

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE 20 AOÛT 1955 SKIKDA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDÉS



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie des procédés

Etude de la performance de la station
d'épuration (STEP) de Zeghaïa —
Oued Endja (MILA)

Spécialité : Génie de l'environnement

Soutenu le 24/06/2023

Réalisé par : NEMIRI Abderaouf

Encadré par :

BEN MERABET Mohamed

Dr.CHEKROUD Hassina

CHEKROUD Mohamed Rida

ROUNI Salah Edinne

Année Universitaire 2022- 2023

Remerciements

Au terme de ce travail nous tenons à remercier :

*En premier lieu le dieu miséricordieux qui nous à donner la force
d'achever ce travail.*

*Un grand merci à notre promotrice Mme CHEKROUD Hassina DR à
l'Université de Skikda, pour le temps qu'elle nous à accorder, Ainsi pour sa
grande Aide et ces conseils judicieux.*

*Nous tenons à présenter notre vif remerciement à tous les
membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce travail.*

*Un grand merci à l'ensemble du personnel de la station d'épuration
des eaux usées de la ville Zeghia wilaya de Mila pour avoir dirigé,
suivi, guidé soutenu et encourager*

Le directeur de la station : CHEKROUD Ali

*La laborantine et notre collègue CHEKROUD Rida qui nous a aidés,
nous a conduits et facilité l'accès à la station*

*Finalemnt, nous remercions nos chers parents, familles et amis pour
leur soutien inconditionnel.*



Dédicace

C'est avec l'aide de Dieu le tout puissant que j'ai pu réaliser ce travail.

Je dédie ce modeste travail

A mes parents qui m'ont aidé infiniment de tout ce qu'il possède et surtout avec leur d'Oaa durant toute ma vie et mon parcours universitaire « ma belle-mère, mon beau père ». Ce travail est bien le fruit de vos sacrifices que vous Avez consentis pour mon éducation et ma formation puisse dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

A mes frères « Omar, Sofien, EL Yamine, Tarek » et mes sœurs et leurs familles

J'oublié pas « Faouzi » Mon grand frère.

À mes collègues Mohamed Rida, Salah Eddine, Mohamed Ceux qui ont partagé cette aventure avec moi et avec qui j'ai partagé les moments heureux et difficiles, je vous remercie.

A tout qui m'aide et compulse ce modeste travail.

A toute ma promotion de génie de l'environnement.

Abderaouf

Dédicace

C'est avec l'aide de Dieu le tout puissant que j'ai pu réaliser ce travail.

Je dédie ce modeste travail

A mes parents qui m'ont aidé infiniment de tout ce qu'il possède et surtout avec leur d'Oaa durant toute ma vie et mon parcours universitaire « ma belle-mère, mon beau père ».

A la mémoire de ma grand mer fejriya

A ma femme et ma belle-fille ines

A mes frères sami, lotfi, tifo et sa fille malek

A mes amie habib, hamza, chouayb, mohamed

À mes collègues Abderaouf, Salah Eddine, Mohamed Ceux qui ont partagé cette aventure avec moi et avec qui j'ai partagé les moments heureux et difficiles, je vous remercie.

A tout qui m'aide et compulse ce modeste travail.

A toute ma promotion de génie de l'environnement.

Mohamed Rida



Dédicace

C'est avec l'aide de Dieu le tout puissant que j'ai pu réaliser ce travail.

Je dédie ce modeste travail

A mes parents qui m'ont aidé infiniment de tout ce qu'il possède et surtout avec leur d'Oaa durant toute ma vie et mon parcours universitaire « ma belle-mère, mon beau père ». Ce travail est bien le fruit de vos sacrifices que vous Avez consentis pour mon éducation et ma formation puisse dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon frère et ma sœur et leurs familles

J'oublié pas Ma grand-mère «Massouda» aussi.

À mes collègues Mohamed Rida, Salah Eddine, Abderaouf Ceux qui ont partagé cette aventure avec moi et avec qui j'ai partagé les moments heureux et difficiles, je vous remercie.

A tout qui m'aide et compulse ce modeste travail.

A toute ma promotion de génie de l'environnement.

Mohamed



Dédicace

*Par la grâce et la louange de Dieu, cet humble travail
a été achevé*

*Je dédie ce travail à mes parents qui m'ont soutenu tout au
long de mon parcours universitaire*

*Ce travail est vraiment le fruit de vos sacrifices que vous avez
faits pour mon éducation et ma formation. Que Dieu Tout
Puissant vous protège et vous accorde santé, longue vie et
bonheur.*

*Et à mon frère Abd elmoumen et mes sœurs "Maha" et la
petite "Raouank" et à mes neveux «Youssef" et "Açil Amir"
A mes collègues, Mohamed Rida, Abdel Raouf, et Mohamed
qui ont partagé cette aventure avec moi, et avec qui j'ai
partagé des moments heureux et difficiles, merci.*

*À tous ceux qui m'aident et commentent cet humble travail.
Pour toutes mes promotions en génie de l'environnement*

Salah eddine

LISTE DES TABLEAUX

Titre des tableaux	N° de page
Tableau I.1 : Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines.	05
Tableau I.2 : classification des eaux d'après leur pH.	18
Tableau III.1 : Production annuelles des boues en excès.	56
Tableau IV.1 : les différentes verreries qui en trouve dans le laboratoire.	62
Tableau V.1 : Résultat d'analyse du pH de l'eau brute, et de l'eau traitée.	82
Tableau V.2 : Analyse de la température de l'eau brute, et de l'eau traitée (par enchantions) de la STEP.	83
Tableau V.3 : Analyse de l'oxygène dissous de l'eau brute, et de l'eau traitée (par enchantions) de la STEP.	84
Tableau V.4 : Analyse de la conductivité de l'eau brute, et de l'eau traitée (moyenne par mois) de la STEP.	85
Tableau V.5 : Analyse des Matières en suspension (MES) de l'eau brute, et de l'eau traitée de la STEP.	87
Tableau V.6 : Analyse de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) de l'eau brute, et de l'eau traitée de la STEP.	88
Tableau V.7 : Analyse de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO ₅) de l'eau brute, et de l'eau traitée de la STEP.	89
Tableau V.8 : Analyse du Phosphore total de l'eau brute, et de l'eau traitée de la STEP	90
Tableau V.9 : l'Analyse du Phosphate (PO ⁻³ ₄) de l'eau brute à l'entrée, et de l'eau traitée à la sortie de la STEP.	92
Tableau V.10 : Analyse des Nitrates (NO ₃ ⁻) de l'eau brute, et de l'eau traitée de la STEP.	93
Tableau V.11 : Analyse de l'ammonium (NH ₄ ⁺) de l'eau brute, et de l'eau traitée de la STEP.	94

LISTE DES FIGURES

Titre des figures	N° de page
Figure I.1 : Les polluants physiques, échelle de dimensions et états Correspondants.	11
Figure II.1 : Schéma d'un dégrilleur	25
Figure II.2 : Schéma d'un dessableur.	25
Figure II.3 : Schéma d'un déshuileur-dégraisseur.	26
Figure II.4 : lagunage naturel.	28
Figure II.5 : Le principe d'un lagunage aéré.	29
Figure II.6 : Lit bactérien.	30
Figure II.7 : Boues activées à faible charge.	33
Figure II.8 : décanteur secondaire « clarificateur ».	40
Figure III.1 : La station d'épuration de Zeghaïa — Oued Endja.	44
Figure III.2 : Une Carte de localisation de la ville de Zeghaïa (Google-maps 2023).	45
Figure III.3 : Vue de ciel de la station d'épuration Zeghaïa — Oued Endja.	45
Figure III.4 : les dégrilleurs fins.	47
Figure III.5 : Déshuilage-Dessablage.	48
Figure III.6 : Schéma hydraulique du système LUCASO 3.	50
Figure III.7 : Les bassins biologiques.	50
Figure III.8 : Phase principale 1 LUCAS@.	52
Figure III.9 : Schéma de la phase intermédiaire 1.	53
Figure III.10 : Phase principale 2 LUCAS6 3.	54
Figure III.11 : Phase intermédiaire 2.	55
Figure III.12 : polymère.	56
Figure III.13 : Pompage des boues.	57

Figure III.14 : Prédéshydratation- déshydratation.	57
Figure III.15 : installation de séchage.	58
Figure III.16 : Le Sanglier électrique le (racleur –laboureur).	59
Figure III.17 : ventilateurs de brassage d’air intérieur.	59
Figure III.18 : Stockage des boues.	60
Figure IV.1 : laboratoire d’analyse de la STEP.	62
Figure IV.2 : Prélèvement de l'eau.	64
Figure IV.3 : Echantillonnage de l’eau.	64
Figure IV.4 : pH Mètre de mesure multiple (pH / conductivité / température).	66
Figure IV.5 : Oxymètre.	67
Figure IV.6 : Centrifugeuse.	68
Figure IV.7 : Rampe de filtration.	68
Figure IV.8 : Balance.	68
Figure IV.9 : Dessiccateur.	68
Figure IV.10 : Digesteur DCO.	70
Figure IV.11 : Les réactifs utilisés dans la mesure de DCO.	71
Figure IV.12 : Système de mesure OxiTop	72
Figure IV.13 : Incubateur.	73
Figure IV.14 : Spectrophotomètre UV -Visible.	74
Figure V.1 : Variation temporelle des Potentiels d’hydrogènes (pH) des eaux de la station d’épuration entre l eaux brutes et traitée (en temps sec et pluie).	82
Figure V.2 : Variation temporelle des températures des eaux de la station d’épuration entre l’eau brute et Traitée pendant la période de suivi (en temps sec et en temps pluie).	83
Figure V.3 : Variation de l’oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP entre l’eau brute et traitée pendant la période de suivi (en temps sec et en temps pluie).	84

<p>Figure V.4 : Variation des teneurs de la conductivité électrique des eaux brutes et traitée de la station d'épuration exprimé en ($\mu\text{S}, \text{cm}^{-1}$) pendant la période d'étude (en temps sec et pluie).</p>	<p>85</p>
<p>Figure V.5 : Variation temporelle des Matières En Suspension (MES) des eaux de la station d'épuration entre l'eau brutes et traitée exprimé en (mg. l^{-1}) pendant la période de suivi (en temps sec et pluie).</p>	<p>87</p>
<p>Figure V.6 : Variation temporelle de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux de la station d'épuration entre l'eau brute et traitée exprimé en (mg.l^{-1}) pendant la période de suivi (en temps sec et pluie).</p>	<p>88</p>
<p>Figure V.7 : Variation temporelle de la demande biochimique en oxygène (DBO_5) des eaux de la station d'épuration entre l'eau brute et traitée exprimé en (mg. l^{-1}) pendant la période de suivi (en temps sec et pluie).</p>	<p>89</p>
<p>Figure V.8 : Variation temporelle du phosphore total (PT) des eaux de la station d'épuration entre l'eau brute et traitée exprimé en (mg. l^{-1}) pendant la période de suivi (en temps sec et pluie).</p>	<p>90</p>
<p>Figure V.9 : Variation temporelle des Ortho Phosphates (PO_4^{3-}) des eaux de la station d'épuration entre l'eau brute et traitée exprimé en (mg, l^{-1}) pendant la période de suivi (en temps sec et pluie).</p>	<p>92</p>
<p>Figure V.10 : Variation des teneurs des Nitrates (NO_3^-) des eaux brute et traitée de la station d'épuration (STEP) exprimés en (mg. l^{-1}) pendant la période d'étude en temps sec et pluie.</p>	<p>93</p>
<p>Figure V.11 : Variation des teneurs d'ammonium (NH_4^+) des eaux Brutes et traitée de la station d'épuration (STEP) exprimés en (mg. l^{-1}) pendant la période d'étude en temps sec et pluie.</p>	<p>94</p>

LISTE DES ABREVIATIONS

- STEP** : Station d'épuration.
- DBO5**: Demande biochimique en oxygène à cinq jours.
- DCO** : Demande chimique en oxygène.
- MES** : Matières en suspension.
- MVS** : Matières volatile sèche.
- COD** : Carbone organique dissous.
- COT** : Carbone organique total.
- CT** : Carbone total.
- MO**: Matière organique.
- NH₃**: Ammoniac.
- NH₄⁺**: Ammonium.
- NO₂⁻** : Nitrites.
- NO₃⁻** : Nitrates.
- CE** : conductivité électrique.
- P**: Phosphore.
- PT**: Phosphore total.
- PO₄³⁻** : Ortho Phosphate.
- P₂O₅**: Poly Phosphate.
- pH** : Potentiel d'Hydrogène.
- MS** : Matière Sèche.
- Tc°** : Température.
- SO₄⁻**: Le Sulfates.
- ONA** : Office national de l'assainissement.
- DMA** : Dose Maximale Admissible.
- OMS** : L'organisation mondiale de la santé.
- SBR**: Sequencing Batch Reactor.
- S**: la siccité.

TABLE DES MATIERES

Remerciements
Dédicace
Liste des tableaux
Liste des figures
Liste des abréviations
Table des matières
Introduction générale.....01

**Partie 1 :
Etude Bibliographique**

Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées

I.1.Introduction1
I. 2. Le cycle de l'eau3
I. 3. Ressources naturelles des eaux brutes3
 I. 3.1. Eaux de pluie3
 I. 3.2. Eaux souterraines4
 I. 3.3. Eaux de surface4
 I. 3.4. Eaux de mer et océans6
I. 4.Les principaux composés des eaux naturelles6
 I. 4.1. Les composés minéraux6
 I.4.1.1. Les gaz dissous6
 I. 4.1.2. Les électrolytes minéraux7
 I. 4.2. Les composés organiques7
 I. 4.2.1. Les substances non humiques7
 I. 4.2.2. Les substances humiques8
I. 5.La pollution des eaux8

I. 5.1. Définition de la pollution des eaux	8
I. 5.2. Les différentes origines de la pollution des eaux	8
I. 5.2.1. Pollution d'origine domestique	8
I. 5.2.2. Pollution d'origine industrielle	8
I. 5.2.3. Pollution d'origine agricole	9
I. 5.2.4. Pollution d'origine naturelle	10
I. 5.2.5. Pollution par les eaux pluviales	10
I. 5.2.6. Pollution par les substances associées au traitement des eaux	10
I. 5.3. Les principaux polluants des eaux naturelles	10
I. 5.3.1. Polluants physiques	10
I. 5.3.2. Polluants chimiques	12
I. 5.3.3. Polluants biologiques	15
I. 6. Les eaux usées	15
I. 6.1. Définition et origine des eaux usées	15
I. 6.2. Les compositions des eaux usées	16
I. 6.3. Les caractéristiques des eaux usées	16
I. 6.3.1. Les paramètres physico-chimiques	17
I. 7. Conclusion	22

CHAPITRE II : L'épuration des eaux usées.

II.1 Introduction	23
II.2. Histoire des stations d'épuration :	23
II.3. Objectifs principaux d'une station d'épuration :	24
II.4. Les différentes étapes du processus d'épuration des eaux usées :	24
II.4.1 Prétraitement :	24
II.4.1.1 Dégrillage :	24
II.4.1.2 Le dessablage :	25

II.4.1.3 Déshuilage-Dégraissage :	25
II.4.2 Le traitement primaire (décantation primaire) :.....	26
II.4.3 Le traitement biologique :.....	27
II.4.3.1 Procédés biologiques extensifs :	27
II.4.3.2 Procédés biologiques intensifs :.....	29
II.4.4 Le traitement tertiaire :	40
II.4.5 Le traitement des boues :	43
II.5. Conclusion :	43

Partie 2 : Etude expérimentale

CHAPITRE III : Présentation du site d'étude : STEP DE Zeghaïa — Oued Endja

III.1. Introduction.....	44
III. 2. Présentation de la ville de Zeghaïa :	44
III 3. La localisation de la STEP Zeghaïa — Oued Endja :	45
III.4. Le Principe de traitement de la STEP Zeghaïa — Oued Endja :	46
III.5. L'impact de la station d'épuration :	46
III.6. Les étapes de traitement de la STEP :	46
III.7. La méthode de traitement dans la Station d'épuration Zeghaïa :.....	46
III.7.1. Prétraitement :	46
III.7.1.1 Chambre d'arrivée et de limitation de débit :	46
III.7.1.2 Dégrillage fin :	46
III.7.1.3 Chambre de limitation de débit :.....	47
III.7.1.4 Dessablage –Déshuilage	47
III.7.1.5 Chambre de répartition :	48
III.7.2. Traitements biologiques (La méthode LUCAS WATERLEAU) :.....	48
III.7.2.1 ALIMENTATION :	51
III.7.2.2 RÉGÉNÉRATION :	51
III.7.2.3 DÉCANTATION :	51

III.7.2.4 DÉCHARGE :	52
III.7.3. Traitement des boues :	56
III.7.3.1. Prédéshydratation - déshydratation des Boues secondaires :	56
III.7.3.2 Lit de séchage de secours :	58
III.7.3.3 Séchage solaire :	58
III.7.3.4 Stockage des boues :	60
III.8. Conclusion.....	60

CHAPITRE IV : Matériels et méthode

IV.1 Présentation de laboratoire d'analyse de la STEP de Zeghaia Oued-Endja	62
IV.1.2. Matériel de laboratoire	62
IV.1.2.1. L'Appareillage	62
IV.2. Les analyses	63
IV.2.1 Analyses journalières.	63
IV.2.2. Analyse hebdomadaire	63
IV.2.3. Analyse tous les 15 jours.....	63
IV.2.4. Prélèvement de l'eau.....	63
IV.2.5. Echantillonnage de l'eau.....	64
IV.3. Analyses des paramètres physico-chimiques.....	65
IV.3.1. Mesure électrométrie pH et la conductivité et température	65
IV.3.2. L'oxygène dissous	67
IV.3.3. Mesure de Matières en Suspension (MES)	67
IV.3.5. Détermination de Demande biologique en oxygène(DBO ₅)	72
IV.3.6. Détermination du Phosphore total (PT) et Ortho phosphore (PO ₄ ⁻³)	73
IV.3.7 Détermination de Nitrates (NO ₃ ⁻)	77
IV.3.8. Détermination du L'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	78
IV.3.9. Détermination de la Siccité.....	79

CHAPITRE V : Résultats et discussions

V.1.Résultat d'analyse et Discussions :81

 V. 1.1. Potentiel Hydrogène (pH) :81

 V. 1.2. La température :82

 V. 1.3. L'oxygène dissous:84

 V. 1.4. Conductivité :85

 V. 1.5. Matières en suspension (MES):86

 V. 1.6. Demande Chimique en Oxygène (DCO) :87

 V. 1.7. Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) :89

 V. 1.8. Phosphore total (PT) :90

 V. 1.9. Phosphate (PO_4^{3-}) :91

 V. 1.10. Nitrates (NO_3^-) :92

 V. 1.11. L'ammonium NH_4^+ :93

Conclusion

Référence bibliographique

Résumés

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

L'eau est une ressource vitale pour la vie sur Terre. Elle est essentielle à notre survie, à la santé de notre écosystème et au développement socio-économique de nos sociétés. Cependant, lorsque l'eau est polluée, elle devient un danger pour l'humanité et menace notre bien-être à de multiples égards.

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

Les eaux usées regroupent les eaux résiduaires domestiques (les eaux vannes et les eaux Ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines). Ils constituent donc un effluent pollué, et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout vers le milieu naturel.

L'Algérie a adopté un programme riche en termes de traitement des eaux usées par la mise en service à la fin 2010, de plus d'une centaine de stations d'épuration, qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de résidus appelés boues, valorisable en agriculture et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, qui trouve quant-à-elle, une réutilisation dans l'irrigation, l'industrie et les usages municipaux [2].

Les procédés d'épuration utilisés, dont l'objectif principal est d'éliminer la pollution organique sont : procédé à boues activées, le lagunage et les lits bactériens.

La phase de traitement biologique par boues activées représente une phase clé de la chaîne globale d'épuration des eaux usées qu'elle est largement utilisée [3].

L'objectif de ce travail consiste à évaluer les performances épuratoires et les rendements de la station d'épuration de **Zeghaïa — Oued Endja**, en analysant les paramètres suivants : le pH, la température, DCO, DBO₅, MES, les matières azotées, les phosphates et quelques paramètres microbiologiques.

Pour ce faire, ce présent travail est subdivisé principalement en deux parties :

✓ Une partie théorique comportant deux grands chapitres :

- Le premier chapitre donne des généralités sur les eaux usées urbaines (origine, composition, types et paramètres de pollution, normes de rejet).
- Le deuxième chapitre traite les différents procédés d'épuration des eaux usées (Prétraitement, traitement primaire, traitement secondaire et tertiaire), que doivent subir

les eaux usées avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

✓ La seconde partie de l'étude est axée sur l'expérimentation, elle est présentée en deux chapitres :

- Le troisième chapitre présente la description du site d'étude (STEP) ainsi que sa localisation et la méthode de traitement de l'eau usée au niveau de la station.
- Le quatrième chapitre est consacré à la description et aux matériels de laboratoire de la station et les méthodes analytiques utilisées dans cette étude.
- Le cinquième chapitre présente les résultats expérimentaux trouvés et leurs interprétations.
- Et enfin, une conclusion générale est donnée pour résumer notre travail.

Chapitre I :
Généralité sur les eaux
usées.

I.1. Introduction

L'eau est indispensable à la vie. Elle constitue 70 % du poids du corps humain. Elle est utilisée pour de nombreux usages essentiels : la boisson, la préparation des repas, l'hygiène, l'entretien de l'habitation, les loisirs, la fabrication dans l'industrie, l'irrigation des cultures et l'abreuvement du bétail. Après avoir été captée, traitée, transportée, distribuée et puis consommée, l'eau est rendue à la nature via les égouts et les stations d'épuration, au fond d'un puits perdant ou directement au ruisseau. Après un parcours plus ou moins long, que l'on appelle le cycle de l'eau, nous pourrions la capter de nouveau pour satisfaire nos besoins [1, 2].

I.2. Le cycle de l'eau :

Le cycle de l'eau est lié aux mouvements de l'humidité dans l'atmosphère. Il est le principal élément régulateur du climat sur terre. L'énergie apportée par le rayonnement du soleil provoque l'évaporation de grandes quantités d'eau des océans, des lacs et des zones humides. Les végétaux rejettent également une quantité importante de vapeur d'eau. L'air humide, plus léger que l'air sec, s'élève et se refroidit dans l'atmosphère. La vapeur d'eau se condense alors sous forme de nuages et retombe sous forme de pluie ou de neige [1].

Une grande partie d'eau qui tombe sur les terres s'évapore à nouveau et le reste s'accumule dans les neiges et les calottes glaciaires, s'écoule vers la mer via les rivières ou s'infiltré dans le sol et forme les nappes d'eau souterraine. L'eau souterraine peut dans certains cas rester captive dans le sous-sol durant des millénaires ou parcourir de grandes distances avant de réapparaître sous forme de source [1].

I.3. Ressources naturelles des eaux brutes :

Il existe quatre sources principales d'eaux brutes, les eaux de pluie, les eaux souterraines (infiltration, nappes), les eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et les eaux de mer. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant [2. 3].

I.3.1. Eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous (elles sont très douces). Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par les poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau [2].

I.3.2. Eaux souterraines :

La porosité et la structure du terrain déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine.

Nappes phréatique ou alluviales : peu profondes, et situées dans les terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements de l'eau en dessus. La qualité de ces eaux est alors directement influencée par la qualité de l'eau de surface [3, 4].

Nappe captive : Elle est généralement plus profonde que les premières et séparée de la surface du sol par une couche imperméable, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures [3, 4].

Les eaux souterraines sont appelées aussi « les eaux propres » car elles répondent naturellement aux normes de potabilité, la nature du terrain sous lequel se trouvent ces eaux est un agent déterminant de leurs compositions chimiques. Malgré que ces eaux sont moins sensibles aux pollutions accidentelles, en cas de contamination par des polluants ces nappes perdent totalement leurs puretés originelles [4].

En cas d'une eau souterraine concentrée par certains éléments minéraux si ces concentrations dépassent les normes de potabilité, mais représente des propriétés thérapeutiques on les appelle eaux minérales, et elles sont distribuées en bouteille, avec parfois certains traitements bien définis [4].

I.3.3. Eaux de surface :

Ce type d'eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lac, étangs, barrages...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants [4].

Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains et polluée par des différents déchets rejetés dedans et du vaste surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement.

Le tableau 1 donne les éléments caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines [4].

Tableau I.1 : Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines [4].

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	variable suivant saisons	relativement constante
Turbidité, MES (vraies ou colloïdales)	variable, parfois élevée	faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	liée surtout aux matières en solution (acides humiques par exemple)
Minéralisation globale	variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe ²⁺ et Mn ²⁺ divalents (à l'état dissous)	généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	généralement présents
CO ₂ agressif	généralement absent	souvent présent en grande quantité
O ₂ l'oxygène dissous	le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le cas d'eaux très polluées	absent la plupart du temps
H ₂ S le sulfure d'hydrogène	généralement absent	souvent présent
L ammonium NH ₄ ⁺	présent seulement dans les eaux polluées	présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates NO ₃ ⁻	peu abondants en général	teneur parfois élevée
Silice	teneur en général modérée	teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et organiques	présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps

I.3.4. Eaux de mer et océans :

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97.4 % du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraines et superficielles). Les eaux de mer sont caractérisées par une grande concentration en sels dissous ; c'est ce qu'on appelle leur "salinité", elles sont dénommées aussi « eau saumâtres ». La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33 000 à 37 000 mg/l, ce qui rend leur utilisation difficile. Les eaux de mer et d'océans sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eaux douce à cause de leur coût très élevé pour leur traitement (dessalement), malheureusement c'est eaux sont elle-même polluées par des agents biologiques (déversement de égouts,) ou physico-chimiques (produits pétroliers, rejets industriels, navigation ...etc.) [2, 5].

I.4. Les principaux composés des eaux naturelles :

Sur terre l'eau n'existe jamais pure, elle contient toujours des constituants sois minérales, sois organiques qui sont vient du milieu entourant cet eau [6, 7, 8].

I.4.1. Les composés minéraux :

L'origine de présence de ces composés dans l'eau potable est dû aux échanges entre l'eau et le sol, aussi que l'atmosphère et les différents produits végétaux et animaux aquatiques [6, 7, 8].

I.4.1.1. Les gaz dissous :

L'eau contient également des gaz dissous ayant une grande importance dans les phénomènes biologiques ainsi que chimiques comme la corrosion. Le contacte eau – air peut nous donner une dissolution des gaz de l'atmosphère, parmi ces gaz, l'oxygène, le dioxyde de carbone ... [3, 9, 10].

Le taux d'oxygène dissous est un des paramètres pour détecter le degré de la pollution organique d'une eau brute. La solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue avec l'augmentation de la température [3, 9, 10].

Le gaz carbonique ou le dioxyde de carbone est très soluble dans l'eau beaucoup plus que l'oxygène. Le gaz carbonique dissous intervient dans le goût de l'eau mais surtout comme élément majeur du système calo-carbonique qui joue un rôle essentiel dans l'équilibre physico- chimique des eaux naturelles [3, 9, 10].

I.4.1.2. Les électrolytes minéraux :

Ce sont des composés ioniques, anions et cations, qui proviennent des roches dans

l'eau qui circule à leur contact. Il y a deux catégories des électrolytes minéraux :

- **Les éléments fondamentaux** : on les trouve dans toute les eaux naturelles ils représentent le système calo-carbonique, ces ions : HCO_3^- , CO_3^{2-} , Mg^{++} , Ca^{++} , OH^- et H^+ . Leur présence dans l'eau est due à la dissolution du gaz carbonique, et carbonates de calcium et de sous l'effet de l'acide carbonique [11].
- **Les éléments caractéristiques** : regroupent l'ensemble des autres ions minéraux aussi souvent de l'action dissolvante de l'acide carbonique (Mg^{++} , Fe^{++} , Mn^{++} , Al^{+++} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , SiO_4^- , etc....).

Parmi les éléments caractéristiques se situent enfin tous les éléments à l'état de trace plus ou moins importants qui peuvent jouer un rôle au niveau d'effet toxique ou thérapeutique de l'eau [11].

I.4.2. Les composés organiques :

Les matières organiques naturellement présentes dans les eaux, sont formées par la décomposition des produits végétaux et animaux qui se trouvent dans l'eau, ainsi que les micro-organismes (bactéries, virus ... etc). On peut les classer en deux catégories :

I.4.2.1. Les substances non humiques :

Représentées par des produits de base : protéine et acides aminés, sucres simples, graisse et acides gras, vitamines. Elles sont peu importantes car elles sont bien dégradées et utilisées dès leur apparition dans l'eau par les micro-organismes [12].

I.4.2.2. Les substances humiques :

Elles sont élaborées par les microorganismes (bactéries, champignons) et les produits végétaux et animaux en état de décomposition. Elles consistent en complexes amorphes souvent colorés en brun ou en noir, hydrophiles et acides, on les fractionne par voie chimique. [13]

I.5. La pollution des eaux :

I.5.1. Définition de la pollution des eaux :

La pollution des eaux est définie comme une modification des caractéristiques naturelles de celle-ci et elle nécessite un traitement pour qu'en peut l'utilisées. Ces éléments indésirables proviennent des excréments chimiques, des rejets provenant d'industries divers et du lessivage des terrains traversés. Le problème de la pollution des eaux représente la cause majeure de la diminution des ressources d'eau potable dans le monde [14].

La pollution des eaux est toute modification des propriétés physiques, chimiques ou

biologiques, ou tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau de façon à créer une nuisance ou à rendre cette eau dangereuse ou préjudiciable du point de vue, soit de la santé, de la sécurité et du bien-être publique, soit de ses usages destinés à des fins domestiques, commerciales, industrielles, agricoles, récréatives et autres, soit de la faune sauvage et aquatique [14].

I.5.2. Les différentes origines de la pollution des eaux :

I.5.2.1. Pollution d'origine domestique :

Les rejets domestiques, les eaux usées des habitations et des commerces entraînent la pollution urbaine de l'eau, elle est liée aux grandes concentrations urbaines. Les polluants urbains sont représentés par les déchets domestiques, les eaux d'égouts et de tous les produits dont se débarrassent les habitants d'une agglomération.

On trouve les excréments, les restes d'aliments, les déversements d'abattoirs, les déversements hospitaliers, les lessives, les détergents, les insecticides, les hydrocarbures, les déchets de la petite industrie et divers produits toxiques [15].

I.5.2.2. Pollution d'origine industrielle :

Les rejets liquides industriels véhiculent une importante pollution organique et toxique. Il s'agit de différents déchets provenant des industries diverses qui sont principalement installées au près des rivières à la fois pour se débarrasser des déchets directement et pour faire refroidir leurs machines (Industrie alimentaire, Industrie agricole, Tannerie et textile, Papeterie, Industrie physique, Industrie chimique, Industrie pétrochimie) [16].

Ce type de pollution peut avoir un effet toxique sur les organismes vivants et nuire au pouvoir d'autoépuration de l'eau, ou causer l'accumulation de certains éléments dans la chaîne alimentaire (métaux, radioactivité, etc.) [16].

I.5.2.3. Pollution d'origine agricole :

L'agriculture, l'élevage et l'aviculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterrains. Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés ou azotés issus des déchets animaux et des engrais commerciaux, notamment des nitrates [14].

- Utilisation des engrais en agriculture :

La modernisation de l'agriculture et son intensification ont été généralement accompagnées d'une utilisation abusive et non rationnelle des engrais azotés et phosphatés.

Il est admis qu'une fertilisation minérale se solde par un accroissement des rendements mais les doses élevées appliquées, généralement supérieures aux besoins réels des cultures, génèrent des excès d'azote qui peuvent entraver la production agricole par plusieurs mécanismes et polluer l'environnement. Au total, les excès d'azote contaminent entre autres les eaux souterraines et menacent la santé humaine et animale. [14].

- Utilisation des pesticides en agriculture :

Les pesticides sont utilisés en agriculture pour protéger les cultures et les récoltes contre leurs ennemis afin d'augmenter les rendements.

Le lessivage de ces produits phytosanitaires utilisés en agriculture entraîne la contamination des eaux des nappes par des substances toxiques (pesticides) [14].

Chez l'Homme, l'ingestion de doses excessives de nitrates dans l'eau de boisson provoque ce qu'on appelle la maladie du sang bleu ou méthémoglobinémie constatée en 1945 aux USA et après en Europe [14].

Le seuil des nitrates est fixé plus ou moins à travers le monde à 50 mg de l'ion nitrate/l [14].

I.5.2.4. Pollution d'origine naturelle :

Cette pollution est due à des substances contaminent l'eau présentes naturellement dans l'environnement, leurs origines est des roches qui environnants ces eaux, soit les eaux de surfaces ou souterraines. Ces substances sont inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium... [17].

I.5.2.5. Pollution par les eaux pluviales :

La pollution de l'air influence sur la qualité de l'eau des pluies, les fumées industrielles, les poussières et les résidus d'échappement des véhicules peuvent contaminée l'eau pluviales [14].

I.5.2.6. Pollution par les substances associées au traitement des eaux :

Dans des différents procédés de traitement, on ajoute des produits à l'eau, comme le chlore pour la désinfection et le sulfate l'aluminium pour la coagulation-floculation. Si on dépasse la dose optimale de ces substances, l'eau traitée peut être polluée par des ions ou de sous-produit de ces substances qui sont parfois et à certaines doses nuisibles pour la santé humaine [14].

I.5.3. Les principaux polluants des eaux naturelles :

I.5.3.1. Polluants physiques :

Les polluants physiques sont les éléments solides entraînés par l'eau. On parle de ce

type de pollution quand l'eau est modifiée dans sa structure physique C'est une pollution due aux décharges des déchets et des particules solides apportés par les eaux de ruissellement. Elle provient aussi des opérations de dragage et de l'érosion. Les polluants solides rejetés dans le milieu aquatique peuvent être classés selon leur nature et leur taille [18].

- Selon leur dimension : l'état dispersé que l'on peut diviser en suspension et état colloïdal, se distinguent d'état dissout, notamment par les dimensions particulières.

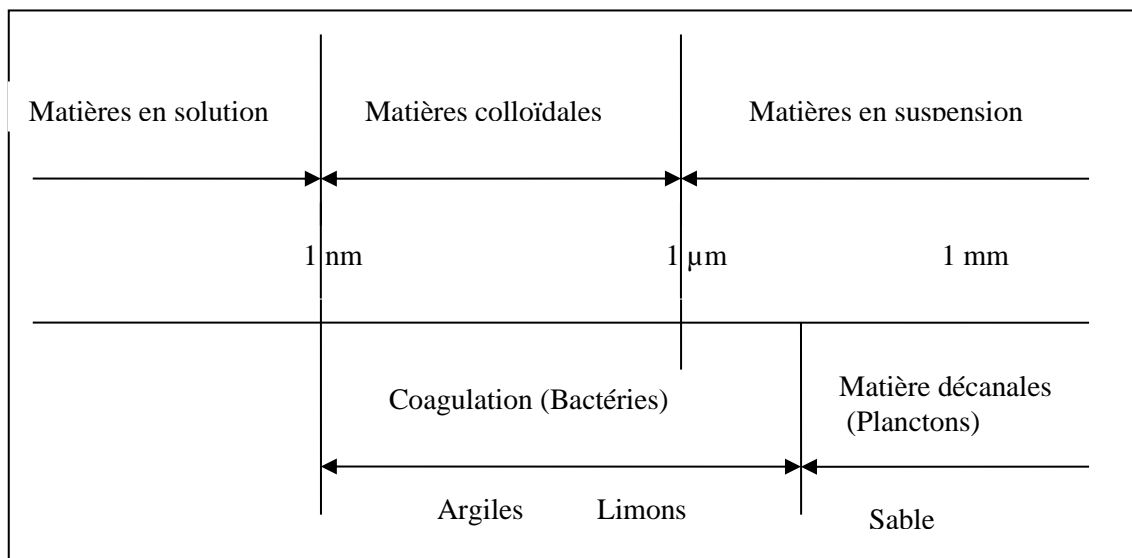


Figure I.1 : Les polluants physiques, échelle de dimensions et états Correspondants [18].

- Selon leur nature : leur nature divise soit minérale ou organique, pour les polluants minéraux provoques une pollution par leurs volumes ou par leurs dépôts, ainsi qu'ils colmatent les sols et les asphyxies. Les polluants organiques ont besoin d'oxygène pour qu'ils évoluent et dégageront des odeurs par putréfaction [19].

Les polluants solides rejetés dans le milieu aquatique peuvent être répartis-en :

- **Les éléments grossiers :**

On les trouve généralement dans les eaux de surface. Leur taille est suffisamment grande pour qu'ils soient retenus par une simple grille. Ces éléments sont généralement des brindilles, des feuilles, des arbres...etc. [19].

- **Les sables :**

Les sables sont des particules minérales une certaines tailles, ils sont à base de silice ou de composition minérale équivalente. Leur masse spécifique est de 2,5 à 2,6 g/l,

Leur élimination se fait par une simple décantation [19].

- **Les matières en suspensions (MES) :**

Les matières en suspension sont les impuretés qui à cause de leur taille (supérieure à 10 μ m) leur séparation –élimination- demande une décantation lente ou une filtration. On les trouve essentiellement dans les eaux superficielles. Ces produits sont très divers tant par leur nature que leurs dimensions [18]. Elles peuvent être d'origine minérale (quartz, sels minéraux insolubles, limons, argiles, ...) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales, acides humiques). A ces composés s'ajoutent les micro-organismes tels que bactéries, plancton, algues et virus. Ces substances sont responsables, en particulier, de la turbidité et de la couleur [3].

- **Matières colloïdales :**

Ce sont des MES de même origine que les précédentes mais de plus petite taille (moins de 1 micron). Elles sont également génératrices de turbidité et de couleur. Aussi, leur élimination dans l'eau à traiter est difficile car elles ne se décantent pas de manière spontanée et sont peu retenues par filtres, on devra utiliser la coagulation-floculation suivie par une décantation pour éliminer les colloïdes [3].

I.5.3.2. Polluants chimiques :

Ces polluants sont des rejets de produits chimiques à la fois d'origine industrielle et domestique. Le danger de ces polluants dépend de leur nature biochimique. Certains sont hydrosolubles, facilement dilués et donc leur action est minime. D'autres sont liposolubles avec un pouvoir de se concentrer au niveau des lipides et par conséquent, ils vont emprunter la chaîne trophique [14].

Ces polluants sont de deux catégories :

- ❖ **Les polluants chimiques organiques :**

Certains polluants de ce type sont d'origine naturelle, ils sont principalement issus de la décomposition des végétaux, des animaux et des microorganismes. Il participe à beaucoup de paramètres de qualité de l'eau : couleur, odeurs, saveurs, sous-produits de désinfection...etc. L'autre type de ces polluants sont d'origine industrielles comme les hydrocarbures, les pesticides, les détergents, les engrais... Ces polluants sont appelés les polluants organiques permanent [14, 20].

- ❖ **Les polluants chimiques inorganiques :**

- a) **Métaux lourds :**

Les métaux lourds sont des micros polluants de nature à entraîner les nuisances

même quand ils sont rejetés en quantités très faibles (mesurées en microgrammes par litre) à cause de leur toxicité est chronique. La présence des métaux lourds dans l'eau, est certainement le cas le plus intéressant parmi les problèmes posés par la pollution de l'environnement. En effet, le plomb, le cadmium et le mercure, développés à la fin de la deuxième révolution industrielle, sont les métaux lourds les plus redoutables, susceptibles d'être métabolisés et concentrés au niveau des organismes humains [14].

b) Substances indésirables :

Il s'agit des substances qui sont normalement dans l'eau à des concentrations très faibles. Elles sont appelées aussi des « oligo-éléments ». Elles deviennent des substances polluantes quand leur concentration augmente, par conséquent, elles vont altérer l'eau et ses constituants [14].

- **Fer :**

Il est présent dans l'eau avec une concentration très faible qui peut augmenter suite à la lixiviation des terrains riches en fer ou à cause d'une pollution industrielle. Le fer se trouve dans l'eau sous une forme dissoute ou en solution colloïdale.

Le fer présente un danger de toxicité assez modérée. Cette toxicité est difficile à préciser car elle est en fonction de l'état chimique du métal.

Pour l'eau de boisson, l'OMS donne une DMA (Dose Maximale Admissible) de 1mg/l et une DMS (Dose Maximale Souhaitable) de 0.1mg/l [14,19].

- **Manganèse :**

Il est présent dans l'eau à l'état soluble, en suspension ou alors sous forme de complexe. Cet élément ne présente aucun caractère de toxicité prouvée. Cependant, sa présence en quantités élevées donne un goût désagréable à l'eau [14, 19].

- **Zinc :**

Dans l'eau et en conditions naturelles, le zinc se trouve avec de très faibles concentrations qui sont inférieures à 5µg/l. Mais, ces concentrations peuvent augmenter suite à des lâchers de zinc si des canalisations de l'étain ou de fer galvanisé sont attaquées par les eaux riches en chlorure et en sulfate [14, 19].

Pour l'homme, la quantité tolérable est limitée par un goût désagréable obtenu à des concentrations de l'ordre de 5 à 15 mg/l. Et puisque le zinc est souvent couplé au cadmium ou au chlore, la dose est abaissée à 1mg/l [14, 19].

- **Cuivre :**

Le cuivre présent dans l'eau provient des industries, de la corrosion des tuyauteries

de cuivre, etc. Le cuivre est relativement peu toxique [14, 19].

- **Chlorure :**

Les chlorures sont très répandus dans la nature sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl₂). La présence de l'ion chlorure (Cl⁻) dans l'eau peut avoir diverses origines, telles que le passage à travers des terrains salés, les industries extractrices et dérivées (soudières, salines, mines de potasse, industries pétrolières...), la dissolution de dépôts de sel gemme, etc. [14, 19].

Les eaux chlorurées alcalines sont laxatives. Généralement les chlorures présents dans l'eau destinée à la consommation humaine n'ont pas de conséquences toxiques pour l'homme. Cependant, ils peuvent être préjudiciables aux personnes atteintes de maladies rénales ou cardio-vasculaires [14, 19].

- **Fluorure :**

Les dérivés du fluorure sont abondants dans la nature. Le fluorure est utilisé dans l'industrie chimique, la production d'acide phosphorique et la production d'engrais phosphorés. Chez l'homme, le fluorure provoque la maladie de « Fluorose » et des caries dentaires [14].

c) Substances à concentrations excessives :

Ce sont des substances qui deviennent polluantes lorsque leurs concentrations dans l'eau varient, certaines quand leur concentration augmente et d'autres quand elle diminue [14].

- **Composés azotés seuls :**

Les pollutions azotées proviennent des rejets domestiques qui constituent la principale source, des rejets industriels, de lessivage des sols riches en produits azotés ou de l'ammoniac utilisé comme fertilisant seul ou combiné.

Les nitrates sont présents naturellement dans les eaux, les apports excessifs ou mal maîtrisés d'engrais azotés provoquent une augmentation des nitrates dans les ressources d'eaux. Les nitrates se transforment en nitrite dans l'estomac. Ces nitrites peuvent provoquer la transformation d'hémoglobine du sang en méthémoglobine, impropre à fixer l'oxygène, ce phénomène est à l'origine de cyanoses, notamment chez les nourrissons [21].

- **Les sulfates :**

En plus des inconvénients qui caractérisent les sulfates, ils participent aux métabolismes des bactéries contenues dans l'eau, les bactéries sulfato-réductrices transforment les sulfates en sulfures avec dégagement de gaz sulfureux (œufs pourris)

créant des désagréments à l'environnement [19].

I.5.3.3. Polluants biologiques :

Les eaux brutes naturellement peuvent contenir des micro-organismes comme les virus, des bactéries, des parasites). L'eau contaminée présente un danger sur la santé humaine, elle doit être traitée avant leurs utilisation ou leur consommation [14, 19].

Il est donc crucial de prendre des mesures pour contrôler et réduire la pollution de l'eau causée par ces sources. Des réglementations environnementales plus strictes, des technologies de traitement des eaux usées plus avancées et des pratiques agricoles durables sont autant de mesures qui peuvent contribuer à prévenir la pollution de l'eau et à protéger nos ressources hydriques précieuses.

I.6. Les eaux usées :

I.6.1. Définition et origine des eaux usées :

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elle engendre au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance, suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées :

- **Eaux usées domestiques :** Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Elles se composent essentiellement par des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bains.
- **Eaux usée industrielles :** Tous les rejets résultants d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales. Ces eaux ont une grande variété et peuvent être toxiques pour la vie aquatique, ou pour l'homme.
- **Origine agricole :** L'agriculture est une source non négligeable de pollution des eaux car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues.

- **Les eaux pluviales :** Les eaux de pluies ruissellent dans les rues où sont accumulés les polluants atmosphériques, poussières, débris, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, mais sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique.

I.6.2. Les compositions des eaux usées :

Selon leurs origines, les eaux usées se caractérisent par une grande variabilité de débits, mais aussi de composition. Elles peuvent contenir en concentrations variables :

- Des matières en suspension plus ou moins facilement décan-tables ou coagulables.
- Des matières colloïdales ou émulsionnées : argiles, microorganismes, macromolécules hydrophobes (organiques huiles, graisses, hydrocarbures, etc.).
- Des matières en solution de nature organique ou minérale, ou sous forme de gaz dissous.

Des microorganismes végétaux (algues, plancton...) ou animaux (protozoaires, bactéries)

I.6.3. Les caractéristiques des eaux usées :

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique. Ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg/l, est quantifié et apprécié par une série d'analyses. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modification

Que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels récepteurs. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, on peut retenir les analyses suivantes :

I.6.3.1. Les paramètres physico-chimiques :

Ils résultent de l'introduction dans un milieu des substances conduisant à son altération, se traduisant généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu récepteur. La mesure de ces paramètres se fait au niveau des rejets, à l'entrée et à la sortie des usines de traitement et dans les milieux naturels.

I.6.3.1.1. Les paramètres physiques :

- **La Couleur :**

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement.

- **L'odeur :**

La présence de H₂S signifie l'existence des odeurs désagréable. Ces deux caractéristiques (odeur et couleur) peuvent être changées par l'apport de rejets industriels.

- **La température :**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc.

- **La matière en suspension :**

La matière en suspension (MES), représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont en fonction de la nature des terrains traversés, de saison de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc.

- **La turbidité :**

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale.

- **La conductivité :**

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution.

I.6.3.1.2. Les Paramètres chimiques :

- **Le pH**

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier). De manière à faciliter cette expression ; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H^+ : c'est le pH. On peut classer les eaux selon leur pH dans ce tableau :

Tableau I.2 : classification des eaux d'après leur pH.

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux Naturelles.
pH = 7	pH neutre.
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface.
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines.
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense.

- **L'oxygène dissous**

L'oxygène dissous 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. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg/l O_2 .

- **Les Chlorures (Cl⁻)**

Les chlorures sont fréquents dans les réserves d'eaux douces à un taux de 10 mg/l à 100 mg/l. Une forte teneur en chlorures peut indiquer une pollution par des eaux usées.

I.6.3.1.3 Les paramètres de pollution (matières organiques) :

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

C'est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydable par voie chimique dans les conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, quelle que soit leur origine organique ou minérale.

- **La demande biochimique en oxygène (DBO5)**

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épuration et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. La gamme de la DBO5 des eaux usées urbaines peut varier entre 200 et 400 mg/L.

- **Les matières azotées**

Les formes de l'azote dans les eaux usées sont l'azote total (NTK), les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-). En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel.

- **Azote (N)** 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 (ammoniac, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total.
- **Nitrites (NO_2^-)** Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés, ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates (par voie chimique et bactérienne). Des concentrations élevées en nitrites, témoignent souvent de la présence de matières toxiques. Les nitrites sont surtout nuisibles pour les poissons.

➤ Nitrates (NO_3) Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg /L dans les eaux superficielles et quelques mg/L dans les eaux souterraines. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates. La teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0,5 à 1 mg/l/an, voire 2 mg/l/an dans certaines régions. Cette augmentation a plusieurs origines :

Agricole : agriculture intensive avec utilisation massive d'engrais azoté ainsi que rejets d'effluents d'élevage. Cette source représente les 2/3 de l'apport en nitrates dans le milieu naturel.

