultent de l'activité vitale des microorganismes.
- Les boues ont une structure floculée et sont séparées dans les décanteurs secondaires. Dans les filtres biologiques (lits bactériens), il s'agit de boues de lits bactériens prélevées dans des décanteurs secondaires dans les bassins de boues activées [39].



Figure II. 9 : Epaisseur des boues.

II.5.5.2. Déshydratation

Cette étape permet de réduire le volume des boues en éliminant le maximum d'eau. Il existe trois grands types de déshydratation : la déshydratation par filtration (sous pression, sur bandes), la déshydratation par évaporation (lits de séchage) et la déshydratation par centrifugation. Dans la pratique, à l'exception de certaines petites installations, la déshydratation est principalement réalisée par filtration ou centrifugation. L'eau retirée est renvoyée en tête de station, afin d'être traitée. A ce stade, la siccité obtenue est de l'ordre de 15 à 40%, selon les boues et les installations utilisées [40].

II.5.5.3. Les lits de séchage

La boue épaisse est prise par pompage et évacuée vers les lits de séchages. Le séchage des boues s'effectue à l'air libre dans des surfaces d'étendues de 30 m de longueur et 15 m de largeur. Dans la STEP, il existe 14 lits de séchage conçus d'un béton équipé d'une conduite de drainage perforée, pour permettre l'évacuation de l'eau filtrée vers l'entrée de la station. Chaque lit de séchage est composé de diverses couches de matériaux "sable et gravies" avec granulométrie de plus fine vers la surface du lit [41].



Figure II.10: Lit de séchage

II.6. Conclusion

Les eaux usées de différentes compositions et de diverses origines constituent un problème pour la nature lors du rejet sans subir de traitements au préalable. Afin de montrer l'intérêt de leur épuration, nous avons présenté dans ce chapitre, les différentes méthodes utilisées pour l'épuration de ces eaux.

Chapitre III :
Démarche expérimentale

Introduction

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute (l'entrée) et de l'eau traitée (la sortie) afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination des pollutions pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP.

III.1. Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera données. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modification des caractéristiques de l'échantillon.

Plusieurs éléments doivent être pris en compte lors de la planification d'une campagne d'échantillonnage, on cite les plus pertinents :

- Etablissement d'une liste des paramètres qui devront être analysés,
- Localisation du site du prélèvement,
- Une visite préliminaire au site pour déterminer les moyens et les conditions de transport des échantillons, l'accessibilité, la disponibilité et l'équipement de sécurité requis.

III.2. Prélèvement

Pour les prélèvements destinés à l'analyse physico-chimiques des eaux, le premier prélèvement est prélevé à l'entrée de la station constituant ainsi l'eau brute (Figure III.1), l'autre du bassin de désinfection constituant l'eau traitée (Figure III.2).



Figure III.1 : Prélèvement à l'entrée



Figure III.2 : Prélèvement à la sortie

III.3. Analyses physico-chimiques

III.3.1. Température

La température est un facteur physique de l'eau, qui influe sur tous les processus chimiques tel que la conductivité, la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH.

Pratiquement la température est mesurée par l'utilisation d'une sonde thermométrique qui est trespée soigneusement dans la prise d'essai. La lecture est faite après stabilisation du thermomètre.

III.3.2. pH

Le pH est l'une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Il donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H^+). La valeur du pH est à prendre en considération lors de la majorité des opérations d'épuration de l'eau, surtout lorsque celles-ci font appel à une réaction chimique et aussi quand certains procédés nécessitent d'être réalisés avec un pH.

Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibre physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau, il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau [42].

III.3.2.1.Principe

La méthode est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre. C'est un voltmètre un peu particulier qui se caractérise par une très grande impédance d'entrée en raison de la forte résistance présentée par l'électrode de mesure.

III.3.2.2.Mode opératoire

L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche :

- Vérifier les diverses connexions: secteur, électrodes, etc..;
- Dégager l'électrode de son support.
- Oter le chapeau protecteur de l'électrode double, le déposer en lieu sûr.
- Rincer abondamment l'extrémité de l'électrode avec l'eau distillée.
- Essuyer l'extrémité de l'électrode.
- Replacer l'électrode sur son support.
- Rincer le vase, le barreau magnétique, l'électrode, avec l'eau distillée puis avec l'échantillon.
- Remplir le vase de mesure avec l'échantillon.
- Immerger l'électrode avec précaution habituelles et agiter.
- Lire directement le pH lorsque la valeur s'est stabilisée [43].



Figure III. 3: Photo du pH mètre.

III.3.3.Matières en suspension (MES)

Ce sont les matières qui ne sont ni à l'état soluble, ni colloïdale, elles comportent les matières organiques et les matières minérales contenues dans l'eau usée.

Les MES contribuent aussi à déséquilibrer le milieu aquatique en accroissant la turbidité et peuvent avoir un effet néfaste direct sur l'appareil respiratoire des poissons.

Pour la réalisation de cette analyse on a consulté la normative européenne.

III.3.3.1.Matériels et réactifs

- Pompes de vide.
- Unité de filtration.
- Filtres de micro fibre de verre.
- Poêle.
- Dessiccateur.
- Balance analytique.
- Pince.

III.3.3.2.Procédure expérimentale

- Laver le filtre dans l'unité de filtration au vide en passant de l'eau distillée, puis colloquer ce filtre dans la poêle à une température de 103°C - 105°C pendant 2 heures, le conserver dans un dessiccateur et le peser.

- Placer le filtre dans l'entonnoir du dispositif de filtration et connecter à un dispositif d'aspiration sous vide.
- Choisir un volume d'échantillon puis en le filtre en moins d'une minute.
- Retirer avec précaution le filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités plates, puis le peser à l'aide de la balance analytique.
- Laisser essorer et sécher le filtre (105 ± 5 °C), laissé refroidir, peser pour obtenir les matières qui étaient en suspension avant séchage [44].

III.3.3.3. Calculs et résultats

$$\text{MES (mg/l)} = 1000 * (\text{M}_F - \text{M}_0) / \text{V}$$

D'où :

MES : matière en suspension (mg/l).

M_F: masse du filtre après séchage (mg).

M₀: masse du filtre vide, avant filtration (mg).

V : volume d'échantillon filtré (ml).

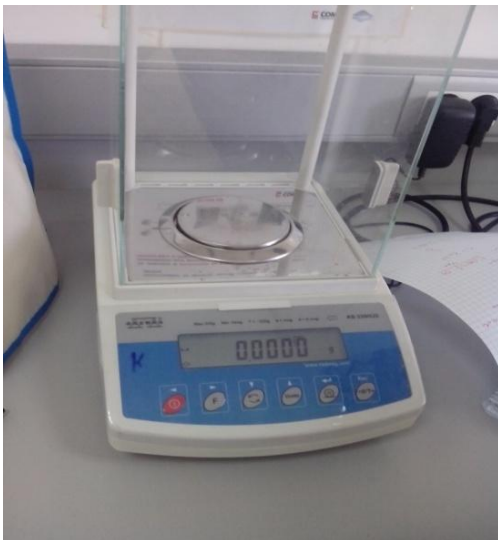


Figure III.4: balance de précision (à gauche) et une pompe à vide (à droite)



Figure III.5 : un dessiccateur (à droite) l'étuve (à gauche).

