

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



UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES
Mémoire de fin du cycle

En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

FILIERE : GENIE DES PROCEDES

SPECIALITE : GENIE DES PROCEDES DE L'ENVIRONNEMENT

Présenté par

HAMMOUCHE YANNI & LAIDI TINHINAN

THEME

**Traitement des eaux usées par boues activées :
Exemple de la STEP de Bougie plage**

Devant le jury composé de:

Soutenu le : 26/06/2023

	Nom et prénom	Grade	Université
Président	Sellami Ferhat	MCB	Université de Bejaïa
Examineur	Sahnoune Mohamed	MCB	Université de Bouira
Encadrant	Zembouai Idris	MCA	Université de Bejaïa

2022-2023

REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu qui nous a donné la santé, la volonté et le courage d'accomplir ce travail.

Nos vifs remerciements sont destinés à **Dr I.ZEMBOUAI**, notre promoteur, pour son aide, ces critiques constructives, ses explications et suggestions pertinentes et pour la qualité de ses orientations tout au long de ce travail et pour avoir apporté tant de soins à la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions également le membre du jury, **Dr F.Sellami** et **Dr M.Sahnoune** qui nous font honneur en acceptant d'examiner et de juger notre travail.

Sans oublier L'ingénieure de laboratoire de la STEP de Bougie plage **Mr M.Khalidi** pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion, et l'équipe de la station de **Bougie plage**, pour leur soutien.

Nous ne pouvons pas oublier de présenter notre gratitude à nos parents pour les efforts inlassables qu'ils ne cessent de déployer pour nous.

Que tous ceux qui ont contribué à notre formation trouvent ici l'expression de nos sincères gratitude.

Dédicace

Dédicace

*Je dédie ce travail
A mes très chers parents
A tous mes proches
A tous les enseignants
Ainsi que tous mes amis*

Hammouche Yanni.

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour :
A ma chère maman DALILA et le meilleur des pères AREZKI
qui m'ont soutenu et encouragé durant ces années d'études
Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde
reconnaissance.*

A mon frère MASSINISSA et ma sœur SIHAM

A qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite.

A ma très chère grand-mère MENANA

A mes très chères grands-parents SALEH et ZOUINA

A qui je souhaite une longue vie et santé.

*A toute la famille LAIDI et HADDAD, et à ceux qui me
donnent de l'amour et de la vivacité.*

*A tous mes amies qui m'ont toujours encouragé, et à qui je
souhaite plus de succès*

Hayette, Norhane, Fouzia, Nadjwa, Thileli

*Je tiens à remercier l'un des meilleurs amis « HAKIM » pour
son aide, soutien et encouragement, et aujourd'hui je t'en suis
tellement reconnaissante.*

*A mon binôme Yanni, merci de m'avoir encouragé toute au
long de la réalisation de ce travail.*

« LAIDI TINHINAN »

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE		
Tableau I.1	Réserve en eau de la terre.....	3
Tableau I.2	les avantages et inconvénients de chaque système d'évacuation.....	9
Tableau I.3	Différents types de boues de STEP.....	22
Tableau I.4	Caractéristiques des différentes techniques d'épaississement.....	25
Tableau I.5	Valeurs limites des paramètres de rejets des effluents liquides (Norme Algériennes et International).....	31
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES		
Tableau II.1	Caractéristique des eaux brute et épurées de la station d'épuration de la ville de Béjaïa.....	34
Tableau II.2	Présentation des caractéristiques techniques de la step de Béjaïa.....	34
Tableau II.3	Différents niveaux de traitement de la step de bougie plage.....	35
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS		
Tableau III.1	Résultats de mesure de la température T (°C).....	54
Tableau III.2	Résultats du test de décantation de la boue du bassin biologique.....	59
Tableau III.3	Résultats de la mesure du taux Siccité (%).....	61



LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Etude bibliographique

Figure I.1 : Présentation de réseau unitaire (raccordement des eaux pluvial et des eaux usées.....	07
Figure I.2 : Présentation de réseau séparatif.....	08
Figure I.3 : Evolution du nombre des STEP et stations de lagunage en Algérie.....	10
Figure I.4 : Dégrilleur primaire grossier.....	15
Figure I.5 : Dégrilleur secondaire fin.....	15
Figure I.6 : Bac de dessablage.....	15
Figure I.7 : Déshuileur-Dégraisseur.	16
Figure I.8 : Décanteur primaire.	16
Figure I.9 : Schéma de base du procédé à boues activées.	18
Figure I.10 : Mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel.....	19
Figure I.11 : Valorisation/élimination des boues produites en France en 2010.....	21

Chapitre II : Matériels et Méthodes

Figure II.1 : Localisation de la station de Bougie plage, Bejaïa.....	32
Figure II.2 : Postes de relevage alimentant la STEP de BEJAIA.....	33
Figure II.3 : Dégrilleur primaire grossière.....	35
Figure II.4 : Dégrilleur secondaire fin.	36
Figure II.5 : Bassin de dessablage (Décanteur primaire).....	37
Figure II.6 : Dégraisseur-déshuileur.	38
Figure II.7 : Bassin biologique.	39
Figure II.8 : Clarificateur.	40
Figure II.9 : Canal d'évacuation de l'eau épurée.	41
Figure II.10 : Mesure de la température.	42
Figure II.11 : PH-mètre.	42
Figure II.12 : Mesure de la conductivité électrique CE avec un conductimètre.	43
Figure II.13 : Mesure de l'oxygène dissout avec l'oxymètre.....	44
Figure II.14 : Echantillons (eaux brute, eaux épurées).	45
Figure II.15 : Système de filtration.	45
Figure II.16 : Dessiccateur.	46
Figure II.17 : Papiers filtrent avec résidus de filtration.	46
Figure II.18 : Principe de la mesure de la DBO5.	47



LISTE DES FIGURES

Figure II.19 : Ensemble de système de mesure de la DBO5.	48
Figure II.20 : Réactifs (Inhibiteur de nitrification, grain de NaOH).	48
Figure II.21 : Cône IMHOFF pour le teste de décantation de la boue de bassin biologique.....	49
Figure II.22 : Résidus de filtration du l'eau surnageantes.....	50
Figure II.23 : Résidus de filtration de la boue de retour.....	52
Chapitre III : Résultats et discussions	
Figure III.1 : Variadion du potentiel hydrogène pH.	55
Figure III.2 : Variation de la conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$).	56
Figure III.3 : Variation des matières en suspensions MES (mg/l).	57
Figure III.4 : Variation de la demande biologique en oxygène DBO5 (mg/l).	58
Figure III.5 : Variation de l'indice de Mohlman IM (ml/g).	60



LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS

Liste des abréviations

DBO₅	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
MES	Matière En Suspension
PH	potentiel Hydrogène
CE	Conductivité Electrique
OD	Oxygène dissout
STEP	Station d'épuration
MO	Matière Oxydable
NTK	Azote Kjeldahl
NGL	Azote totale
CET	Centre d'Enfouissement Technique
REUE	Réutilisation des Eaux Usées Epurée
OMS	Organisation Mondial de la Santé
ONA	Office Nationale de l'Assainissement
ppm	Partie par million
µS/cm	Micro-siemens par centimètre
EQ/H	Equivalent gramme par habitant
V30	Volume de la boue décanté après 30min de décantation
MS	Matière sèche
MVS	Matière volatile sèche
IB	Indice de boue
IM	Indice de Mohlman



TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERE

Remerciement

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction01

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Définition de l'eau	03
I.2. Définition de l'eau usée	03
I.3. Type de pollution des eaux usées	04
I.4. Les origines des eaux usées	05
I.4.1. Les eaux usées domestiques.....	05
I.4.2. Les eaux usées industrielles	06
I.4.3. Les eaux pluviales et de ruissellement.....	06
I.4.4. Les eaux usées agricole.....	06
I.5. Définition de réseau d'assainissement	07
I.5.2. Typologie des réseaux : avantages et inconvénients	09
I.6. Définition de la station d'épuration	09
I.6.1. Les objectifs de la station d'épuration	10
I.7. Les paramètres de mesures de la pollution des eaux usées urbaine	10
I.7.1. Les paramètres physiques.....	10
I.7.2. Les paramètres chimiques.....	11
I.7.3. Les paramètres organoleptiques.....	14
I.7.4. Les paramètres bactériologiques.....	14
I.8. Chaîne de traitement des eaux usées d'une station d'épuration.....	14
I.8.1. Le prétraitement (physique)	15
I.8.2. Le traitement primaire (physico-chimique)	16
I.8.3. Le traitement secondaire (Biologique)	17
I.8.3.1. Les procédés aérobies à culture libre	17
I.8.3.2. Les procédés anaérobies à culture fixée	19
I.8.4. Le traitement tertiaire	20
I.9. Les boues des stations d'épuration	20



TABLE DES MATIERE

I.9.1. Définition des boues usées	21
I.9.2. Composition des boues d'épuration	22
I.9.3. Traitement des boues d'épuration	23
I.9.3.1. Techniques de traitement des boues	23
I.9.4. Destination des boues d'épuration	27
I.10. Différents types de réutilisation des eaux usées épurée	29
I.11. Normes de rejets	31

Chapitre II : Etude expérimentales et descriptions de la station

d'épuration

II.1. Présentation de la step de Bejaïa	32
II.2. Communes et réseaux raccordées.....	33
II.3. Les caractéristiques techniques de la step de bougie plage	33
II.4. Filières de traitement des eaux usées.....	35
II.4.1. Prétraitement (physique)	35
II.4.2. Traitement secondaire (biologique par boues activées)	38
II.4.3. Décantation secondaire (clarificateur)	39
II.5. Analyses effectuées au sein de laboratoire de la STEP	40

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1. Interprétation des résultats des paramètres physico-chimique et biologique	53
III.1.1. Variation de la température T (°C)	53
III.1.2. Variation de potentiel hydrogène pH	54
III.1.3. Variation de la conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	55
III.1.4. Variation des matières en suspension MES	56
III.1.5. Variation de la demande biologique en oxygène DBO5	57
III.2. Analyse des boues de la station	58
III.2.1. Teste de décantation des boues du bassin biologique	58
III.2.2. Variation de l'analyse de la boue de retour.....	59
III.2.3. Variation de l'analyse de boue produite.....	60
Conclusion	61
Références bibliographiques	63
Résumé/Abstract	



INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'épuration des eaux usées a pour objectif soit de rejeter dans le milieu naturel soit de réutiliser des eaux qui doivent répondre à des normes fixées par les autorités responsables de la gestion des ressources en eau. L'eau usée épurée à la sortie des stations d'épuration constitue à une eau renouvelable non conventionnelle qui peut être réutilisée. Néanmoins, les composants des eaux usées (agents pathogènes, sels, métaux, composés organiques toxiques,) présentent des risques pour l'environnement et peuvent nuire à la santé publique [1].

Le traitement biologique par boues activées, est une méthode courante de traitement des eaux usées. Cette méthode utilise des micro-organismes pour décomposer les matières organiques présentes dans les eaux usées où ces eaux sont mélangées avec des boues activées. Les micro-organismes décomposent les matières organiques en dioxyde de carbone, en eau et en matière cellulaire. Les boues produites par la station d'épuration après traitement, sont ensuite séparées de l'eau épurée par décantation, pour être traitées ultérieurement ou éliminées de manière appropriée.

Le procédé d'épuration à boue activée est le procédé le plus utilisé en Algérie pour traiter les eaux usées (EU). Bien que les performances épuratoires et la fiabilité de ce procédé soient approuvées, mais plusieurs types de dysfonctionnements peuvent apparaître, le plus fréquent est le développement excessif de bactéries filamenteuses, susceptibles d'entraîner une dégradation de la décantation des boues.

L'Algérie dispose de 200 systèmes épuratoires constitués de stations d'épuration (STEP), dont la gestion de 159 relève de l'office national de l'assainissement (ONA) avec une capacité globale installée près de 1,6 million de m³/j. 31 stations sont gérées par les Assemblées populaires et 10 autres font partie de la gestion délégataire des services publics de l'eau d'Alger (SEAAL), Oran (SEOR) et Constantine (SEACO). [2]

Sachant que 39 du parc des Step sont implantées au niveau du littoral et 27 à l'amont des barrages. La capacité de traitement des eaux épurées de l'ensemble des Step a atteint respectivement un volume de 243 millions m³ en 2020 et 253 millions m³ en 2019. Malheureusement, certaines régions du pays, le rejet des eaux usées non traitées est devenu une source de pollution et une menace pour nos ressources superficielles mobilisées au niveau des retenues de barrages. [2]

Ainsi, le traitement des eaux usées reste un défi majeur en Algérie, qui nécessite des investissements et des efforts continus pour améliorer l'efficacité des infrastructures de traitement et assurer une gestion durable des ressources en eau du pays.

INTRODUCTION

Alors, notre étude se déroule sur le traitement des eaux usées de la station de Bougie plage de la ville de Béjaïa, le principe de l'épuration de la station est le traitement biologique par boues activées à faible charge en aération prolongée. Durant notre période de stage, le travail effectuée au sein de la station, consiste à l'étude de fonctionnement de la chaîne de traitement des eaux usées de la STEP, et l'évaluation des paramètres physico-chimique et biologique dont (T (°C), pH, CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$), MES (mg/l), DBO5 (mg/l)), ainsi, l'analyse des boues d'épurations par le teste de décantation des boues biologique et l'analyse de %Siccité de boue produite.

Notre travail comporte sur trois chapitres :

- Chapitre I : Fait l'objet d'une étude bibliographique et généralités sur le traitement des eaux usées, (origine des eaux usées, réseaux d'assainissement, fonctionnement de la station d'épurations, paramètres de mesures de la pollution des eaux usées,..), technique de valorisation et élimination des boues d'épurations et réutilisation des eaux usées épurées.
- Chapitre II : Ce deuxième chapitre est consacrée à l'étude expérimental des différents paramètres physico-chimiques et biologiques (T (°C), CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH, MES (mg/l), DBO5 (mg/l), analyses des boues), description des caractéristiques de la STEP, et fonctionnement de la chaîne de traitement des eaux usées de la station.
- Chapitre III : Représente les différents résultats des analyses effectuées au sein de laboratoire de la station, et l'interprétation de ces résultats.

CHAPITRE I
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Définition de l'eau

L'eau est un élément sous forme liquide en conditions standards (température et pression ambiante), composé sous sa forme pure de molécules qui associent deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène sous la forme H₂O.

L'eau recouvrant 72 % de la surface de la terre, et représentant une réserve totale de 1350 milliards de km³ dans la biosphère.

L'eau, à l'état liquide, solide ou gazeux est le composé le plus abondant à la surface de la terre. L'ensemble des réserves d'eaux, qu'on trouve dans divers endroits, se réparties entre plusieurs réservoirs (Tab.1). La teneur volumique de l'eau dans l'atmosphère est d'environ 9 ppm soit 0.001 %.

Tableau I.1 : Réserve en eau de la terre. [1]

Domaine de l'hydrosphère	Volume de l'eau en (10 ⁶ km ³)
Les mers	1370
La glace et la neige (pole entre autres)	29
Les nappes phréatiques	9,5
Eau de surface (lac et fleuves)	0,13
Atmosphère	0,013
Biosphère	0,0006

I.2. Définition de l'eau usée

La pollution de l'eau s'étend comme une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques ou biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit. 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 pluie et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance.

I.3. Types de pollution

Il existe trois grandes familles qui caractérisent la pollution de l'eau (pollution physique, pollution chimique, pollution microbiologique).

I.3.1. Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements de polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles .L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture par diverses catégories d'engrais et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines

Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuse. [2]

I.3.2. Pollution microbiologique

Les eaux usées sont des milieux favorables au développement d'un très grand nombre d'organismes vivants, dont des germes pathogènes souvent fécaux. On les trouve dans les effluents hospitaliers, de lavage de linges et de matériels souillés, ou encore dans le déversement de nombreuses industries agro-alimentaires (abattoirs, élevage agricoles,.....). [3]

I.3.3. Pollution physique

Il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau. On distingue aussi les matières décantées (plus lourds que l'eau elle-même), les matières flottables (plus légères que l'eau elle-même) et les matières non séparables (de même densité que l'eau).

La pollution physique désigne autre type de pollution, telle que la pollution thermique, radioactive et mécanique. [3]

I.3.3.1. Pollution thermique

L'augmentation de la température de l'eau réduit la teneur en oxygène et augmente la vitesse de réactivité chimique.

I.3.3.2. Pollution radioactive

C'est celle 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.

I.3.3.3. Pollution mécanique

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension.

I.4. Origines des eaux usées

- Les eaux usées domestiques ;
- Les eaux usées industrielles ;
- Les eaux pluviales et de ruissellement ;
- Les eaux usées agricole ;

I.4.1. Eaux usées domestiques

Essentiellement, porteuses de pollution organique et on distingue deux types des eaux usées domestique :

I.4.1.1. Eaux ménagères

(Salles de bains et cuisines) chargées de détergents, de graisses, de solvants et de débris organiques.