Urbaine : rejet des eaux épurées des stations d'épuration où l'élimination de l'azote n'est pas totale et qui peuvent rejeter des nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates dans le milieu naturel. Cette source représente les 2/9 des apports.

Industrielle : rejet des industries minérales, en particulier de fabrication des engrais azotés. Cette source représente 1/9 des apports.

- **Les matières phosphatées**

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des ortho phosphates. L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable et sa minéralisation, sous forme de phosphore organique. Chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) peut être séparée analytiquement en ortho phosphates, phosphore hydrolysable et phosphore organique.

1.6.3.1.4. Les paramètres microbiologiques :

Les bactéries sont couramment recherchées dans l'eau, principalement comme témoins de contamination fécale. a choisi plusieurs témoins répondant à certaines exigences ; il s'agit des coliformes, des streptocoques fécaux, et parfois les *Clostridium perfringens*.

- **Les coliformes totaux (CT)**

La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (coliformes totaux),

sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine, est capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement désinfectant et est d'un intérêt nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale. Les coliformes sont des bâtonnets, anaérobies facultatifs, gram (-) non sporulant permettant l'hydrolyse du lactose à 35 °C. Les coliformes regroupent les genres *Escherichia*, *Nitrobacters*, Entérobactéries, *Klébsiella*, *Yersinia*, *Serrait*.

➤ **Les coliformes fécaux**

La recherche et le dénombrement des coliformes fécaux est un examen proposé en raison d'une concordance statistique entre leur présence et l'existence d'une contamination fécale quasi certaine. Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44°C. Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, on les désigne souvent sous le nom d'*Eschericia Coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacterfreundii*, Entérobacter aérogènes, *Klebsiellapneumoniiae* ...etc.).

➤ **Les streptocoques fécaux**

Les streptocoques fécaux sont toutes les bactéries Gram (+), de forme oblongue ou de coccidé sphériques légèrement ovales. Ils se disposent, le plus souvent, en diplocoques ou en chainettes.

I.7. Conclusion :

La pollution de l'eau est une menace grave qui résulte des activités humaines, telles que les rejets industriels, les déchets chimiques et les déversements d'hydrocarbures. Ces sources de pollution compromettent la qualité de l'eau et ont des effets néfastes sur les écosystèmes aquatiques et la santé publique. Cependant, il existe des solutions pour atténuer ce problème. L'une de ces solutions est l'utilisation de stations d'épuration des eaux usées.

Chapitre II :
L'épuration des eaux usées

II.1 Introduction

Le traitement des eaux usées est un processus essentiel pour la protection de l'environnement et de la santé publique. Il vise à traiter les eaux usées pour éliminer les polluants et les rejeter dans l'environnement. Il existe plusieurs étapes différentes du processus de traitement des eaux usées, dont chacune vise à réduire les polluants présents dans eaux d'égout.

II.2. Histoire des stations d'épuration :

L'histoire des stations d'épuration est liée à l'augmentation de la pollution des eaux, due à l'industrialisation et à l'urbanisation. Depuis l'Antiquité, les hommes ont cherché des solutions pour purifier l'eau, mais les premières stations d'épuration modernes ont été développées à la fin du 19ème siècle en Europe, en réponse à la pollution croissante des rivières.

La première station d'épuration moderne a été construite à Paris en 1889. Elle utilisait un système de décantation pour éliminer les matières en suspension. Cependant, cette technologie était limitée dans son efficacité et n'éliminait pas les matières organiques.

Aux États-Unis, la première station d'épuration moderne a été construite à Milwaukee, dans le Wisconsin, en 1913. Elle utilisait une méthode de traitement biologique pour éliminer les matières organiques des eaux usées. Cette technologie a été largement adoptée aux États-Unis et dans d'autres pays.

Dans les années 1950 et 1960, les stations d'épuration ont commencé à utiliser des processus chimiques pour éliminer les nutriments, tels que l'azote et le phosphore, des eaux usées. Cette technologie a permis de réduire la pollution des rivières et des lacs.

Dans les années 1970, des réglementations environnementales ont été adoptées dans de nombreux pays pour limiter la quantité de polluants rejetés dans les eaux usées. Cela a conduit à des améliorations significatives dans les technologies de traitement des eaux usées. Les stations d'épuration modernes utilisent maintenant une combinaison de méthodes biologiques, chimiques et physiques pour éliminer les contaminants des eaux usées.

Dans les années 1980 et 1990, les stations d'épuration ont commencé à utiliser des technologies plus avancées pour traiter les eaux usées. Les membranes d'ultrafiltration, les réacteurs à lit fluidisé et les filtres à sable ont été introduits dans les processus de traitement. Ces technologies ont permis de réduire considérablement les coûts de traitement et d'améliorer la qualité de l'eau traitée. [22].

Aujourd'hui, les stations d'épuration modernes sont des installations sophistiquées qui utilisent une combinaison de méthodes pour éliminer les polluants des eaux usées. Les technologies les plus récentes comprennent l'utilisation de systèmes de traitement anaérobie, de membranes d'osmose inverse et de réacteurs biologiques à membranes. L'objectif est de produire de l'eau propre et saine qui peut être utilisée pour l'irrigation, la consommation humaine et industrielle, ou être rejetée dans l'environnement sans causer de dommages.

II.3. Objectifs principaux d'une station d'épuration :

- 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 ;
- Réutilisation des eaux épurées dans le domaine de l'irrigation ;
- Économie importante de l'eau ;
- Eviter la surexploitation des nappes souterraines

II.4. Les différentes étapes du processus d'épuration des eaux usées :

II.4.1 Prétraitement :

Les dispositifs de prétraitement physique sont présents dans toutes les stations d'épuration, quels que soient les procédés mis en œuvre à l'aval. Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides ou les particuliers les plus grossiers [23]. Il comporte 4 parties principales :

II.4.1.1 Dégrillage :

Le dégrillage consiste à séparer les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute, en faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'écartement est bien calculé. L'efficacité du dégrillage est en fonction de l'écartement entre les barreaux de la grille ; on distingue.

- Pré dégrillage pour écartement 30 à 100 mm.
- Dégrillage moyen pour écartement 10 à 25 mm.
- Dégrillage fin pour écartement 3 à 10 mm.

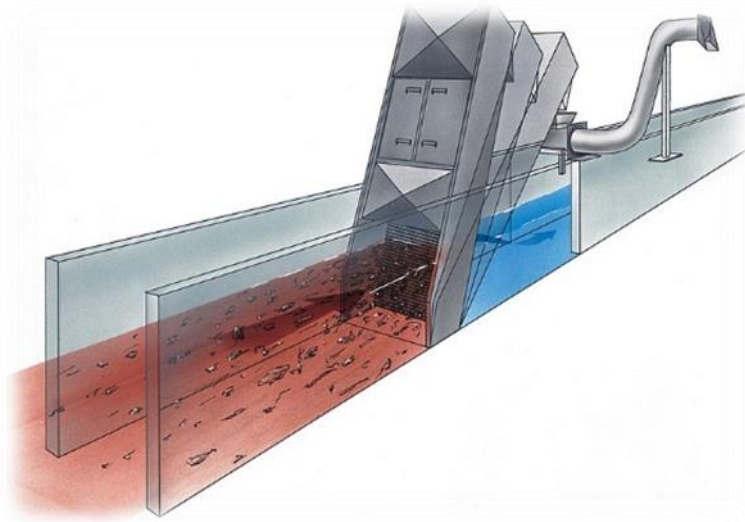


Figure II.1 : Schéma d'un dégrilleur [24]

II.4.1.2 Le dessablage :

Le dessablage consiste à retirer de l'effluent les sables et les particules minérales plus ou moins fines, afin de protéger les conduites et pompes contre la corrosion et éviter même le colmatage des canalisations par les dépôts au cours du traitement. La technique classique du dessabler consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse d'environ de 0.3m/s qui permet le dépôt d'une grande partie des sables [24].

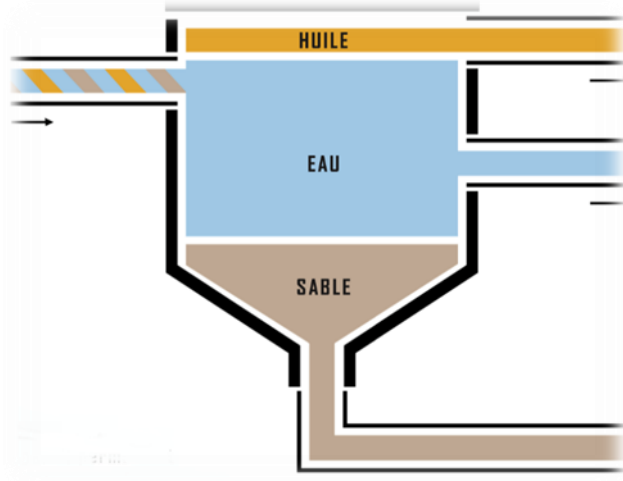


Figure II.2 : Schéma d'un dessableur [26]

II.4.1.3 Déshuilage-Dégraissage :

C'est un procédé destiné à éliminer les graisses et les huiles dans les eaux résiduaires. Les huiles et les graisses présentent plusieurs inconvénients pour le traitement

tel que : Envahissement des décanteurs

- Mauvaise diffusion de l'oxygène dans les décanteurs ;
- Mauvaise sédimentation dans les décanteurs ;
- Risque de bouchage des canalisations et des pompes ;
- Diminution du rendement du traitement qui arrive après [27].

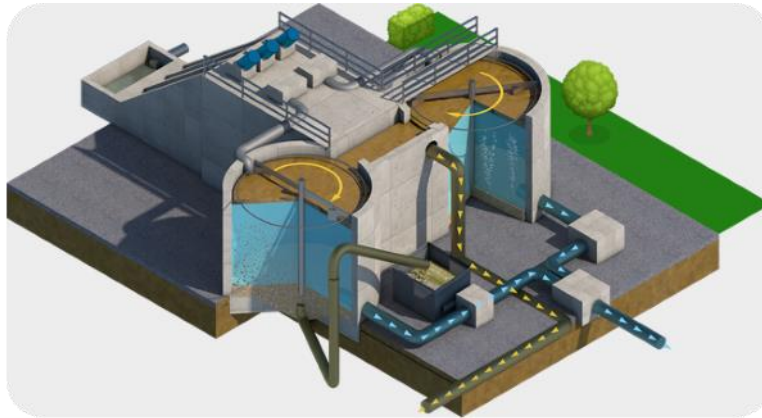


Figure II.3 : Schéma d'un déshuileur-dégraisseur [28]

II.4.2 Le traitement primaire (décantation primaire) :

Le traitement primaire consiste en une simple décantation. Elle permet d'alléger les traitements biologiques et physico-chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension. L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle (qui s'oppose à la décantation) [29].

La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1.2m/h, 40 à 60% de MES, soit 40% de MO, 10 à 30 % de virus, 50 à 90% des helminthes et moins de 50% des kystes de protozoaires et entraîne également avec elle une partie des micropolluante.

- **Décantation physique (naturelle) :**

La décantation est utilisée dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, c'est un procédé de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc dont la densité est supérieure à celle de l'eau ; elle s'effectue selon un processus dynamique, en assurant la séparation des deux phases solide-liquide de façon continue. Les particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée. Elle est dirigée vers un autre

stade d'épuration [29].

- **La décantation physico-chimique :**

Si les particules sont très fines (colloïdales), ils peuvent rester en suspension dans l'eau très longtemps, ces dernières n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation qui ont pour but de déstabiliser les particules en suspension et faciliter leur agglomération. Par l'injection des réactifs tels que : (le sulfate d'alumine, le sulfate ferrique) pour coagulation et pour la floculation on trouve : les flocculant minéraux, les flocculant organiques [30].

II.4.3 Le traitement biologique :

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Les microorganismes responsables de l'épuration s'agglomèrent sous forme de floccs et se développent en utilisant la pollution comme substrat nécessaire à la production d'énergie vitale et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes [31].

Les différents procédés biologiques d'épuration des eaux usées sont :

II.4.3.1 Procédés biologiques extensifs :

Ils reposent sur les phénomènes de l'autoépuration naturelle et ils demandent une faible énergie mais nécessitent, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Du point de vue économique, ils sont moins coûteux. Ce sont le lagunage, l'épandage, etc.

II.4.3.1.1 Le lagunage (culture libre) :

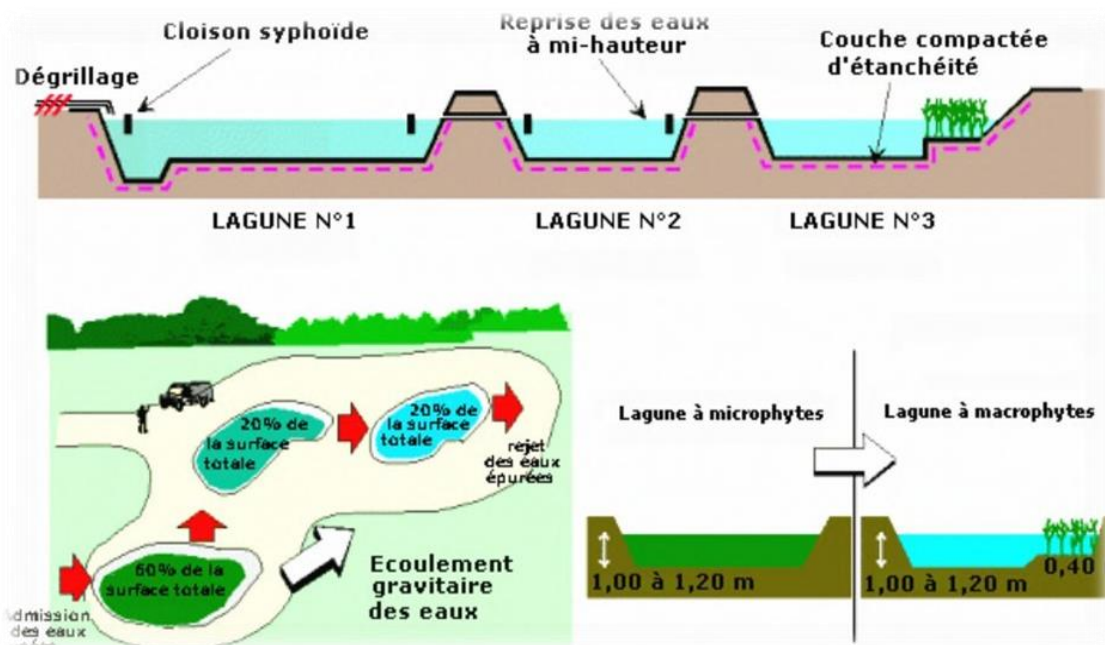
Le lagunage est un système biologique d'épuration qui repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux [32].

- **Lagunage naturel** : L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour dans plusieurs bassins étanches disposés en série. Le nombre de bassin le plus communément rencontré est 3.

Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure de bassins est exposée à la lumière ; ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carboné formé par les bactéries ainsi que les sels minéraux dans les eaux usées permettent aux algues de se multiplier, au fond du bassin où la lumière ne pénètre pas ; ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique [33].

- **Lagunage aéré** :

Il s'agit d'un ou plusieurs bassins de 2 à 4 mètres de profondeur, dans lesquels l'apport d'oxygène est fourni par un système artificiel (aérateurs de surface, diffuseurs d'air) [33]. Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 % à 90 % de la DBO, 20 % à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant



l'année [34].

Figure II.4 : lagunage naturel [34]

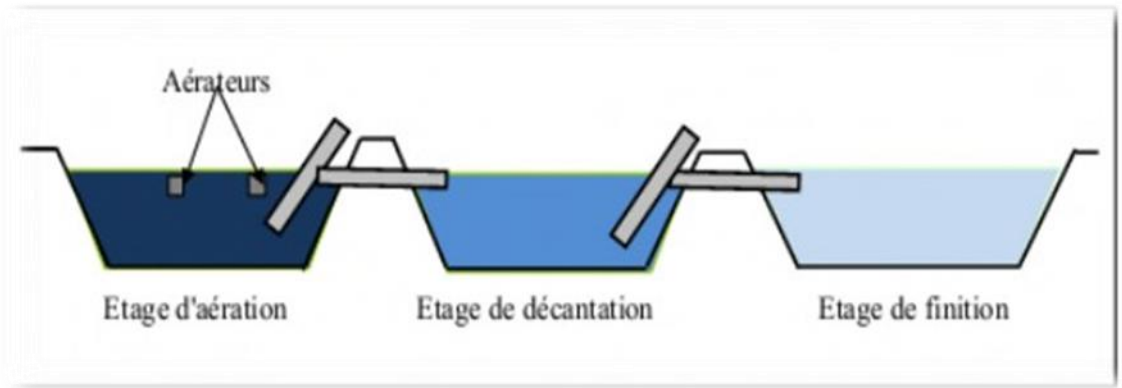


Figure II.5 : Le principe d'un lagunage aéré [36]

II.4.3.2 Procédés biologiques intensifs :

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel [29].

II.4.3.2.1. Disques biologiques (cultures fixées) :

Les disques biologiques ou bio disques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts par un bio film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr mn⁻¹. Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel [37].

II.4.3.2.2 Lits bactériens (cultures fixées) :

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contrecourant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux.

Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO₅ [38].

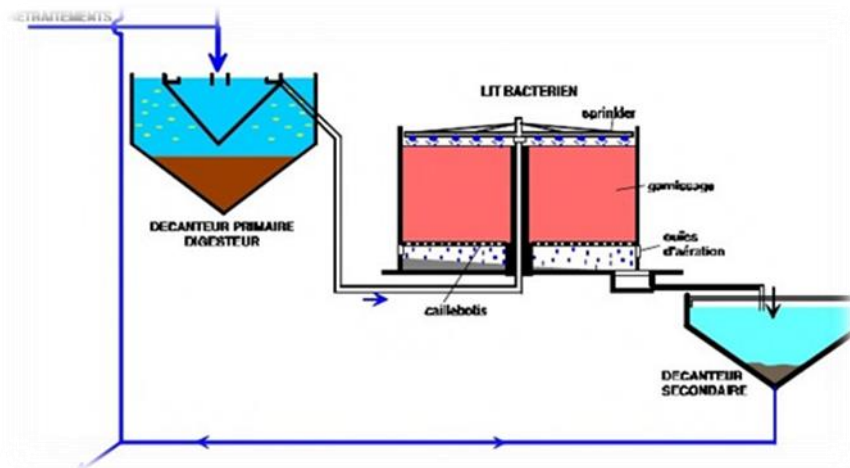


Figure II.6 : Lit bactérien [39]

II.4.3.2.3 Les boues activées :

II.4.3.2.3.1 Généralités sur les boues activées :

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester et repose sur la constatation suivante : une eau d'égout aérée permet le développement rapide d'une flore bactérienne capable de dégrader des matières organiques polluantes. Dans les conditions idéales d'aération, les micro-organismes d'une eau usée se développent et s'agglomèrent en floccs. Au repos, ces derniers se séparent très bien de la phase liquide par décantation. Le principe du procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un flocc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'aération). Afin d'éviter la décantation des floccs dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante [40].

II.4.3.2.3.2 Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées :

Le procédé à boues activées est défini par les paramètres suivants :

- La charge massique ;
- La charge volumique ;
- Age des boues ;
- Indice de Mohlman ;
- Besoin en oxygène ;

a. La charge massique :

C'est la quantité de DBO₅ (en kg/j) rapportée à la masse de matières en

suspension totales contenues dans l'ouvrage de volume V. Elle s'exprime en kg DBO₅/ (kg MEST. j), est parfois rapportée à la masse de micro-organismes ou de matières volatiles sèches (MVS) contenues dans l'ouvrage. Elle s'exprime alors en kg DBO/ (j. kg MVS) [41].

$$C_m = \frac{[DBO_5].Q_J}{V_{ab}.MVS} \dots \dots \dots \text{(II.1)}$$

C_m : kg DBO₅ / kg MES T/j.

V_{ab} (m³) : volume de bassin d'aération.

MVS (kg/m³) : concentration en matière sachée

Q_J (m³ /j) : débit journalier d'eaux résiduaires à épurer.

b. La charge volumique (C_v) :

Elle correspond à la quantité journalière de DBO₅ (en kg/j) à dégrader dans le volume V (m³) de l'ouvrage. Elle s'exprime en kg DBO₅/ (j .m³) [42]

$$C_v = \frac{[DBO_5].Q_J}{V_{ab}} \dots \dots \dots \text{(II.2)}$$

C_v est exprimé en kg DBO₅ / m³. j.

b. Age des boues :

L'âge des boues est la durée d'aération subie par la boue avant son élimination. L'âge des boues est défini comme étant le rapport entre la masse des boues présentes dans le réacteur.

$$Age = \frac{C_{b.t}}{V_{b.ex}} = \frac{MES_{AB}V_{AB}}{C_{b.ex}} \dots \dots \dots \text{(II.3)}$$

Age : âge des boues (h).

C_{b.t} : concentration en solide (ou solide volatil) de la liqueur mixte (mg/l).

C_{b.ex} : concentration en solide (ou solide volatil) des boues (mg/l).

L'âge des boues est inversement proportionnel à la charge massique

c. Indice des boues :

L'indice de MOHLMAN se définit comme le volume occupé après décantation de 30 minutes d'un échantillon de boues correspondant à 1mg de matières sèche [42]. L'indice de MOHLMAN est représenté par le rapport :

$$IM = \frac{\text{boues décantées en ml/l}}{\text{masse de la matière sèche mg/l}} \dots\dots\dots \text{(II.4).}$$

d. Besoins en oxygène :

Afin de garantir aux micro-organismes des conditions satisfaisantes de croissance tout en assurant un fonctionnement normal ; il faudrait maintenir la concentration en oxygène dans le bassin d'aération supérieur à 0.5 et 2 mg/l en tout temps et quel que soit la charge [43].

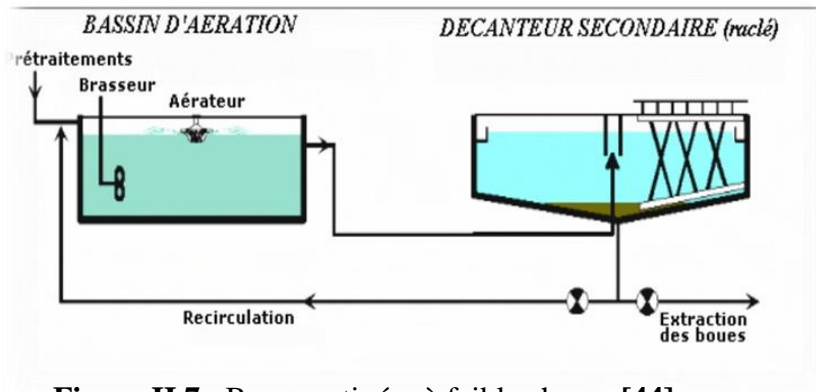


Figure II.7 : Boues activées à faible charge [44]

II.4.3.2.3.3 Paramètres influençant :

Le fonctionnement des bassins d'aération Le processus aux boues activées peut être influencé par plusieurs facteurs. On se doit de créer des conditions optimales de fonctionnement afin d'obtenir un traitement des eaux usées le plus performant possible [41]. Les paramètres les plus importants et surtout critiques sont les suivants :

a. Inhibitions liées aux paramètres caractéristiques des eaux brutes :

Les caractéristiques des eaux usées entrantes à une station d'épuration à boues activées influencent le traitement au sein du bassin d'aération.

➤ **Débit d'alimentation**

Chaque station d'épuration des eaux usées est développée pour être capable de traiter une certaine quantité de matière organique. Cette quantité ou charge organique est

généralement exprimée en kg DBO ou DCO par jour ou en Equivalent Habitant = 1 EH = 54 g DBO où un Equivalent habitant est l'unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour [41].

Il est primordial de respecter la charge maximale et de ne pas la dépasser. Cette charge maximale est la charge prise en compte lors du dimensionnement du réacteur. Il est aussi très important que cette charge soit homogène si l'on veut obtenir un effluent de qualité à tout instant. Les pics de charge doivent impérativement être évités. Lorsque cette charge organique nominale est dépassée, on parle de surcharge du système. Les appareils pour l'aération de l'eau usée ne pourront pas suivre et fournir la quantité d'oxygène nécessaire. Une telle situation a un impact très négatif sur le processus de traitement.