III.3.4. Mesure de la conductivité

La conductivité électrique d'une eau traduit l'aptitude que possède celle-ci à laisser le courant électrique. Le transport des charges se fait par l'intermédiaire des ions contenus dans l'eau, on peut admettre que la conductivité d'une eau sera d'autant plus importante que sa minéralisation sera élevée. Il existe donc une relation entre la conductivité d'une eau et sa minéralisation, d'où l'intérêt une présent-la mesure de la conductivité, mesure quasi instantanée, pour connaître la minéralisation d'une eau. L'unité de conductivité utilisée en chimie des eaux est micro siemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

III.3.4.1.Principe

La mesure de la conductivité se ramène à celle de la résistance d'une colonne d'eau. A cet effet on utilise un conductimètre.

La conductivité est fonction de la température, toute mesure de conductivité doit donc se faire à température connue et stabilisée. En général les résultats sont mesurés à 20°C.

III.3.4.2. Mode opératoire

- L'analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour prolonger la sonde de conductivité.
- Vérifier les connexions cellule/conductimètre;
- Rincer soigneusement la cellule de mesure à l'eau distillée et l'essuyer convenablement.
- Rincer et essuyer soigneusement la cellule.

- Immerger la cellule dans l'eau.
- Agiter la sonde légèrement.
- lire le résultat.
- La mesure terminée, éteindre l'instrument et, si nécessaire, nettoyer la sonde.
- Après chaque série de mesure, rincer l'électrode à l'eau déminéralisation [43].

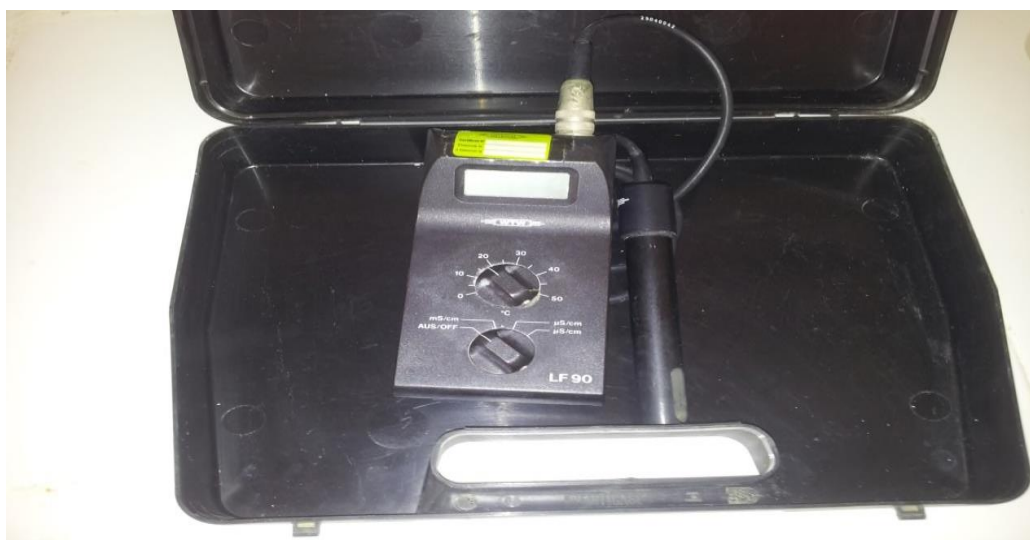


Figure III.6 : Photo du conductimètre portatif (LF 90).

III.3.5. Oxygène dissous

Le système de mesure courant pour l'oxygène dissous consiste en un instrument de mesure et d'une sonde polarographique. La sonde constitue la pièce la plus importante et délicate du système. Cette sonde comprend une anode d'argent (Ag) enveloppée d'un fil de platine (Pt) qui agit comme cathode, ceux-ci sont insérés dans une cartouche remplie d'une solution électrolytique de chlorure de potassium (KCl), l'extrémité de la cartouche comporte une membrane en téflon, matériau perméable au gaz, qui permet uniquement le passage de l'oxygène présent dans la solution.

Par l'application de potentiel de 790 mV, l'oxygène présent dans la cellule est réduit en ion d'hydroxyde (OH^-) dans la cathode, et le chlorure d'argent (AgCl) est déposé sur l'anode. Cette réaction provoque un flux de courant dont l'intensité est proportionnelle à la quantité d'oxygène, convertit le courant en concentration correspondante à l'oxygène dissous.

III.3.5.1. Mode opératoire

- Analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour plonger la sonde de conductivité.
- Etalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche.
- Allumer l'instrument en poussant le bouton ON/Off. lorsque l'afficheur indique zéro, l'instrument est prêt pour la mesure de l'oxygène dissous [43].

III.3.6. Demande chimique en oxygène DCO

Elle s'exprime en milligramme par litre (mg/l) d'oxygène et correspond effectivement à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans des conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné.

III.3.6.1. Matériels :

- Eau brute.
- Eau épurée.
- Réacteur DCO (Figure IV-9).
- Spectrophotomètre (Figure IV-9).
- Kits (tubes contenant les réactifs).

III.3.6.2. Mode opératoire

- Mélanger les kits;
- Verser 2 ml d'eau dans les kits et bien mélanger (Figure IV-11);
- Mettre les kits dans le réacteur DCO pour le chauffage à une température de l'ordre de 148°C pendant deux heures;
- Après deux heures on laisse les kits se refroidissent, ensuite on mesure la DCO avec le spectrophotomètre [45].



Figure III.7 : Réacteur utilisée pour la mesure de la DCO à gauche et un Spectrophotomètre à droite



Figure III.8: Photo représentant l'analyse de la DCO.

III.3.7. La demande biochimique en oxygène DBO_5

III.3.7.1. Principe d'analyse

La DBO est mesurée au bout de 5 jours à 20 °C (T° favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'oxygène) et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite).

- Deux échantillons sont nécessaires : le premier sert à la mesure de la concentration initiale en O_2 , et le second à la mesure de la concentration résiduaire en O_2 au bout de 5 jours.
- La DBO_5 est la différence entre les 2 concentrations.

Les mesures seront effectuées sur un même volume et le second échantillon sera conservé 5 jours à l'obscurité et à 20 °C.

En effet, une eau abandonnée à elle-même dans un flacon fermé consommera rapidement le dioxygène dissous.

III.3.7.2. Matériels

- Oxymètre.
- Agitateur magnétique.
- Aérateur.
- Flacons.
- Eau ultra pure pour la dilution.



Figure III.09 : Oxymètre utilisé



Figure III.10 : photo de l'enceinte où sont gardés les flacons pour l'analyse de la DBO5.

III.3.7.3. Mode opératoire

a- Préparation de l'eau de dilution

La veille de prélèvement, on a mis dans un récipient de 10 litres de l'eau de robinet dans laquelle on a plongé pendant 24H un aérateur pour la saturation en O₂ et ensuite on laisse reposer pendant 12H. Le facteur de dilution pour une eau usée est de 50 à 100 (DBO moyen = 300 mg/l pour un effluent domestique).

b- Préparation des flacons de mesure

- Un peu d'eau distillée a été versée dans le flacon, puis quelques ml de l'échantillon (eau brute : 3 ml et eau traitée : 30 ml) a été ajoutée et complétée par l'eau distillée.
- Le flacon est fermé sans y laisser d'air pénétrer.
- Ainsi 2 flacons identiques ont été faits.

c- Mesure de la teneur en oxygène :

L'oxygène dissous sera dosé dans 1 flacon d'échantillon dilué (il sera noté T₀ en mg/L).

- Les deux flacons restant sont placés au thermostat DBO₅ 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours.
- Mesure au temps 5 jours : l'O₂ dissous sera dosé dans le flacon d'échantillon dilué restant (il sera noté T₅ en mg/l) [29].