Elles comprennent les eaux de cuisines, de lavage de lessive, leur volume peut atteindre 70 à 80% de volume total des eaux usées domestique leur charge Polluante est environ 60 à 70% de la pollution organique totale. Elles contiennent également une micro flore bactérienne importante comme par exemple les germes pathogène. [4]

I.4.1.2. Eaux-vannes

(Rejets des toilettes) chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

Elles proviennent des (WC), et contiennent 20 à 30% du volume totale des eaux usées, elles sont fortement chargées en composé azoté et phosphoré ainsi qu'en germe micro flore intestinale pouvant être pathogènes. [4]

I.4.2. 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 : [5]

- Des graisses (industries agroalimentaires).
- Des hydrocarbures (raffineries).
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie).
- Des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries).
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

I.4.3. Eaux usées pluvial et de ruissellement

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

- Le lessivage de sols et des surfaces imperméabilisées.
- La remise en suspension des dépôts des collecteurs.

Elles sont de même nature que les eaux usées domestiques, avec de métaux lourds et des toxiques (Plomb, Zinc, Hydrocarbures) provenant essentiellement de la circulation automobile.

I.4.4. Eaux usées agricole

Il s'agit de rejets liquides et agricoles issus du ruissellement d'eaux d'irrigation qui entraîne des engrais et des pesticides, des herbicides ou des rejets organiques dus à un élevage important. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage de terres perméables. Ces composés minéraux favorisent la prolifération des algues (phénomène d'eutrophisation) qui en abaissant la teneur en oxygène des eaux courantes, compromettent la vie des poissons et des animaux aquatiques.
- Apport des pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants et d'insecticides.
- En région viticole, apport de sulfates de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection des vignes. [6]

I.5. Définition du réseau d'assainissement

Dans le dictionnaire raisonné d'architecture rédigé en 1878 par Ernest BOSCH, le réseau d'assainissement est défini comme suite :

"Conduit souterrain destiné à recueillir les eaux pluviales industrielles et ménagères, ainsi que les immondices d'une ville, pour les rejeter au loin". [7]

I.5.1. Réseaux d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales

L'acheminement des eaux usées vers les stations de traitement se fait par des réseaux de collecte. Il en existe deux types :

- Réseau unitaire.
- Réseau séparatif.
- Réseau pseudo séparatif.

I.5.1.1. Réseau unitaire

Ce sont des évacuations dans les mêmes canalisations des eaux usées domestiques et des eaux pluviales. Ces réseaux ont l'avantage d'être économiques et simples. Il est indispensable de prévoir un système de contrôle pour considérer les variations brutales de débit des eaux pluviales.

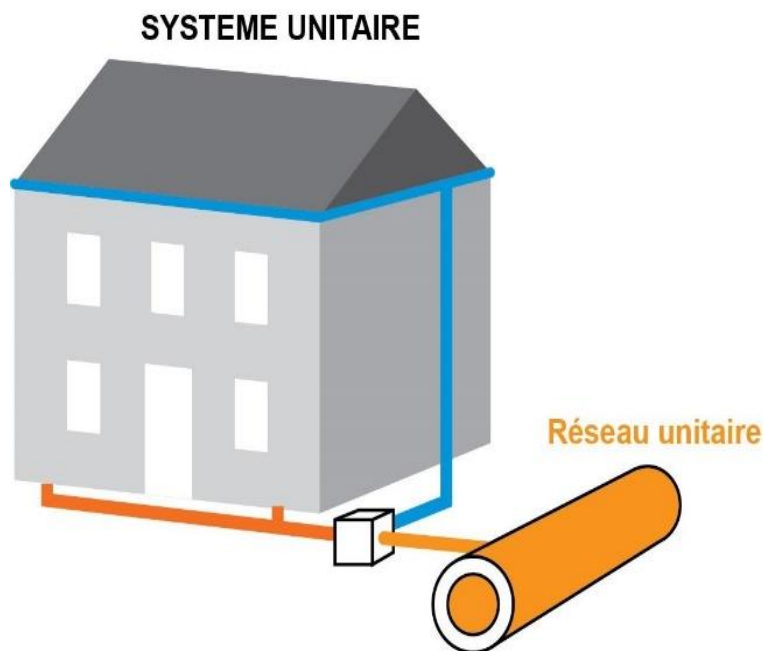


Figure I.1: Présentation du réseau unitaire (raccordement des eaux pluviales et des eaux usées)

I.5.1.2. Réseau séparatif

La collecte des eaux usées et des eaux domestiques se fait dans des réseaux distincts. Ce système permet de : [8]

- Traiter uniquement les eaux domestiques (débit fixe) ;
- Assurer le bon fonctionnement des stations d'épuration ;
- Diminuer le coût de traitement ;
- Eviter le risque de débordement des eaux usées dans les milieux naturels ;

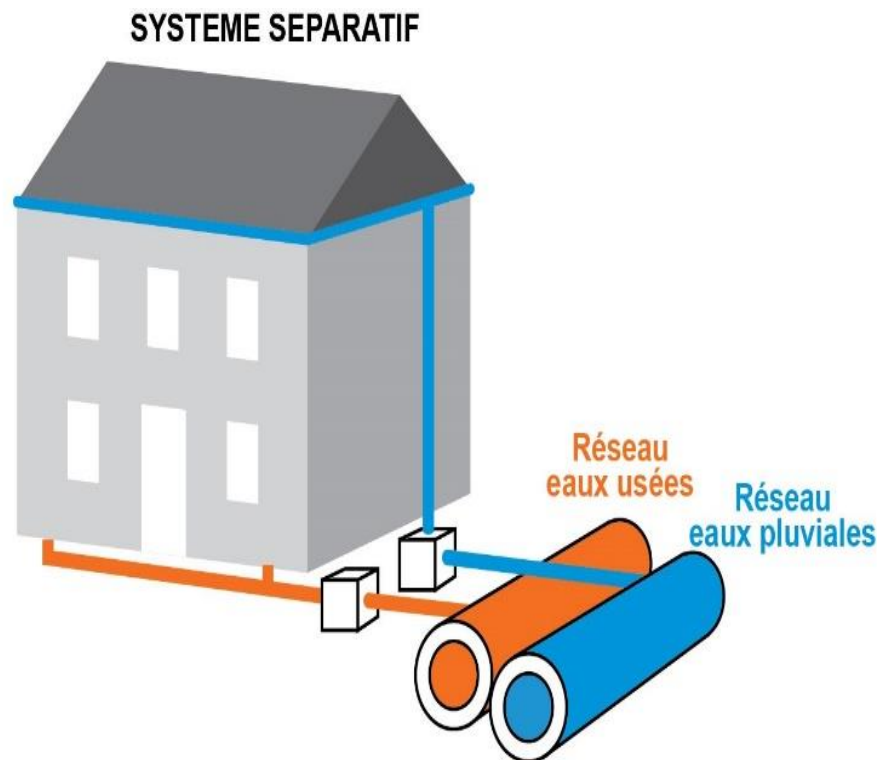


Figure I.2 : Présentation de réseau séparatif.

I.5.1.3. Réseau pseudo séparatif

Système mixte vis-à-vis des deux précédents, On reprend dans une conduite unique les eaux pluviales de toiture et les eaux usées. Les eaux pluviales de chaussées sont évacuées séparément. [9]

I.5.2. Typologie des réseaux : avantages / inconvénients

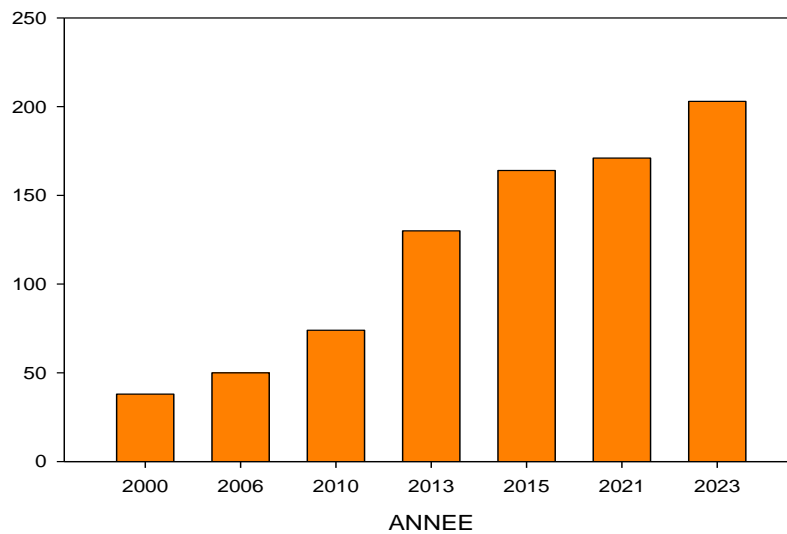
Tableau I.2 : les avantages et inconvénients de chaque système d'évacuation. [9]

Type de réseau	Unitaire	Séparatif	Pseudo séparatif
Cout	Investissement faible	Investissement élevé	Investissement élevé
Raccordement	Pas de risque d'inversion de branchement	Risque d'inversion de branchement	Pas de risque d'inversion de branchement
Pollution	Risque de pollution des milieux élevés (DO)	Risque de pollution des milieux faibles (effluent pluvial faiblement chargé)	Risque de pollution des milieux faibles (effluent pluvial faiblement chargé)
Traitement	Fonctionnement de la station d'épuration difficile	Fonctionnement de la station d'épuration maîtrisé	Fonctionnement de la station d'épuration difficile

I.6. Station d'épuration

C'est une installation destinée à épurer les eaux usées domestiques ou industrielles et les eaux pluviales avant le rejet dans le milieu naturel. Le but du traitement est de séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur. [10]

Evolution du nombre des STEP et stations de lagunage en Algérie

**Figure I.3 :** Evolution du nombre des STEP et stations de lagunage en Algérie. [11]

I.6.1. Objectifs de la station d'épuration

- Supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées.
- Protéger le milieu récepteur.
- Garder la possibilité de réutiliser les effluents épurés.
- Protection de la nappe phréatique contre la pollution;
- Eviter aux agriculteurs l'irrigation des terres agricoles avec les eaux usées;
- Minimiser le risque des maladies à transmission hydrique;
- Économie importante de l'eau;
- Eviter la surexploitation des nappes souterraines.

I.7. Paramètres de mesure de la pollution des eaux usées urbaine

Les paramètres les plus importants pour qualifier une eau sont : (les paramètres physiques, les paramètres chimiques, les paramètres microbiologiques, les paramètres organoleptiques).

I.7.1. Paramètres physiques

I.7.1.1. Température (T)

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des

températures variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C. [12]

I.7.1.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Le pH est en relation avec la concentration en ions hydrogène H⁺ présents dans une eau. [12]

PH = 7 une eau est dite neutre.

PH < 7 une eau est dite acide.

PH > 7 une eau est dite basique.

I.7.1.3. Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisés : argile limons, grains de silice, matières organiques, etc. La mesure de turbidité a donc un grand intérêt dans le control de l'épuration des eaux brutes. [12]

La turbidité caractérise le degré de non transparence de l'eau. Elle traduit la présence des matières en suspension (MES). [13]

I.7.1.4. Matières en suspension (MES)

Ce sont des matières biodégradables pour la plupart. Les micro-organismes sont le plus souvent adsorbés à leur surface et sont ainsi « transportés » par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures. [14]

Les particules en suspension peuvent, par définition, être éliminées par décantation. C'est une étape simple et efficace pour réduire la charge organique et la teneur en germes pathogènes des eaux usées. Toutefois, un traitement beaucoup plus poussé est généralement requis pour faire face aux risques sanitaires. [15]

I.7.1.5. Conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500 µSm/cm, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire. [5]

I.7.2. Paramètres chimiques

I.7.2.1. Oxygène dissout (l'OD)

L'oxygène dissout est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation biologique des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique et la force du milieu. [16]

I.7.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est un paramètre utilisé dans le contrôle des eaux usées et les études de pollution. C'est la mesure de la quantité équivalente d'oxygène nécessaire à l'oxydation de la majeure partie de la matière organique et de certains ions inorganiques oxydables (S⁻², Fe⁺², Mn⁺², etc.).

Signifie la demande chimique en oxygène et représente la quantité de l'oxygène (mg/L) exigée pour oxyder chimiquement le matériel organique de l'eau usée en utilisant le dichromate (oxydant chimique fort) dans une solution acide. D'un point de vue opérationnel, un des avantages principaux du test de la DCO est qu'il peut être accompli en 2,5 h (à 140°C). [17]

I.7.2.3. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène d'un échantillon, est la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes aérobies présents ou introduits dans un échantillon pour réaliser la dégradation des composés biodégradables présentes. C'est un paramètre qui permet d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable. Elle est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation à 20°C. [18]

Certains pays utilisent d'autres variantes comme la DBO₇ ou encore la DBO₂₁, appelée « DBO ultime ». Cependant, on utilise surtout la DBO₅ à travers le monde.

I.7.2.4. Rapport DCO/DBO₅

La DBO₅ d'une eau de surface non polluée varie entre 2 et 20 mg/l. les mesures qui vont au-delà indiquent alors que l'eau est polluée.

Le rapport DCO / DBO₅ donne un indice sur la provenance et l'origine de la pollution organique. [5]

- DCO / DBO₅ proche de 1 → une très bonne biodégradabilité (lait, yaourt).
- $1,5 < \frac{DCO}{DBO_5} < 2$ → meilleure biodégradabilité (Effluents d'industries agroalimentaires).

- $2 < \frac{DCO}{DBO_5} < 3 \rightarrow$ biodégradable (Effluents urbaines domestiques).
- $3 < \frac{DCO}{DBO_5} < 4 \rightarrow$ Effluents plus ou moins difficilement biodégradable (industrie).
- $\frac{DCO}{DBO_5} > 4 \rightarrow$ on peut dire que l'effluent est non biodégradable.

La relation empirique de la matière oxydable en fonction de la DBO_5 et la DCO est donnée par l'équation suivante :

$$MO = \frac{2DBO_5 + DCO}{3} \dots\dots (I.1)$$

I.7.2.5. Azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total.

Les rejets en matière azotées sont mesurés par 2 paramètres :

➤ NTK (Azote Total Kjeldahl)

C'est la mesure des matières azotées sous forme réduite, principalement l'urée, d'origine humaine. Le rejet direct de l'azote réduit dans le milieu consomme de l'oxygène et défavorise la vie piscicole, l'azote Kjeldahl représente la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal. On le mesure par dosage de l'azote sous forme ammoniacale après minéralisation de l'azote organique (alors transformé en azote ammoniacal) par ébullition en milieu acide. Le résultat du dosage est exprimé en mg d'azote par litre. [19]

$$NTK = NGL - \text{nitrites } NO_2 - \text{nitrates } NO_3 \dots\dots(I.2)$$

➤ NGL (Azote Global LatoN)

C'est la mesure de l'azote total, réduit ou oxydé. L'élimination du NGL signifie que les nitrates formés ont été éliminés (dénitrification). L'élimination des nitrates permet d'éviter les phénomènes d'eutrophisation. [20]

I.7.2.6. Phosphore

L'apport journalier de phosphore est d'environ 4 g par habitant. Il est dû essentiellement au métabolisme de l'individu et l'usage de détergent. Les rejets varient d'ailleurs suivant les jours de la semaine. [21]

I.7.2.7. Métaux lourds

Les métaux lourds se trouvent dans les eaux usées urbaines à l'état de trace. Des concentrations élevées sont en général révélatrices d'un rejet industriel, sans aucun doute. Leur présence, est nuisible pour l'activité des micro-organismes, donc perturbe le processus d'épuration biologique. [22]

Dans l'eau les métaux lourds toxiques peuvent exister sous formes d'ions, de complexes organiques et minéraux en solution ou absorbés sur des colloïdes ou des aérosols.

I.7.3. Paramètres organoleptiques

I.7.3.1. Couleur

La couleur foncée indique généralement que l'eau est impure à l'inverse, plus on a une couleur claire plus l'eau n'est pas polluée. [10]

I.7.3.2. Odeurs

Les odeurs proviennent généralement des substances volatiles. Un changement anormal ou une apparition d'une odeur sont la caractéristique d'une dégradation de la qualité qui est souvent le précurseur d'une pollution. [23]

I.7.4. Paramètres bactériologiques

Ces analyses reposent sur la recherche dans les eaux de bactéries indicatrices de leur éventuelle contamination fécale, les *Escherichia coli* (*E. coli*) et les Entérocoques. Ces organismes, d'origine intestinale sont naturellement présents dans les déjections animales ou humaines qui via les déversements, eaux usées et épandages peuvent se retrouver dans l'eau. Les Entérocoques sont pathogènes de même que certains colibacilles. L'eau potable du robinet doit être exempte de la présence de ces bactéries. [24]

I.7.4.1. Coliformes totaux

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries qui se trouvent fréquemment dans l'environnement, ainsi que dans les intestins des mammifères, dont les êtres humains. Elles sont capables de se développer à 37°C, elles n'entraînent en général aucune maladie, mais leur présence indique que l'eau peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles.