Détérioration de la qualité de l'effluent : teneur en O₂ insuffisante pour oxyder/dégrader tous les composés organiques (DBO/DCO).

- ✓ Conditions anaérobies à l'intérieur des boues activées : production microbiologique d'acides gras et de H₂S (= problème d'odeur).

La composition de l'eau usée est également très importante. En général, la culture bactérienne se forme en fonction de la composition de l'eau usée entrante. Les grands changements dans la composition ou quantité d'eau ne peuvent être traités de manière optimale.

➤ pH

Les valeurs de pH extrêmes (supérieures à 9,5 et inférieures à 2,5) donnent lieu à une forte dégradation de la qualité de la boue. Il est évident que dans de telles conditions de pH, les boues activées subissent de fortes modifications du point de vue physico-chimique et biologique. Plus particulièrement, les plus fortes valeurs de pH donnent lieu à des hydrolyses des constituants organiques des flocons et des polymères extra cellulaires qui changent considérablement les propriétés des boues [41].

Ainsi, une augmentation du pH entraîne un accroissement de la charge négative des flocons et engendre des effets de répulsion plus intenses entre particules, contribuant fortement à créer une résistance à l'écoulement. D'autre part, aux plus forts pH, la matrice des flocons est plus étendue et par conséquent, les interactions entre flocons sont plus marquées et la viscosité augmente [41].

➤ **Température**

La température de l'eau usée a une influence majeure sur le taux de biodégradation dans le bassin d'aération (conversion en CO₂, H₂O et composés minéraux). Plus la température est élevée, plus le processus de biodégradation est rapide (plus 10°C = vitesse de réaction x 2) [41].

Les systèmes aux boues activées opèrent normalement sous une température de 5 à 35 °C (température mésophile). La température dans un tel système, détermine le taux et la vitesse des réactions de dégradation biochimique. Plus la température est importante, plus les réactions sont rapides :

- Dégradation du substrat ;
- Accroissement de la biomasse ;
- Nitrification/dénitrification.

En résumé : Une station d'épuration travaille plus efficacement à une haute température. Les réactions de nitrification sont particulièrement influencées par la température. Le taux de nitrification diminue considérablement lorsque la température descend en dessous de 20°C et est pratiquement nul si une température de 10°C est atteinte. Les réactions de dénitrification dépendent un peu moins de la température [41].

➤ **Nutriments**

L'azote et le phosphore sont des nutriments essentiels qui doivent être présent dans l'influent selon un rapport bien défini. Si la concentration de P et N est trop basse, cela va influencer négativement l'activité et la capacité de sédimentation des boues (structure en flocons).

Les micro-organismes ont aussi besoin de micronutriments outre Net P. En littérature, on parle de Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Cr et Co comme les micronutriments les plus importants.

Si les nutriments ne sont pas disponibles en quantité suffisante dans l'eau usée brute, ils doivent être ajoutés. Cela implique l'ajout de N et P en premier lieu, mais il est aussi possible que d'autres éléments soient dosés dans l'eau usée (en particulier pour le traitement de condensats).

Si un déficit de N et P dure trop longtemps (>4 jours), l'activité des boues peut se trouver réduite considérablement. De plus, la structure cellulaire des boues est fragilisée. Il y a

donc de grandes chances que l'effluent soit moins clair en sortie du traitement.

➤ **Composés toxiques**

Dans certaines circonstances, l'efficacité d'un système aux boues activées peut soudainement diminuer, et dans le pire cas, être nulle. Des composés toxiques présents dans l'influent sont normalement à l'origine de ce phénomène. Une fois dans le bioréacteur, ces substances inhibitrices ont un effet négatif sur l'activité biologique.

Exemples d'inhibition : toxicité due aux métaux lourds, empoisonnement par des composés organiques particuliers (phénols, détergents cationiques, antibiotiques, etc.), présence d'oxydants forts, etc.

L'effet de toxicité sur un procédé de traitement des eaux usées peut être divisé en 3 catégories :

- Inhibition de l'activité : la population microbologique travaille encore, mais à un moins bon rendement qu'à l'habitude.
- Arrêt total de l'activité microbienne : toutes les bactéries meurent, ou sont « capturées » dans un état végétatif statique, dans lequel elles sont métaboliquement inactives. Dans certains cas, l'activité biologique peut reprendre une fois les composés toxiques supprimés du bioréacteur
- La troisième catégorie est une forme de toxicité plus spécifique. L'activité générale n'est pas affectée, seule la dégradation d'une certaine sorte de substrat est inhibée. Ce problème est souvent rencontré dans des systèmes où des composés xénobiotiques sont dégradés par co-métabolisme

Afin d'évaluer l'impact d'une inhibition sur un procédé de boues activées, il est important de connaître les mécanismes à l'origine de la toxicité de certaines substances. Les composés cellulaires et processus suivant sont sensibles aux effets toxiques

- L'enveloppe cellulaire d'une bactérie peut être complètement détruite par les métaux lourds, phénols, détergents, ammonium quaternaire ou certains alcools.
- Le changement de structure de certaines protéines/enzymes, avec comme résultat une perte de fonction cellulaire. Ceci peut être causé par des halogènes, phénols et autres alcools.
- Interférence avec l'activité intracellulaire des enzymes peuvent ralentir voire stopper le métabolisme. Les composés toxiques produisant cet effet sont : la

cyanite, les oxydants forts (chlore, hypochlorite, etc.), phénols, métaux et métalloïdes

- Interférence avec la production d'acides nucléiques (= ADN et ARN) peuvent inhiber la reproduction bactérienne (= division cellulaire). Les métaux lourds génèrent ces effets toxiques.

b. Problèmes biologiques :

➤ **Inhibition par les bactéries filamenteuses**

Les bactéries filamenteuses, de même que les bactéries floconneuses, contribuent au procédé de traitement des eaux usées. Cependant, une croissance massive des microorganismes filamenteux conduit à la détérioration des propriétés de décantation et déshydratation de la boue. Un amas de filaments se crée et la migration des particules de boues jusqu'au fond du bassin est sérieusement contrariée. En d'autres termes, les filaments peuvent être à l'origine d'une mauvaise sédimentation des boues.

La taille de la population en micro-organismes filamenteux dans un système de boues activées peut varier grandement et est souvent reflétée par l'index en filament (= FI). Cet index part de 0 (= absence presque totale de filaments) et termine à 5 (très grand excès de filament). La différence de quantité de filaments entre 2 niveaux FI successifs correspond à peu près à un facteur 10. L'utilisation de l'index de filament induit une certaine expérience et interprétation de chercheur/opérateur.

Remarque : De grandes quantités de bactéries filamenteuses dans la boue activée ont aussi un effet négatif sur l'efficacité de l'aération.

➤ **Inhibition par les mousses**

Les mousses sont des végétaux acotylédones cellulaires, à tige simple ou composé, à racines ramifiées et composés d'une seule série de cellules allongées, à feuilles insérées horizontalement et disposés en spirales.

Les mousses forment des amas de flottants très stables de couleur marron clair à foncé et de structure visqueuse. Leur densité tend à s'accroître progressivement au cours du temps.

Ces mousses sont peu déstructurées par une agitation de surface et reforment rapidement un tapis uniforme en absence d'agitation. Les bulles de gaz favorisent la flottation. Ces flottants constituent un milieu favorable au développement privilégié de certaines bactéries filamenteuses responsables de moussage.

L'apparition d'une petite quantité de mousse dans une station d'épuration est plutôt normale, même quand le système fonctionne normalement. Cependant, si cette mousse est en abondance à la surface des bassins d'aération et de clarification ce n'est pas normal. Ce moussage extrême peut être expliqué par plusieurs phénomènes :

- Présence de fortes concentrations en détergents et matières grasses ;
- pH trop haut ou trop bas ;
- Manque d'oxygène ;
- Manque de nutriments ;
- Boue trop vieille.

Dans certains cas extrêmes, les mousses peuvent représenter jusqu'à 1/3 de la biomasse totale, avec des concentrations en matières sèches pouvant atteindre 100 g/l, voire des hauteurs dépassant un mètre. Les paramètres de fonctionnement (charge massique) et d'exploitation de la station sont alors fortement dégradés par cette situation (diminution du transfert d'oxygène).

c. Problèmes mécaniques :

✓ Problèmes d'aération

L'apport d'oxygène est indispensable pour oxyder la matière organique et l'ammonium grâce à la biomasse présente. Un manque d'oxygène influence immédiatement l'efficacité d'abattement. L'oxygène doit être fourni sous forme dissoute, d'où le terme oxygène dissous (OD).

Une concentration OD minimale entre 1 et 2 mg O₂/L doit être conservée dans le bassin d'aération.

L'approvisionnement en O₂ peut être effectué à l'aide d'aérateurs de surface (amène l'eau en contact avec l'air environnant), d'une aération à fines bulles (injection de petites bulles d'air dans l'eau) ou d'un aérateur immergé. Il arrive parfois que l'oxygène pur soit utilisé pour l'aération de station d'épuration.

L'aération consiste en 2 procédés de base :

- **Processus physique** : l'oxygène est dans l'eau et ensuite transporté vers les flocons de boue (diffusion et turbulence).

- **Processus biochimique** : avant que l'oxygène puisse être utilisé par les cellules organiques, les molécules d'O₂ doivent être diffusées à travers la membrane cellulaire.

Evidemment, le transfert d'oxygène dans un système biologique est influencé par de nombreux facteurs : composition de l'eau usée, température, type d'aération, caractéristiques des boues et configuration du réacteur.

Une déficience en oxygène dans une station d'épuration peut être causée par des facteurs biochimiques ainsi que physiques (dysfonctionnement du système d'aération).

Les principaux facteurs biochimiques induisant un déficit en OD et par conséquent un mauvais fonctionnement du réacteur biologique sont :

- Une surcharge organique : charge supérieure à la charge maximale définie ;
- Un excès de matières grasses, huiles ou autres surfactants dans le bioréacteur ;
- Une Concentration en boue trop importante : impact négatif sur le taux de transfert d'oxygène et augmentation de la respiration endogène ;
- Amas volumineux de boue : boue filamenteuse (*Nocardia*) ;
- Les problèmes du système d'aération.

Un manque prolongé d'oxygène peut conduire à :

- La diminution de l'efficacité d'abattement ;
- La formation d'une biomasse filamenteuse, donc moins bonne décantation ;
- La nuisance olfactive, due à la formation d'acides volatils et H₂S dans des conditions anaérobies ;
- L'arrêt total des réactions de nitrification (= oxydation de N-NH₄) et donc plus de suppression d'azote.

Des concentrations d'oxygène trop élevées n'influencent pas directement l'efficacité d'abattement, mais les concentrations de O.D > 5 mg O₂/L doivent être évitées car :

- Gaspillage d'énergie.
- Plus petits flocons (= mauvaise décantation /effluent turbide).
- Peut être à l'origine de la formation de filaments.

✓ **Dysfonctionnement lié aux agitateurs**

Un dysfonctionnement des agitateurs (panne, puissance spécifique insuffisante) peut induire la formation de dépôts en fond d'ouvrage et créer des zones d'anaérobie favorables

au développement de populations de bactéries filamenteuses (aération moindre, septicité).

Lors de sa mise en place à la construction, une mauvaise position de l'agitateur au sein du bassin (angle, positionnement/muret, hauteur d'immersion...) ou la présence d'un obstacle (guides latéraux des raquettes de diffuseurs surdimensionnés, canaux traversiers...) devant celui-ci pénalisera fortement son efficacité et peut créer des mouvements hydrauliques contraires à ceux recherchés (spiral-flow).

De plus, l'observation visuelle des remontées de bulles (en insufflation d'air) permet d'appréhender l'existence de spiral-flow entre l'agitateur et la première raquette de diffuseurs. L'observation d'un contre-courant de surface au-devant de l'agitateur, aération et agitation en marche, ou la présence continue de mousse stable en certains points du bassin, laissent supposer un mauvais fonctionnement hydraulique.

De même, l'arrivée des bulles d'air dans la zone de balayage des pales témoigne d'une mauvaise implantation de l'appareil [41].

II.4.3.2.4 Décantation secondaire :

Le clarificateur est un bassin circulaire, équipé d'un point racleur. La liqueur mixte, venant des bassins biologiques via la deuxième chambre de répartition est séparée en eau épurée et boues biologiques par décantation. Les boues décantées sont siphonnées par une pompe à vide, une partie sera acheminée vers la première chambre du répartiteur assurant la recirculation des boues contenant la culture bactérienne épuratrice. Afin de maintenir la concentration en biomasse nécessaire dans ce bassin, l'autre partie sera transmise au flotteur [45].



Figure II.8 : décanteur secondaire « clarificateur » [46]

II.4.4 Le traitement tertiaire :

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes pathogènes, qui nécessitent la mise en œuvre de traitements tertiaires [47]. Il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires.

a) L'élimination de l'azote :

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification – dénitrification. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des procédés physiques et physico-chimiques complémentaires permettent l'élimination de l'azote par : électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "strippage" de l'ammoniaque, mais ces traitements ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût [48].

L'élimination de l'azote se fait généralement selon un processus biologique en deux étapes importantes.

- **La nitrification** : La nitrification est un processus se déroulant sous l'action de certains micro-organismes spécifiques et qui conduit à la transformation de l'ammoniac (ou de l'ammonium) en nitrate en 2 étapes : - Nitrosation : sous l'action de bactéries nitreuses aérobies (Nitrosomonas). - Nitration : par les bactéries nitrifiantes aérobies (Nitrobacter). La nitrification est une des étapes du traitement d'une eau usée qui vise la transformation de l'ammonium (NH_4^+) en nitrate (NO_3^-). Cette transformation est réalisée par des bactéries, en milieu aérobie
- **La dénitrification** : est un processus anaérobie par lequel les nitrates sont réduits en azote et en oxydes d'azote. Les micro-organismes utilisent les nitrates comme source d'oxydante à la place de l'oxygène et en présence d'une source d'un carbone organique qui doit être apportée dans le milieu [49].

b) L'élimination du phosphore :

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques,

les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues [50].

c) Elimination et traitement des odeurs :

Les eaux usées, chargées en matières organiques particulières et dissoutes, peuvent induire directement ou indirectement, par l'intermédiaire de leurs sous-produits d'épuration (graisses, boues), la formation d'odeurs désagréables suivant un processus de fermentation. Les odeurs provenant des STEP sont dues aux gaz, aérosols ou vapeurs émises par certains produits contenus dans les eaux usées ou dans les composés se formant au cours des différentes phases de traitement.

Les sources les plus importantes d'odeurs sont :

- Les prétraitements.
- Les boues et leur traitement.

Pour éviter ces nuisances, les ouvrages sensibles seront couverts et munis d'un système de ventilation ainsi que d'une unité de traitement biologique des odeurs.

On distingue généralement deux types de traitement biologique des odeurs : les bio-filtres et les bio-laveurs. Dans les premiers, la biomasse est supportée par un plancher spécifique et l'air traverse le massif (souvent de la tourbe). Les seconds réalisent un deuxième filtre grâce à une suspension. La biomasse est libre, et l'épuration se produit dans un réacteur [51].

d) La désinfection :

Un abaissement de la teneur des germes, parfois exigé pour les rejets dans des zones spécifiques (zones de baignade, zones de conchylicoles) ou dans le cadre d'une réutilisation, il sera réalisé par des traitements de désinfection chimique par :

- **Le chlore** : est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec le micro-organisme. Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont : le chlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium (Na ClO) appelé communément " eau de Javel", l'hypochlorite de calcium (Ca (ClO)_2), le chlore de chaux ($\text{Ca Cl}_2 \cdot \text{O Cl}_2$) et le chlorite de sodium (Na ClO_2).
- **L'ozone (O_3)** : est un oxydant puissant, la désinfection par l' O_3 est utilisée aux États-Unis, en Afrique du Sud et au Moyen Orient essentiellement. Il permet

l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus. Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité.

Il existe aussi des traitements physiques tel que :

- **Les rayons ultraviolets** : qui consistent à utiliser des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées.
- **La filtration** : est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension. L'élimination des virus, des bactéries et des protozoaires est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée [52].

II.4.5 Le traitement des boues :

Les boues constituant le résidu principal des stations d'épuration. Le traitement des boues représente 30% de l'investissement dans la construction d'une station d'épuration. Le traitement des boues a pour objectifs de :

- Réduire la fraction organique afin de diminuer leur pouvoir fermentescible et les risques de contamination (stabilisation) ;
- Diminuer leur volume total afin de réduire leur coût d'évacuation (déshydratation) [53].

II.5. Conclusion :

Le processus d'épuration des eaux usées est essentiel pour préserver notre environnement et garantir la disponibilité d'eau propre. À travers différentes étapes, les installations de traitement des eaux usées éliminent les polluants et les contaminants présents dans les eaux usées, les rendant ainsi sûres pour être rejetées dans l'environnement ou réutilisées.

Les différentes étapes du processus d'épuration des eaux usées comprennent

généralement le prétraitement, le traitement biologique, le traitement physique et chimique, ainsi que la désinfection finale. Le prétraitement vise à éliminer les solides grossiers, les graisses et les huiles, tandis que le traitement biologique utilise des micro-organismes pour décomposer les substances organiques.

Le traitement physique et chimique implique l'utilisation de processus tels que la floculation, la décantation et la filtration pour éliminer les particules en suspension, les composés chimiques et les substances indésirables. Enfin, la désinfection finale permet de tuer les micro-organismes restants avant le rejet dans l'environnement.

Il est important de souligner que le processus d'épuration des eaux usées peut varier d'une installation à l'autre en fonction de divers facteurs tels que la capacité de traitement, les réglementations locales et les objectifs spécifiques de la réutilisation de l'eau.

Chapitre III :
Présentation du site d'étude
: STEP DE Zeghaïa — Oued
Endja

III.1. Introduction

La station d'épuration de ZEGHAÏA (figure 1) est conçue pour traiter les eaux usées urbaines d'une population équivalente à 38.000 E.H. et 57.000 E.H. respectivement aux horizons 2015 et 2030.

Cette proposition est basée sur les mêmes principes que ceux définis dans l'appel d'offres rédigé par l'office national de l'assainissement (ONA).



Figure III.1 : La station d'épuration de Zeghaïa — Oued Endja.

III.2. Présentation de la ville de Zeghaïa :

La commune de Zeghaïa est localisée au centre-est de la wilaya de Mila à 7 km de Mila par la RN79. La ville de Zeghaïa est construite en pente nord-sud au pied d'une montagne, dite Essatour qui culmine à 615 mètres. Au nord se trouve le barrage de Beni Haroun qui recouvre le lit de l'Oued Endja.



Figure III.2 : Une Carte de localisation de la ville de Zeghaïa (Google-maps 2023).

III.3. La localisation de la STEP Zeghaïa — Oued Endja :

La STEP de Zeghaïa est située sur le bassin versant de barrage de Beni Haroun. Son objectif est de protéger les eaux du barrage de Beni Haroun. Elle est mise en service en novembre 2018.

Les coordonnées de localisation géographique selon le GPS sont :

- 36°27'05."N 7°06'07.30"E.



Figure III.3: Vue de ciel de la station d'épuration Zeghaïa — Oued Endja.

III.4. Le Principe de traitement de la STEP Zeghaïa — Oued Endja :

La station comporte une ligne EAU, une ligne BOUE, une ligne AUTRES DECHETS, un traitement des odeurs et les utilitaires nécessaires au bon fonctionnement de l'ensemble.

A ceci viennent s'ajouter les éléments nécessaires à l'exploitation par le personnel et donc le bâtiment administratif comportant les bureaux, sanitaires, réfectoires mais aussi les ateliers pour favoriser la maintenance de l'ensemble.

III.5. L'impact de la station d'épuration :

- D'éliminer la pollution organique et réduire la pollution liée aux nutriments (azote ET phosphore)
- De produire une boue déshydratée avec une siccité finale de 40% et traiter les odeurs de l'atelier de prétraitement et du traitement des boues.

III.6. Les étapes de traitement de la STEP :

- Un ouvrage de réception
- Un dégrillage fin
- Un limiteur de débit
- Un dessablage –désuilage
- Un traitement biologique par boues activées
- Un traitement des boues déshydratation mécanique
- Un traitement des odeurs pour la zone « prétraitement » et un traitement des odeurs pour la zone « boues »

III.7. La méthode de traitement dans la Station d'épuration Zeghaïa :

III.7.1. Prétraitement :

L'effluent brut arrive en tête de station par pompage et subit un prétraitement l'effluent (dégrillage fin et dessablage –désuilage).

III.7.1.1 Chambre d'arrivée et de limitation de débit :

Les eaux arrivent sous pression à la station dans une chambre d'arrivée et de tranquillisation.

III.7.1.2 Dégrillage fin :

Les eaux brutes arrivent gravitaire ment à partir de la chambre de réception vers le prétraitement. Les eaux usées sont dé grillées à l'aide de tamis d'une maille de 10 mm comme le génie civil doit être conçu pour recevoir le stade final (2030), il est directement installé la capacité de dégrillage fin pour ce stade.

Les tamis sont intaillés dans des chenaux munis de vannes d'isolement amont / aval

Les refus de dégrillage sont repris au moyen d'une vis compacteurs. Ceux-ci sont déposés dans un tamis (S1101/2/3), nombre d'unités : 3 (2S+1R), débit maximum : 353m³/h, nombre d'unités 1(1S+0R);

III.7.1.3 Chambre de limitation de débit :

La station est équipée d'une limitation de débit vers les unités traitement, située à l'aval du dégrillage fin, cette limitation de débit est réalisée par un module à masques équipé de vannettes.



Figure III.4 : les dégrilleurs fins.

III.7.1.4 Dessablage –Déshuilage

Le dessablage –déshuilage est réalisé dans deux ouvrages parallèles et est du type dessableur-déshuileur aéré.

Il est du type dessableur –déshuileur aéré rectangulaire

- Elimination de 90% de sable 150 μ m
- Elimination de 100% de sable de plus de 200 μ m
- Le temps de séjour hydraulique minimum est pour rencontrer la première condition est de 6,8 minutes et de 6,1 minutes pour la deuxième condition. Le temps de séjour retenu est de 7 minutes à débit maximum ;
- Nombre d'unités : 2, longueur totale d'une unité : 5,4 m, largeur totale d'une unité 4,45 m
- Hauteur : 2,81 m, pente pyramide : 45°, H pyramide : 1,15m, H totale : 3,96 m, Volume : 59,2 m³ ;
- Le débit de l'air –lift est de 20 m³/h par ligne (fonctionnement de l'aire-lift : une ligne à la fois)
- Les flottants sont collectés dans deux chambres accolées aux des sableurs.

Sont éliminées vers le réseau d'égouttage procès alors que les matières flottantes sont reprises par camion vidangeur.



Figure III.5 : Déshuilage-Dessablage.

III.7.1.5 Chambre de répartition :

Aménagé en sortie des dessabler-déshuileurs et assure la répartition des eaux vers les deux lignes de traitement biologique et trois lignes pour le stade 2030. Cette chambre reçoit les eaux de retour de la déshydratation.

III.7.2. Traitements biologiques (La méthode LUCAS WATERLEAU) :

Dans une station d'épuration d'eaux usées, le traitement biologique permet de réduire les divers types de pollution contenue dans l'eau. Il s'attaque indifféremment à la pollution soluble que la pollution en Mes. Il réalise l'élimination de la pollution carbonée, azotée et contribue à l'élimination du phosphore par biosorption.

Le principe fondamental des traitements par boues activées est de transformer la pollution par un ensemble complexe de réactions biologiques qui transforment la pollution notamment en eau, dioxyde de carbone, azote gazeux, boues biologiques (résultant de la croissance microbienne) et autres sous-produits. Ces réactions complexes se réalisent dans le bassin biologique. Il faut ensuite séparer la boue produite de l'eau et réinjecter cette boue en tête de traitement pour 'ensemencer' en continu le traitement biologique pour arriver à un taux élevé de micro-organismes assurant une taille raisonnable des ouvrages. Cette opération a lieu Lors de la clarification.