III.3.7.4. Résultat :

La lecture se fait comme suit :

$$DBO = F (T_0 - T_5)$$

F : facteur de correction

III.3.8. Ammonium NH₄⁺

III.3.8.1. Matériels

- Kits (tubes contenant les réactifs).
- Eau brute.
- Eau épurée.
- Spectrophotomètre.

III.3.8.2. Mode opératoire

- Ajouter 0,2 ml de l'eau brute dans le kit.
- Agiter le kit pendant 3 secondes.

- Laisser le kit pendant 15 min, puis mesurer la concentration d'échantillon avec le spectrophotomètre;
- On ajoute 5 ml de l'eau épurée dans le kit et refaire les mêmes étapes de l'eau brute [45].



Figure III.11 : Photo représentant la manipulation pour la détermination de NH_4^+

III.3.9. Orthophosphate OPO_4^-

III.3.9.1. Matériels

- Kits (tubes contenant les réactifs).
- Spectrophotomètre.
- Réactif B.

III.3.9.2. Mode opératoire

- Ajouter 0,4 ml de l'eau brute dans le kit + 0,5 ml de réactif B;
- Agiter le kit après on change le bouchon de kit et laisser 10 min.
- Lire la concentration dans le spectrophotomètre.
- Pour l'eau épurée on obtient 0,5 ml d'eau + 0,2 de réactif B et refaire les mêmes étapes de l'eau brute [44].



Figure III.12 : Photo montrant la manipulation pour la détermination d' OPO_4^- .

III.3.10. Matière sèche

La matière sèche est ce que l'on obtient lorsqu'on retire l'eau d'un liquide après séchage à 105°C , le pourcentage de matière sèche est la relation entre le poids de la matière sèche et la masse de la matière non sèche.

III.3.10.1. Détermination de MS

C'est la quantité nette de la matière sèche qui se trouve dans la boue.

$$\text{MS} = (\text{P}_2 - \text{P}_0) / (\text{P}_1 - \text{P}_0) * 100$$

P_0 : poids de la capsule vide.

P_1 : poids de la capsule + poids boues déshydratée.

P_2 : poids de la capsule + poids boues déshydratée après séchage à l'étuve à 105°C pendant 12h.

III.3.11. Matière volatile en suspension MVS

Elles représentent la partie organique des matières en suspension.

La mesure est menée sur l'échantillon à partir duquel sont dosées les MES.

$$\text{MVS (mg/l)} = \text{P}_2 - \text{P}_1 \cdot \text{P}_3 * 1000 / \text{V}$$

On connaît le poids P_1 (poids de filtre) et P_2 (poids de filtre sèche à 105°C).

On sèche le filtre ayant servi à la mesure de P_2 à 550° , puis on pèse le filtre et son résidu P_3 .

P_3 représente le poids des cendres minérales, par conséquent les matières volatiles parties en fumée sont obtenues par pesée différentielle.

$P_2 - P_1 - P_3 =$ matière organique.

Dans une eau urbaine, MVS représente entre 70 et 75% des MES [44].



Figure III.13: un four à moufle (550°C).

III.4. Conclusion

Les analyses physico-chimiques effectuées au sein de la STEP de Guelma sont indispensables pour pouvoir juger de la performance de le STEP et d'avoir une idée globale sur le rendement de chaque procédé d'épuration

Chapitre IV :
Résultats et discussions

Introduction

Dans cette partie nous présenterons les résultats relatifs à l'analyse des différentes eaux mesurés au niveau de la STEP de Guelma, durant l'année 2020 (Janvier, février, mars et avril) et comparer des résultats avec ceux des années précédentes en vue d'évaluer l'efficacité de la station d'épuration de Guelma.

IV.1. Analyses de l'eau au niveau de la STEP de Guelma

Les résultats des paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes et traitées sont analysés et comparés aux normes recommandées par le JORA (Journal Officiel de la République Algérienne) (**Voir annexe I**) et par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) (**Voir annexe II**) afin d'évaluer le rendement épuratoire du traitement par boues activées au niveau de la station d'épuration de Guelma

IV.1.1. Les analyses physiques

Le tableau IV.1 regroupe l'ensemble des résultats relatifs à la qualité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP. Les analyses n'ont pas été faites de manière périodique par manque de moyens. Nous rapportant dans ce tableau les résultats pour les mois de Février et Mars période de stage et Janvier, Avril à titre indicatif seulement.

Tableau IV.1 : Valeurs mesurées pour la station d'épuration des eaux de Guelma pour la température, pH, conductivité et matière en suspension

| Dates | Température °C | | pH | | Conductivité (mS/cm) | | MES (mg/l) | |
|--------------------------|-------------------|-------|---------|------|-------------------------|------|------------|-------|
| | E. B | E. T | E. B | E. T | E. B | E. T | E. B | E. T |
| Janvier | 12,78 | 12,10 | 7,53 | 7,41 | 1,01 | 1,10 | 125,80 | 9,00 |
| Février | 14,57 | 14,20 | 7,46 | 7,34 | 1,05 | 1,11 | 135,50 | 10,50 |
| Mars | 14,80 | 16 | 7,72 | 7,68 | 0,91 | 1,04 | - | - |
| Avril | 14,63 | 14,33 | 7,55 | 7,39 | 1,09 | 1,12 | 125,00 | 10,00 |
| Normes algérienne | 30 | | 6.5 - 9 | | 2,8 à 20°C | | 35 | |

E. B : eau brute et **E. T :** eau traitée.

IV.1.1.1. Interprétation

A- La température : Est un facteur très important, qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimique des eaux. Un réchauffement ou bien un refroidissement peut perturber fortement le phénomène d'épuration des eaux mais ce changement peut aussi être un facteur de croissance de la productivité microbienne [46].

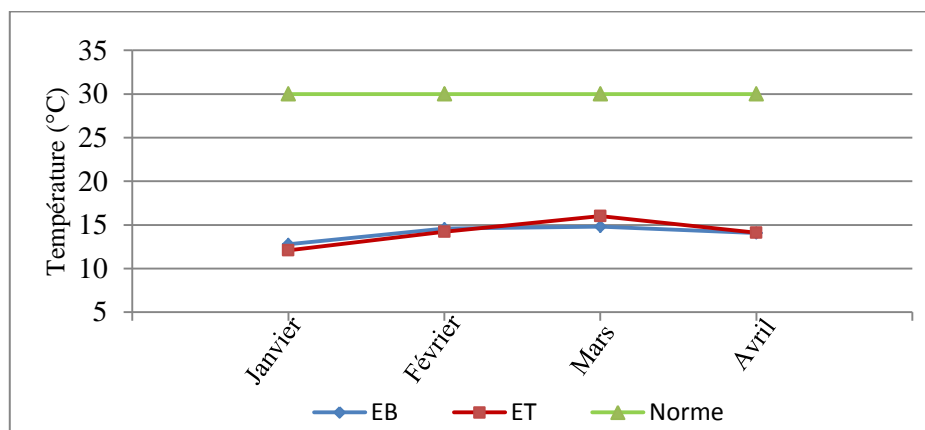


Figure IV.1 : Variation de la température

D'après le tableau IV.1, on remarque d'abord que la température de l'eau à l'entrée de la STEP est inférieure à 25 °C. Les valeurs de la température des différents échantillons sont très proches. Elles oscillent entre un minimum de 12,78 °C et un maximum de 14,80 °C à l'entrée et entre 12,10 °C et 14,5 °C pour les eaux épurées (Figure IV.1).

En Algérie, les normes de rejets des eaux usées admises dans la nature sont de l'ordre de 30°C [47].