I.7.4.2. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ou « coliformes thermotolérants » sont un sous-groupe des coliformes fécaux, renferme toutes les espèces bactériennes faisant partie de la famille des Enterobacteriaceae qui sont aérobies ou anaérobies facultatives, à Gram négatif, en forme de bâtonnet, sont capables de se développer à 44°C. [25]

I.8. Chaîne de traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées comprend une suite d'opérations impliquant à la fois des procédés physiques, chimiques et biologiques :

I.8.1. Prétraitement (physique)

Le prétraitement physique permet d'éliminer les plus gros déchets solides et les matières insolubles.

I.8.1.1. Dégrillage

Le dégrillage premier poste de traitement permet:

- De protéger les ouvrages contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.
- De séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses par l'eau brute qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements d'eau et de boues. [26]



Figure I.4: Dégrilleur primaire grossier.



Figure I.5: Dégrilleur secondaire fin.

I.8.1.2. Dessablage

Permet de retirer le sable et le gravier de l'eau par sédimentation dans un bassin de décantation.



Figure I.6 : Bac de dessablage.

I.8.1.3. Déshuilage-Dégraissage

Les huiles et les graisses produisent une mousse en surface de l'eau qui sera enlevée à l'aide d'un racloir.



Figure I.7: Déshuileur-Dégraisseur.

I.8.2. Traitement primaire (physico-chimique)

Les eaux subissent un traitement physico-chimique, aussi nommé traitement primaire.

I.8.2.1. Décantation primaire

Consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé « décanteur » pour former les « boues primaires ».



Figure I.8: Décanteur primaire.

1.8.2.2. Coagulation

Annule les charges électriques des particules en suspension, Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif appelé "coagulant". [27]

1.8.2.3. Flocculation

Provoque l'agglomération des particules déchargées par les coagulants. La fraction des floccs peut être améliorée par addition de flocculant. [28]

1.8.3. Traitements secondaires (Biologiques)

Le principe de ce traitement est de mettre en contact la matière organique contenue dans les eaux usées avec une population bactérienne. Celle-ci assimile alors la matière organique pour son propre développement. Ces dispositifs permettent d'intensifier et de localiser sur des surfaces réduites les phénomènes de transformation et de dégradation des matières organiques tels qu'ils se produisent en milieu naturel. Ils sont la reconstitution d'un écosystème simplifié et sélectionné faisant intervenir une microflore bactérienne et une microfaune de protozoaires et de métazoaires. [29]

Les procédés de traitement secondaires sont fondés sur la digestion microbienne à la fois en présence ou en absence d'oxygène pour réduire la concentration en matières organique, Plusieurs techniques peuvent être distinguées, le choix de l'une ou l'autre est fonction de l'emplacement disponible pour le procédé de traitement, de la charge de l'effluent et de la quantité de pollution à traiter. [30]

Les procédés biologiques de traitements, peuvent être classés en procédés aérobies à culture libre et anaérobies à culture fixe.

I.8.3.1. Procédés aérobies à culture libre

I.8.3.1.1. Traitement par boues activées

Est un traitement en deux phases, contact de la biomasse et de l'eau usée dans un réacteur puis séparation des solides de la phase liquide épurée par décantation.

Le processus d'épuration par boues activées est le plus répandu. Son développement est dû à ses excellentes performances de dépollution (rendement supérieur à 95 %) par rapport aux autres procédés existants.

En contrepartie, suivant le type d'effluents à traiter, ce procédé peut être difficile à maîtriser notamment pour le traitement de l'azote et du phosphore ou en cas de variations importantes des flux à traiter. [31]

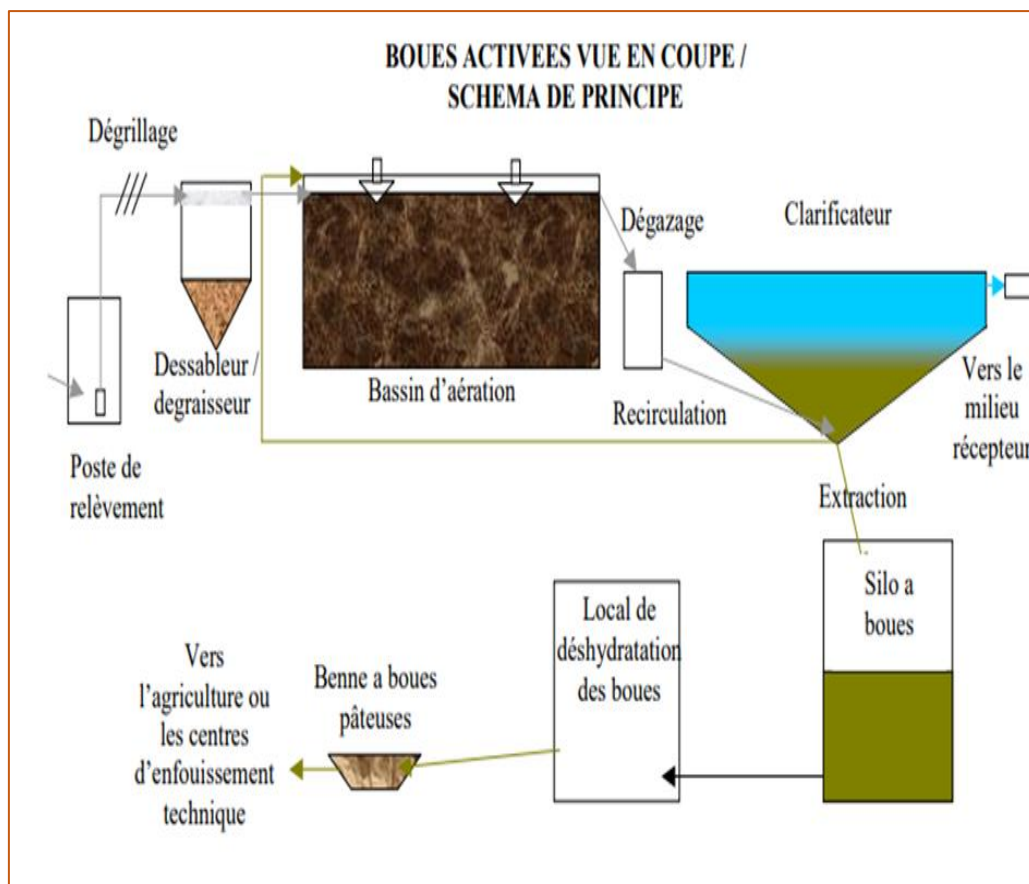


Figure I.9 : Schéma de principe de traitement par boues activées. [32]

I.8.3.1.2. Traitements extensifs {lagunage naturel ; lagunage aérée}

Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. Ceci permet le développement d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et au maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz

carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux algues de se multiplier. [33]

Un système d'aération artificielle est très souvent nécessaire pour permettre un apport en oxygène suffisant «lagunage aérée». En effet, les lagunes naturelles sont souvent surchargées, Ainsi, la photosynthèse ne parvient plus à fournir suffisamment d'oxygène pour permettre la dégradation de la matière organique. L'aération artificielle va donc aider le lagunage naturel en fournissant l'oxygène nécessaire au bon déroulement de la dégradation de la matière organique.

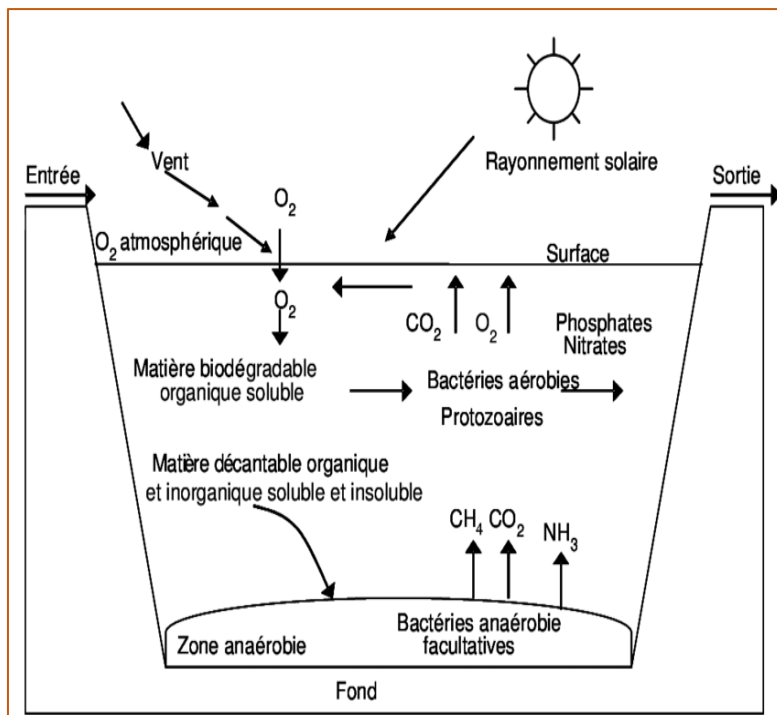


Figure I.10 : Mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel. [34]

I.8.3.2. Procédés anaérobies à culture fixée

Le principe de ces procédés consiste à faire percoler l'eau à traiter à travers un matériau sur lequel les bactéries se développent constituant alors un biofilm sur ce support.

I.8.3.2.1. Lit bactérien

Dans ce type d'installation, le traitement se réalise dans un ouvrage qui comporte un support permettant la fixation et le développement des micro-organismes. Le système est conçu pour favoriser le contact entre les eaux usées, l'air environnant et les micro-organismes épurateurs. Le lit bactérien est constitué de matériaux à grande surface de contact (pouzzolane, éléments plastiques cloisonnés, ...), empilés dans une cuve dont le fond est perforé pour permettre l'apport d'oxygène atmosphérique. L'effluent prétraité (décanté) est réparti à la surface du lit par un tourniquet d'aspersion. Après percolation à travers le matériau de

garnissage, les eaux traitées sont récupérées à la base de l'ouvrage. Suivant la filière de traitement, les eaux traitées rejoignent le milieu naturel ou sont dirigées vers la clarification.

I.8.3.2.2. Biofiltres

La biofiltration est un procédé compact qui va à la fois jouer le rôle de filtration et de traitement biologique. De manière générale comme pour le traitement par boue activée, le biofiltre va employer des bactéries hétérotrophes pour réaliser la dégradation de la matière polluante [35]. Coûts de fonctionnement faibles, efficace à faible charge uniquement, sensible aux conditions climatiques (lessivage du biofilm par la pluie). [29]

I.8.4. Traitement tertiaire

L'issue du traitement secondaire, les eaux traitées sont parfois directement rejetées dans le milieu naturel. Autrement, elles subissent un troisième niveau de traitement, visant soit la réutilisation directe à des fins agricoles ou industrielles voire humaines, soit la protection des milieux naturels (Mers, rivières...).

Le traitement tertiaire permet de désinfecter et d'éliminer les substances indésirables tels que, la DCO, le phosphore, et les composés spécifiques (pesticides, métaux, détergents...), les pathogènes et, réduire l'azote ammoniacal ou encore la réduction de l'azote total. Le traitement tertiaire est effectué pour répondre à un objectif de qualité prédéfini ; l'azote et le phosphore doivent être éliminés afin d'éviter tout risque d'eutrophisation des cours d'eau et des lacs provoquant ainsi la prolifération anarchique d'algues qui surconsomment l'oxygène dissous dans l'eau.

Parmi les étapes qu'on peut trouver dans un traitement tertiaire :

- La dénitrification ;
- La déphosphoration ;
- La désinfection ;

I.9. Boues des stations d'épuration

Désigne l'ensemble des résidus de l'activité biologique des micro-organismes vivant dans les stations d'épuration, qui transforment les matières transportées par les eaux usées pour qu'elles puissent en être extraites. Elles sont constituées essentiellement d'eau, de sels minéraux et de matière organique. [11]

Les boues d'épurations sont riches en éléments nécessaires à la croissance des plantes tels que l'azote, le phosphore, le potassium et des oligo-éléments. Ce sont de véritables matières agronomiques fertilisantes, utiles et nécessaires. [36]

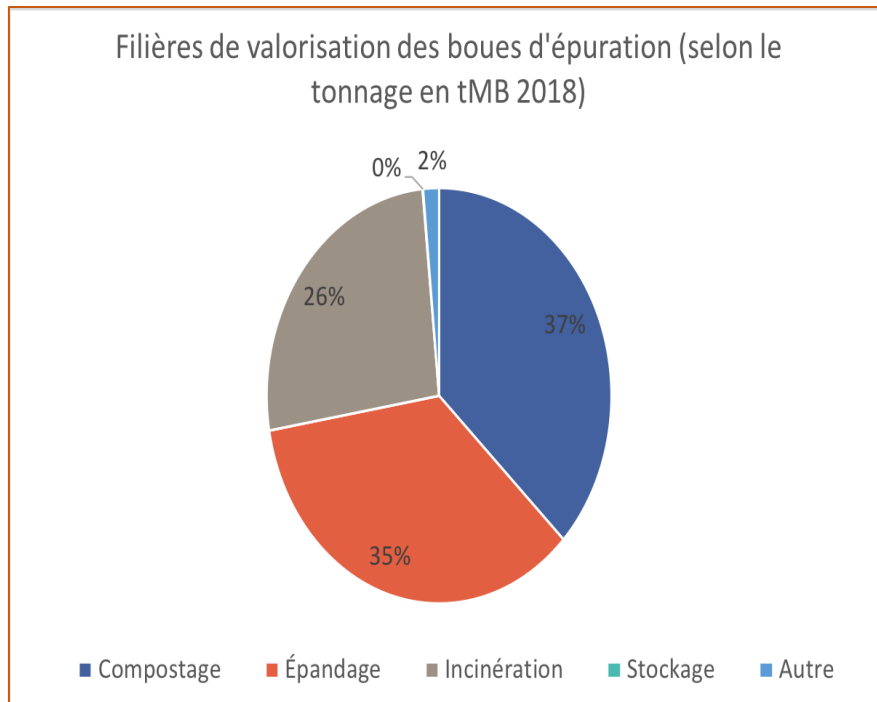


Figure I.11 : Valorisation des boues produites en France en 2018. [37]

I.9.1. LES BOUES USEES

Les collectivités peuvent être amenées à traiter différents types de boues suivant le traitement des eaux mis en place sur la STEP:

- **Les boues primaires** : Elles sont issues du traitement primaire et sont produites par simple décantation, en tête de station d'épuration. Ces boues sont fraîches, c'est-à-dire non stabilisées (forte teneur en matière organique) et fortement fermentescibles. De par la nature des nouvelles installations, elles tendent à disparaître. [38]
- **Les boues biologiques** : biomasse en excès provenant du traitement biologique secondaire. Elles sont aussi appelées boues secondaires ou boues activées.
- **Les boues mixtes** : mélange de boues primaires et de boues biologiques. Elles proviennent de la totalité de la station.
- **Les boues physico-chimiques** : provenant de la décantation après traitement avec un réactif.

Les stations de traitement des eaux usées de capacité supérieure à 2 000 EH produisent presque exclusivement des boues activées. [39]

Tableau I.3 : Différents types de boues de STEP. [39]

<i>Type de boue</i>	<i>Boues primaires</i>	<i>Boue biologique (boue activée / boue secondaire)</i>	<i>Boue mixte</i>	<i>Boue physico-chimique</i>
<i>Origine</i>	traitement primaire par décantation	traitement biologique secondaire	traitement primaire et secondaire	décantation après traitement avec un réactif
<i>Composition</i>	matière inorganique	composés organiques avec un petit pourcentage de composés inorganiques	mélange de boues primaires et de boues biologiques	
<i>La siccité</i>	couleur grise siccité 5%	boue granulaire, de couleur brun-jaunâtre, pulvérulente et de décantation difficile siccité 1-2%	siccité 5%	siccité 4-5%

I.9.2. Composition des boues d'épuration

Les boues urbaines sont composées principalement d'éléments fertilisants, notamment en phosphore et en azote.

Des éléments indésirables se trouvent également dans les boues de STEP :

a) Des ETM (éléments traces métalliques) :

Les 7 métaux les plus souvent retrouvés sont : Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb) et Zinc (Zn). Certains de ces éléments occupent une place essentielle à faible concentration dans l'organisme (oligo-éléments), mais deviennent généralement toxiques au-delà d'une certaine concentration.

b) Des micropolluants organiques :

Les substances les plus fréquemment considérées sont les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) et les CTO (Composés Traces Organiques). Parmi les CTO présents dans les boues, PCB (Polychlorobiphényles) (somme des 7 PCB), Fluoranthène, Benzo(b) Fluoranthène et Benzo(a)pyrène figurent dans l'arrêté du 8 janvier 1998 qui impose

leur analyse avant l'épandage. Les boues peuvent également contenir des pesticides, des phtalates, des nitrates, ...

c) Des micro-organismes pathogènes :

virus, bactéries, protozoaires, vers parasites et champignons. Ils sont présents dans les matières fécales rejetées dans les réseaux d'eaux usées et se trouvent dans les boues brutes.

d) Des substances à visée thérapeutique :

Les hormones et en particulier les substances contraceptives, les résidus de traitement cancéreux...