Le traitement par boues activées classique comporte :

- Un bassin biologique constitué d'une partie anaérobie (sélecteur/biodéphosphation), d'une partie anoxique (réduction des nitrates et oxydation de la pollution organique) et d'une partie aérobie (oxydation de la matière organique et de l'azote organique et minéral) ;
- Un clarificateur assurant la séparation des eaux épurées de la boue

biologique ;

- Une station de pompage pour recirculer les boues biologiques en tête du traitement biologique (ensemencement) et pour extraire les boues en excès pour les diriger vers le traitement des boues.

Ce type de traitement peut être réalisé suivant différents concepts et dans de multiples configurations.

Une des solutions possibles est la technique du **SBR (Sequencing Batch Reactor)** améliorée proposée par WATERLEAU GROUP consistant en plusieurs réacteurs biologiques combinés assurant une alimentation continue en influent et une décharge continue de l'effluent épuré. Cet agencement hybride constitue le cœur du Lucas@-system. Ce dernier se conjugue en un ensemble d'un, deux, trois, voire quatre bassins biologiques travaillant chacun sur base du principe du SBR.

Le principe de base est un traitement par boues activées réalisé dans des réacteurs multiples. Ceux-ci sont construits et connectés hydrauliquement par des orifices noyés dans les parois communes.

C'est un procédé cyclique combinant tous les avantages d'un procédé continu comme le traitement par boues activées classiques combinés avec ceux de réacteurs discontinus (SBR) contrôlés sur une base de temps.

Comme le traitement classique, il travaille à niveau d'eau constant dans les différents compartiments.

A l'image des procédés par batch (SBR), chacun des réacteurs travaille suivant un cycle basé sur le 'temps' (« Control-in-time »).

La figure suivante résume le mode de fonctionnement hydraulique de la configuration proposée (Lucas- 3 system). L'ensemble des réacteurs forme un système à biomasse traitant les eaux usées.

Le cycle présente des phases :

- De remplissage, de repos et de sédimentation pour les deux bassins extérieurs
- D'aération, d'anoxies et d'anaérobioses pour les bassins extérieurs, uniquement d'anoxie et d'aération pour le bassin central. Ceci est figuré dans la figure **III.6**.

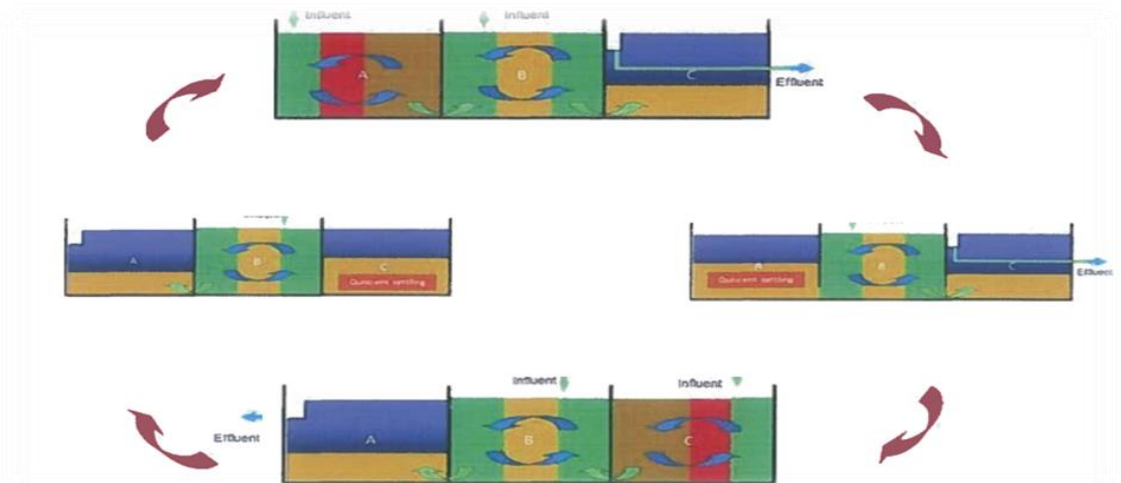


Figure III.6 : Schéma hydraulique du système LUCASO 3.

Codes couleurs:

Couleur verte: Anoxie (Absence d'oxygène ET présence de nitrate)

Couleur rouge: Anaérobie (Absence d'oxygène ET absence de nitrate)

Couleur brune: Aérobie (Présence d'oxygène ET présence de nitrate)



Figure III.7: Les bassins biologiques.

Le fonctionnement du procédé comporte un cycle comportant deux phases principales et deux phases intermédiaires. Ces dernières, de courtes durées sont intercalées entre les phases principales.

Les différentes fonctions remplies par les différentes phases dans les différents bassins sont reprises dans le tableau matriciel donné plus avant.

Les principales phases du procédé sont:

- Le remplissage

- L'élimination de la pollution (carbone, azote, phosphore)
- La décantation

III.7.2.1 ALIMENTATION :

Les eaux usées sont introduites dans un réacteur agité (et éventuellement aéré) remplis partiellement de boues décantées (du cycle précédent).

Durant cette phase, les boues activées dans ce réacteur absorbent les composés organiques biodégradables et procède à la nitrification/dénitrification. Cette phase est appelée ici « phase d'accumulation ». Les paramètres biologiques de fonctionnement sont temporairement proches des conditions de fonctionnement d'un sélecteur en traitement à boues activées classique.

III.7.2.2 RÉGÉNÉRATION :

Durant cette phase du traitement, les boues activées sont aérées (ou agitées pour permettre la dénitrification). Les microorganismes « digèrent » la pollution biodégradable absorbée lors de la phase précédente. Cette phase travaille dans des conditions similaires à celles observées dans les traitements à boues activées conventionnels avec différentes phases anoxie/aérobie.

L'alternance Alimentation — Régénération rend optimal la croissance d'une population microbienne dense bien floculée présentant des bonnes caractéristiques de décantation.

III.7.2.3 DÉCANTATION :

Cette période correspond à un réacteur complètement au « repos », il n'est ni alimenté en eau brute, ni aéré, ni mélangé. Les conditions sont propices à une floculation des micro-organismes et à une sédimentation de ceux-ci. Il n'y a donc pas d'interférences entre des flux ascendant et descendant et rien ne perturbe la décantation des flocs microbiens.

Ce type de circonstance n'existe pas dans le schéma traditionnel du traitement à boues activées, la clarification étant alimentée en continu.

Il apparaît une stratification bien marquée entre un effluent clarifié dans la partie supérieure et une liqueur mixte concentrée dans le bas du réacteur.

III.7.2.4 DÉCHARGE :

Pendant cette partie du cycle, la fraction supérieure clarifiée s'écoule hors du réacteur — décanteur alors que les boues continuent à décanter.

Le lit de boues n'est pas traversé par un flux contraire. Les conditions d'épaississement et d'accumulation des boues sont meilleures que dans les systèmes classiques.

Cette mise en œuvre est contrôlée par une 'matrice'. Celle-ci contrôle l'ensemble des

équipements composant le système Lucas@-3

Les différentes phases et leurs séquences et mises en œuvre sont explicitées ci-dessous.

PHASE PRINCIPALE 1

L'influent arrive dans le premier compartiment (A) du Lucas6.

Ce réservoir est aéré ou mélangé. La biomasse accumule le substrat et commence la dégradation biologique de celui-ci. Pour chaque unité de volume introduite dans le bassin (A), il y a un déplacement équivalent de liqueur mixte vers le bassin (B) et de celui-ci vers le bassin (C) du Lucas6.

Le bassin (B) n'est pas alimenté directement en influent. Il est aéré ou mélangé et correspond à la phase dite de régénération mentionnée ci-avant.

Le troisième compartiment (C) du Lucas6 n'est ni mélangé ni aéré. La boue décante et l'effluent épuré et clarifié est repris par les goulottes déversantes pour rejoindre le milieu naturel ou subir un traitement de finition.

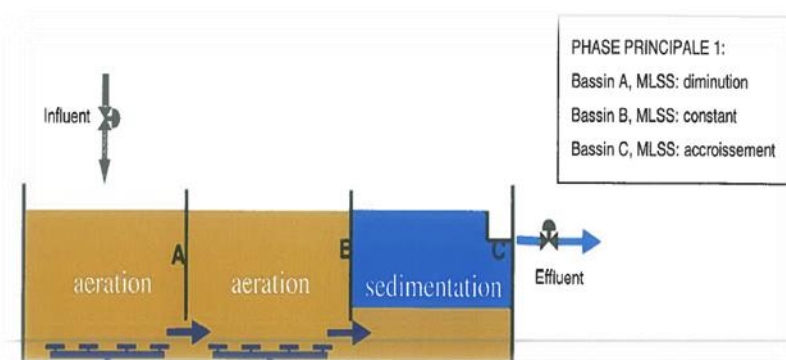


Figure III.8: Phase principale 1 LUCAS@.

Pendant cette phase principale 1, l'évolution de la concentration en MLSS (mixed liquor suspended solids) part d'une valeur élevée (sortie période décantation d'un cycle précédent) et diminue. Cette concentration dans le bassin (B) reste relativement stationnaire alors qu'elle augmente dans le compartiment (C) de Lucas6.

Le transfert de masse biologique dépend de la longueur de cette phase principale

Cette durée est fonction de la capacité hydraulique du système et des caractéristiques des boues. Elle dure généralement de trois à six heures. Cette durée est conditionnée par la « migration » de la biomasse vers les autres compartiments.

Durant cette phase, suivant que le réacteur A est aéré ou simplement mélangé, il se produit une nitrification, oxydation de la matière organique et sur accumulation de bioP ou une dénitrification suivie d'une déphosphatation biologique avec relargage de P en présence de DCO facilement assimilable.

Le réacteur B est aéré ou simplement mélangé, il se produit une nitrification, oxydation de la matière organique et sur accumulation de bioP ou une dénitrification.

Le passage dans une phase suivante (phase intermédiaire n°1) s'opère pour prévenir une suraccumulation de boue dans le compartiment (C) et une fuite de boues avec l'effluent.

PHASE INTERMEDIAIRE 1

Comme l'indique son nom, cette phase prépare la phase principale 2.

Elle consiste à préparer un nouveau bassin de clarification. Celui-ci est le bassin (A) du cycle précédent ou il était le bassin d'alimentation.

Lors de cette phase intermédiaire, l'influent brut est dirigé directement vers le bassin (B), bassin qui continue à alimenter en liqueur mixte le compartiment (C) travaillant en mode clarification.

Le compartiment (A) est 'inerte' et le mélange eau épurée - boues biologiques peut décanter en mode complètement statique.

La configuration du Lucas6 est alors de:

- **Compartiment (A)** en décantation complètement statique (sans court-circuit possible avec influent)
- **Compartiment (B)** en mode agité ou/et aéré. Il reçoit l'influent. La concentration en boues diminue.
- **Compartiment (C)** est encore en mode sédimentation et continue d'accumuler de la biomasse et de produire l'effluent clarifié.

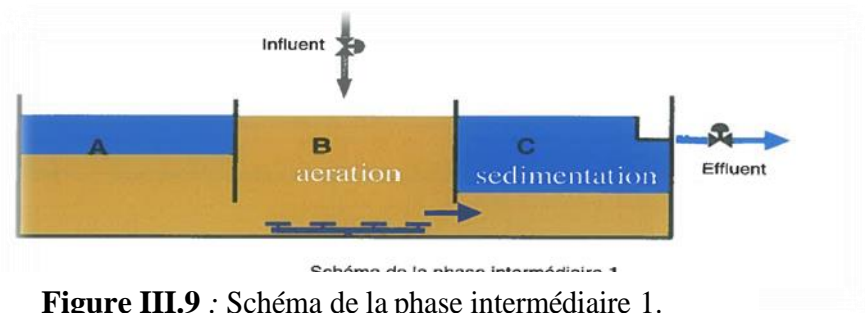


Figure III.9 : Schéma de la phase intermédiaire 1.

La durée de cette phase intermédiaire 1 est également fonction des caractéristiques de la boue biologique. Elle dure généralement entre 45 minutes et 60 minutes.

Quand le compartiment (A) est prêt pour travailler en mode clarification, il y a basculement vers la phase principale n° 2.

PHASE PRINCIPALE 2

Durant cette phase principale 2, l'influent alimente le réservoir (C). Lors de la phase principale précédente et de la phase intermédiaire, une grande quantité de boues s'est

emmagasinée dans ce compartiment.

L'agitation et/ou l'aération est mise en service.

Comme pour la phase principale 1, mais dans le sens opposé, le volume d'influent déplace de la liqueur mixte du compartiment (C) vers le compartiment (B) et de celui-ci vers le compartiment (A), celui-ci est non aéré/agité et laisse s'écouler de l'eau épurée clarifié.

Durant cette phase, suivant que le réacteur C est aéré ou simplement mélangé, il se produit une nitrification, oxydation de la matière organique et sur accumulation de bioP ou une dénitrification suivie d'une déphosphatation biologique avec relargage de P en présence de DCO facilement assimilable.

Le réacteur B est aéré ou simplement mélangé, il se produit une nitrification, oxydation de la matière organique et sur accumulation de bioP ou une dénitrification.

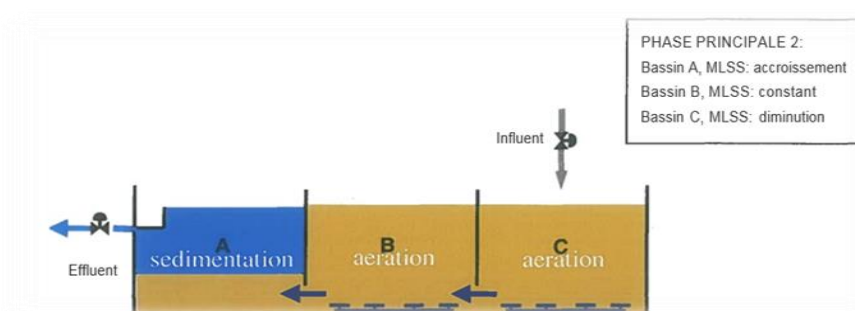


Figure III.10 : Phase principale 2 LUCAS6 3.

Pour obtenir un même profil de concentration dans les bassins, la durée de la seconde phase principale sera du même ordre que la phase principale 1 soit de 3 à 6 heures.

PHASE INTERMEDIAIRE 2

Comme pour la phase intermédiaire 1, cette phase intermédiaire 2 prépare la phase principale suivante à savoir la phase principale 1 d'un nouveau cycle.

Ainsi, le bassin (C) deviendra le nouveau clarificateur et est isolé hydrauliquement pour permettre une sédimentation statique. L'influent alimente le compartiment (B) et le compartiment (A) travaille toujours comme clarificateur en laissant s'écouler l'effluent épuré clarifié.

La phase intermédiaire 2, comme pour la première, dure de l'ordre de 45 à 60 minutes, suivant les caractéristiques de décantation des boues.

Après basculement vers la phase principale 1 du nouveau cycle, le cycle précédent est achevé. Le cycle complet comporte donc quatre phases majeures soit:

- Une phase principale 1 avec deux compartiments actifs biologiquement et un en

clarification active pour une durée de 3 à 6 heures

- Une phase intermédiaire 1 avec un compartiment actif biologiquement, un en clarification active et un en préparation de clarification, cela pour une période de 45 à 60 minutes
- Une phase principale 2 avec deux compartiments actifs biologiquement et un en clarification active pour une durée de 3 à 6 heures

Une phase intermédiaire 2 avec un compartiment actif biologiquement, un en clarification active et un en préparation de clarification, cela pour une période de 45 à 60 minutes.

La durée totale typique du cycle est comprise entre environ 7h30 et environ 14 heures. La longueur des différentes phases dépend des caractéristiques de l'influent.

Sur la durée du cycle, le compartiment (B) est actif biologiquement tout le temps (soit 100% du temps), les compartiments (A) et (C) sont actifs chacun de 3 heures à 6 heures durant le cycle soit 45% du temps environ.

Le tableau 2 suivant compare le Lucas@ avec le système classique à boues activées constitué d'un réacteur biologique et d'un clarificateur.

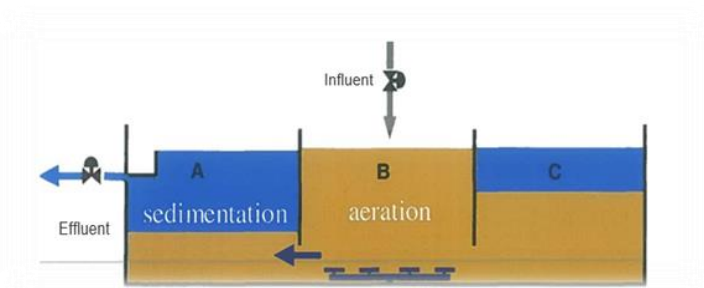


Figure III.11 : Phase intermédiaire 2.

III.7.3. Traitement des boues :

Une pré-déshydratation des boues sur des tables ou tambour d'égouttage

Une déshydratation sur lit de séchage jusqu'à 40 % de siccité.

Tableau III.1: Production annuelles des boues en excès.

Boues en excès	Unité	Condition hivernale	Condition estivale
Production de boues en excès	kg MES/j	1.819,5	2.193,5
% MESV		49	42
Durée conditions suivant AO	mois/an	8	4
Production annuelle	Tonnes MES/an	444	267,6

III.7.3.1. Pré déshydratation - déshydratation des Boues secondaires :

La ligne 'eau' produit un seul type de boues (les boues secondaires issues du traitement biologique).

Ces boues contiennent énormément d'eau et la première étape de Leurs traitement et de les concentrer avant de les diriger vers la déshydratation.

Les quantités de boues à déshydrater suivant les conditions nominales sont définies dans le tableau ci-dessous, compte tenu d'une durée de fonctionnement hebdomadaire de 10 h/j à raison de 7j/semaine.

Ce tableau précise également la quantité à traiter par semaine et la capacité horaire minimale à installer pour satisfaire un temps de fonctionnement de 70 ho/semaine (7j/sem.; 10 h/j).

Pour réaliser un pré déshydratation- déshydratation efficace, il faut conditionner la boue au polymère (voir figure **III.12**).



Figure III.12 : polymère.

Le local de déshydratation et le local à conteneurs sont ventilés et sont raccordés à une unité de désodorisation par filtration sur charbon actif ;

Les pompes d'alimentation ont un débit réglable : nombre de pompe : 3(2s+1R), débit : 15 à 30 m³/ h

Combiné table d'égouttage-filtre à bandes presseuses : nombre d'unités : 1(1S+0R), Q_{max} : 55 m³ h.



Figure III.13: Pompes des boues.

Le dimensionnement de la préparation et du dosage de polymère est fait sur une base de 8 kg PE tonne Mes, dans la pratique, il faut au minimum 1.76 kg PE h soit un débit total de 0.352m h d'une solution à 0.5 Préparation polymère automatique poudre (M330) pour combinés de déshydratation



Figure III.14: Prédéshydratation- déshydratation.

III.7.3.2 Lit de séchage de secours :

Quantité journalière de boues en excès en période estivale : 2.194 Kg /j, autonomie : 6 jours, charge massique typique : 100 kg/m², surface nécessaire : 132m², nombre de lit de séchage prévu : 1, surface unitaire d'un lit : 144m², dimensions : Longueur :18m . Largeur: 8m, Hauteur maximum : 1m

III.7.3.3 Séchage solaire :

Le séchage solaire des boues déshydratées est obtenu dans une « serre » qui est régulièrement hersée à l'aide d'un « racleur – laboureur » par serre et d'un ensemble de ventilation et extraction.

Les opérations de séchage solaire sont ensuite automatisées pour le retournement de la couche de boues et la ventilation de la zone de traitement, les boues séchées présentent une

siccité de 50% 5 (P/P).



Figure III.15 : installation de séchage.

III.7.3.3.1 Système de climatisation et de central :

Le système de séchage proposé a été développé et optimisé son système de climatisation et de central depuis plus de 10 ans ainsi que le (racleur –laboureur), encore appeler (sanglier électrique) (figure III.16).

La fonction du séchoir solaire est complètement automatique. Toutes les fonction (brassage d'air, extractions d'air, brassage des boues) sont surveillées, mises en marche et arrêtées par le contrôle central du séchoir.



Figure III.16 : Le Sanglier électrique le (racleur –laboureur).

En relation avec les exigences des boues et des conditions de séchage, le (racleur-laboureur). Travaille la surface entre 1 et 10 fois par jour. La session dépend de la surface de la chambre de séchage et varie entre 30 et 60 minutes. En brassant, le (racleur-laboureur). Mélange aussi l'air dans les boues et évite les conditions anaérobies, et donc les odeurs.



Figure III.17 : ventilateurs de brassage d'air intérieur.

III.7.3.4 Stockage des boues :

La production totale de boues au condition nominale est de l'ordre de 712 tonnes dème /an, contenant en moyenne 330 tonnes de matières organiques, 46 ,3 du total.

Après séchage solaire et sur base d'une siccité finale de 50 et d'une densité apparente de 1 ,05 kg/L le volume annuel produit est de l'ordre de 1 ,356m.



Figure III.18 : Stockage des boues.

III.8. Conclusion

La technologie SBR offre les avantages suivants :

- Effluent de haute qualité et moindre quantité de solides en suspension.
- Meilleure résistance aux variations brusques de température.
- Flexibilité face aux variations de l'eau résiduelle à traiter, en permettant d'ajuster les conditions des cycles de traitement.
- Faible encombrement, car un seul réservoir est nécessaire pour effectuer l'ensemble du processus.
- Permet une élimination efficace de la matière organique (DBO₅ et DCO) et des nutriments (azote et phosphore).
- Permettent un meilleur contrôle de la croissance des microorganismes filamenteux et des problèmes de décantation.
- Les coûts d'investissement sont inférieurs car ils ne nécessitent pas de décanteurs secondaires.
- Design compact. C'est une solution idéale pour les industries qui ne disposent pas d'assez d'espace.
- Transport compacte : car on peut profiter de la structure du conteneur.

Génie civil minimal : il faut prévoir uniquement le radier pour le conteneur et l génie pour l'arrivée et les prétraitements des eaux.

Chapitre IV :
Matériels et méthode

IV.1 Présentation de laboratoire d'analyse de la STEP de Zeghaia Oued-Endja :

Le laboratoire de la station contient tous les matériels est les équipements nécessaires pour le prélèvement, la mesure et l'analyse des effluents d'entrée et de sortie.



Figure IV.1 : laboratoire d'analyse de la STEP.

IV.1.2. Matériel de laboratoire :

Nous avons eu recours au matériel suivant, pour réaliser l'analyse des eaux et des boues :

IV.1.2.1. L'Appareillage :

Tableau IV.1 : les différentes verreries qui en trouve dans le laboratoire.

Les verreries	
Béchers	Entonnoir
Creusets	Fioles gradués
Spatules	Verre de montre
Eprouvettes	Des micropipettes
Burettes	Dessiccateur
Des pipettes	Flacons

IV.2. Les analyses :

Toutes Les analyses réalisées au niveau dans laboratoire de la station sont :

IV.2.1 Analyses journalières: être chaque jour.

- pH : Potentiel d'hydrogène.
- Con : conductivité
- T° : température.
- O₂: oxygène.

IV.2.2. Analyse hebdomadaire : pour chaque semaine.

- MES : Matières en suspension.
- DCO : Demande chimique en oxygène.
- DBO₅. Demande biologique en oxygène.

IV.2.3. Analyse tous les 15 jours : la siccité, le seul paramètre qui été effectué une fois par 15 jours.

- P_t: phosphore total.
- PO₄⁻³: ortho phosphate.
- NO₃⁻ : Nitrate.
- NH₄⁺ : ammoniacque.
- S : La siccité.

IV.2.4. Prélèvement de l'eau:

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée, L'échantillon doit être homogène représentatif et Obtenu sans modifier des caractéristique physico-chimique de l'eau (gaz dissous, MES).



Figure IV.2 : Prélèvement de l'eau.

IV.2.5. Echantillonnage de l'eau :

L'échantillonnage est de réaliser des prélèvements d'échantillon d'eaux dans des endroits au zone d'études prédéfinies dans l'espace et dans le temps, et ils sont déterminés avec précision ; ces échantillons seront mis dans des récipients en verre ou en plastique de volume défini et ils doivent être bien représentative des points de prélèvement.



Figure IV.3 : Echantillonnage de l'eau.

IV.3 Analyses des paramètres physico-chimiques:

IV.3.1. Mesure électrométrie pH et la conductivité et température:

- ❖ **Potentiel d'hydrogène pH:**
- **Principe :**

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ .

- **Appareil** : pH Mètre.
- **Electrode** : Electrode de pH combinée.
- **Réactifs** : Tampon pH = 9.
Tampon pH = 7.
Tampon pH = 4.

- **Le mode opératoire :**

Etalonnage de l'appareil:

- Nous faisons fonctionner le pH Mètre, en suite nous suivons les étapes suivantes :
 - On rince l'électrode avec de l'eau distillée.
 - Ou nous Prenons dans un petit bécher, la solution tampon pH = 7.
 - On Règle l'agitation à faible vitesse.
 - On Trempe l'électrode de pH dans la solution tampon pH= 7et on Laisse stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2.
 - On retire l'électrode et on la rince abondamment avec l'eau distillée.
 - On Réetalonne de la même manière avec les solutions tampon pH = 9 où pH = 4.
- A la fin on rince abondamment l'électrode avec l'eau distillée.

Dosage de l'échantillon:

- Prendrons environ ≈ 100 ml d'eau à analyser.et après nous Mettrons un agitateur avec une faible agitation.
- Trempons l'électrode dans le bécher.
- Laissons stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- Puis notons le pH.



Figure IV.4 : pH Mètre de mesure multiple (pH/ conductivité / température)

- **La conductivité (CON) :**

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). La relation entre la résistivité et la conductivité est la suivante:

$$\text{Résistivité} = \frac{1000000}{\text{conductivité}(\mu\text{S} / \text{cm})} \dots\dots\dots(\text{IV.1}).$$

- **Matériel :** Mesurer par la même appareil que le pH (voir figure).

- **Le mode opératoire :**

- D'une façon générale, opérons de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée ;
- On Rince plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées ;
- On Agite le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes ;de la même manière on agite le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Introduire alors le thermomètre aussi près que possible de la cellule. La température du liquide ne devra en aucun cas varier pendant la mesure, le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

- **La Température :**

La température est déterminée en même temps que la conductivité électrique et le pH par le pH.

IV.3.2. L'oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose. [54]

- **Matériel :** oxymétrie.

La teneur en oxygène de l'eau dépasse rarement les 10 mg /l. La détermination de la valeur d'oxygène dissous est faite par un oxymètre portatif. En laissant la sonde à l'air

libre jusqu'à ce que l'afficheur indique 102 mg/l qui représentent la saturation de l'air en oxygène. On plonge en suite la sonde dans les échantillons, l'un après l'autre, tout en attendant le temps de la stabilisation puis on note le résultat. [54]



Figure IV.5 : Oxymétrie.

IV.3.3. Mesure de Matières en Suspension (MES) :

➤ **La méthode par centrifugation :**

- **Domaine d'application :**

Cette méthode est réservée aux cas où les méthodes par filtration ne sont pas applicables par suite du colmatage des filtres, et si la durée de filtration doit être supérieur à 1 heure environ.

- **Principe :**

Séparation des matières en suspension par centrifugation séchée à 105 °C et pesée.

- **Matériel :** Centrifugeuse, Fioles, capsules, filtres, rampe de filtration, balance, dessiccateur.



Figure IV.6 : Centrifugeuse.



Figure IV.7 : Rampe de filtration.

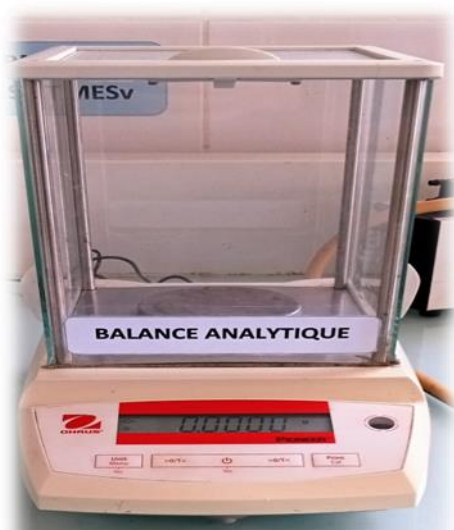


Figure IV.8 : Balance.



Figure IV.9 : Dessiccateur.

- **Le mode opératoire :**

- Préparons le matériel nécessaire, y compris une centrifugeuse avec une accélération moyenne de 28 000 à 32 000 m/s² à la surface du liquide, munie de pots d'au moins 200 ml et de préférence de 500 ml ;
- Si cela est possible, introduisons la totalité de l'échantillon dans le pot de la centrifugeuse et centrifugeons pendant 20 minutes. Le volume de cet échantillon doit être tel qu'il conduise à la pesée d'au moins 30 mg de matières en suspension;
- Si la totalité de l'échantillon ne peut pas trouver place dans le pot, procédons en plusieurs fois, en décantant chaque fois, après 20 minutes de centrifugation, le liquide surmontant le culot au fond du pot jusqu'à ce que tout l'échantillon ait été centrifugé;
- Décantons, remettons en suspension le culot dans de l'eau distillée (en remplissant le pot jusqu'au niveau initial) et centrifugeons pendant 20 minutes. Récoltons le culot déposé dans une capsule préalablement séchée à (105 ± 2) °C jusqu'à masse constante, refroidie dans un dessiccateur et pesée à 0,1 mg près. Rinçons le pot de centrifugeuse deux fois, avec chaque fois 20 ml d'eau distillée et recueillons les eaux d'entraînement dans la capsule;
- Séchons ensuite la capsule et son contenu à (105 ± 2) °C, laissons refroidir dans un dessiccateur et pesons à 0,5 mg. Re commençons les opérations de séchage, de refroidissement et de pesée jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives n'excède pas 0,5 mg.

- **Expression des résultats :**

Soient : PE : le volume, en millilitres de la prise d'essai.

M₀ : a masse, en milligrammes de la capsule vide.

M₁ : a masse en milligrammes, de la capsule et de son contenu après séchage à 105°C.

Le taux de matières en suspension, exprimé en milligrammes par litres, est donné par l'expression :

$$M.E.S = \frac{(M_1 - M_0)}{PE} \times 1000 \text{ (Mg/l)} \quad \dots\dots\dots(IV.2).$$

IV.3.4. Détermination de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) :

- **Principe :**

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et

de sulfate de mercure.

L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium

• **Le mode opératoire :**

- On prend 20 ml d'échantillon, débarrassé de matières décan tablés.
et on ajoute 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ puis une pincée de $HgSO_4$ (0.55).
on ajoute 30 ml d' H_2SO_4 avec Ag_2SO_4 .
et on laisse refroidir dans un bain de glace ou à défaut dans de l'eau.
- On chauffe ensuite pendant 2 heures à une température de $170^\circ C$.
on laisse refroidir puis on complète à 150 ml avec de l'eau distillée dans un bécher.
on dose avec le $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ en utilisant la ferroïne.

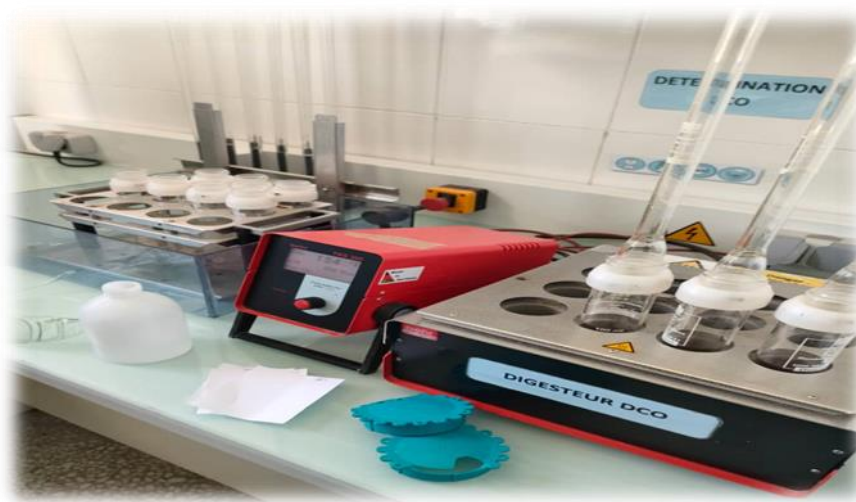


Figure IV.10 : Digesteur DCO

• **Réactifs :**

- **Sulfate de mercure cristallisé : 0.5 g.**
- **Solution de sulfate de fer et d'ammonium 0.25 N :**
Sulfate de Fer et d' NH_4 98 g.
Acide sulfurique (d=1.84) 20 ml.
 H_2O_d 1000 ml.

Cette solution doit être vérifiée tous les jours.

- **Solution de dichromate de potassium 0.25 N :**
Dichromate de potassium (sécher deux heures à $110^\circ C$) 12.2588 g.
 H_2O_d 1000 ml.
- **Solution de Ferroïne :**
1.10 phénanthroline 1.485 g.

Sulfate de Fer 0.695 g.

H₂O_d 100 ml.

○ **Etalon à 500 mg/l DCO :**

Hydrogenophtalate de K HC₈H₅O₄ séché pendant 2 h.00 à 105°.

Peser 0,4251 g séché → 1000 ml → 0,1062 g/250 ml.

Faire une dilution 5 ml/20

➤ **Vérification du titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium:**

Dans un bécher on met 10 ml de solution de dichromate de potassium 0.25 N et on complète à 150 ml par de l'eau distillée. Et on ajoute 30 ml d'acide mélangé (H₂SO₄+H₂SO₄).

Laisse refroidir, On ajoute quelques gouttes de solution de Ferroïne, on dose avec le sulfate de fer et de NH₄⁺.



Figure IV.11 : Les réactifs utilisés dans la mesure de DCO

• **Expression des résultats :**

La demande chimique en oxygène (DCO) en milligrammes par litres, est donnée par l'expression :

$$DCO = \left(\frac{V_B - V_E}{P.E} \right) \times 8000 \times T = 800 \times T \times (V_B - V_E) (Mg/l) \dots \dots (IV.3)$$

V_E = Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage (ml).

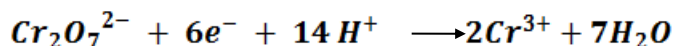
V_B = // // // // // à l'essai à blanc (ml).

T = Titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

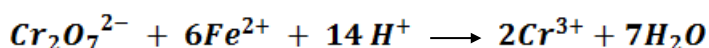
P.E = Volume de la prise d'essai.

En solution acide $K_2Cr_2O_7$ exerce un effet oxydant.

→La détermination est toujours effectuée avec un excédent en $K_2Cr_2O_7$, une partie du dichromate étant réduite en ions de chrome III.



L'excédent en ions de $K_2Cr_2O_7$ est retiré avec une \$ de Fe (II) en employant la Ferroïne comme indicateur d'oxydo-réduction.



IV.3.5. Détermination de Demande biologique en oxygène(DBO₅) :

- **Principe :**

La mesure de DBO₅ avec le système OxiTop (figure) est basée sur le principe de pression (mesure par différence) La mesure est faite par mesure de pression par sondes de pression électroniques piezo résistantes.

- **Matériel :**

- Système de mesure OxiTop.
- Système d'agitation à induction.
- Armoire thermostatique (température 20°C +1) Flacon échantillon brun (Volume nominal 510 ml).
- Barreaux magnétique.
- Fioles jaugées.
- Godet caoutchouc.
- Pastilles de soude.



Figure IV.12 : Système de mesure OxiTop



Figure IV.13 : Incubateur

- **Le mode opératoire :**

- Nous rinçons la bouteille avec l'échantillon. Nous la remplissons avec précaution.
- Nous mesurons exactement la quantité souhaitée d'échantillon saturé en oxygène (nous le mélangeons avec précaution).
- Nous mettons la barre magnétique dans la bouteille.
- Nous insérons le godet en caoutchouc dans le goulot de la bouteille.
- Nous mettons 2 pastilles de soude dans le godet en caoutchouc à l'aide d'une pince. (Attention : les pastilles ne doivent jamais aller dans l'échantillon !).et Voici le volume de l'échantillon d'après la DBO présumée.

- **Expression des résultats :**

La demande biologique en Oxygène (DBO_5) en milligrammes par litres mg/l.

IV.3.6. Détermination du Phosphore total (PT) et Ortho phosphore (PO_4^{3-}) :

- ❖ **Phosphore total (PT) :**

- **Principe :**

Cette analyse peut être effectuée sur des échantillons d'eau non colorée. Les échantillons contenant beaucoup de matière organique doivent d'abord être filtrés.

La détermination du phosphore total est nécessaire, l'échantillon doit être préalablement traité (destruction) (voir ci-dessous).

Prétraitement nécessaire pour la détermination du phosphore total.

- **Matériel :**

- Petits tubes à essai (rincés avec une solution à 10 de HNO_3 et séchés avant utilisation).
- Pipettes de 0,5, 1,2 et 5 ml.
- Fioles jaugées de 50, 100 et 1000 ml.
- Entonnoirs.
- Filtres pliés (taille des pores 8 mm).
- Cuvettes d'une longueur optique de 1 cm.
- Minuterie.
- Vortex.
- Spectrophotomètre UV -Visible.
- Dessiccateur.
- Prenez des Pincettes.



Figure IV.14 : Spectrophotomètre UV -Visible

• **Le mode opératoire :**

Pour connaître la teneur totale en phosphore, l'échantillon nécessite une étape de destruction ;

- On prélève un volume connu de l'échantillon dans un creuset en porcelaine. et On sèche à 105°C et on cendre à 450°C pendant 2 heures.
- On dissout cette fraction de cendres dans 10 ml de solution de HNO_3 7N. et On filtre le contenu du creuset sur un filtre plié (8 mm) dans une fiole jaugée de 50 ml
- On Dilue jusqu'à 50 ml avec de l'eau dés ionisée et utilisez cette solution claire pour colorer l'échantillon comme indique dans le mode opératoire.

- Lors du calcul des résultats de la teneur totale en phosphore, tenez également compte de ce facteur de dilution supplémentaire causé par la destruction.

❖ **Ortho Phosphates (PO_4^{3-}):**

• **Principe :**

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm.

• **Réactifs :**

- Eau désionisée sans Phosphate.
- Acide nitrique (HNO_3) concentré.
- Acide nitrique à 10%: diluer 100 ml d'acide nitrique concentré à 1000ml.
- Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré.
- Dihydrogénophosphate de potassium (KH_2PO_4). (Préséché pendant 2 heure a 105 C).
- Solution mère P0-P (500 mg/1 P): dissolvez 2,197g de KH_2PO_4 sec dans de l'eau désionisée, ajouter 2 gouttes de chloroforme comme conservateur avant de le diluer à 1000 ml.
- Solution mère PO - P (100 mg /1P): diluer la solution mère à 500 ppm jusqu'à 100 ppm.
- Mono-méthyl-p-aminofénolsulfate (métoI) ($\text{CH}_3\text{NHC}_6\text{H}_4\text{OH}$) H_2SO_4 .
- Sulfite de : sodium hepta hydrate ou sans eau ($\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).
- Disulfite de sodium (Na_2SO_5).
- Tétrahydrate de molybdate d'ammonium ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).
- Acétate de sodium trihydraté ou sans eau ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).
- Réactif Scheel I : 1g de mono-méthyl-p-aminofénolsulfate +5 g de $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ou 2,5 g de Na_2SO_3) + 137 g de Na_2SO_5 sont dissous ensemble et dilués à 1000 ml avec de l'eau désionisée.
- Réactif Scheel II : dissoudre 50 g de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dans 400 ml d'eau désionisée, ajoutez 140 ml d'acide sulfurique concentré. Refroidir et diluer jusqu' à 1000 ml avec de l'eau désionisée.

- Réactif Scheel III : dissolvez 340 g de $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot (3\text{H}_2\text{O})$ (ou 205 g de NaAC) dans 1000 ml d'eau désionisée.

- **Préparation d'un échantillon de contrôle :**

Pour la courbe de faible concentration, une solution de 3 ppm de P est préparée en dissolvant 13,18 mg de KH_2PO_4 dans 1000 ml d'eau désionisée.

- ✓ Pour la courbe de concentration élevée, une solution de 20 ppm est préparée en dissolvant 37,87 mg de KH_2PO_4 dans 1000 ml d'eau désionisée.

- **Préparation des solutions d'étalonnage (courbe d'étalonnage-basse) :**

On met dans série de flacons de mesure de 50 ml respectivement est 0,0 – 0,5 – 1,5 – 2,0 – 2,5 ml de la solution mère (100 mg/ 1P). On ajuste le volume à 50 ml. Cela correspond à 0 – 1 – 3 les échantillons, et on Utilise les solutions d'échantillon pour créer une courbe d'étalonnage linéaire.

- **Préparation des solutions (courbe d'étalonnage élevée) :**

On met dans série de flacons de mesure de 50 ml respectivement est 0,5 – 2,0 – 5,0 – 10,0 – 16,0 et 20,0 ml de la solution mère (500 mg /1de P). on ajuste le volume à 50 ml. Cela correspond à 5 – 20 – 50 – 100 – 160 et 200 mg/1 de PO - P. Ces solutions de calibration sont traitées, de la même manière que les échantillons. Utilisez les solutions d'étalonnage pour Créer une courbe d'étalonnage linéaire.

Remarque : chaque nouveau réactif nécessite un contrôle et si le résultat n'est pas conforme aux attentes, une nouvelle courbe d'étalonnage doit être créée.

- **Le mode opératoire :**

L'étape de coloration est effectuée en double (pour éviter les défauts dus à la verrerie sale).

Remplir une série de petites éprouvettes avec un échantillon de 0,5 ml (ou une dilution).

Dans le même temps, préparez un blanc (eau désionisée) et un échantillon de contrôle (adaptés à la plage requise).

- On ajoute 2,5 ml d'eau désionisée dans chaque tube à essai et lancez la réaction. et aussi successivement 0,5 ml de Scheel I et 0,5 ml de réactif Scheel II .
- On Mélange les tubes avec l'appareil vortex et attendre 10 minutes.
- On ajoute 1,0 ml de réactif Scheel III et vortexer à nouveau.

- On attende 10 minutes et transférez les tubes dans des cuvettes pour mesurer l'absorbance 700 nm à contre un blanc

Remarque : si la couleur indique que votre échantillon ne se trouve pas dans la plage de la courbe d'étalonnage utilisée pour l'analyse, vous devez répéter la procédure complète avec un échantillon dilué.

- **Calcule de résultat :**

Résultats de l'échantillon

On détermine la concentration dans l'échantillon à l'aide de la courbe d'étalonnage, en tenant compte du volume et du facteur de dilution appliqué. Les résultats sont exprimés en mg PO - P.

$$PO_4^{3-}\text{-P (mg/l)} = \frac{0.5 \times C_{PO_4^{3-}\text{-P}} \times f}{V_s} \dots\dots\dots(IV.4).$$

Avec :

CPO -P = concentration de PO - P (en mg P/L), reçue avec la courbe d'étalonnage pour une solution standard de 0,5 ml.

V_s= volume de l'échantillon.

f= facteur de dilution.

- **Expression des résultats :** le résultat est donné directement en mg/l.

IV.3.7 Détermination de Nitrates (NO₃) :

- **Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du para-nitrosalicylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

- **Appareillage :**

Etuve.

Spectrophotomètre U.V visible.

- **Réactifs :**

- Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h.).
0.5 gr de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.
- Solution d'hydroxyde de sodium à 30 %.
30 gr de Na OH dans 100 ml d'eau distillée.

- H₂SO₄ concentré.
- Tartrate double de sodium et de potassium :
 - Hydroxyde de sodium Na OH 400 g.
 - Tartrate de sodium et de potassium 60 g.
 - Eau distillée 1000 ml.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

- Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.
 - Nitrate de potassium anhydre 0.722 g.
 - Eau distillée 1000 ml.
 - Chloroforme 1 ml.

Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.

- **Dans notre cas le mode opératoire est comme suite :**

- On Prend 10 ml de l'échantillon à analyser ;
- On ajoute 2 à 3 gouttes de Na OH à 30 % ;et 1 ml de salicylate de sodium ;
- On évapore à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C, ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir ;et Reprend le résidu avec 2 ml.H₂SO₄ laissé reposer 10 mn ;et On ajoute 15 ml d'eau distillée ;et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre au 420 nm.

- **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 420 nm, multiplié par 4,43 pour obtenir le résultat en NO₃⁻.

IV.3.8. Détermination du L'azote ammoniacal (NH₄⁺) :

- **Principe:**

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

- **Appareillage :**

Spectrophotomètre UV-Visible

- **Réactifs :**

- **Réactif I:**

- Acide dichloroisocyanurique 2 g.
- Hydroxyde de sodium (Na OH)..... 32 g.

- H₂O distillée 1000 ml.

○ **Réactif II (coloré):**

- Tricitrate de sodium 130 g.

- Salicylate de sodium 130 g.

- Nitropruciate de sodium 0.97 g.

- H₂O distillée 1000 ml.

• **Le mode opératoire :**

- On Prend 40 ml d'eau à analyser.
- On ajoute 4 ml du réactif I. et 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h:30.
- L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH₄⁺.
- Effectuer la lecture à λ=655 nm.

• **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

IV.3.9. Détermination de la Siccité :

• **Le mode opératoire :**

- **Pesée des cupules :**

Les échantillons sont placés dans cupules en aluminium, ces cupules sont pesées à vide, on obtient le poids P1.

- **Pesée de l'échantillon :**

Une certaine quantité d'échantillon est placé dans chaque cupule qui sont alors pesés on obtient le poids P2, Les cupules sont alors placées à l'étuve a (105+ 2) pendant la nuit, le lendemain les échantillons sont mis dans le dessiccateur une demi-heure, ils sont ensuite pesés on obtient le poids P3.

• **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en pourcentage (%).

Calcul de la siccité :

La formule suivante permet de calculer la valeur de la siccité S :

$$S = \frac{(P3 - P1)}{(P2 - P1)} \times 100 \dots \dots \dots (IV.5)$$

Chapitre V :
Résultats et Discussion

V.1.Résultat d'analyse et Discussions :

Le but de la STEP de la ville Zghaia-Oued Enja est de traiter les eaux usées et préserver l'environnement en diminuant la charge des polluants, les résultats obtenus doivent répondre aux normes ;

Les résultats de la période d'analyse se sont étendue du mois de mars au mois d'avril 2023 ;

Les résultats obtenus des eaux brutes à l'entrée, et les eaux épurées à la sortie du DM sont consignés dans les tableaux, clarifiés par des graphes et ensuite interprétés ;

Le rejet des eaux usées est fixé par des normes qui sont établies par une loi, une directive ou un décret. Elles sont représentées par des chiffres qui fixent une limite supérieure.

❖ Considérations générales sur le suivi de la qualité de l'eau :

Une bonne gestion des matériaux et des réactifs de laboratoire, ainsi qu'un entretien régulier des équipements et autres instruments sont essentiels à la réalisation d'une analyse de qualité. Les points du protocole d'analyse doivent être respectés pour l'échantillonnage et pour les bonnes pratiques de laboratoire ;

Tout comme le nombre d'analyses, l'échantillonnage joue un rôle décisif dans le maintien du bon fonctionnement de la STEP. L'échantillonnage doit être représentatif ;

La manière de prendre les échantillons à une grande influence sur le calcul des charges polluantes. Pour pouvoir déterminer correctement ces charges polluantes, le prélèvement doit être proportionnel à la quantité d'eau en entrée. L'échantillonnage doit être effectué à l'entrée et en sortie de la STEP sur deux périodes sec et humide (pluie) :

- ✓ Premier (01) échantillonnage le **13-03-2023** ;
- ✓ Deuxième (02) échantillonnage le **02-04-2023**.

V.1.1. 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.