B. Le pH : Le pH l'eau dépend de la nature des microorganismes. Un pH allant de 6 à 9 est un pH souhaitable pour le maintien de la vie des micro-organismes peuplant les bassins d'aération [48].

D'après Severin et al [48], un pH alcalin et une température modérée constituent des conditions de milieu idéales pour la prolifération des microorganismes qui établissent un parfait équilibre biologique, permettant la dégradation de la matière organique ce qui conduit à la décontamination de l'eau.

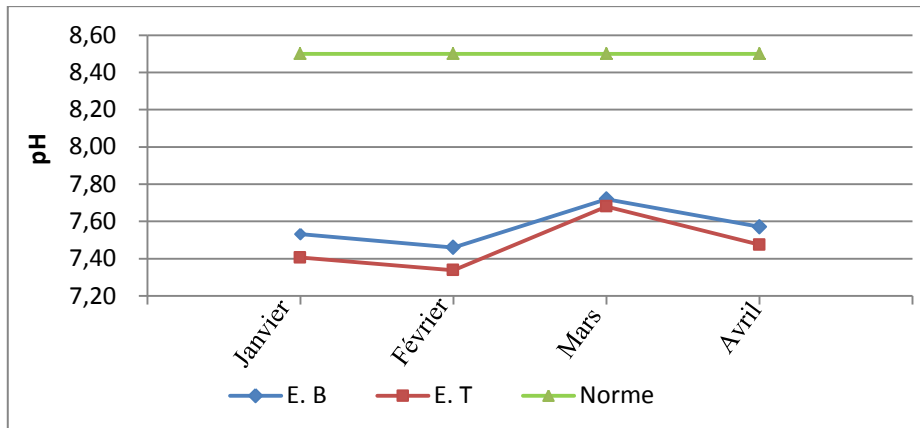


Figure IV.2 : Variation du pH

Les résultats obtenus montrent que les valeurs varient entre 7,46 et 7,72 pour l'eau brute et 7,34 et 7,68 pour l'eau épurée. Ces résultats prouvent que l'eau durant les mois d'étude est de qualité excellente et la qualité est bien dans les normes Algérienne et Internationale.

C- La conductivité : Ne varie pratiquement pas entre l'entrée et la sortie de la STEP. Il semblerait que les minéraux ne sont pas affectés au cours des différentes étapes d'épuration que subit l'eau usée.

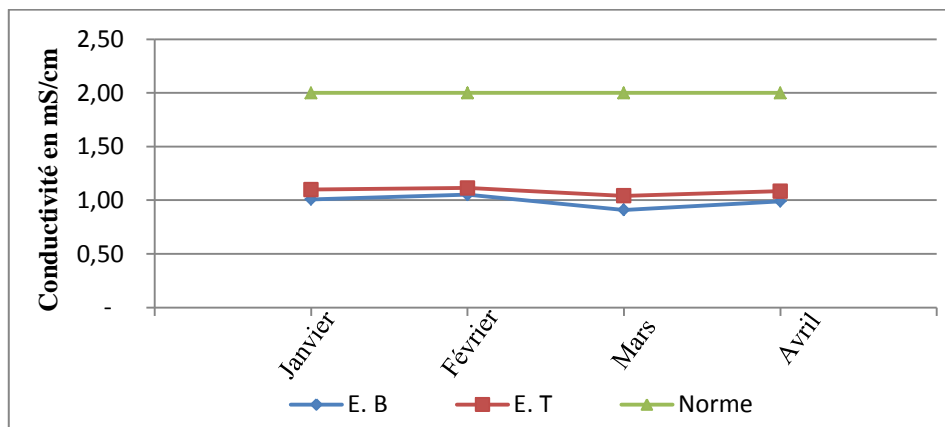


Figure IV.3 : Variation de la conductivité électrique.

D- Matières en suspensions : Les valeurs enregistrées révèlent une réduction importante des MES entre les eaux brutes et traitées (Figure IV.4). Elles se situent entre 125,80 mg/l et 135,50 mg/l pour les eaux brutes. Pour les eaux épurées, le taux des MES varie entre 9,00 mg/l et 10,50 mg/l. Ces faibles valeurs sont dues à la décantation des matières décantables. Elles restent cependant inférieures à la norme de rejet de l'OMS (30 mg/l) et à celle du Journal officiel Algérien limitée à 35 mg/l.

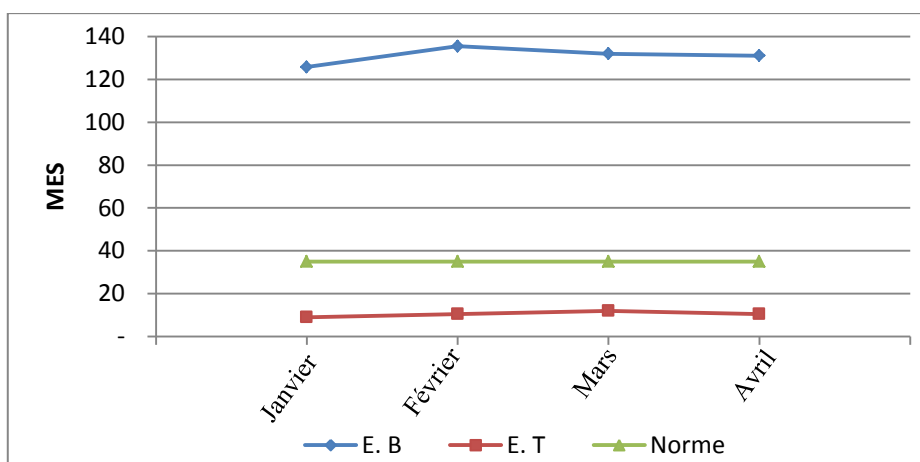


Figure IV.4 : Variation des MES.

IV.1.2. Les analyses chimiques

Pour les analyses chimiques on a rencontré le même problème les résultats n'ont pas été faites de manière périodique par manque de moyens (réactifs d'analyse) surtout pour NH_4^+ et le OPO_4^- où le test n'a été fait qu'une seule fois par mois.

Tableau IV.2 : Analyse chimique de l'eau.

| Dates | O_2 dissous mg/l | | NH_4^+ | | OPO_4^- | |
|----------------|---------------------------|------|-----------------|------|------------------|------|
| | E. B | E. T | E. B | E. T | E. B | E. T |
| Janvier | 4,10 | 6,08 | 32,00 | 2,90 | 2,25 | 1,83 |
| Février | 3,80 | 5,88 | 24,00 | 2,60 | 2,00 | 0,92 |
| Mars | 2,30 | 4,90 | 20,00 | 1,60 | 1,82 | 0,70 |
| Avril | 3,63 | 5,17 | 39,00 | 0,30 | 3,00 | 0,05 |

IV.1.2.1. Interprétation

A. Oxygène dissous O_2

La teneur de saturation en oxygène dépend fortement de la température. Lorsque la température augmente, la teneur en oxygène diminue en raison de la plus faible solubilité, mais aussi à cause de la consommation accrue par les êtres vivants et les bactéries qui se multiplient [49].

A l'entrée de la STEP, les teneurs en O_2 sont comprises entre 2,30 et 4,80 mg/l et les valeurs relevées à la sortie se situent entre 4,90 et 6,08 mg/l pour les mois considérés par l'étude. La teneur en oxygène dissous (O_2) enregistrée à la sortie de la STEP est nettement

supérieur à celle de l'entrée. Cette augmentation est due à l'aération des eaux au niveau du bassin biologique (traitement secondaire).