I.9.3. Traitement des boues d'épuration

À la sortie des filières de traitement des eaux, les boues contiennent environ 95 à 99% d'eau. Cette dernière se présente normalement sous deux formes :

- ✓ Eau libre : faiblement absorbée, peut être éliminée par déshydratation mécanique,
- ✓ Eau liée : attachée avec des bactéries ou d'autres particules, peut être éliminée par séchage thermique (>105°C).

Le traitement des boues consiste donc tout d'abord à diminuer leur teneur en eau et à réduire de manière efficace leur pouvoir fermentescible. Il s'agit de les préparer à une étape ultime de valorisation ou d'élimination. Il existe quatre principales techniques qui peuvent être complémentaires : l'épaississement pour réduire le volume des boues brutes, la stabilisation (souvent associée à une hygiénisation), la déshydratation et le séchage. Plusieurs de ces procédés peuvent être alimentés grâce aux produits de la valorisation des boues d'épuration, notamment grâce à du biométhane issu de la méthanisation, c'est le cas des filtres à presses.

I.9.3.1. Technique de traitement des boues

I.9.3.1.1. Epaississement

Il s'agit de la première étape de traitement des boues, qui s'opère en général avant le mélange des boues issues des différentes étapes d'épuration des eaux usées (boues primaires, secondaires, et éventuellement tertiaires). Cette étape peut être précédée de l'ajout de flocculant organiques de synthèse (polyélectrolytes) ou minéraux (chaux, sels de fer ou d'aluminium), afin de faciliter la séparation des phases solide et liquide des boues. L'épaississement consiste à laisser s'écouler les boues par gravitation à travers un silo placé au-dessus d'une table d'égouttage ou d'une toile semi-perméable.

Autre technique de concentration : la flottation, basée sur l'injection de gaz dans les boues, ce qui sépare les phases liquides et solides par différence de densité. En sortie, les boues sont encore liquides avec une siccité de 4 à 6 %. [40]

Diverses méthodes sont utilisées pour épaissir les boues :

- ✓ Epaississement gravitaire :
 - La décantation (ou sédimentation) ;
- ✓ Epaississement dynamique :
 - La flottation ;
 - La centrifugation ;
 - Un système de drainage (gilles et table d'égouttage) ;

Tableau I.4 : Caractéristiques des différentes techniques d'épaississement. [40]

<i>Type d'épaississement</i>	<i>Energie (KWh/t MS)</i>	<i>Caractéristique</i>	<i>Siccité %</i>
<i>Décantation</i>	10 à 20	<ul style="list-style-type: none"> - La plus utilisée pour la concentration des boues. - Elle est très répandue dans les grandes stations (10 000-100 000 EH) - Une hauteur de 3,5 à 4m est préconisée pour le bassin de décantation - Boues très fermentescibles 	2 à 10%
<i>Flottation</i>	60 à 100	<ul style="list-style-type: none"> - Bien adaptée aux boues biologiques. - Coûts d'exploitation élevés à cause d'une forte consommation - Elle est très répandue dans les grandes stations (10 000-100 000 EH) 	3,5 à 5 %
<i>Centrifugation</i>	150 à 300	<ul style="list-style-type: none"> - Il s'agit d'un procédé rapide (il traite 66 à 100 m³ de boues par heure) et compact. - Consommation d'énergie très élevée (150 à 300 kWh/t MS) - Très sensible à la qualité des boues. 	4 à 6 %
<i>Drainage</i>	30 à 60	<ul style="list-style-type: none"> - La boue préalablement floculée par traitement physico-chimique. - Bien adaptées aux petites stations et de fonctionnement très simple. - Des coûts plus élevés et nécessitent une assistance technique importante. 	4,5 à 6 %

I.9.3.1.2. Déshydratation

La déshydratation permet de diminuer la teneur en eau des boues, et d'atteindre en sortie une siccité allant de 20 à 40%, variable selon la filière de traitement des eaux, la nature des boues et la technique de déshydratation utilisée. Elle s'opère sur un mélange de boues primaire, secondaire voire tertiaire.

La déshydratation présente plusieurs avantages : elle facilite le stockage et réduit donc le coût du transport, elle améliore la stabilisation (temps de séjour augmenté) et facilite une utilisation en agriculture. Il existe plusieurs techniques de déshydratation : [40]

➤ La déshydratation mécanique :

Elle s'opère par centrifugation ou par filtration. La centrifugation consiste à séparer l'eau des boues épaissies par la force centrifuge développée dans un cylindre tournant à grande vitesse. En sortie, les boues sont pâteuses avec une siccité de 18 à 20 % pour la première génération d'équipements, et de 20 à 25 % de siccité pour la seconde. Pendant longtemps, cette technique a surtout concerné les stations de plus de 10.000 EH. [40]

➤ La déshydratation par géomembranes :

Cette technique de déshydratation est apparue récemment, avec le développement des membranes. Les boues sont mises dans des géotubes aux pores minuscules, qui laissent passer l'eau petit à petit et concentrent les matières. Une fois pleins, ces géotubes contiennent des boues déshydratées jusqu'à 15 à 25% de siccité. Ils sont alors soit ouverts et les boues expédiées vers une autre destination, soit transportés tels quels pour un enfouissement en CET de classe II. Cette solution serait adaptée aux installations de 1.000 à 2.000 EH. [40]

I.9.3.1.3. Séchage

Le séchage des boues est une déshydratation quasi-totale des boues par évaporation de l'eau qu'elle contient. Ce type de séchage repose sur deux méthodes. [40]

➤ Le séchage direct :

C'est à dire que les boues sont au contact de la source chaude et que l'air est injecté directement pour permettre leur combustion. Il nécessite ensuite un traitement spécifique de cet air, chargé en polluants de toutes sortes. Les sécheurs directs ne peuvent généralement pas produire des boues de siccité supérieure à 70 % à cause de risques d'inflammation ou d'explosion.

➤ le séchage indirect :

Qui est un séchage total. Les boues sont chauffées par un fluide caloporteur circulant dans des tuyaux parfaitement isolés. Les sécheurs indirects peuvent former, sans aucun danger, des boues de siccité supérieure à 90 % et parfois même à 95 %.

Dans tous les cas, ces systèmes sont très consommateurs d'énergie, Il est donc quasiment obligatoire, pour le séchage thermique, d'utiliser une source d'énergie économique si l'on veut obtenir au final un bilan intéressant. Il semble alors très intéressant de valoriser le biogaz produit par la station d'épuration comme source d'énergie du sécheur.

I.9.3.1.4. Stabilisation et hygiénisation

La stabilisation a pour objectif d'empêcher ou de réduire les problèmes de fermentation et d'éviter ainsi les nuisances olfactives. La stabilisation peut être biologique par voie aérobie (compostage) ou anaérobie (méthanisation) ou chimique (chaulage ou autres traitements).

La stabilisation biologique présente l'avantage de limiter l'évolution ultérieure de la composition des boues. [41]

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

➤ La stabilisation biologique:

- La stabilisation aérobie (en présence d'oxygène) sert essentiellement à transformer les boues en « compost » pour une utilisation agricole.
- La stabilisation anaérobie (sans oxygène), également appelée « méthanisation », permet de transformer les boues en biogaz et de valoriser ce biogaz sous forme de chaleur, d'électricité, de combustible ou encore de carburant.

➤ La stabilisation chimique:

La stabilisation chimique consiste à bloquer l'activité biologique des boues en y mélangeant de la chaux vive, CaO , ou de la chaux éteinte, $\text{Ca(OH}_2\text{)}$. Les doses de chaux sont calculées en fonction des siccités initiale et finale des boues, dans une proportion de 10 à 50 % de la MS des boues, ce qui en élève le pH au-delà de 12. En général, cette stabilisation s'opère après déshydratation des boues. En sortie, les boues sont dites hygiénisées. Cette pratique concerne en général des stations d'épuration de plus de 15 000 EH.

Parfois, la stabilisation chimique s'opère avec ajout de nitrites à pH acide.

I.9.4. Destination des boues

I.9.4.1. Mise en décharge contrôlée CET

La mise en décharge contrôlée consiste en un enfouissement des boues en tenant en compte de certaines conditions : compactage des résidus, site étanche, récupération et traitement des lixiviats, équipement et gestion du site. Les boues doivent être préalablement stabilisées et déshydratées (humidité maximale de 70 %).

Cette solution a perdu progressivement de son intérêt et se retrouve actuellement interdite pour des raisons financières (procédure de fermeture ...) et pour des problèmes environnementaux tels que les odeurs nauséabondes, pullulation de moustiques, entraînement

d'éléments fertilisants (nitrates, phosphates) et de produits toxiques par les eaux superficielles et contamination des nappes d'eaux souterraines. [42]

I.9.4.2. Incinération

Elle réalise la destruction de la matière organique des déchets par combustion à haute température (> 500 °C). Dans l'objectif d'une valorisation énergétique des déchets, la chaleur produite est récupérée sous forme de vapeur ou d'électricité pour le fonctionnement du four lui-même, pour le chauffage urbain ou industriel. [42]

I.9.4.3. Epandage

Une des voies d'élimination des boues produites lors du traitement biologique des eaux. L'intérêt de l'épandage est de restituer aux sols des éléments nutritifs constitutifs des boues d'épuration. La teneur en élément nutritif est proche d'un lisier de porc pauvre en K pour les boues liquides et équivalent à un engrais organo-minéral pour une boue sèche. Le but de ce procédé n'est pas d'optimiser la production végétale mais plutôt d'assurer un développement durable des plantes.

L'épandage des boues présente des avantages agronomiques : sont riches en éléments fertilisants (N et P).

- les boues liquides → l'azote se trouve sous forme d'ammonium qui est facilement assimilé par les végétaux.
- les boues pâteuses et solides → l'azote est sous forme organique et sera disponible à long terme.
- De plus, l'apport de phosphore par les boues est très important, quasiment égal à celui des engrais chimiques.

Malgré les intérêts qu'elle présente, cette valorisation a des limites. Elle est assez mal acceptée à cause de la présence des ETM, des CTO et les germes pathogènes dans les boues.

I.9.4.4. Méthanisation

La méthanisation (ou fermentation anaérobie) est un procédé biologique permettant de valoriser des matières organiques qui sont dégradées partiellement en l'absence de l'oxygène (digestion anaérobie), par l'action combinée de plusieurs types de micro-organismes qui conduit à la formation du biogaz qui est source d'énergie renouvelable et d'un digestat utilisé comme fertilisant. [43]

Matière organique + micro-organismes → Biogaz ; (anaérobiose)

Les voies de valorisation du biogaz :

- Valorisation thermique:

Pour chauffer le digesteur, les locaux et parfois pour sécher les boues, la teneur en CH₄ du biogaz peut descendre jusqu'à 20%. La chaleur de combustion du biogaz peut aussi servir pour la production d'eau chaude.

- Valorisation électrique:

Au moins 40% de méthane

- Valorisation énergétique mixte ou cogénération :

Production d'électricité et de chaleur à partir de biogaz, à l'aide d'un moteur thermique (ou d'une turbine à gaz) (énergie renouvelable).

- Production du biocarburant :

Un minimum de 96% de méthane.

I.9.4.5. Compostage

Le compostage est également un procédé de stabilisation par voie aérobie. Il reproduit en accéléré le processus de décomposition de la matière organique dans le sol.

Le compost est un mélange agronomiquement et physiquement équilibré entre matières riches en carbone (matières « sèches ») et matières riches en azote (matières « humides »).

Brièvement, le procédé s'effectue en deux étapes majeures:[44]

- la première durant laquelle la matière organique fraîche est dégradée à hautes températures (50 à 70 °C) sous l'action de bactéries. Cette élévation de température est essentiellement d'origine biologique due à l'activité microbienne;
- la deuxième phase dite de maturation, est une phase de dégradation moins soutenue. C'est après la phase de maturation que le compost peut être utilisé comme amendement pour les sols. Le fait de transformer les boues en compost permet de limiter les nuisances olfactives et de changer l'aspect des boues en de conventionnels terreaux.

I.10. Différents types de réutilisation des eaux usées épurée

I.10.1. Réutilisation des eaux usées épurée dans l'agriculture

La réutilisation agricole des eaux épurées comme moyen d'économiser la ressource a donc été une des premières voies de développement des projets de REUE.

I.10.2. Réutilisation des eaux usées épurée dans l'industrie

La REUE industrielle peut donc être intéressante dans le secteur de l'énergie, dans les circuits de refroidissement fermés ou ouverts. Les autres applications possibles concernent les

laveries industrielles, les stations de lavage de voiture, l'industrie du papier, la production d'acier, de textiles, les industries d'électroniques et de semi-conducteurs, etc. [45]

La qualité requise est spécifique à chaque industrie parce que sa composition chimique peut avoir des répercussions sur les processus industriels. Les préoccupations concernent principalement les phénomènes d'entartrage, de corrosion, de développement de bactéries, d'encrassement, de formation de mousse. Il n'y a pas de problème sanitaire spécifique à l'industrie.

I.10.3. Réutilisation des eaux usées épurée en zone urbaine

Les utilisations possibles d'eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses, et il en existe de multiples exemples à travers le monde. Ces projets concernent :

- l'arrosage de parcs, de terrains de sport, de terrains de golf, d'aires de jeux ;
- les bassins d'agrément, piscines, bassins pour la pêche et la navigation de plaisance ;
- les eaux des sanitaires d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles ;
- le lavage de voirie, réservoirs anti-incendie, etc.

La qualité requise dans les projets de REUE en zone urbaine a des exigences similaires aux autres réutilisations, avec quelques variances : [46]

- la qualité esthétique est importante : la présence de mousse, d'algues, etc. est à éviter (Mauvaise perception de la part du public). Il faut également réduire le développement d'insectes (moustiques...) ;
- la présence d'une faune concentrant des polluants (mercure, DDT, etc.) peut poser problème pour les activités de pêche.

I.11. Normes de rejets

Tableau I.5: Valeurs limites des paramètres de rejets des effluents liquides (Norme Algériennes et International). [47], [48]

N°	Paramètre	Unité	Valeur limite Algérienne	Norme international (l'OMS)
1	Température	°C	<30	<30
2	pH	-	6,5 – 8,5	6,5 – 9,5
3	MES	mg/l	< 35	< 20
4	Azote Kjeldahl	mg/l	30	/
5	Phosphore totale	mg/l	10	/
6	DCO	mg/l	<90	< 90
7	DBO ₅	mg/l	<30	< 30
8	Huiles et graisses	mg/l	20	/
9	Mercure totale	mg/l	0,01	/
10	Composé organique chloré	mg/l	5	/
11	Substances toxique Bioaccumulables	mg/l	0,05	/
12	Odeur	/	Inodore	Inodore
13	Couleur	/	Incolore	Incolore

CHAPITRE II
MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE II

MATERIELS ET METHODES

II.1. Présentation de la step de Béjaïa

La station d'épuration des eaux urbaine est une installation destinée à épurer les eaux usées domestiques ou industrielles et les eaux pluviales avant le rejet dans le milieu naturel.

Le but du traitement des eaux est de séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur.

La STEP de BEJAIA est une station d'épuration à boue activé faible charge, d'une capacité de 80 000 EQ/H et débit moyen journalier de 13 000 m³/j, elle est conçu en 1983 pour protéger le littoral lutter contre la prolifération des maladies à transmission hydrique et préserver l'environnement. En 2008, la STEP a été réhabilitée par l'entreprise EPPM et BONNA Tunisie, bureau de contrôle et suivi était CTH d'ALGER dans un délai de 12 mois dont la gestion et l'exploitation étaient confiées pour la commune de BEJAIA.

En 2014, la STEP a été transférée à l'office national de l'assainissement ONA, ce dernier est devenu chargé de la gestion et de l'exploitation à ce jour. En 2017, la STEP a bénéficiée de financement de la part de fond national de l'eau dont le projet a pour objet le réaménagement et le renouvellement des équipements pour la mise à niveau de la STEP.



Figure II.1 : Localisation de la station de boue plage, Béjaïa.