Tableau V.1 : Résultat d'analyse du pH de l'eau brute, et de l'eau traitée

	Temps sec	Temps pluie	Norme
Eaux brutes	pH= 7,6	pH=7,1	6,5-8,6
Eaux traitée	pH=7,3	pH=7,2	

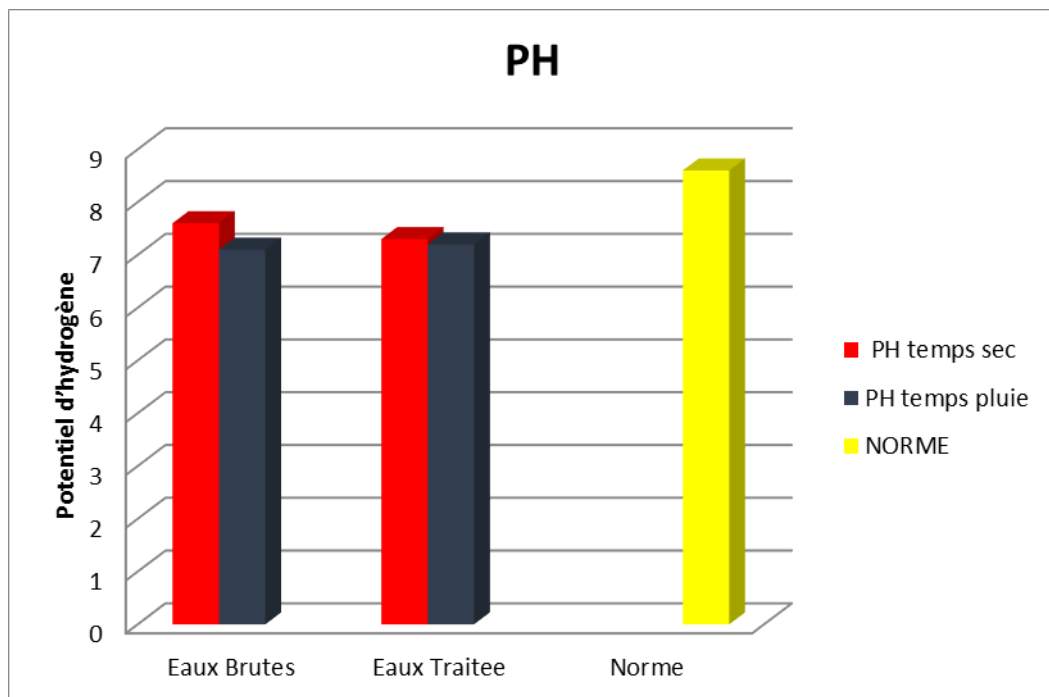


Figure V.1 : Variation temporelle des Potentiels d'hydrogènes (pH) des eaux de la station d'épuration entre l'eau brute et traitée (en temps sec et pluie).

➤ **Interprétation :**

Les eaux usées, une fois décontaminées, sont généralement remises à pH avant rejet dans le milieu ; cette étape est intimement liée au type de méthode de décontamination utilisée. En effet, réglementairement, ces rejets doivent avoir un pH compris entre 6,5 et 8,5.

D'après les résultats obtenus les valeurs du pH sont dans les normes.

V.1.2. La température :

La température s'accompagne toujours d'une modification des propriétés de l'eau,

la densité et la viscosité qui favorisent l'autoépuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui peut présenter un intérêt dans les stations d'épuration ;

Par exemple, la décantation est plus efficace à des températures élevées

Tableau V.2 : Analyse de la température de l'eau brute, et de l'eau traitée (par enchantions) de la STEP.

	Temps sec	Temps pluie	Norme
Eaux brutes	T= 17,4°C	T= 16,43°C	30°C
Eaux traitée	T= 17,0°C	T= 15,8°C	

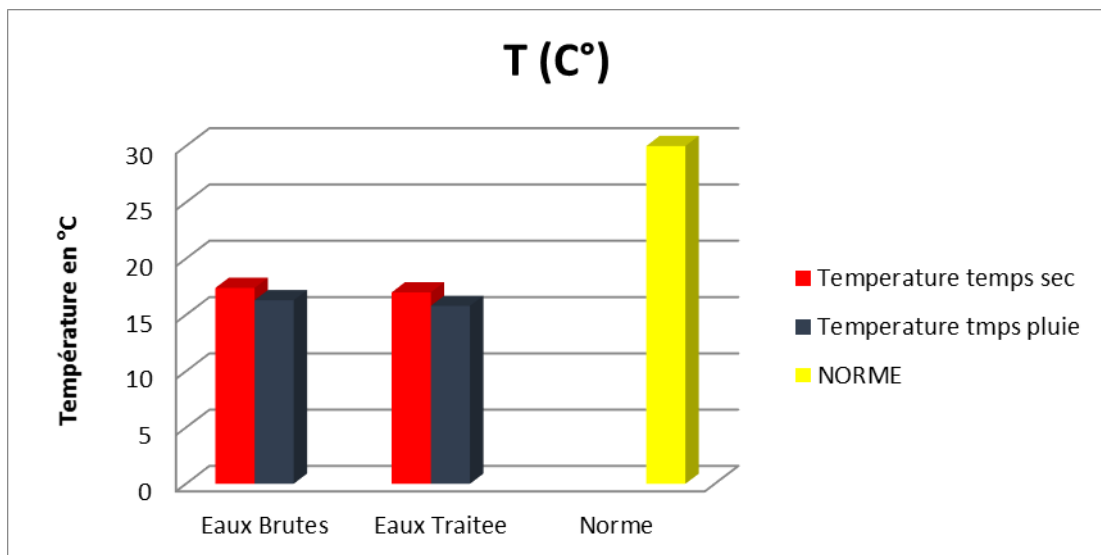


Figure V.2 : Variation temporelle des températures des eaux de la station d'épuration entre l'eau brute et Traitée pendant la période de suivi (en temps sec et en temps pluie).

➤ **Interprétation :**

La température de l'eau est critique car c'est une qualité importante dans les paramètres environnementaux. Il est important de mesurer la température de l'eau.

Réglementairement, les eaux usées, autres que domestiques, doivent être ramenées à une température inférieure à 30 °C.

A travers les résultats obtenus, on constate que les valeurs sont acceptables et saisonnières.

V.1.3. l'oxygène dissous :

Pour maintenir la vie dans un milieu aquatique, il est primordial de conserver un niveau suffisant d'oxygène. En effet, ce dernier fait partie de l'un des paramètres nécessaires à la continuité de la vie et de son évolution. Il est indispensable à la photosynthèse et à l'altération des composés organiques.

Tableau V.3 : Analyse de l'oxygène dissous de l'eau brute, et de l'eau traitée (par enchantions) de la STEP.

	Temps sec	Temps pluie	Norme
Eaux brutes	$O_2 = 6,4 \text{ mg. l}^{-1}$	$O_2 = 6,8 \text{ mg. l}^{-1}$	30 mg. l^{-1}
Eaux traitée	$O_2 = 7,1 \text{ mg. l}^{-1}$	$O_2 = 5,0 \text{ mg. l}^{-1}$	

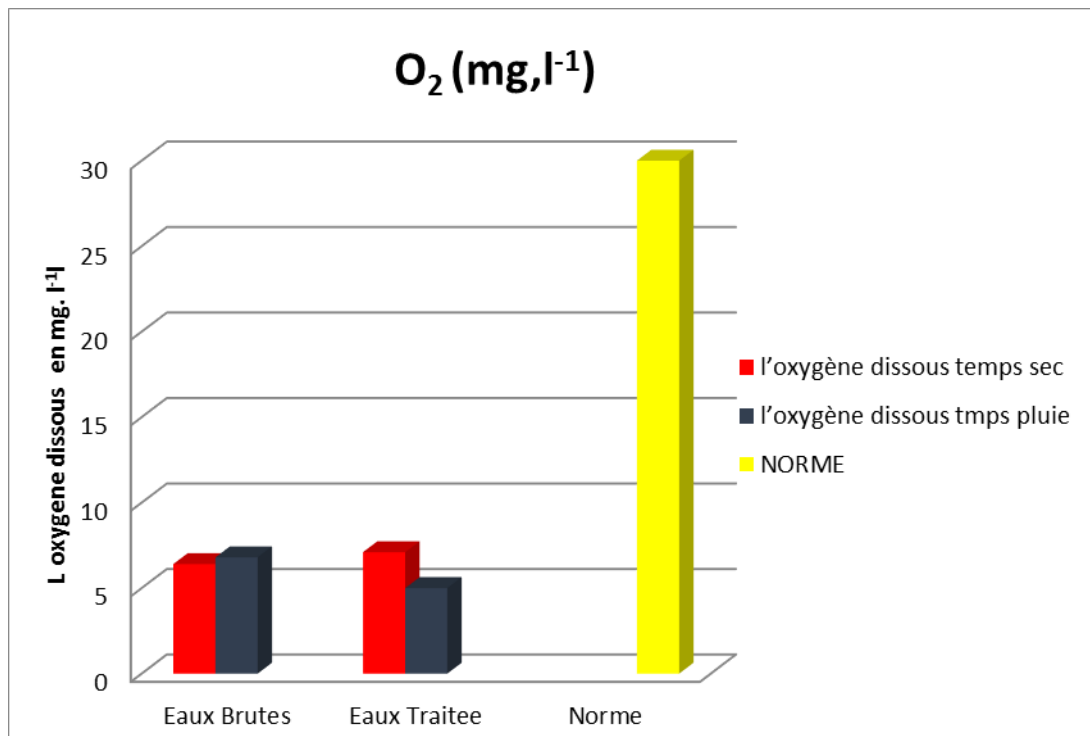


Figure V.3 : Variation de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP entre l'eau brute et traitée pendant la période de suivi (en temps sec et en temps pluie).

➤ **Interprétation :**

L'oxygène dissous est également un paramètre important pour les industriels qui ont choisi un traitement biologique de leurs eaux usées.

La présence de matière organique réduit la teneur en oxygène dissous dans l'eau par oxydation à travers un procédé microbiologique. La teneur diminue quand la température augmente ou que la pression atmosphérique diminue avec l'altitude

Les valeurs avant et après le traitement sont dans les normes.

V.1.4. Conductivité :

La conductivité électrique CE d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface séparée l'une de l'autre de 1 cm et permet d'évaluer la minéralisation globale et d'estimer la totalité des sels solubles dans l'eau.

	Temps sec	Temps pluie	Norme
Eaux brutes	CE= 2052 $\mu\text{s.cm}^{-1}$	CE=1781 $\mu\text{s.cm}^{-1}$	1500 $\mu\text{s.cm}^{-1}$
Eaux traitée	CE=1430 $\mu\text{s.cm}^{-1}$	CE=1385 $\mu\text{s.cm}^{-1}$	

Tableau V.4 : Analyse de la conductivité de l'eau brute, et de l'eau traitée (moyenne par mois) de la STEP.

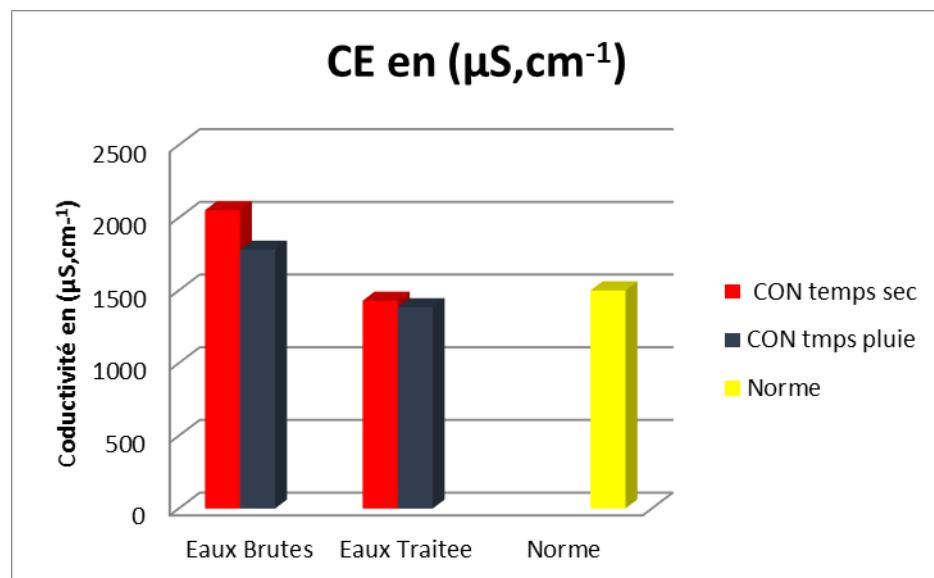


Figure V.4 : Variation des teneurs de la conductivité électrique des eaux brutes et traitée de la station d'épuration exprimé en ($\mu\text{S, cm}^{-1}$) pendant la période d'étude (en temps sec et pluie).

➤ **Interprétation :**

Nos résultats montrent qu'il y a une différence dans la CE enregistrée entre l'eau brute et l'eau épurée.

Là CE de l'eau brute varie entre 2052 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ à temps sec et 1781 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ à temps Pluie, cependant on a remarqué une diminution dans la CE avec l'épuration de l'eau qui peut être expliquée par les processus de traitement ; les valeurs donc sont dans les normes.

V.1.5. Matières en suspension (MES) :

Les particules fines en suspension dans une eau sont soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, soit produites par les rejets urbains et industriels. Leur effet néfaste est mécanique, par formation des sédiments et d'un écran empêchant la bonne pénétration de la lumière d'une part (réduction de la photosynthèse), ainsi que par colmatage des branchies des poissons d'autre part ;

Leur effet est par ailleurs chimique par constitution d'une réserve de pollution potentielle dans les sédiments.

Tableau V.5 : Analyse des Matières en suspension (MES) de l'eau brute, et de l'eau traitée de la STEP.

	Temps sec	Temps pluie	Norme
Eaux brutes	MES=62 mg. l ⁻¹	MES=66 mg. l ⁻¹	35 mg. l ⁻¹
Eaux traitée	MES=3 mg. l ⁻¹	MES=2 mg. l ⁻¹	

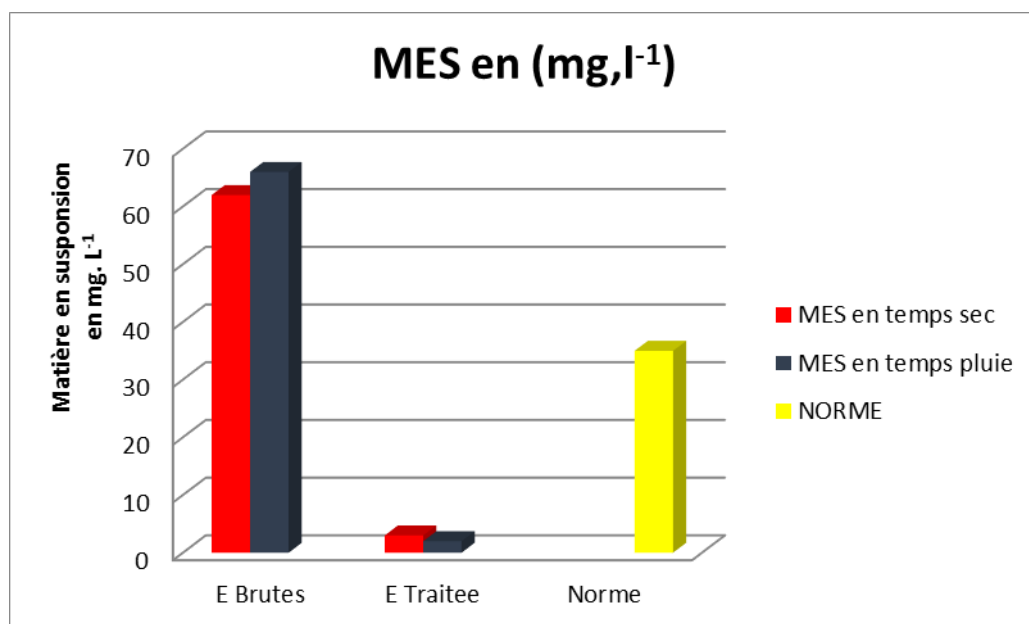


Figure V.5 : Variation temporelle des Matières En Suspension (MES) des eaux de la station d'épuration entre l'eau brutes et traitée exprimé en (mg. l⁻¹) pendant la période de suivi (en temps sec et pluie).

➤ Interprétation :

Nous constatons que la quantité de matières en suspension est très importante, et cela est dû à la forte turbidité de l'eau, notamment lors des pluies. Cependant, après épuration, on constate une diminution significative de la quantité de matières en suspension, ce qui indique l'efficacité du traitement.

V.1.6. Demande Chimique en Oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg d'(O₂)/l, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique est dans les conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau.

Tableau V.6 : Analyse de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) de l'eau brute, et de l'eau traitée de la STEP.

	Temps sec	Temps pluie	Norme
Eaux brutes	DCO=160 mg.l ⁻¹	DCO=250 mg.l ⁻¹	90 mg.l ⁻¹
Eaux traitée	DCO=40 mg.l ⁻¹	DCO=42 mg.l ⁻¹	

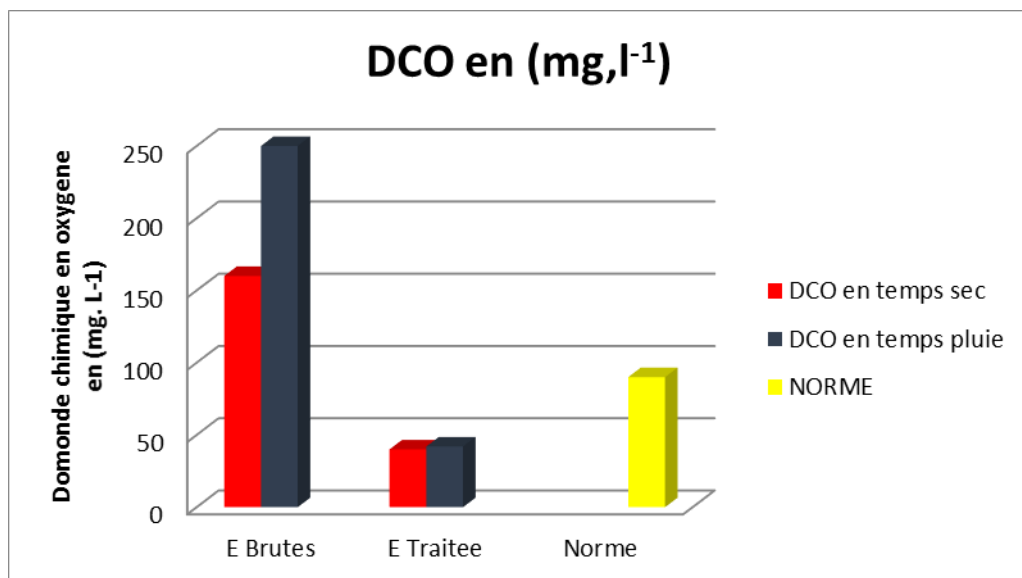


Figure V.6 : Variation temporelle de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux de la station d'épuration entre l'eau brute et traitée exprimé en (mg.l⁻¹) pendant la période de suivi (en temps sec et pluie).

➤ **Interprétation :**

Nos résultats montrent qu'il y a une différence dans la demande chimique en oxygène (DCO) enregistrée entre l'eau brute et l'eau épurée. La DCO de l'eau brute a des valeurs qui varient entre 160 mg.l⁻¹ et 250 mg.l⁻¹ cependant on remarque une diminution dans la DCO avec l'épuration de l'eau qui peut être expliquée par les processus de traitement.

En comparant nos résultats de DCO avec l'OMS nous remarquons que les valeurs enregistrées pour l'eau brute sont supérieures par rapport aux normes par contre celle de l'eau répondent aux normes de l'OMS (<90 mg.l⁻¹) mais inférieures à la norme algérienne (125- 130 mg.l⁻¹).

V.1.7.Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) :

La DBO₅ est la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée.

Tableau V.7 : Analyse de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) de l'eau brute, et de l'eau traitée de la STEP.

	Temps sec	Temps pluie	Norme
Eaux brutes	DBO ₅ =170 mg.l ⁻¹	DBO ₅ = 160 mg.l ⁻¹	35 mg.l ⁻¹
Eaux traitée	DBO ₅ = 8 mg.l ⁻¹	DBO ₅ = 4 mg.l ⁻¹	

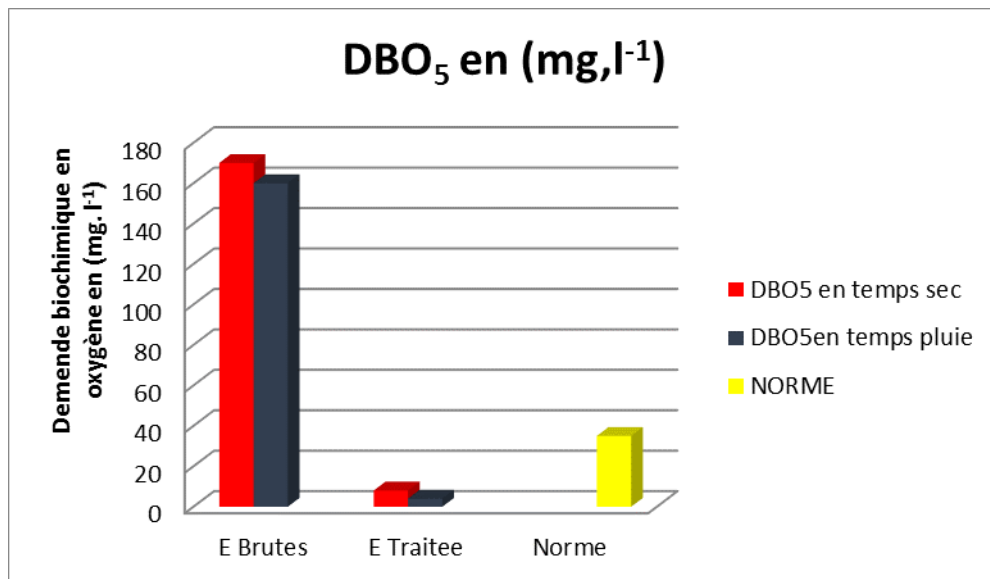


Figure V.7 : Variation temporelle de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) des eaux de la station d'épuration entre l'eau brute et traitée exprimé en (mg. l⁻¹) pendant la période de suivi (en temps sec et pluie).

➤ **Interprétation :**

La DBO₅ de l'eau brute varie entre 160 mg.l⁻¹ et 170 mg.l⁻¹ cependant nous remarquons une diminution dans la DBO₅ avec l'épuration ce qui peut être expliquée par les processus de traitement, ainsi les valeurs de la DBO₅ de l'eau épurée varient entre 8 mg.l⁻¹ et 4 mg.l⁻¹.

En comparant nos résultats de la DBO₅ avec ceux de l'OMS nous remarquons que les valeurs enregistrées de l'eau brute sont largement supérieures aux normes cependant celles enregistrées pour l'eau traitée répondent aux normes.

V.1.8. Phosphore total (PT) :

Les rejets des industries de production pouvant générer des rejets très différents ou des charges très élevées par rapport à la charge domestique sont cependant exclus du champ de l'étude.

On distingue trois principales sources de phosphore dans les rejets domestiques :

- les déchets du métabolisme humain (urines et fèces) ;
- les détergents ménagers ajoutés aux eaux de lavage (linge et vaisselle principalement) ;

- les déchets (hors détergents) collectés avec les eaux de cuisine (lavage de la vaisselle, déchets alimentaires liquides) et les eaux de lavage (linge, sols, ...).