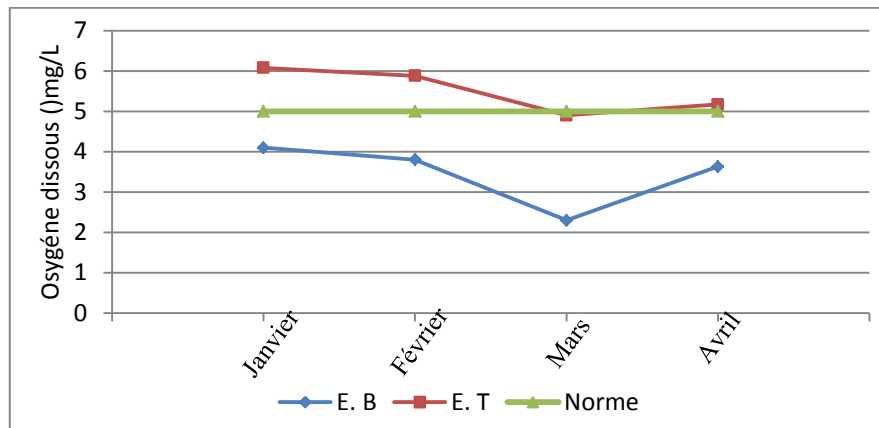


Figure IV.5 : Variation de la teneur en oxygène dissous.

La teneur en oxygène dissous à l'entrée est dans les normes des rejets des eaux usées en Algérie alors que la teneur en oxygène dissous à la sortie n'est pas conforme aux normes des rejets des eaux usées en Algérie (Annexe I) [47].

B. Pollution phosphorée

Les eaux usées brutes sont caractérisées par des teneurs faibles en orthophosphate qui varient entre 1,82 mg/l et 3,00 mg/l. Dans les eaux épurées, les concentrations oscillent entre 0,05 mg/l et 1,83 mg/l (Tableau IV.2). Ces valeurs sont conformes aux normes nationales et internationales (< 2 mg/l).

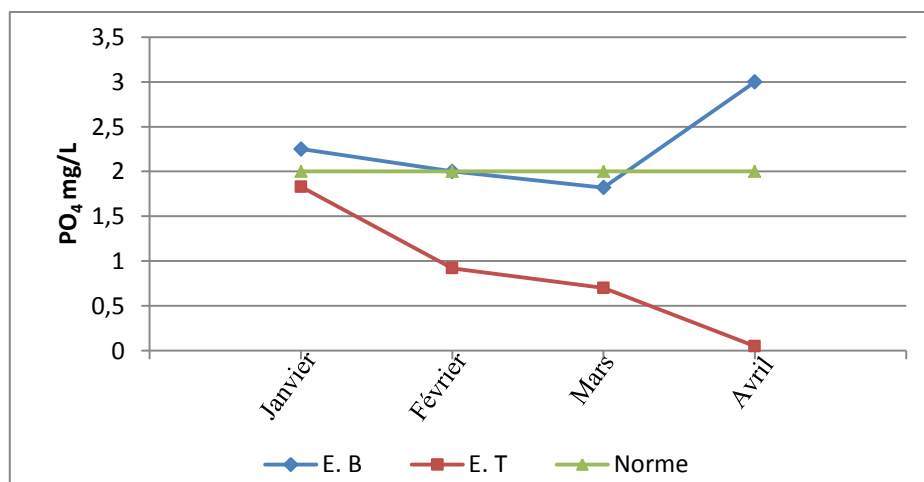


Figure IV.6 : Variation des orthophosphate.

C- Matières Azotée

On note une réduction des valeurs de l'azote ammoniacal (NH_4^+) dans les eaux traitées (Figure IV.7). En effet, l'azote ammoniacal est oxydé par nitrification en nitrite NO_2^- un état intermédiaire, puis ce dernier est rapidement oxydé en nitrate (NO_3^-). Cette transformation est effectuée en présence d'oxygène par des bactéries.

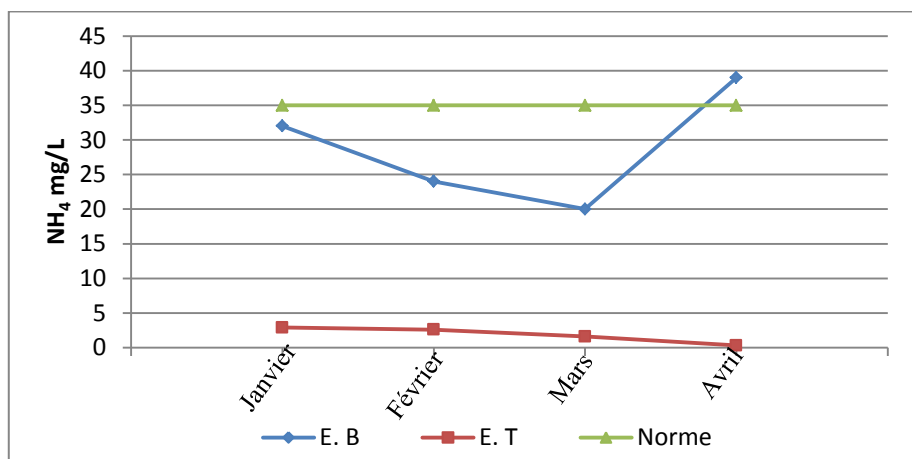


Figure IV.7: Variation de NH_4^+

IV.1.3. Paramètres de pollution organique (DCO, DBO5)

Le tableau IV.3 résume les valeurs mesurées des paramètres les plus importants dans la qualification d'une eau de surface, à savoir la DBO5 et la DCO.

Tableau IV.3 : Valeurs mesurées dans la station d'épuration des eaux de Guelma pour la DBO5 et la DCO.

| Dates | DBO5 (mg/l) | | DCO (mg/l) | | DCO/DBO5 | | (2DBO5 + DCO)/3 | |
|---------------------------|-------------|-------|------------|-------|----------|------|-----------------|-------|
| | E. B | E. T | E. B | E. T | E. B | E. T | EB | ET |
| Janvier | 121,00 | 18,10 | 277,00 | 63,80 | 2,29 | 3,52 | 173,00 | 33,33 |
| Février | 157,50 | 7,00 | 393,00 | 51,50 | 2,77 | 7,63 | 236,00 | 21,83 |
| Mars | 122,50 | 20,00 | 235,00 | 37,00 | 1,94 | 1,88 | 160,00 | 25,67 |
| Avril | 133,67 | 15,03 | 301,67 | 50,77 | 2,33 | 4,34 | 189,67 | 26,94 |
| Normes algériennes | 35 | | 120 | | | | | |

E. B : eau brute ; **E. T :** eau traitée

IV.1.3.1. Demande chimique en oxygène (DCO)

Les valeurs de la DCO de l'eau brute sont variables. Elles oscillent entre 293 mg O₂/l et 235 mg O₂/l (Tableau IV.3). Concernant l'effluent traité, les valeurs enregistrées varient entre 37 mg O₂/l et 63,80 mg O₂/l. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de rejet (120 mg O₂/l), ainsi que celles de l'OMS (< 90 mg O₂/l).