II.2. Communes raccordées et réseaux

Commune	Nature du réseau
Béjaïa	Unitaire

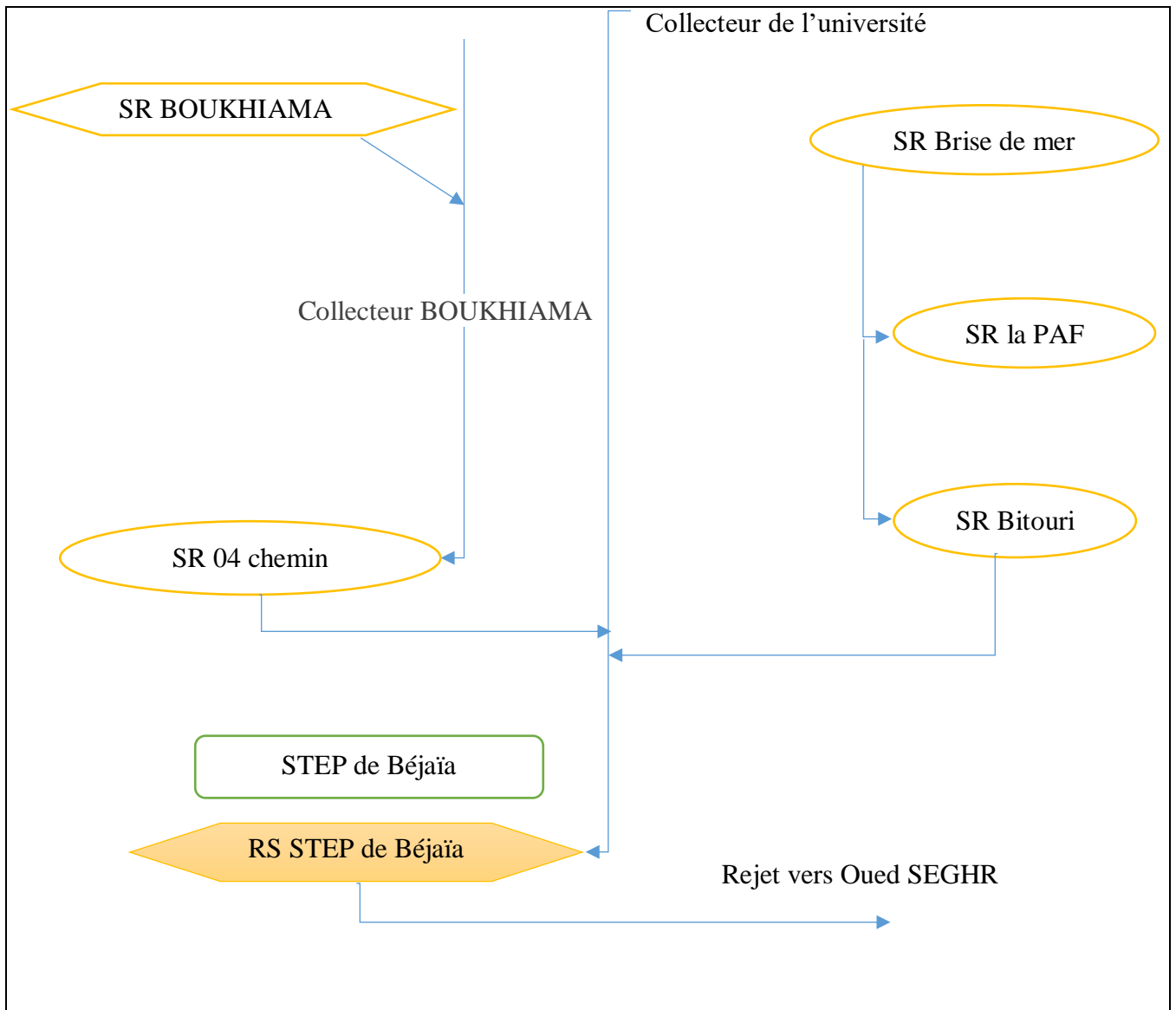


Figure II.2 : Postes de relevage alimentant la STEP de BEJAIA (source : STEP de Bejaia)

II.3. Caractéristiques techniques de la step de Bejaia

Vis-à-vis des caractéristiques dimensionnelles, la station d’épuration des eaux usées de la ville de Béjaïa est considérée parmi les grandes stations du pays.

On note :

- Longueur : 350m ;
- La largeur : 150m ;

- La superficie totale : 52500m², soit 5,25 hectares ;
- La superficie utilisée : 22381m², soit 2,2381 hectares ;
- La superficie restante : 30119m², soit 3,0119 hectares ;

La step de la ville de Béjaïa est conçues pour la réception des eaux de 80000 EQ/H, et doit répondre aux caractéristiques suivant :

Tableau II.1 : Caractéristique des eaux brute et épurées de la station d'épuration de la ville de Béjaïa.

Eaux brute	Eaux épurées
DBO ₅ : 8000Kg/j - 16046 Kg/j	DBO ₅ /24h : 30 mg /L
DCO : 9600 Kg/j - 36906 Kg/j	DCO /24h : 60 mg /L
MES : 6400 Kg/j - 21394 Kg/j	MES /24h : 30 mg /L

Tableau II.2 : Présentation des caractéristiques techniques de la step de la ville de Béjaïa.

Caractéristiques	
Débit journalier/temps sec	41585 m ³ /j
Débit moyen horaire /temps sec	1733 m ³ /h
Débit de pointe /temps sec	2946 m ³ /h
Débit de pointe /temps de pluie	3465 m ³ /h
Population raccordée	80.000 EQ/H
Débit Moyen journalier	13000 m ³ /j
Débit de pointe /temps sec	936 m ³ /H
Type de réseau	Unitaire
Nature des eaux brute	Urbaine
Type de traitement	Système a boue activée
Charge massique	Faible charge
Mode de séchage	Déshydratation mécanique
Décantation	Secondaire
Milieu récepteur	La mer

II.4. Filière de traitement des eaux usées

Tableau II.3 : Différents niveaux de traitement de la step de bougie plage.

Prétraitement	Traitement des eaux	Traitement des boues
-Fosse à Batarads. -Relevage. -Dégrillage. -Dessablage-Déshuilage.	- Bassin d'aération (08 aérateur de surface) - Clarificateur (décanteur secondaire)	-Les boues de recirculation. -Les boues en excès. -Epaississeur. -Déshydratation mécanique. -Hangar de stockage des boues déshydratées.

II.4.1. Prétraitement (physique)

Un prétraitement est nécessaire de manière à protéger le relèvement des eaux brutes, les conduites contre les obstructions et les autres appareils de traitement contre l'abrasion, et plus généralement pour éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs.

II.4.1.1. Dégrillage

II.4.1.1.1. Principe de fonctionnement

À l'entrée de la station d'épuration, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les éléments grossiers (corps flottants et gros déchets).le dégrilleur est généralement installé en amont des autres ouvrage de prétraitement (dessaleur, déshuileur...).

L'eau brute passe à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement de 60 à 80° sur l'horizontale. La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0.6 et 1 m/s jusqu'à des valeurs de la vitesse maximale admissible de 1.2 à 1.4 m/s en débit maximal.



Figure II.3 : Dégrilleur primaire grossier.

L'espacement des barreaux varie de 3 à 100 mm

- le dégrillage grossier : écartement de 50 à 100 mm
- le dégrillage moyen : écartement de 10 à 45 mm
- le dégrillage fin : écartement de 3 à 10 mm

Après le dégrilleur primaire grossière, l'eau usée passe vers une deuxième étape de dégrillage pour éliminer tous les déchets de petite taille dans le dégrilleur fin. (Source : step)



Figure II.4 : Dégrilleur secondaire fin

II.4.1.2. Dessablage-Dégraissage

Le dessableur – dégraisseur est un équipement dont deux opérations sont combinées dans le même ouvrage, dans le but de la séparation physique, par différence de gravité, des graisses et des huiles d'origine végétale et animale ainsi que la décantation des solides de taille supérieure.

II.4.1.2.1. Principe de fonctionnement de dessableur (Décanteur primaire)

Le dessablage a pour but de :

- éviter les dépôts dans les canaux de conduites,
- protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion,
- éviter de surcharger les stades de traitements suivants,

Plusieurs types de dessableurs peuvent être conçus en fonction des paramètres de fonctionnement de la STEP :

- Les dessableurs classiques (couloire ou canaux) → pour les petites stations.
- Les dessableurs à insufflation d'air → est le dessableur approuvé par la station de Bougie plage. On insuffle de l'air qui provoque une rotation de liquide et crée ainsi une vitesse constante de balayage du fond, perpendiculaire à la vitesse du transit.

Le dessablage s'effectue sur des particules de dimension supérieure à 200 µm. La vitesse de sédimentation se calcule par la loi de Stokes (chute libre).

La loi de Stokes qui exprime la vitesse de chute des particules pour un régime laminaire est la suivante :

$$V = \frac{g*(\rho_s-\rho_l)}{18*\mu} * d^2 \dots\dots\dots (II.1)$$

Avec :

V : La vitesse de chute des particules ; µ : Viscosité cinématique du liquide (m²/s) ;

d : Diamètre des particules ; g : Accélération pesanteur (9,81 m.s²) ;

ρ_s : Masse volumique du solide ; ρ_l : Masse volumique du liquide ;



Figure II.5 : Bassin de dessablage (Décanteur primaire).

II.4.1.2.2. Principe de fonctionnement de déshuilage-dégraissage

C'est généralement le principe de la flottation qui est utilisé pour l'élimination des huiles, son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes). Leur élimination se fait ensuite par raclage en surface. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages, notamment des canalisations.

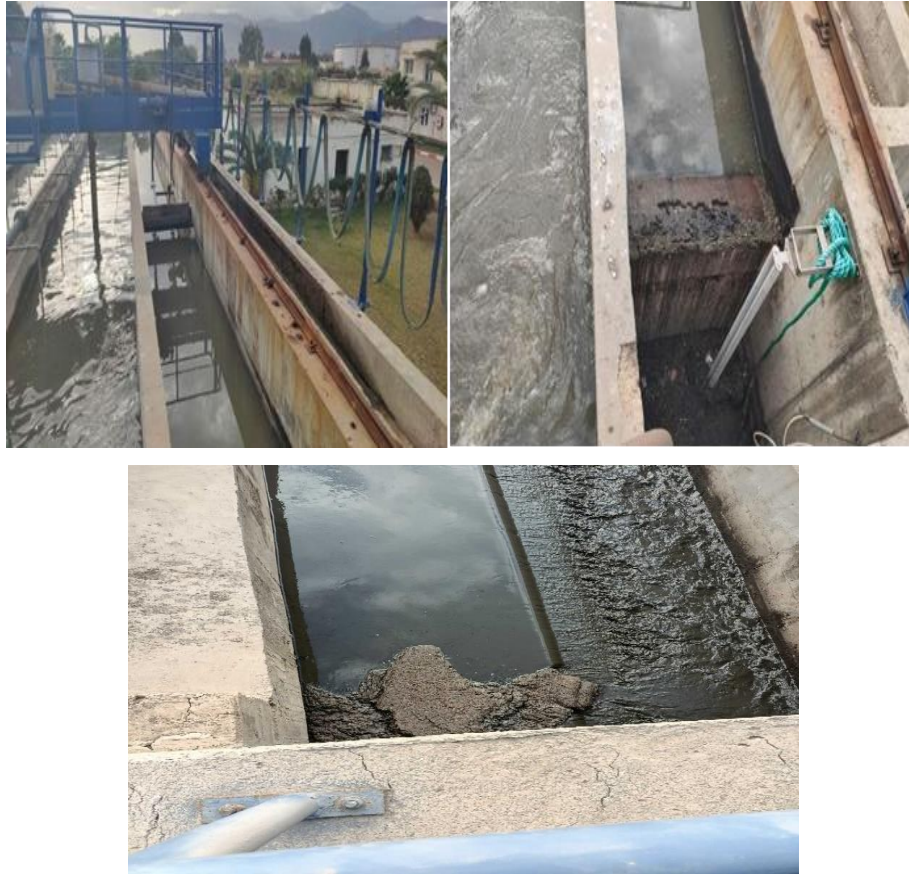


Figure II.6 : Dégraisseur –Déshuileur.

II.4.2. Traitements secondaires (Biologiques a boue activée)

L'épuration par voie biologique est assurée par l'activité des microorganismes. Parmi les divers microorganismes responsables du phénomène biologique, les bactéries qui sont les plus importantes, et les plus nombreuses.

Dans les conditions idéales d'aération, les micro-organismes d'une eau usée se développent et s'agglomèrent en flocons. Au repos, ces derniers se séparent très bien de la phase liquide par décantation.



Figure II.7 : Bassin biologique.

II.4.2.1. Principe de l'épuration biologique par boues activées :

Le traitement se réalise dans un bassin d'aération dans lequel est maintenu en suspension un mélange eaux usées - bactéries aérobies, appelé « boues activées » ou « liqueur mixte ». Les phénomènes mis en jeu sont donc les mêmes que ceux que l'on peut observer dans une rivière ou dans un lac, à la différence que les micro-organismes sont concentrés en très grand nombre dans un espace réduit (le bassin d'activation).

L'apport d'oxygène et le brassage du mélange « eaux usées - bactéries » sont assurés par un système d'insufflation d'air. Les micro-organismes qui dégradent la pollution s'agglomèrent. Après un temps de contact suffisant, le mélange obtenu est évacué vers un décanteur (un clarificateur), destiné à séparer l'eau épurée, des boues obtenues. La réduction de la DBO5 est de l'ordre de 60 à 85 %.

II.4.3. Décantation secondaire (clarificateur)

Un clarificateur, que l'on appelle également parfois un décanteur, se présente sous la forme d'un bassin cylindro-conique équipé d'un racleur, fixé sur un axe placé au centre du bassin. Le racleur du clarificateur permet de concentrer les matières solides présentes dans des eaux usées.

Les boues sédimentées sont évacuées par le fond du clarificateur à l'aide d'un point de suction. Une partie des boues ainsi récoltées est réinjectée dans le bassin d'aération pour maintenir la biomasse. La profondeur d'un clarificateur varie généralement entre 3 et 5 mètres, et son diamètre dépasse les 20 mètres.



Figure II.8 : Clarificateur (Décanteur secondaire).

Après la clarification l'eau traitée et récupéré en surface du bassin clarificateur, et soit rejeté dans le milieu récepteur (Oued Seghir).



Figure II.9 : Canal de l'eau usée épurée.

II.5. Analyses effectuées au sein de laboratoire de la STEP

II.5.1. Température T (°C)

II.5.1.1. Principe de l'analyse

C'est un paramètre important pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration dans la mesure où il peut influencer de différentes manières sur:

- ✓ La solubilité des sels et des gaz.
- ✓ Il est établi que la solubilité d'un gaz diminue avec l'augmentation de la température.
- ✓ Ce phénomène est particulièrement important dans le cas de l'oxygène dissous.

- ✓ Plus l'eau est chaude, plus la concentration de saturation de l'oxygène devra diminuer, ce qui conduit à la diminution de la réserve d'oxygène mis à la disposition des micro-organismes intervenants dans les processus d'autoépuration, la multiplication des micro-organismes, affectant ainsi l'épuration biologique.

II.5.1.2. Mode opératoire

La mesure de la température à lieu pour deux échantillons, l'un à l'entrée de l'eau brute et le deuxième à la sortie de l'eau épurée.

Cette température a été détectée automatiquement lors de l'analyse de la CE, pH et l'O₂ dissout. Après la stabilisation de la valeur de la température, on note la valeur de T en °C.



Figure II.10 : Mesure de la température T (°C).

II.5.2. Potentiel hydrogène pH

II.5.2.1. Principe d'analyse

Il est mesuré à l'aide d'une électrode de verre, dont le potentiel varie en fonction de la concentration des ions hydrogènes H⁺. Ce potentiel est mesuré par rapport à une électrode de référence à l'aide d'un pH-mètre.

II.5.2.2. Mode opératoire

- Pour effectuer cette mesure, prélever deux échantillons dans deux boîtes d'un volume x, l'échantillon (1) à l'entrée de l'eau brute (après le dégrilleur fin), l'échantillon (2) à la sortie de l'eau épurée.
- Préparer le pH-mètre, ensuite rincer l'électrode avec de l'eau distillée puis avec la solution à analyser.
- Remplir le premier erlenmeyer avec l'échantillon (1) et le seconde avec l'échantillon (2).
- Tromper l'électrode de pH-mètre dans la solution à analyser, laissée stabiliser un moment, puis noter la valeur de pH.



Figure II.11 : pH-mètre.

II.5.3. Conductivité CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

II.5.3.1. Principe de l'analyse

La conductivité électrique est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité. C'est une expression numérique de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique mesurée en $\mu\text{S}/\text{Cm}$.

II.5.3.2. Mode opératoire

- Prélever deux échantillon dans une boîte de volume x, échantillon (1) à l'entrée et l'échantillon (2) à la sortie de la station ;
- Rincer l'électrode de conductimètre avec de l'eau distillée puis avec la solution à analyser ;
- Remplir les deux erlenmeyer, l'un avec l'échantillon (1) l'autre avec l'échantillon (2) ;
- Mettre en marche le conductimètre ensuite plongé l'électrode dans l'échantillon ;
- Après la stabilisation de la valeur afficher on note CE en $\mu\text{S}/\text{Cm}$;



Figure II.12 : Mesure de la conductivité électrique CE avec un conductimètre.