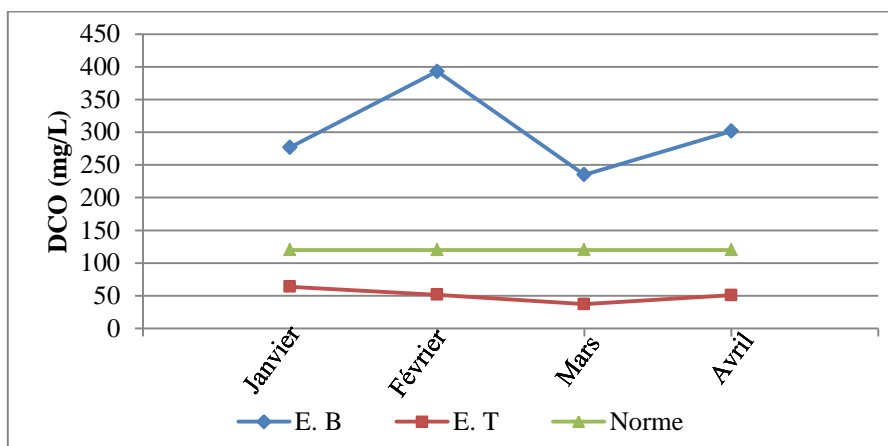


Figure IV.8 : Variation de la DCO

IV.1.3.1. Demande biologique en oxygène (DBO5)

La valeur moyenne de la charge polluante reçue par la station varie entre 121 mg O₂/l et 157,50 mg O₂/l. Les effluents traités s'appauvrissent et montrent des teneurs en DBO5 qui oscillent entre 7 mg O₂/l et 20 mg O₂/l (Figure IV.9). Les valeurs de la DBO5 sont inférieures aux normes algériennes de rejet (35 mg O₂/l) et à celles de l'OMS (<30 mg O₂/l).

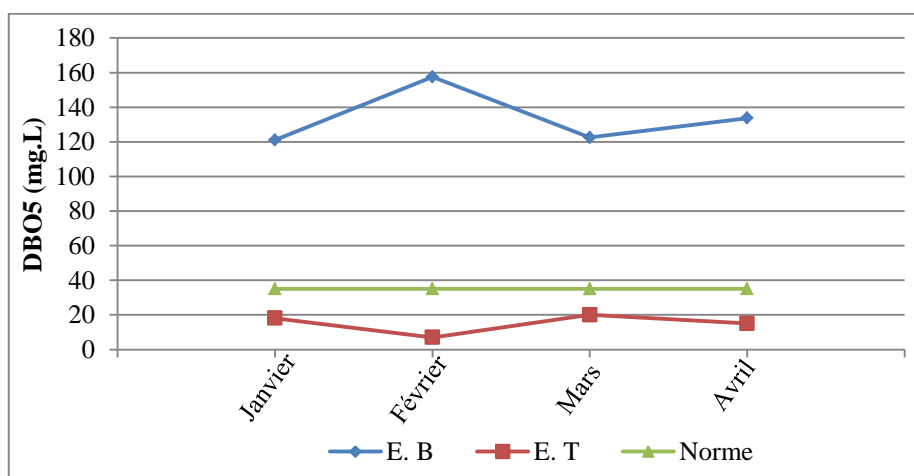


Figure IV.9 : Variations de la DBO5.

Le rapport DCO/DBO5 permet d'évaluer le caractère biodégradable de la matière en présence dans l'eau. Un rapport inférieur à 3 correspond à une biodégradation facile, s'il est supérieur à 3, la biodégradation est difficile. Ce rapport DCO/DBO₅ est inférieur à 3 donc l'eau de la STEP est peut être qualifiée de facilement biodégradable en entrée.

D'après le tableau IV.3. A la sortie et à l'exception du mois de mars cette biodégradabilité est supérieure à 3 ce qui explique que l'eau est débarrassée de presque toutes les matières organiques.

La matière organique de l'eau (MO) peut être évaluée par la formule :

$$MO = (2DBO5 + DCO)/3.$$

IV.2. Rendements épuratoires

Le calcul du taux d'abattement d'un paramètre R, exprimé en pourcentage est calculé selon la formule suivante :

$$R = \frac{P_i - P_0}{P_i} 100$$

Où :

R : est le rendement pour un paramètre donné.

P_i : est le chiffre du paramètre donné à l'entrée.

P₀: est le chiffre du même paramètre à la sortie.

Les taux de réduction des différents paramètres obtenus au cours de cette étude sont représentés par les figures suivantes.

Les rendements moyens d'abattement de la pollution sont de 92 % pour les MES et NH₄⁺, 83 % pour la DCO, 89 % pour la DBO5 et 58 % pour OPO₄⁻.

Tableau IV.4 : Rendement épuratoire

| Paramètres | Rendement épuratoire % |
|-------------------------------|------------------------|
| DBO5 | 89 |
| DCO | 83 |
| MES | 92 |
| NH ₄ ⁺ | 92 |
| OPO ₄ ⁻ | 58 |

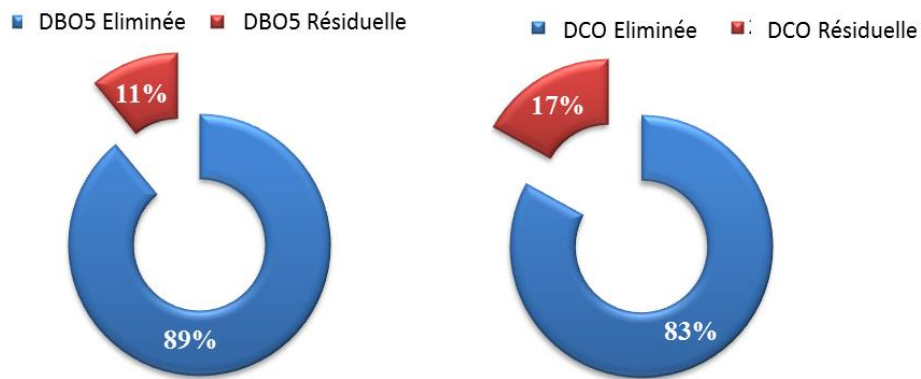


Figure IV.10 : Taux d'abattement DBO5 et DCO.

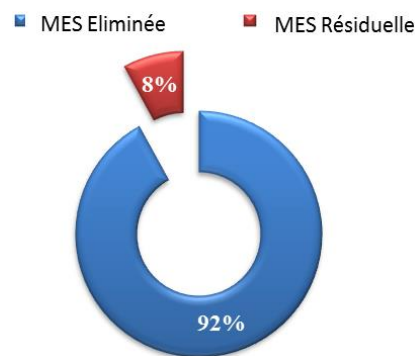


Figure IV.11 : Taux d'abattement des MES.

Ces rendements (Figure IV. 10 et 11) sont relativement constants durant toute la période d'étude. Ce résultat confirme la performance du système d'épuration des eaux usées dans la STEP de Guelma.

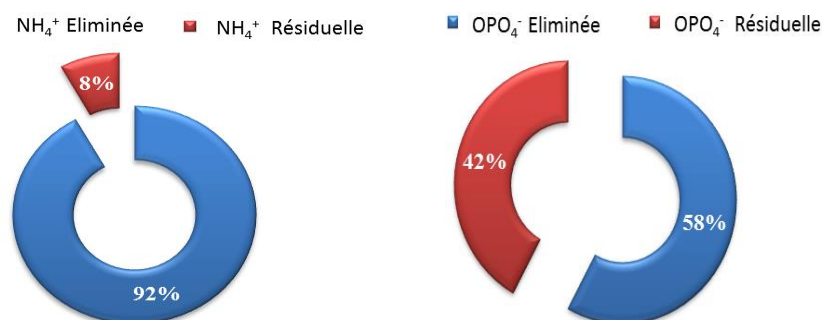


Figure IV.12 : Rendement de réduction de NH_4^+

Le rendement en azote ammoniacal obtenu durant la période d'étude est évalué à 92 % (Tableau IV.4) ce qui représente un abattement très satisfaisant.