II.5.4. Oxygène dissout l'OD (mg/l)

II.5.4.1. Principe de l'analyse

La concentration en oxygène dissout varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Plus la concentration en oxygène dissout est proche de la saturation, plus le processus de dégradation des polluants est meilleur.

II.5.4.2. Mode opératoire

- Après le prélèvement de deux échantillons dans deux boîtes de volume x ;
- Abreuer les erlenmeyer, l'un avec l'échantillon (1) de l'entrée de la station et le seconde avec l'échantillon (2) de la sortie;
- Etalonner l'appareil et nettoyer la sonde avec l'eau distillée puis essuyer la sonde;
- Mettre en marche l'oxymètre, puis tromper l'électrode dans l'échantillon a analysé ;
- Après la stabilisation de la valeur de l'OD, on note sa valeur, elle est donnée en ppm telle que $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/l}$;



Figure II.13 : Mesure de l'oxygène dissout avec le l'oxymètre.

II.5.5. Mesure des matières en suspension MES (mg/l)

II.5.5.1. Principe de l'analyse

Cette méthode définit les matières en suspension (MES) comme étant les résidus retenus sur le papier filtre de 1,5 μm de porosité nominale après séchage à 105 °C. Un échantillon d'eau (eau usée / eau épurée) est filtré à travers un papier filtre en fibre ayant une porosité nominale de 1,5 μm , préalablement sécher à 105 °C ensuite pesée le filtre vide.

Après filtration les matières retenues sur le filtre sont séchées à 105°C puis pesées l'ensemble filtre avec matières en suspension retenue. La masse de matières en suspension est obtenue en faisant la différence entre la masse du filtre incluant les résidus séchés et la masse initiale du filtre, tout en tenant compte du volume filtré.

II.5.5.2. Mode opératoire

- Prélever deux échantillons dans des boites de volume x. Echantillon (1) comporte de l'eau usée, l'échantillon (2) comporte de l'eau épurée ;
- Préparer les filtres (1) et (2) dans des capsules puis les mettre dans une étuve à 105°C pour les déshumidifier, après 30min de séchage, retiré les filtres dans un dessiccateur pour les refroidir ;
- Mettre en marche la balance de précision, puis pesé les filtres propre et sec, noter la valeur M_0 ;
- Rincer les éprouvettes avec de l'eau distillé puis prélevé 25ml de l'eau usée et 50ml de l'eau épuré ;
- Placer le filtre dans le dispositif de filtration, bien agiter l'échantillon à analyser puis le transvider sur le filtre on utilisant la pompe à vide pour accélérer le mécanisme de filtration ;

- Après la filtration des deux échantillons, retirer les filtres avec précaution à l'aide d'une spatule, puis les remettre dans les capsules de séchage ;
- Sécher les filtres dans une étuve à 105°C pendant 2h ;
- Après le séchage (2h), reprendre les filtres dans un dessiccateur pour qu'ils se refroidissent, ensuite pesé les filtre dans la balance de précision et noter la valeur de M_1 ;



Figure II.14 : Les échantillons
(Eau brute, Eau épurée).



Figure II.15 : Le système de filtration.



Figure II.16 : Dessiccateur.

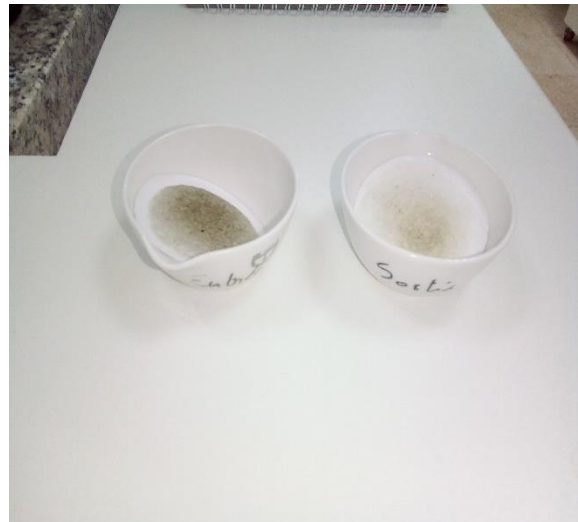


Figure II.17 : résidus de filtration.

a) Expression des résultats

Le calcul de la concentration de matières en suspension et l'objectif de ce paramètre, alors on applique la formule suivante :

$$MES = \frac{M_1 - M_0}{V_e} \dots\dots\dots (II.2)$$

MES : Matière En Suspension mg/l ;

M₁ : La masse du filtre contenue les MES (masse de filtre après filtration) ;

M₂ : La masse du filtre vide ;

V_e : Le volume de l'échantillon a analysé ;

Pour le calcul de rendement :

$$Rdt = \frac{MES_e - MES_s}{MES_e} * 100 \dots\dots\dots (II.3)$$

Rdt : le rendement en % ;

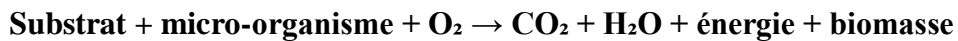
MES_e : Matière en suspension à l'entrée ;

MES_s : Matière en suspension à la sortie ;

II.5.6. Mesure de la demande biologique en oxygène DBO₅

II.5.6.1. Principe de l'analyse

La DBO₅ comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon. La mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques est due grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Elle se résume à la réaction chimique suivante :



Lors du dosage de la DBO, les bactéries présentes dans l'échantillon d'eaux usées consomment l'oxygène qu'il contient sous forme dissoute. Cet oxygène est remplacé par celui présent dans la partie vide du flacon d'échantillon. Le dioxyde de carbone produit simultanément est piégé par les grains de NaOH contenue dans le réservoir du flacon. Cela entraîne une chute de pression dans le système, qui est directement proportionnelle à la valeur de la DBO₅.



Figure II.18 : Principe de la mesure de la DBO₅.

II.5.6.2. Mode opératoire

- Prélever deux échantillons dans une boîte en plastique d'un volume x, l'échantillon (1) à l'entrée, l'échantillon (2) à la sortie de la station ;
- Rincer les deux bécher avec de l'eau distillé, puis on prépare 97ml d'échantillon (1) et 365ml d'échantillon (2) ;
- Ajouter un barreau magnétique pour chaque une des bouteilles de DBO-mètre ;
- Remplir les deux bouteilles de DBO-mètre, l'une avec l'échantillon (1) la seconde avec l'échantillon (2) ;
- Ajouter (2) gouttes d'inhibiteur de nitrification pour l'échantillon (1), et -8- gouttes pour l'échantillon (2);
- Dans la nacelle (le goulot), introduire 2 à 3 grains d'hydroxyde de potassium puis fermer le bouchon contrôleur ;
- Mettre les deux flacons à incuber à 20°C pendant 5 jours sous agitation constante (l'incubateur contienne un agitateur magnétique à l'intérieur) ;
- Au bout de 5 jours la lecture de la valeur de la DBO₅ se fait automatiquement à l'aide d'un appareil contrôleur ;



Figure II.19 : l'ensemble de système DBO-mètre.



Figure II.20 : les réactifs (inhibiteur de nitrification, grain de NaOH).

II.5.7. Analyse des boues

II.5.7.1. Principe de l'analyse

Les échantillons sont constitués d'eau et d'une fraction solide (aussi appelée matière sèche), elle-même composée d'une fraction de matière minérale et d'une autre de matière organique, aussi appelée matière volatile. Les protocoles décrits ci-dessous ont pour objectif d'exprimer les pourcentages respectifs de ces fractions, détermination de V_{30} le volume de la boue décanté et de déterminer la siccité de la boue produite.

II.5.7.2. Mode opératoire

II.5.7.2.1. Teste de la décantation de la boue biologique

Le test de décantation permet d'appréhender la qualité du traitement des eaux usées à partir du surnageant et le degré de dilution nécessaire pour le calcul de l'indice de boues.

- Prélever un échantillon de bassin d'aération (boue biologique), l'aérateur étant en fonctionnement depuis au moins 15 à 30 minutes ;
- Verser l'échantillon prélevé dans le cône IMHOFF, puis laisser décanté pendant 30min ;
- Après 30min de décantation, noter le volume des solides sédimentés dite V_{30} dans le cône IMHOFF (ml/L).
- Sécher le papier filtre dans l'étuve à 105°C, et après le séchage peser le filtre et noter sa masse M_0 (g) ;
- A l'aide d'une éprouvette, prélever et avec précaution 10ml de surnageant;
- Mettre en marche le système de filtration, puis filtrer l'échantillon prélevé ;

- Retirer le papier filtre avec la spatule dans une capsule, mettre l'ensemble dans l'étuve à 105°C pendant 2h ;
- Au bout de 2h, récupérer le papier filtre dans dessiccateur, laisser refroidir un moment, puis pesé le filtre, et noté sa masse M1(g) ;



Figure II.21 : Cône IMHOFF pour le teste de décantation de la boue du bassin biologique.



Figure II.22 : Résidus de filtration du l'eau surnageantes.

- a) Expression des résultats :
 - o Calcule de la matière sèche MS (g/l) :

$$MS = \frac{m1-m0}{v} \dots\dots\dots (II.4)$$

MS : Matière Sèche en (g/l) ;

M0 : La masse de filtre vide en (g) ;

M1 : La masse de filtre séché avec résidus de filtration en (g) pendant 2h ;

V : Le volume de la prise d'essai en (ml) ;

- Calcule de l'indice de boue IB (ml/g) :

Pour le calcul de l'indice de boues, le V30 lu doit être compris entre 100 et 300 ml/l.

$$IB = \frac{V_{30}}{MS} \dots\dots\dots (II.5)$$

IB : Indice de Boue (ml/g) ;

V30 : Volume des solide sédimenté après 30min de décantation dans le cône IMHOFF ;

MS : Matière Sèche ;

- Calcule de l'Indice de Mohlman IM (ml/g) :

Pour le calcul de l'indice de Mohlman le V30 lu doit être inférieure à 900ml/l.

$$IM = \frac{V_{30}}{P} \dots\dots\dots (II.6)$$

IM : Indice de Mohlman ml/g ;

V30 : Volume de boue sédimenté après 30min de décantation ;

P : Masse de la boue séché ;

La relation entre l'indice et la Décantabilité des boues :

- ✓ Si IM ou IB <50 : floc bactérien trop fin, ou trop granuleux;
- ✓ Si IM ou IB = 100 : Floc bactérien bien constitué, bonne décantation, situation idéal ;
- ✓ Si 100< IM ou IB<150 : Floc normalement constitué, décantation normale ;
- ✓ Si 150< IM ou IB < 200 : Floc léger, décantation ralentie ;
- ✓ Si IM ou IB > 200 : Floc gonflé et trop léger, décantation mauvaise ;

- Calcule de la matière volatile sèche MVS (g/l) :

$$MVS = \frac{m_1 - m_2}{V} \dots\dots\dots (II.7)$$

MVS : Matière Volatil Sèche (g/l) ;

M1 : La masse de filtre séché à 150°C pendant 2h ;

M2 : La masse de filtre séché pendant 3h ;

V : Le volume de la prise d'essai ;

II.5.7.2.2. Analyse de la boue de retour

- Prélever un échantillon de boue de retour dans une boîte fermer;

- Déposer le filtre vide dans une capsule, puis mettre l'ensemble dans une étuve à 105°C;
- Après le séchage, peser le filtre vide en utilisant une balance de précision, puis noter la masse de filtre vide M_0 en (g) ;
- Préparer le système de filtration qui contient le filtre séché auparavant ;
- A l'aide d'un bécher en prendre un volume de 10ml de l'échantillon, puis commencer la filtration ;
- Après la filtration, retirer le papier filtre à l'aide d'une spatule puis le remettre dans la capsule, pour le séchage dans l'étuve à 105°C pendant 2h ;
- Au bout de 2h, retirer le papier filtre dans un dessiccateur et laisser refroidir un moment ; puis peser une autre fois le filtre avec les résidus de filtration, noter sa masse M_1 en (g) ;
- Remettre le papier filtre dans l'étuve à 105°C pendant 3h ;
- Au bout de 3h, récupérer le papier filtre dans un dessiccateur, laisser refroidir un instant, ensuite peser le filtre et noter sa masse M_2 (g) ;



Figure II.23 : Résidus de filtration de la boue de retour.

- a) Expression des résultats:
- Calcul de la matière sèche MS (g/l):

$$MS = \frac{m_1 - m_0}{V}$$

MS : Matière Sèche (g/l) ;

M_0 : la masse de filtre vide ;

M_1 : la masse de filtre contenant les résidus de filtration séché à 105°C ;

V : le volume de la prise d'essai ;

- Calcul de la matière volatil sèche MVS (g/l) :

$$MVS = \frac{m1-m2}{v}$$

MVS : Matière Volatil Sèche (g/l) ;

M1 : La masse de filtre séché à 150°C pendant 2h ;

M2 : La masse de filtre séché pendant 3h ;

V : Le volume de la prise d'essai ;

II.5.7.2.3. Analyse de la boue produite

- Prélever un échantillon de la boue produite dans une boîte en plastique ;
- Peser la capsule vide, noter sa masse M0 (g) ;
- A l'aide d'une éprouvette prendre 10ml de la boue produite, puis transvider les 10ml dans la capsule, pesé avec la balance analytique et noté la masse M1 (g) ;
- Mettre l'ensemble dans une étuve à 105°C pendant 2h ;
- Retirer la capsule, peser, puis noter la masse M2 (g) ;
- Remettre la capsule dans le four d'incinération à 550°C pendant 3h ;
- Au bout de 3h, récupérer la capsule, peser et noté sa masse M3 (g) ;

a) Expression des résultats :

o Calcul de la siccité (%) :

Est le pourcentage massique de la matière sèche.

$$\%Siccité = \frac{(P2-P0)}{(P1-P0)} * 100 \dots\dots\dots (II.8)$$

o Calcul de la matière volatile sèche MVS (g/l) :

$$MVS = \frac{(m2-m3)}{(m1-m0)} * 100 \dots\dots\dots (II.9)$$

MVS : Matière Volatil Sèche (g/l) ;

M0 : La masse de la capsule vide (g) ;

M1 : La masse de la capsule avec l'échantillon de la boue produite (g) ;

M2 : La masse de la capsule après séchage à 105°C pendant 2h ;

M3 : La masse de calcination à 550°C de la capsule séchée pendant 3h dans le four d'incinération ;

V : Le volume de la prise d'essai ;

CHAPITRE III
RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSIONS

III. 1. Etude des paramètres physico-chimiques et biologiques de l'eau usée

III.1.1. Variation de la température T (°C)

Les résultats de l'analyse de la température sont regroupés dans le **Tableau III .1.**

Tableau III.1: Résultats de mesure de la température T (°C).

La période	Température à l'entrée (°C)	Température à la sortie (°C)	Norme (°C)
05/03/2023	16,2	14,3	<30
07/03/2023	16,9	15,8	<30
09/03/2023	18,6	17,5	<30
12/03/2023	19,2	18,3	<30
14/03/2023	19,6	19,1	<30
16/03/2023	19,6	18	<30
19/03/2023	19,1	18,7	<30
23/03/2023	19,5	18,5	<30
26/03/2023	19,6	18,9	<30
29/03/2023	19,6	18,9	<30
05/04/2023	18,9	18,3	<30
09/04/2023	18,7	18,9	<30

Les températures relevées dans la station sont très proche. On a enregistré des valeurs allant de 16,2°C jusqu'à 19,6°C à l'entrée de l'eau brute, et 15,8°C jusqu'à 18,9°C à la sortie de l'eau épurée.

Les résultats qui sont présentés dans le **Tableau III.1** montrent clairement que les valeurs de la température à la sortie de la station sont bien en dessous de la norme.

Les résultats sont donc conformes et les eaux rejetées ne présentent ainsi aucune menace de pollution thermique sur le milieu récepteur.

III.1.2. Variation de potentiel hydrogène pH

La **Figure III.1** représente l'évolution de PH à l'Entrée/Sortie de la station.

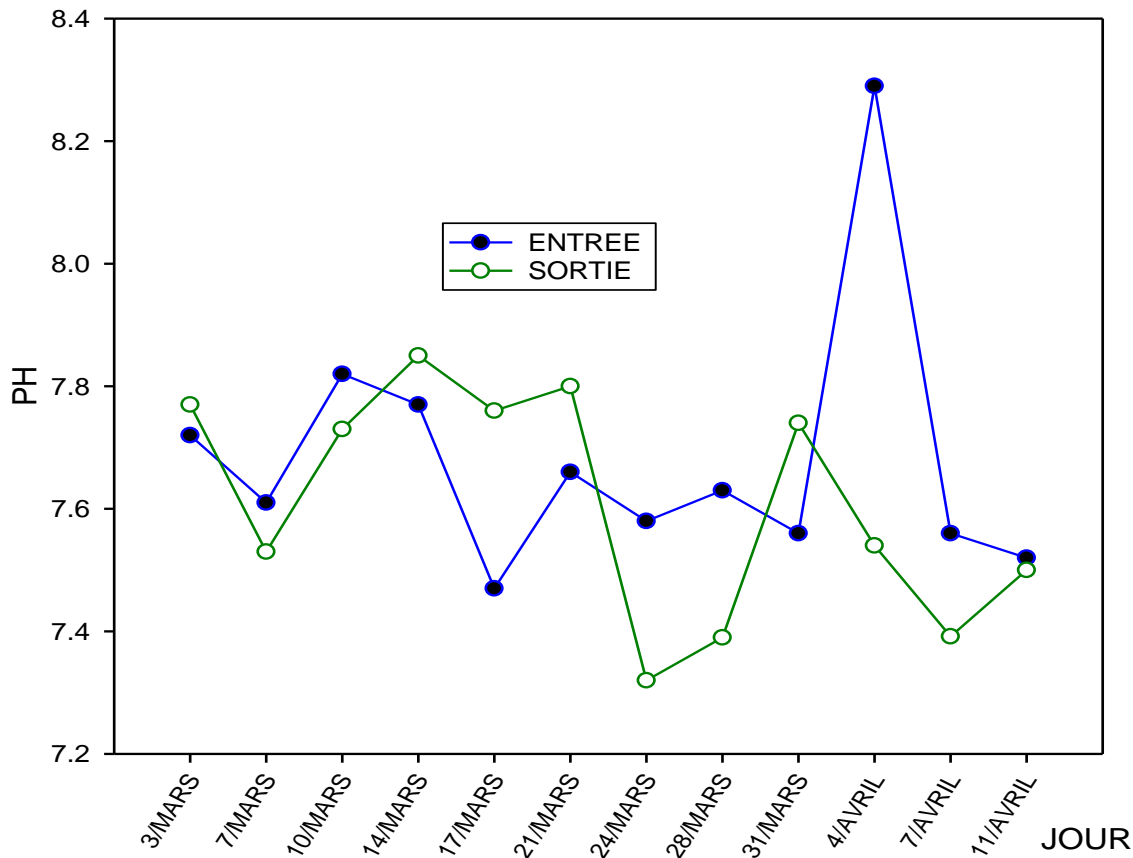


Figure III.1 : Variation de potentiel hydrogène pH.

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau, plus le pH est bas, plus la solution est dite acide. Le pH joue un rôle important dans l'épuration biologique aérobie car la biomasse a besoin d'un pH proche de la neutralité pour compléter son activité épuratrice.

Nos résultats montrent une légère différence entre l'eau brute et l'eau épurée. Le pH de l'eau brute varie entre 7,7 et 8,3 cependant nous remarquons une petite alcalinité de pH lorsqu'il devient épuré qui peut être expliquée par les processus de traitement, ainsi la variation de pH de cette eau épurée est de 7,2 et 7,9.

En comparant les résultats obtenus avec la norme algérienne et de l'OMS qui varient entre 6,5 et 8,5 nous retrouvons que le pH de l'eau épurée est dans les normes aucun risque d'acidité pour le milieu récepteur.

III.1.3. Variation de la conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Les résultats de la variation de la Conductivité électrique sont présentés en **Figure III.2**.

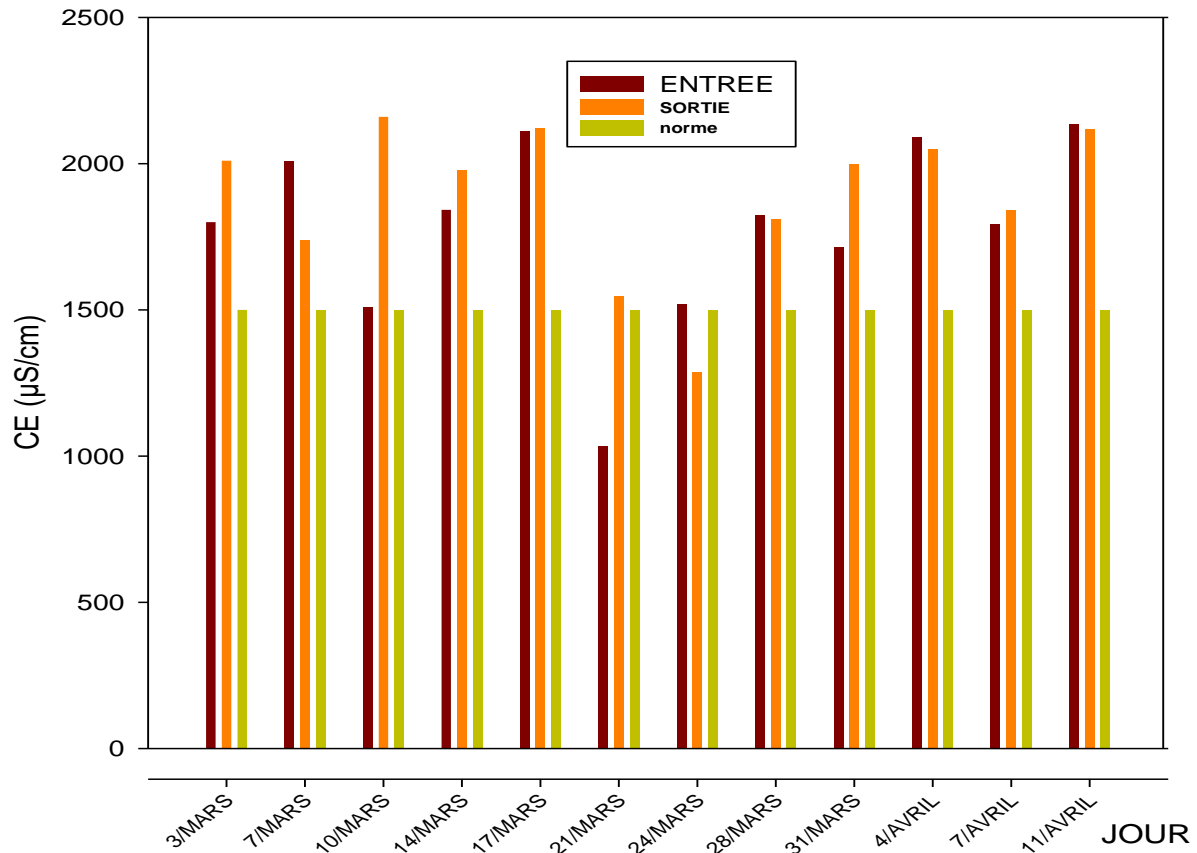


Figure III.2 : Variation de la conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Les résultats montrent qu'il y a une différence dans la CE enregistrée entre l'eau brute et l'eau épurée. La CE de l'eau brute varie entre 2258 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2431 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cependant on a remarqué une diminution dans la CE avec l'épuration de l'eau qui peut être expliquée par les processus de traitement ainsi la CE de l'eau épurée varie entre 1978 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2132 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En comparant les résultats obtenus par rapport à la norme qui est fixée à 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, les résultats ne sont pas conformes à la norme de rejet, cela peut être dû à la présence de sels dissous dans l'eau, tels que le chlorure Cl^- , le sodium Na^+ et le calcium Ca^{2+} , qui sont couramment utilisés dans les procédés industriels et peuvent se retrouver dans les eaux usées.

De plus, les métaux lourds tels que le plomb, le cuivre et le zinc peuvent également augmenter la conductivité de l'eau, tout comme les composés organiques tels que les huiles, les graisses et les solvants.

III.1.4. Variation des matières en suspension MES (mg/l)

Les résultats de variation des matières en suspensions MES (mg/l) sont présentés dans la figure III.3.

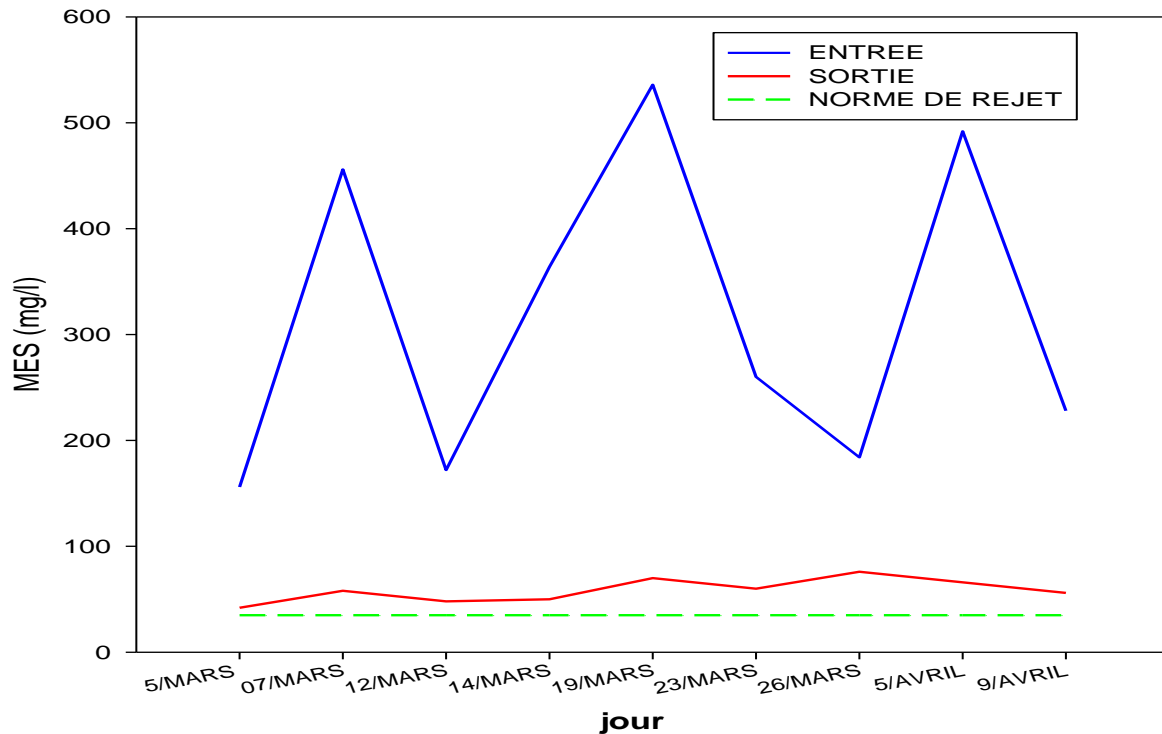


Figure III.3 : Variation des matières en suspension MES (mg/l).

Les résultats qui sont représentés dans la **Figure III.3** sont très variables, trois pic on était enregistrer, le 07-Mars avec une valeur de 456 mg/l, et 536 mg/L le 19-Mars, et pour le 05-avril avec une valeur de 492 mg/l pour les eaux brutes.

Cette variabilité des valeurs élevées des eaux brute nous indique que les eaux entrante a la station sont très chargées en MES.

Pour les résultats obtenus à la sortie de la station, on remarque que les MES ont diminué, mais les valeurs ne sont pas conformes aux normes de rejets de MES. Cela peut être dû à une variété de facteurs, tels que des problèmes de conception ou de maintenance des installations de traitement, une surcharge des systèmes de traitement en raison d'une augmentation de la quantité d'eaux usées à traiter, ou des variations dans la qualité des eaux usées entrantes.

Ces valeurs qui dépasse la norme interprète que les eaux reçues étaient déjà très chargées en MES, il aurait fallu qu'elles subissent un prétraitement plus efficace.

De plus, les matières en suspension peuvent également nuire à la qualité de l'eau des rivières, des lacs ou des autres plans d'eau dans lesquels les eaux épurées sont rejetées, ce qui

peut avoir des effets négatifs sur l'environnement et la santé publique.

III.1.5. Variation de la demande biologique en oxygène DBO₅ (mg/l)

La variation de la demande biologique en oxygène à l'entrée et à la sortie est représentée dans la **Figure III.4**.

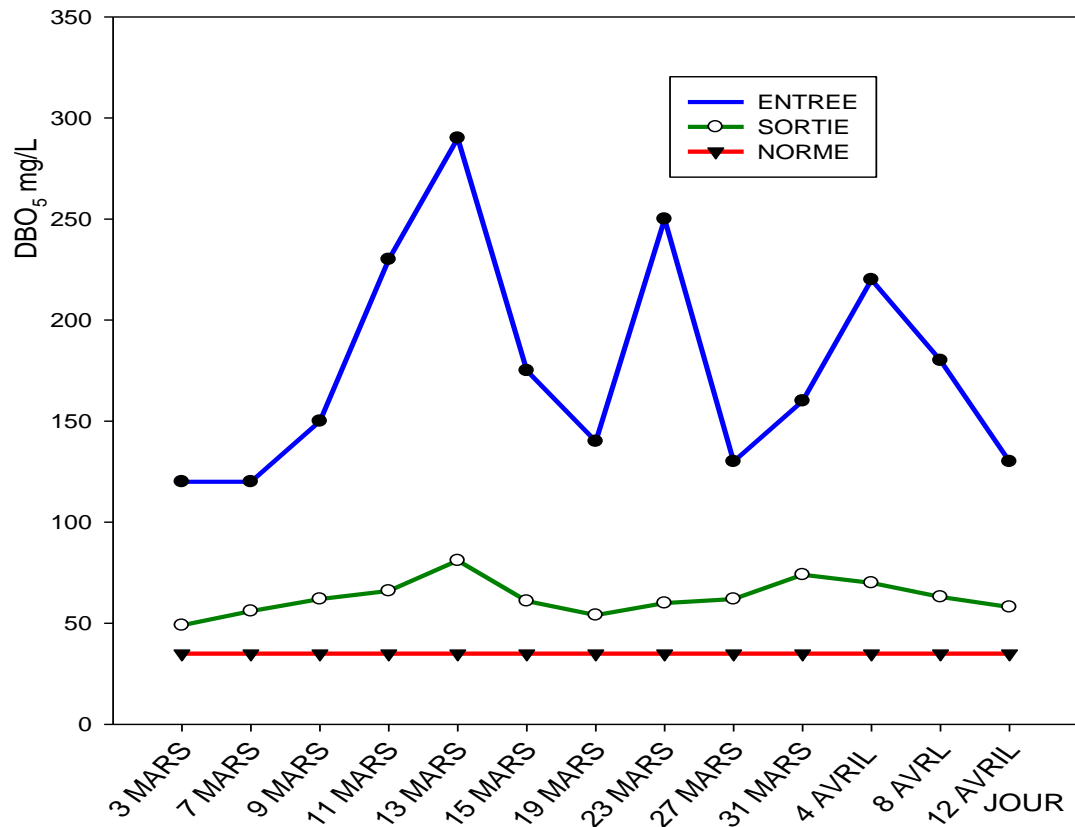


Figure III.4 : Variation de la demande biologique en oxygène DBO₅ (mg/l).

Les résultats qui sont présentés dans la **Figure III.4**, montrent que les valeurs de la DBO₅ des eaux traitées dépassent toutes la norme. En notant un pic considérable le 13 mars avec une valeur de 81 mgO₂/L. Nous pouvons expliquer ces valeurs élevées par le manque de la quantité d'oxygène nécessaire pour métaboliser la matière organique, de plus la station se situe dans une zone industrielle, tel que Cevital, NAFTAL et SONATRACH, donc une forte concentration de matières grasses et d'hydrocarbures se trouve dans l'eau à l'entrée de la station, ce qui affecte grandement le rendement épuratoire et réduit en conséquence la possibilité de réutilisation de ces eaux même dans les domaines les moins exigeants en termes de qualité.

Cependant ces eaux chargées en matières organiques peuvent présenter un risque d'eutrophisation du milieu récepteur, présentant ainsi un risque de pollution des cours d'eaux et de la côte avoisinante.

III.2. Analyse des boues

III.2.1 Teste de décantation de la boue du bassin biologique

Les résultats du test de décantation sont présentés dans le **Tableau III.2**.

Tableau III.2 : Résultats du test de décantation de la boue du bassin biologique.

La période	V ₃₀ (ml/l)	Masse de la matière sèche MS en (g/l)	Indice de Mohlman IM en (ml/g)
3 MARS	130.0000	0.4850	26.8000
7 MARS	100.0000	4.9300	20.2800
11 MARS	120.0000	6.6900	17.9300
15 MARS	77.6600	4.0300	21.6700
23 MARS	280.0000	12.5000	22.4000
27 MARS	265.0000	10.3000	25.7200
31 MARS	263.0000	9.3000	28.2700
8 AVRL	272.5000	11.4000	24.0600
12 AVRIL	400.0000	16.4000	24.3900

La variation des résultats de l'indice de Mohlman Sont comprises entre 17,93ml/g et 28,27ml/g, donc les valeurs de IM < 100 ml/g ce qui interprète une mauvaise décantation des boues (boue d'aspect granuleux ou trop fin), c'est-à-dire une boue qui décante trop rapidement, d'où le risque d'avoir des dépôts dans les ouvrages et les canalisations.