Le rendement d'élimination en orthophosphate est de l'ordre de 58 % (Figure IV.12). Ce taux est inférieur au rendement théorique (60-70%) pour une eau résiduaire normalement concentrée [50] ce qui représente un abattement médiocre.

IV.3 Conclusion

A travers ces mesures, il est clair que le traitement des eaux usées à la STEP de Guelma est suffisant pour permettre d'abaisser les concentrations en polluants et d'atténuer donc le risque sanitaire à un niveau très acceptable.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude que nous présentons est une contribution à l'évaluation de l'efficacité du traitement biologique par boues activées dans la station d'épuration des eaux usées de Guelma, dans une perspective de réutilisation agricole et/ou de la protection des milieux naturels récepteurs.

Les analyse physique de l'eau montrent que la température varie entre 15,5 °C un minimum enregistré à l'entrée et 16 °C enregistré à la sortie, qui conditionne la possibilité de développement d'espèce aquatique. Le potentiel d'hydrogène est légèrement alcalin et une conductivité électrique varie entre 910 µS/cm et 1110 µS/cm, qui permet de classer l'eau dans les eaux passable (Annexe III). Par contre pour la teneur des MES qui nettement inférieur à 30 on a une eau de qualité excellente (Annexe III).

Pour les analyse chimique à l'entrée de la STEP, les teneurs en O₂ sont comprises entre 2,30 et 4,80 mg/l et les valeurs relevées à la sortie se situent entre 4,90 et 6,08 mg/l pour les mois considérés par l'étude. La teneur en oxygène dissous (O₂) enregistrée à la sortie de la STEP est nettement supérieur à celle de l'entrée. Cette augmentation est due à l'aération des eaux au niveau du bassin biologique (traitement secondaire). Les teneurs en azote ammoniacal sont dans les normes alors que les orthophosphate sont hors norme.

A partir du rapport DCO/DBO₅ on peut dire que l'eau de la STEP peut être qualifiée de facilement biodégradable en entrée. A la sortie et a l'exception du mois de mars cette biodégradabilité est supérieur à 3 ce qui explique que l'eau est débarrassée de presque toutes les matières organiques.

A travers ces mesures et a l'exception des orthophosphate il est clair que le traitement des eaux usées à la STEP de Guelma est suffisant pour permettre d'abaisser les concentrations en polluants et d'atténuer donc le risque sanitaire à un niveau très acceptable. Cependant, il est nécessaire, pour évaluer davantage sa qualité de compléter les analyses physico-chimiques faites par le laboratoire de la station par des analyses microbiologiques, ainsi qu'un contrôle de la boue activée.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Metahri. M.S., (2012), Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes cas de la STEP de la ville de tizi-ouzou, thèse de doctorat, spécialité : Agronomie, université mouloud Mammeri de Tizi-ouzou, p21- 23.
- [2] Bontaux. J.(1994), « Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielles », 2^{ème} Edition Lavoisier technique et documentation, p225.
- [3] Hadj sadok Z. (1999), Modélisation et estimation des bioréacteurs, prise en compte des incertitudes, application au traitement de l'eau, thèse de doctorat, Université de Nice Sophia Antipolis.
- [4] Tekfi. K, (2006), Etude des performances épuratoires d'une station d'épuration des boues. Activées, mémoire pour l'obtention de diplôme de DEUA. Option traitement et épuration de l'eau, département hydraulique, université Tlemcen.
- [5] Metahri M. (2012).Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées. Thèse de doctorat: Génie de procédés. Université Mouloud Mammeri, TiziOuzou, Algérie, p.18.
- [6] Afir. D et Mezaoua, (1984), Application et dimensionnement d'un procédé de coagulation-floculation
- [7] Raissi.O, (2005), Réutilisation des eaux épurées et des boues résiduaires des stations d'épuration.
- [8] Baumont .S, Camard. J. P, Lefranc A, Franconi. A, (2004), Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, pp 220.
- [9] Traité de l'environnement, Technique de l'ingénieur, Volume G1210.
- [10] Vaillant J R, (1974) Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires: eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles, Edition, Eyrolles, Paris.
- [11] Rodier.J, (2005), L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, 8^{ème} Edition DUNOD technique, Paris, pp 1008-1043.
- [12] Aoulmi .S, (2007), Conception de la station d'épuration dans la ville d'Eddine (W. Ain Defla), thèse de l'école nationale supérieure de l'hydraulique.
- [13] Faiza.M, (2009), Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement.
- [14] Gaid Abd .E.K, (1984), Epuration biologique des eaux usées urbaine.
- [15] Salim .Z, Lamia .G, Tahert .A, Kamel. D ,(2002), Les extrémités négatives de l'utilisation des eaux usées traitées en agriculture, Séminaire Méditerranéen .
- [16] Jean. R, (1996) L'analyse de l'eau, les eaux usées résiduaires, eau de mer, DUNO, 2^{ème} Edition, Paris.
- [17] Office national de l'assainissement, système de management environnement ISO14001, manuel environnement-juin 2012.
- [18] www.biogaz-énergie-renouvelable.info. Consulté le 20/05/2020.
- [19] Thibaut .C, (2001/2002) technique de bio-conservation : la bio-méthanisation, IUT génie thermique et énergie.
- [20] Qualité du biométhane pour l'injection dans le réseau de distribution, Colloque ATEE, octobre 2010
- [21] Cherki. F, Et Hessas. H, Etude de l'abattement de la charge polluante azotée en station d'épuration à boues activées, mémoire pour l'obtention de diplôme de DEUA. Option traitement et épuration de l'eau, département hydraulique université Tlemcen.

- [22] Yahlatene S, Tahirim El Tladj, (2011), Réflexion sur la caractérisation physicochimique, des effluents Liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran, mémoire d'ingénieur, université des sciences et de la technologie d'Oran.
- [23] Journal Officiel de la République Algérienne, (2006).
- [24] Saggai M. M, (2004), Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mémoire. Magister. Univ. Ouargla.64p.
- [25] Bekkouche. M, Zidane F, (2004), Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Ouargla par lagunage. Mémoire. Ing. Hydraulique saharienne. Univ. D'Ouargla.p67.
- [26] Banzaoui. N, Elbouz. F, (2009), Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au niveau de la commune de Touggourt. Mémoire. Ing. chimie.Univ d'Annaba.
- [27] Station d'épuration de Guelma 2010 (Fiche technique).
- [28] Régis.B , Marc.S , Béchir .S,(2010), Guide technique de l'assainissement (collecte-épuration-conception-exploitation),4^{ème} édition.
- [29] zizi.D.R , (2015)mise en évidence traces métalliques dans les eaux et sédiments de la Seybouse, mémoire pour l'obtention de diplôme master 2 ,univ guelma .
- [30] Haoua .A, (2007), « Modélisation de séchage solaire sous serre des boues de station d'épuration urbaine, thèse de doctorat, université Louis Pasteur- Strasbourg I Discipline: Sciences pour l'ingénieur.
- [31] Silman.S.Y, (2002-2003), Etude de réhabilitation de la station d'épuration de Salyportudal, département de génie civil, diplôme d'ingénieur de conception, université Cheikh anta diop de Dakar, Sénégal.
- [32] Le point de connaissance sur les traitements des eaux usées I.N.R.S. document technique. 2004.
- [33] Hatem, (2008), thèse, « Traitement des eaux usées urbaines, les procédés Biologiques d'épuration, université Virtuelle de Tunis.
- [34] Faby. J.A, Brissaud. F, (1997), L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.
- [35] Bongiovanni, J. M, (1998), Traitement des boues résiduairees par l'association en série d'une déshydratation mécanique et d'un séchage thermique, thèse de doctorat, université de Pau et des Pays de l'Adour.
- [36] Marie.N, Pons et al,(2008) Analyse du cycle de vie- Epuration des eaux usées urbaines, technique d'ingénieur. G5820, paris.
- [37] Traitement de l'eaux.fr/techniques-traitement/traitement-biologiques/.
- [38] Ourtelli.S, Brahimi.S,(2013), Contribution à l'étude de l'efficacité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de corps gras de Bejaia (CO.G.B) Labelle après ensemencement, Environnement et Sécurité Alimentaire, Master, Bejaia : Université Abderrahmane MIRA, P 15.
- [39] Amari.S, Berkane.S,(2015) Etude génotoxique des boues des eaux usées de la ville de Guelma, Biologie, Master, Guelma : université 8 Mai 1945, p9.
- [40] Chibani S,(2010), Analyse physico-chimique et rhéologique des boues d'épuration des eaux usées de la ville de Guelma, Magister, Guelma : Université 8 Mai 1945, P 17.
- [41] Cherif.H, Ramdani.Ch,(2016), Efficacité du traitement de l'azote dans les stations d'épuration à boues activées: cas de la STEP de Ain El Houtz, Eau, Sol et Aménagement, Master, Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaid, P 05, P 34.
- [42] Rodier.J (2005), L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduairees, eaux de mer. 8^{ème} édition, DUNOD. Paris, 1383p]
- [43] Benelmouaz. A, (2015), Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master en Hydraulique, univ de Telemcen .
- [44] document de la STEP Guelma (2020).