III.2.2. Variation de l'analyse de la boue de retour

La variation de la matière sèche MS et de la matière volatile sèche MVS sont présentées dans la **Figure III.6**

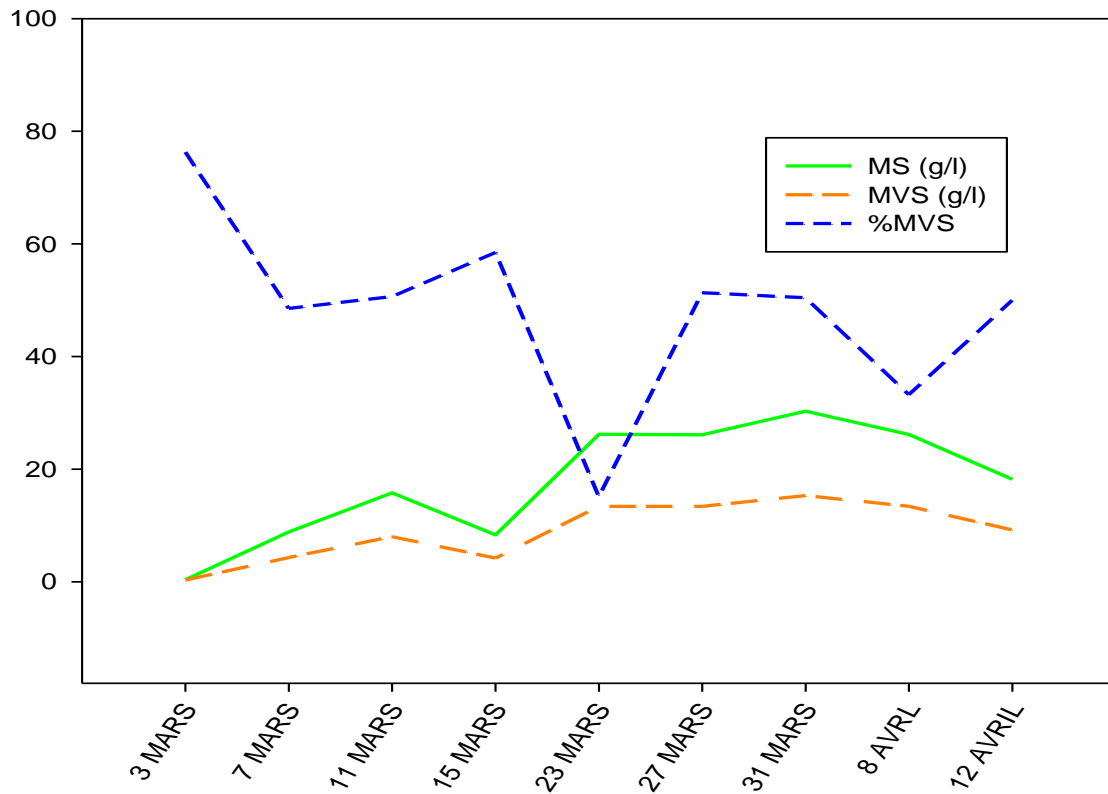


Figure III.5 : Variation de la matière sèche MS et de la matière volatile sèche MVS.

En comparant les valeurs de MVS et de MS entre les différents bassins, nous constatons qu'à partir du bassin d'aération, en passant par la boue de retour, les valeurs évoluent de façon remarquable en passant de 1,35 à 35,06 g/l pour les MS et de 0,98 à 15,62 g/l pour les MVS.

De façon générale, cette évolution est tout à fait normale et nous indique sur le bon fonctionnement de la station d'épuration ainsi que sur ratio matière organique/minérale contenue dans les boues.

III.2.3. Variation de l'analyse de boue produite

Les résultats de mesure du pourcentage Siccité est représentés dans le **Tableau III.3**

Tableau III.3 : Résultats de la mesure du taux Siccité (%).

<i>Période</i>	<i>Siccité (%)</i>	<i>Norme de boue sèche (%)</i>
3 MARS	12.2100	90
7 MARS	8.4800	90
11 MARS	10.3400	90
15 MARS	10.6200	90
23 MARS	8.0800	90
27 MARS	8.8300	90
31 MARS	9.3500	90
8 AVRL	8.8100	90
12 AVRIL	9.4700	90

L'objectif initial de cette mesure est de déterminer le taux de siccité de la boue produite, c'est-à-dire le pourcentage massique de matière sèche contenue dans la boue. La boue est constituée d'eau et de matières sèches, donc une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90 %.

La mesure de la siccité nous permet d'évaluer l'efficacité du traitement des boues, elle s'exprime généralement en pourcentage.

D'après les résultats obtenue dans le **Tableau III.3**, on peut voir clairement que le taux du Siccité se situe dans un intervalle allant de 8,08% jusqu'à 12,21%. Ces résultats nous permettent d'obtenir une boue dite « boue liquide » pour les valeurs inférieures ou égales à 10. Hors, trois valeurs sont enregistrer le 3-Mars, 11-Mars et le 15-Mars sont des valeurs compris entre $10 < \%Siccité < 30$, donc ce sont des boues dite « boue pâteuse ».

CONCLUSION

CONCLUSION

La station d'épuration des eaux urbaine est une installation destinée à épurer les eaux usées domestiques ou industrielles et les eaux pluviales avant le rejet dans le milieu naturel.

Le but du traitement des eaux est de séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur.

Le traitement des eaux usées par boues activées est un processus efficace et couramment utilisé dans le monde entier, et le plus utilisée en Algérie pour éliminer les polluants organiques et inorganiques de l'eau. Ce traitement fonctionne en utilisant des bactéries pour décomposer les matières organiques présentes dans les eaux usées, produisant ainsi des boues qui sont ensuite valorisée ou éliminée par différents technique de traitement.

Bien que le traitement des eaux usées par boues activées soit efficace, mais il nécessite une surveillance et un entretien constants pour garantir son bon fonctionnement. Les problèmes liés à la qualité de l'eau traitée peuvent survenir si les bactéries ne sont pas correctement nourries ou si les niveaux de nutriments sont déséquilibrés.

En outre, il est important de noter que le traitement des eaux usées par boues activées peut également présenter des défis environnementaux, tel que la gestion des boues de traitement.

Les résultats obtenus dans cette étude nous indiquent sur la qualité de l'eau brute à l'entrée et de l'eau épurée au niveau de la station de Bougie plage de la ville de Béjaïa, ainsi que la qualité de la boue produite.

Les résultats de l'analyse de la température et du le pH, montrent que les valeurs obtenues sont conformes aux normes de rejets algériens et de l'OMS, donc aucun risque de pollution thermique ou d'acidité pour le milieu récepteur.

Les résultats de la mesure de la conductivité électrique CE, les MES et la DBO5 sont au-delà des normes de rejet, ce qui interprète l'existence d'un mauvais fonctionnement dans le traitement (eaux usées trop charger en MES, mauvaise décantation, effluents industrielles, manque d'oxygène, présence des corps gras, sel dissout, hydrocarbure,...).

Pour l'analyse des boues, le teste de décantation des boues biologique et l'indice de Mohlman nous a permis de déduire que les boues se sédimente rapidement donc risque de dépôt dans les ouvrage et canalisation.

D'après les résultats du taux Siccité, on distingue deux types de boues produite «une boue liquide » et « une boue pâteuse ».

Après avoir discuté toutes les résultats obtenus, on peut déduire que la station de bougie plage ne fonctionne pas correctement, comme le montre certaines paramètres telle que (CE,

CONCLUSION

MES, DBO₅). Les conséquences d'une station d'épuration dysfonctionnelle peuvent être graves, notamment l'émission de gaz nocifs, la contamination de l'eau potable, la propagation de maladies et la destruction de l'écosystème. Il est donc important de détecter rapidement les problèmes de la station d'épuration et de les résoudre dès que possible.

Perspectives :

Plusieurs autres aspects méritent d'être approfondis :

- Il apparaît indispensable de compléter l'étude avec d'autres techniques de caractérisation (analyses microbiologique, analyse d'élément de trace métallique).
- Ajouter d'autres bassins de décantation primaire.
- Adapter à un traitement tertiaire.
- les rejets des stations d'épuration devraient être valorisés (l'agriculture, l'industrie).

Cependant, avec une bonne gestion et une surveillance adéquate, le traitement des eaux usées par boues activées peut être une méthode fiable et durable pour éliminer les polluants de l'eau et protéger notre environnement et la santé publique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCE DE L'INTRODUCTION

[1] Organisation Mondial de la Santé OMS, 2013.

[2] Office National de l'Assainissement.

REFERANCE DE CHAPITRE I

[1] Bliefert et Perraud, Chimie de l'Environnement, 2e Edition, Novembre 2008.

[2] Aroua, A. 1994. L'homme et son milieu. Edition société national, Alger.

[3] TFYECHÉ LYÉS, mémoire master professionnel, année universitaire 2013-2014, Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées d'Ouargla au cours de leur traitement, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA.

[4] Dr. HDR-TOUATI Laid, pollution des eaux, Université Frères Mentouri Constantine 1, Année universitaire 2020/2021.

[5] METAHRI Mohammed Saïd, Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, Thèse de doctorat université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012.

[6] RICHARD C. (1996)- Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Ed. Scientifiques et médicale Elsevier. Paris.

[7] BOSCH E, 1878 "Dictionnaire raisonné d'architecture" Paris -1878.

[8] Contribution au traitement des eaux usées par biofiltration, mémoire de fin d'étude de master académique, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, le 30 juin 2020.

[9] Yan DABROWSKI, Djibouti, hydraulique urbaine et hydraulique rurale, INSTITUT FORHOM, dimanche 23 au jeudi 27 février 2014.

[10] Toubal, polycopier de cour master1, Qualité et traitement des eaux, Eau Environnement, université de Chlef.

[11] Office national de l'assainissement.

[12] Rodier J. L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Edition. Dunod, Paris 2005.

[13] Vilaginés, R. 2005.Eau, environnement et santé publique, 2ème édition, édition TEC & DOC, paris.

[14] BAUMONT S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONI A. (2005)-Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [15] BELAID N. (2010). Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat de l'Université de Sfax.
- [16] Franck Rejsek, Analyse des eaux Ussé Aspects réglementaire et techniques centre régionale de documentation pédagogique d'aquitaine, Bordeaux, 2002.
- [17] Dimitri Xanthouliset et al, Les techniques d'épuration des eaux usées à faibles coûts, Development of Teaching and Training Modules for Higher Education on Low-Cost Wastewater Treatment, Contract VN/Asia-Link, Première Edition 2008.
- [18] Marcel Doré. Paris.1989. chimie des oxydants et traitement des eaux.
- [19] Claire Eme (CreaPure), Catherine Boutin (Irstea), Composition des eaux usées domestiques par source d'émission à l'échelle de l'habitation, Décembre 2015.
- [20] Observatoire régional de santé, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France.
- [21] Ladjel, F. et Bouchefer, S. 2004. Exploitation, d'une station d'épuration à boues activées Niveau II. Thème. CFMA (centre aux métiers de l'assainissement). Boumerdes.
- [22] TCHIMOGO M., 2001, Epuration des eaux usées de l'E.N.S.H par lagunage naturel. Mém .ing. Génie rurale. Blida.
- [23] Bordet, J.2007. L'eau dans son environnement rural, édition Lavoisier, édition TEC&DOC.
- [24] Différents paramètres physiques et chimiques des eaux et commentaires, «CPEPESC Commission de Protection des Eaux », CPEPESC, 2017.
- [25] J. RODIER, B. LEGUBE, N. MERLET, et R. BRUNET, L'analyse de l'eau - 9e édition : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Dunod. France: Dunod, 2009.
- [26] DEGUMENT, 2005. Mémento technique de l'eau. Tome 1. Ed10 eme.
- [27] SENAT, La qualité de l'eau et assainissement en France, 7 Mars 2023.
- [28] Zahir BAKIRI, Mémoire magister, Option : Génie Chimique, Traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques : Expérimentation et Modalisation, Soutenu le 03 Mars 2007.
- [29] BASSOMPIERRE Cindy. (2007). procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote a la validation de modèles. Thèse Doctorat Institut National Polytechnique De Grenoble.
- [30] MADIGAN Michael et MARTINKO John. (2007)-Biologie des microorganismes. 11ème édition, Pearson/éducation, Paris.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [31] CARDOT C. (1999)-Les traitements de l'eau – Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses, Paris.
- [32] Exploitation des stations : paramètres caractéristiques des boues activées, 2006.p, 20.
- [33] Sarr A. (2005). Mécanismes d'élimination de l'azote et du phosphore dans les eaux usées domestiques traitées par lagunage sous climat sahélien - Possibilités et limites de leur réutilisation comme fertilisants en agriculture urbaine à Ouagadougou. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur de l'équipement rural, École Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Équipement rural.
- [34] Agence de l'eau, France, 1979.
- [35] Nicolas CALMEJANE, rapport de stage, Modélisation de l'unité de biofiltration de la station d'assainissement Est de Québec, Rédigé le 23/10/2015, Université Laval, Québec, Canada.
- [36] Syndicat des Professionnels du Recyclage par Valorisation Agronomique (SYPREA).
- [37] Série technique, AMORCE EAT05b, Enquête sur la valorisation des boues d'épuration, Octobre 2019.
- [38] Mouloud, Mestapha, Saoud MOUSSAOUI, MEHENNAOUI, KACIMI Université de Mhamed Bougara Boumerdes - Algérie - Master en biochimie appliquée, 2011.
- [39] Série Technique DT 51, Novembre 2012, Boues de Station d'Épuration : Techniques de traitement, Valorisation et Élimination.
- [40] AMORCE, Boues de station d'épuration : technique, valorisation et élimination – DT 51, Novembre 2012.
- [41] Office International de l'Eau, 2001.
- [42] Soumia AMIR, Formation doctorale Sciences Agronomiques, Soutenue le 14 Mars 2005.
- [43] LADJEL Farid & Mme ABBOU Sonia, Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie, ONA, Alger le 03 Février 2016.
- [44] QUÉNÉA .K, BELHADJ-KAABI, F. (2009) : Estimation de performances épuratoires : Caractérisation de boues de station d'épuration. Thèse Master, Université Pierre et Marie Curie, École des Mines de Paris& École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêt, France.
- [45] Ella Tallon. Étude de la pertinence de la Réutilisation des Eaux Usées Traitées sur le bassin de l'Adour en amont d'Aire-sur-l'Adour. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2020. ffdumas-03578599f.
- [46] DAVIDE ECOSSE, La réutilisation des eaux usées, Université de Picardie Jules Verne.
- [47] Journal officiel de la République Algérienne n°26, du 23 Avril 2006.
- [48] Organisation Mondial de la Santé OMS.

Résumé

Le travail réalisé au cours de cette étude s'inscrit dans le cadre général de traitement des eaux usées de la station de Bougie plage de la ville de Béjaïa. Le principe de l'épuration de la station, est le traitement biologique par boues activées à faible charge en aération prolongée.

Le travail effectuée au sein de la station, consiste à l'étude de fonctionnement de la chaîne de traitement des eaux usées de la STEP, et l'évaluation des paramètres physico-chimique et biologique dont (T (°C), pH, CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$), MES (mg/l), DBO₅ (mg/l)), ainsi, l'analyse des boues d'épurations par le teste de décantation de la boue biologique et l'analyse de taux Siccité de boue produite.

Les résultats de l'analyse de la température et du potentiel hydrogène, sont conformes aux normes de rejets algériens et de l'OMS. Par contre, les résultats de l'analyse de la CE, les MES et la DBO₅ sont au-delà des normes de rejet, ce qui interprète l'existence d'un mauvais fonctionnement dans le traitement, donc il est important de détecter rapidement les problèmes de la station d'épuration et de les résoudre dès que possible.

Mots clés : Eaux usées, traitement des eaux, STEP, boues activées, paramètres physico-chimique.

Abstract

The work carried out during this study is part of the general framework of wastewater treatment at the Bougie Plage station in the city of Béjaïa. The principle of purification of the station, is the biological treatment by activated sludge at low load in prolonged aeration.

The work carried out within the station consists of the study of the operation of the wastewater treatment chain of the STEP, and the evaluation of the physico-chemical and biological parameters including (T (°C), pH, EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$), MES (mg/l), BOD₅ (mg/l)), thus, the analysis of sewage sludge by the settling test of biological sludge and the analysis of dryness rate of sludge produced.

The results of the temperature and hydrogen potential analysis comply with Algerian and WHO discharge standards. On the other hand, the results of the EC, MES and BOD₅ analysis are beyond the rejection standards, which interprets the existence of a malfunction in the treatment, so it is important to quickly detect the sewage treatment plant problems and solve them as soon as possible.

Key words : Wastewater, water treatment, STEP, activated sludge, physico-chemical parameters