- [45] Gharbi.I, Gharbi.N ,(2019), Etude physico-chimique par boue activée et par électrocoagulation-Application aux eaux usées de Guelma, Mémoires de Projet de Fin d'Étude 2ème Année Master, Univ Guelma, Master En Hydraulique.
- [46] Karaali.R et a, (2008). Etude comparatives de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées avant et après et épuration : cas de la station d'épuration de la ville de Guelma. Mémoire d'ingénieur, Université de Guelma.
- [47] journal officiel de la république algérienne. Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3.).
- [48] Sevrin Reyssac J., de la noue J., Proulx D. (1995). Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 118p.
- [49] Cherif H, Ramdani Ch, Efficacité du traitement de l'azote dans les stations d'épuration à boues activées: cas de la STEP de Ain El Houtz, Eau, Sol et Aménagement, Master, Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaid, 2016, P 05, P 34.
- [50] Choubert J.M et al, (2011). Evaluer les rendements des stations d'épuration, apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées. Extrait numérique de techniques Sciences Méthodes.

RESUME

Les eaux résiduaires de la STEP de Guelma, située au Nord-est de l'Algérie, traitées par boues activées, ont été caractérisées afin d'évaluer l'efficacité du traitement en vue de la protection du milieu récepteur oued Seybouse et de la nappe phréatique de la région de Guelma. L'échantillonnage a été effectué sur une période de quatre mois (de Janvier à Avril 2020). Les résultats obtenus présentent des rendements épuratoires satisfaisants.

L'examen du rapport DCO/DBO5 souligne bien le caractère biodégradable des eaux usées de cette station.

Mots clés: Eaux usées brutes, Eaux épurées, STP-Guelma, Boues activées, paramètres physico-chimiques.

ABSTRACT

The wastewater from the Guelma WWTP, located in the north-east of Algeria, treated with activated sludge, was characterized in order to assess the effectiveness of the treatment with a view to protecting the receiving environment, Oued Seybouse and the water table. Water table, in the Guelma region. Sampling was carried out over a period of four months (January to April 2020). The results obtained show satisfactory purification yields.

Examination of the DCO / DBO5 ratio clearly highlights the biodegradable nature of the wastewater from this station.

Keywords: wastewater, treated water, Guelma WWTP, Activated sludge, physico-chemical parameters.

ANNEXE I : Norme JORA

24 Rabie El Aouel 1427
23 avril 2006

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26

5

VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

| N° | PARAMETRES | UNITE | VALEURS LIMITES | TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS |
|----|-------------------------------------|-------|-----------------|--|
| 1 | Température | °C | 30 | 30 |
| 2 | PH | - | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 8,5 |
| 3 | MES | mg/l | 35 | 40 |
| 4 | Azote Kjeldahl | " | 30 | 40 |
| 5 | Phosphore total | " | 10 | 15 |
| 6 | DCO | " | 120 | 130 |
| 7 | DBO5 | " | 35 | 40 |
| 8 | Aluminium | " | 3 | 5 |
| 9 | Substances toxiques bioaccumulables | " | 0,005 | 0,01 |
| 10 | Cyanures | " | 0,1 | 0,15 |
| 11 | Fluor et composés | " | 15 | 20 |
| 12 | Indice de phénols | " | 0,3 | 0,5 |
| 13 | Hydrocarbures totaux | " | 10 | 15 |
| 14 | Huiles et graisses | " | 20 | 30 |
| 15 | Cadmium | " | 0,2 | 0,25 |
| 16 | Cuivre total | " | 0,5 | 1 |
| 17 | Mercure total | " | 0,01 | 0,05 |
| 18 | Plomb total | " | 0,5 | 0,75 |
| 19 | Chrome Total | " | 0,5 | 0,75 |
| 20 | Etain total | " | 2 | 2,5 |
| 21 | Manganèse | " | 1 | 1,5 |
| 22 | Nickel total | " | 0,5 | 0,75 |
| 23 | Zinc total | " | 3 | 5 |
| 24 | Fer | " | 3 | 5 |
| 25 | Composés organiques chlorés | " | 5 | 7 |

PH : Potentiel d'hydrogène
 DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours
 DCO : Demande chimique en oxygène
 MES : Matière en suspension

ANNEXE II Norme OMS

| Paramètre | Unités | Normes utilisée (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 |
| T | °C | <30 |
| Couleur | - | Incolore |
| Odeur | - | Incolore |
| Conductivité | ms/cm | 1 à 2 |

ANNEXE III : Grille d'appréciation de qualité de l'eau (Rodier 2009)

| Paramètres | unités | Excellente | Bonne | Passable | Médiocre | Pollution excessive |
|----------------------------|--------|------------|-----------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| Température | °C | < 20 | 20 à 22 | 22 à 25 | 25 à 30 | 30 |
| pH | / | 6,5 à 8,5 | / | 6 à 6,5 ou 8,5 à 9 | 5,5 à 6 ou 9 à 9,5 | < 5,5 ou > 9,5 |
| Conductivité Electrique | µs/cm | < 400 | 400 à 750 | 750 à 1500 | 1500 à 3000 | 3000 |
| M.E.S | mg/l | < 30 | / | / | 30 à 70 | 70 |
| Oxygène dissous | mg/l | 7 | 5 à 7 | 3 à 5 | < 3 | / |
| Taux de saturation | % | 90 | 70 à 90 | 50 à 70 | < 50 | / |
| Chlorure | mg/l | < 100 | 100 à 200 | 200 à 400 | 400 à 1000 | 1000 |
| NH ₄ | mg/l | < 0,1 | 0,1 à 0,5 | 0,5 à 2 | 2 à 8 | 8 |
| NO ₃ | mg/l | < 5 | 5 à 25 | 25 à 50 | 50 à 100 | 100 |
| NO ₂ | mg/l | / | 0 à 0,01 | 0,01 à 0,1 | 0,1 à 3 | 3 |
| PO ₄ | mg/l | < 0,2 | 0,2 à 0,5 | 0,5 à 1 | 1 à 5 | 5 |

Rodier J., (2009). L'analyse de l'eau 9^{ème} édition, DUNO. Paris, 1579 p.