Tableau V.8 : Analyse du Phosphore total de l'eau brute, et de l'eau traitée de la STEP

	Temps sec	Temps pluie	Norme
Eaux brutes	PT=8,6 mg.l ⁻¹	PT=7,9 mg.l ⁻¹	10 mg.l ⁻¹
Eaux traitée	PT=2,4 mg.l ⁻¹	PT=2,5 mg.l ⁻¹	

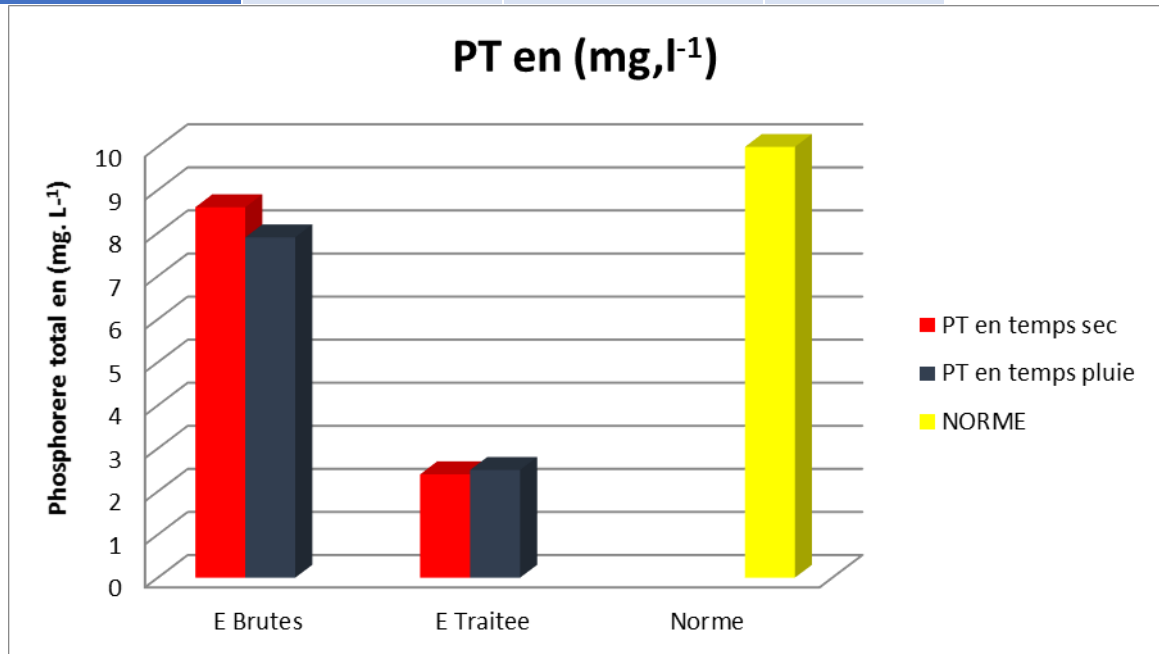


Figure V.8 : Variation temporelle du phosphore total (PT) des eaux de la station d'épuration entre l'eau brute et traitée exprimé en (mg. l⁻¹) pendant la période de suivi (en temps sec et pluie).

➤ **Interprétation :**

Le phosphore n'est naturellement présent qu'en très faible quantité dans le sol et dans les eaux. Une concentration importante de phosphates peut entraîner la prolifération des algues qui est un élément nutritif pour les végétaux. Or, les algues sont responsables de l'eutrophisation des eaux stagnantes. Ce phénomène d'eutrophisation est alors plus ou moins important selon la teneur en phosphates dans les eaux usées.

On remarque que la valeur du Phosphore total avant traitement est faible, et diminue

après le traitement, et cela est dû à l'efficacité du procédé de traitement.

V.1.9. Phosphate (PO_4^{3-}) :

Les phosphates font partie des anions fixés par le sol, leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés à la décomposition de la matière organique.

Dans les eaux usées, la part des rejets humain ne présente que 30 à 50% du phosphore total (entre 5 et 20 mg.l^{-1}), le reste provenant des produits de nettoyages. Cela explique les teneurs élevées perçues dans les prélèvements sur l'eau usée.

Tableau V.9 : l'Analyse du Phosphate (PO_4^{3-}) de l'eau brute à l'entrée, et de l'eau traitée à la sortie de la STEP.

	Temps sec	Temps pluie	Norme
Eaux brutes	$\text{PO}_4^{3-}=3 \text{ mg.l}^{-1}$	$\text{PO}_4^{3-}=3,6 \text{ mg.l}^{-1}$	2 mg.l^{-1}
Eaux traitée	$\text{PO}_4^{3-}=0,73 \text{ mg.l}^{-1}$	$\text{PO}_4^{3-}=0,45 \text{ mg.l}^{-1}$	

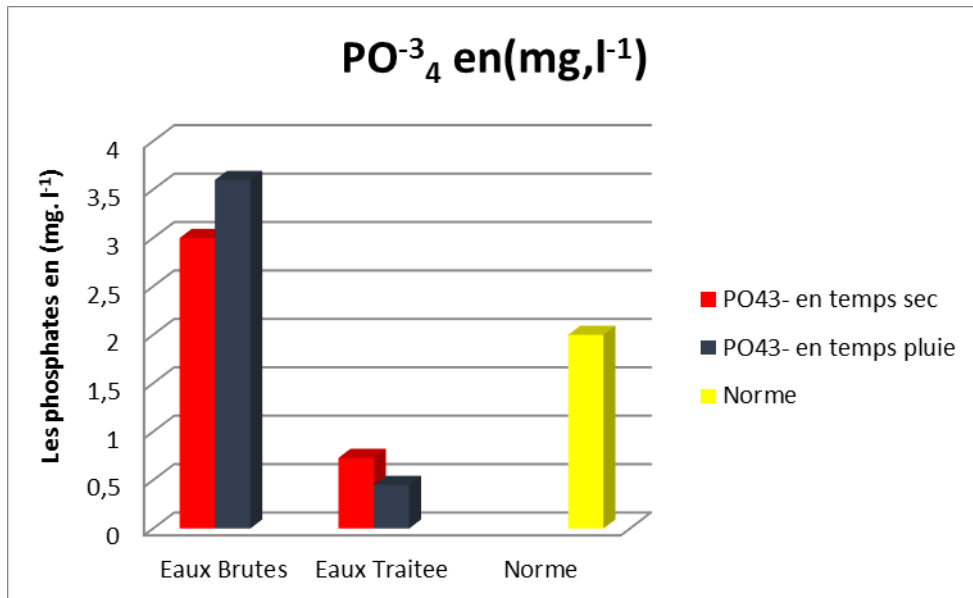


Figure V.9 : Variation temporelle des Ortho Phosphates (PO_4^{3-}) des eaux de la station d'épuration entre l'eau brute et traitée exprimé en (mg.l^{-1}) pendant la période de suivi (en temps sec et pluie).

➤ Interprétation :

Nos résultats montrent qu'il y a une différence dans la concentration en phosphate entre l'eau brute et l'eau épurée. Les concentrations en phosphate de l'eau brute varient entre 3.6 et 3 mg.l⁻¹ par ailleurs on observe une diminution remarquable de la concentration avec l'épuration de l'eau qui peut être expliquée par les processus de traitement.

En comparant nos résultats avec le seuil fixé par l'OMS, nous remarquons que les concentrations de phosphate pour l'eau épurée sont dans les normes.

V.2.10. Nitrates (NO₃⁻) :

La présence de nitrate dans l'eau brute de composés nitrates accentue la pollution, même si elles sont faibles elles peuvent être à l'origine de la formation de nitrites et de nitrosamines, responsables de deux phénomènes potentiellement pathologiques la méthémoglobinémie et un risque de cancer.

Tableau V.10 : Analyse des Nitrates (NO₃⁻) de l'eau brute, et de l'eau traitée de la STEP.

	Temps sec	Temps pluie	Norme
Eaux brutes	NO ₃ ⁻ =1.24 mg.l ⁻¹	NO ₃ ⁻ =1,19 mg.l ⁻¹	15 mg.l ⁻¹
Eaux traitée	NO ₃ ⁻ =0,35 mg.l ⁻¹	NO ₃ ⁻ =0,41 mg.l ⁻¹	

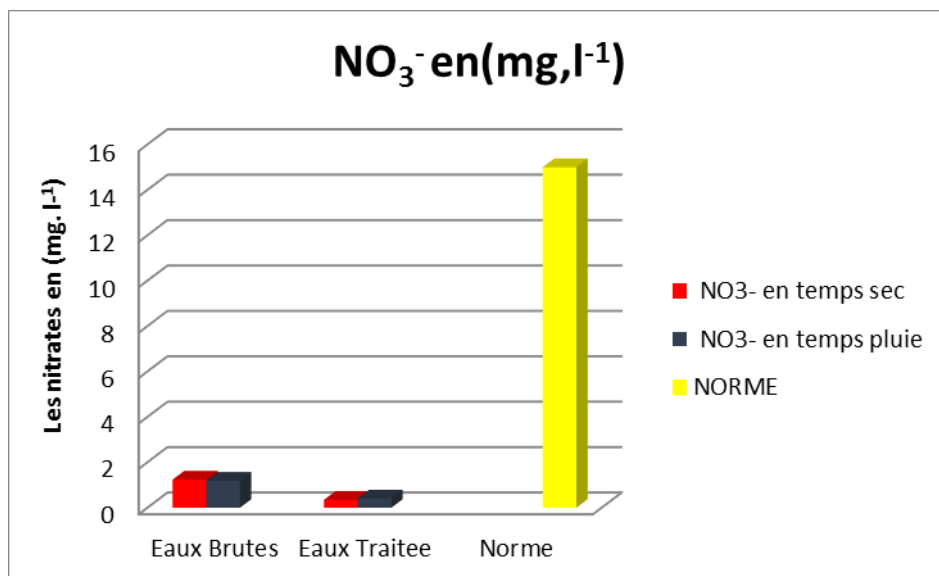


Figure V.10 : Variation des teneurs des Nitrates (NO₃⁻) des eaux brute et traitée de la station d'épuration (STEP) exprimés en (mg. l⁻¹) pendant la période d'étude en temps sec et pluie.

➤ Interprétation :

La diminution de la valeur de nitrates et nitrites entre l'entrée et la sortie est due à une réduction séquentielle, des nitrates et des nitrites en azote gazeux assuré principalement par des bactéries spécifiquement réalisant donc le processus biologique appelé la dénitrification dans le bassin d'aération.

On remarque que les valeurs des nitrates avant traitement sont faibles, et diminuent après le traitement, et cela est dû à l'efficacité du procédé de traitement.

V.11.L'ammonium NH_4^+ :

Tout comme le NTK, le NH_4^+ est un bon indicateur chimique de pollution directe d'une eau de rivière. Il peut s'agir d'un rejet d'eaux usées directement dans le milieu naturel mais aussi d'une pollution liée au ruissellement de déjections d'animaux épandus sur les champs ;

Tableau V.11 : Analyse de l'ammonium (NH_4^+) de l'eau brute, et de l'eau traitée de la STEP.

	Temps sec	Temps pluie	Norme
Eaux brutes	$\text{NH}_4^+ = 22 \text{ mg.l}^{-1}$	$\text{NH}_4^+ = 23 \text{ mg.l}^{-1}$	3 mg.l^{-1}
Eaux traitée	$\text{NH}_4^+ = 1,1 \text{ mg.l}^{-1}$	$\text{NH}_4^+ = 1,4 \text{ mg.l}^{-1}$	

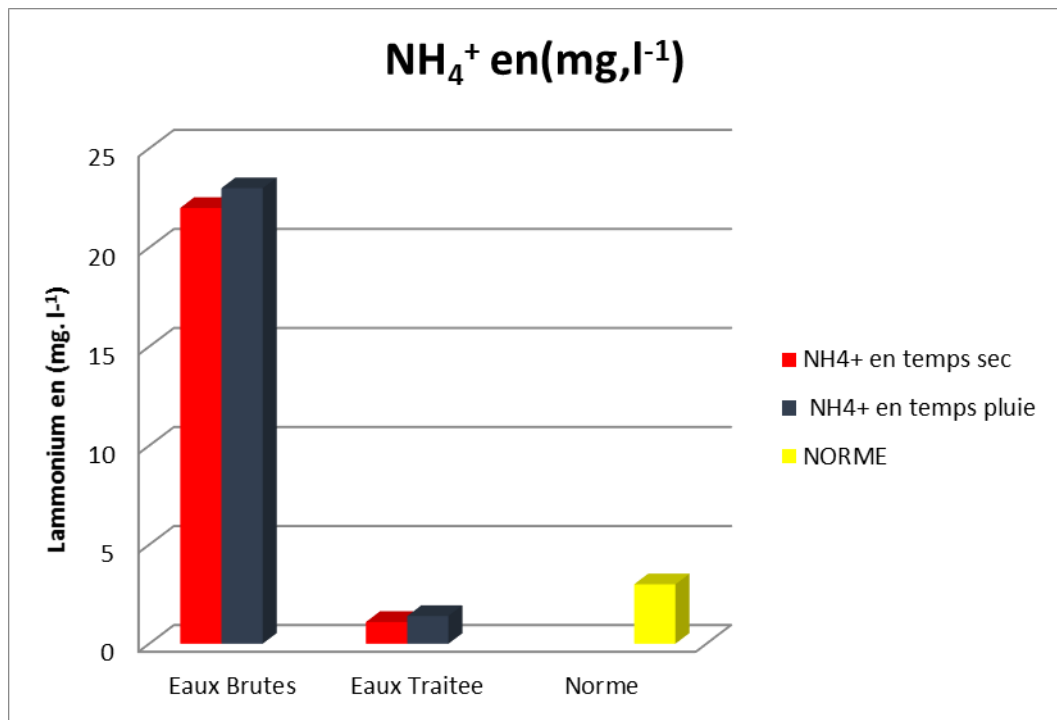


Figure V.11 : Variation des teneurs d’ammonium (NH_4^+) des eaux Brutes et traitée de la station d’épuration (STEP) exprimés en (mg.l^{-1}) pendant la période d’étude en temps sec et pluie.

➤ Interprétation :

Nos résultats montrent qu’il y a une différence dans la concentration en ammonium entre l’eau brute et l’eau traitée.

On remarque que les valeurs d’ammonium avant traitement sont élevées, mais elles diminuent après le traitement, et cela est dû à l’efficacité du procédé de traitement.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Ces dernières années, l'Algérie a considérablement intensifié ses efforts pour lutter contre la pollution, en mettant particulièrement l'accent sur la protection et la valorisation des ressources en eau. Cet engagement s'est concrétisé par un déploiement important de stations d'épuration des eaux usées et une surveillance plus efficace de leurs performances.

La réglementation algérienne en matière de rejets des stations d'épuration est devenue de plus en plus rigoureuse, en raison de la complexité des problèmes liés aux dysfonctionnements biologiques et à la diversité des choix techniques possibles, dont les résultats sont très encourageants, etc.

Le travail réalisé au cours de cette étude est la protection du barrage de BENI HAROUN est en effet un grand complexe hydraulique stratégique en Algérie, situé dans la wilaya de Mila au nord-est de l'Algérie ainsi pour l'objectif d'étudier les performances épuratoires de la STEP de Zeghaïa — Oued Endja en effectuant une série d'analyses sur les paramètres de pollution de l'eau avant et après le traitement dans le temps pluies et dans le temps sec tel que : les matières en suspension (MES), la demande biologique en oxygène (DBO5), la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote total (NT), et l'azote ammoniacal (NH₄⁺), Phosphate total (PT), la conformité de ces résultats d'analyses démontre également que les dispositifs de traitement sont appropriés et limitent la charge de pollution rejetée lorsque les volumes sont respectés et le suivi de la maintenance en œuvre.

Après avoir effectué toutes les analyses, nous avons pu observer les constatations suivantes :

- ✓ Les valeurs du pH et de la température sont considérées comme étant conformes aux normes soit dans le temps sec ou dans le temps pluies.
- ✓ On observe une diminution significative de la demande chimique en oxygène (DCO), qui est un indicateur de pollution, lorsque l'on compare les eaux usées brutes (temps pluies et temps sec) (où les valeurs les plus élevées varient entre 160 mg/l et 250 mg/l) aux eaux usées traitées (temps pluies et temps sec) (où les valeurs les plus basses se situent entre 40 mg/l et 42 mg/l).

- ✓ Nous constatons un niveau élevé d'élimination et des résultats satisfaisants au côté de la demande biologique en oxygène (DBO5) sauf dans le temps pluies ou le temps sec.
- ✓ Le phosphore total (PT) respecte les normes et les résultats obtenus sont acceptables.
- ✓ On constate une diminution significative de la quantité de matières en suspension suivi (en temps sec et pluie) varie entre 3mg/l et 2 mg/l respectivement.

Les paramètres analysés des eaux épurées de la station d'épuration de Zeghia-Oued Endja sont tous conformes aux normes de rejet. Les résultats obtenus confirment le bon fonctionnement de cette station d'épuration.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **BAWIN-C, BELLON-J, BAVY-C**, Livre bleu, Edition BELGAQUA, Fédération Belge du secteur de l'eau ASBL, 2008.
- [2] **DESJARDINS Raymond**, Le traitement des eaux, 2^{ème} édition, édition de l'école polytechnique de Montréal, 1997.
- [3] **DEGREMONT**, CD de "Mémento technique de l'eau", Technique et documentation, document [PDF] Tome 1, 1989.
- [4] L'aluminium et la santé, les composés de l'aluminium dans le traitement de l'eau, Avenue de Broqueville, Avril 2008 Brussels, Belgium, document électronique, Adresse URL : www.aluminium.org
- [5] **CARDOT Claude**, Génie de l'environnement : le traitement de l'eau, Paris, 1999, P : 9.
- [6] **BOEGLIN Jean-claude**, Propriétés des eaux naturelles, Technique de l'ingénieur, traité l'environnement, G₁ 110.
- [7] **DE ZUANE John**, Hand book of: Drinking Water Quality, ED John Wiley & sons, 2^{ème} édition, 1997.
- [8] **EISENBERG. D, KAUZMAN. W**, The structure and Properties of Water. Oxford University Press, New York AND London, 1969.
- [9] **FIESSINGER. F, BERSILLON. J. L**, Polymérisation de l'hydroxyde d'aluminium par la coagulation des eaux, ED Tribune du Cebedeau, 1977, P : 52-68.
- [10] **FOYEN. J**, Technique de traitement de l'eau : Incidence sur la dégradation des matériaux, 2^{ème} ED, 2000.
- [11] **GREGOR. J.E, NOKES. C.J, FENTON. E**, Opining natural organic matter removal from low turbidity water by controlled pH adjustment of alumina coagulation, Ed - Wat.Res, Vol.31, Elsevier, Britain, 1997.
- [12] **MARTIN-MOUSSET. B, CROUE. J.P, LEGUBE. B**, Distribution et caractérisation de la matière organique dissoute d'eau naturelles de surface, ED Wat.Res, Elsevier SCI , Britain, 1997
- [13] **SENESI. N, REZZI. F, DELINO. P**, Fractal dimension of humic acids in aqueous suspension as of pH and time. Fox.Soil, 1996.
- [14] **GALAF Fatiha, GHANNAM Sanae**, thème «CONTRIBUTION A L'ELABORATION D'UN MANUEL ET D'UN SITE WEB SUR LA POLLUTION DU MILIEU MARIN» Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Agronomie, Option : Halieutique, Maroc, 2003.
- [15] **RODIER Jean**, L'analyse de l'eau (eaux naturelles- eaux résiduaires- eau de mer),

7^{ème} édition, Ed-DUNUD, 1996.

[16] **EDELIN. F**, L'épuration physico-chimique des eaux, Théorie et technologie, 1992.

[17] **DJABRI. L**, Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse, origine géologiques, industrielles, agricoles et urbaines, thèse de doctorat d'état, université d'Annaba, Algérie, 1996.

[18] **MARCEL Dore**, Chimie des oxydants et traitement des eaux, l'université de Poitiers (E.S.I.P), P : 2, 3.

[19] **MIZI Abdelkader**, traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles, Thèse de doctorat d'état, université d'Annaba, Algérie, 2006.

[20] **SEGHIRI. R**, Elimination des substances humiques extraites de l'eau de la retenue de Hammam-Ghrouz par Coagulation- Flocculation avec le fer ferrique et les sels d'aluminium, Thèse de Magistère, université de Constantine, 1996.

[21] **LAFERRIER. M, NADEAU. A, MALENFANT. G**, La contamination par les nitrates : Prévention des risques à la santé, 1995.

[22] "**Wastewater Treatment: A Brief History.**" United States Environmental Protection Agency.

[23] **Ladjel F, (2006)**, Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes. 80p

[24] <https://www.huber-technology.hu/produits/degrillage/step-screen/huber-degrilleur-fin-step-screenr-ssf.html>

[25] **Telli Sidi Mohamed, (2013)**, Etude sur la valorisation par séchage solaire Des boues d'épuration des Eaux urbaines – cas de la station d'Office Nationale d'Assainissement (ONA)- Tlemcen, mémoire master génie énergétique université de tlemcen

[26] <https://www.cbbd.be/fr/cbbd/le-dessableur>

[27] <https://siamvg.fr/fonctionnement/>

[28] **Hadjou Belaid Z,(2013)**, « Contribution à l'étude des dysfonctionnements relevés dans une station d'épuration, étude du cas : STEP d'Ain El Houtz », Mémoire de master en hydraulique, Université Abou-Bakr Belkaid de Tlemcen.

[29] **Faiza Mekhalif, (2009)**. Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement,

[30] **Gaid A, (1984)**, « Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I », édition OPU, Alger.

[31] **Boumediene Amine, (2013)**, (bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées: cas de la STEP AIN EL HOUTZ). Mémoire de licence en hydraulique, Université Abou-Bakr Belkaid de Tlemcen

[32] **Josep P, (2002)**, « station d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation »

[33] **Rejasse Sandrine, Juillet (2009)**, « Optimisation du fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées de 10 000 EH, Trélissac », Mémoire d'ingénieur de l'ENGEES, Promotion Indre

[34] <https://eau.gouvernement.lu/fr/ressources-en-eau/eaux-usees-pluviales/Traitements/Traitement-par-le-procede-du-lagunage-naturel.html>

[35] **C.C.I Troyes, (2002)**. Eaux usées et assainissement. Les traitements adaptés.

[36] **Reliability and Problems of Wastewater Treatment Processes in the Algerian Sahara(PDF)**

[37] **Faiza Mekhalif,(2009)**, réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de magister en chimie, Université de skikda.

[38] **Boumediene Amine, (2013)**, (bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées: cas de la STEP AIN EL HOUTZ). Mémoire de licence en hydraulique, Université Abou-Bakr Belkaid de Tlemcen.

[39] **Les stations d'épuration par disques biologiques (PDF)**

[40] **Gaid A, (1984)**, « Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I », édition OPU, Alger.

[41] **Karima Allaoui, (2009)**,«Modélisation hydraulique d'une bassin d'aération des stations d'épuration des eaux usées » Mémoire magister en hydraulique, université Badji Mokhtar – annaba

[42] **Dhaouadi H, (2008)**, Traitement des eaux usées urbaines, les procédés biologiques d'épuration. Thèse, Université Virtuelle de Tunis, 34 p.

[43] **Belhani, Mahdi, Bourgois, Jacques Et Pons, Marie-Noëlle. (2008)**. Analyse du cycle de Vie : Epuration des eaux usées urbaines. Revue technique de l'ingénieur.

[44] **Rodier J,(2005)** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème

Edition DUNOD technique, Paris, pp 1008-1043

[45] **Dégrémont. 1972.** mémento technique de l'eau, Ed ; Lavoisier, Paris,

[46] **Latifa Kahim, Hanane Idabdellah,(2013).** L'impact des dysfonctionnements rencontrés au niveau des bassins d'aération de la Station d'Épuration et de Réutilisation des Eaux Usées de Marrakech sur la qualité des eaux traitées. Mémoire licence en science et technique, université de marakeche.

[47] **Bakkal Fatima Zahra, Bennani Oumaima,** (Optimisation du fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées de Marrakech), Mémoire, université MARRAKECH.

[48] <https://www.ciffasystemes.com/fr/eaux-usees-couvertures-olfacif/traitement-tertiaire/clarificateur---decanteur-frx5783600b5905a47b2f7d93a9.htm>

[49] **Franck R, (2002),** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, pp165-239.

[50] **Dahou Abderahim, Brek Adem, (2013),** lagunage aéré en zone aride performance épuratoires cas de (région d'ouaregla). mémoire master académique. Université d'ouaregla.

[51] **Attab Sarah, (2011),** amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local), Mémoire de magister en biologie, université ouaregla.

[52] **Gaid A, (1984),** « Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I », édition OPU, Alger.

[53] **Hadjou Belaid Z,(2013),** « Contribution à l'étude des dysfonctionnements relevés dans une station d'épuration, étude du cas : STEP d'Ain El Houtz », Mémoire de master en hydraulique, Université Abou-Bakr Belkaid de Tlemcen.

[54] CHAPITRE III MATERIELS ET METHODES Mémoire Bennia Yemna LST page 49.

Résumé:

L'acheminement des eaux usées vers les stations d'épuration est essentiel car ces eaux contiennent une forte concentration de polluants et de contaminants, ce qui présente des risques sanitaires si elles sont réutilisées sans traitement adéquat.

Dans le cadre de cette étude, l'objectif est d'évaluer expérimentalement l'efficacité d'une station d'épuration à boues activées à faible charge, en se concentrant sur la **STEP de Zeghaïa — Oued Endja**. Pour ce faire, des mesures des paramètres de pollution de l'eau brute à l'entrée de la station et de l'eau traitée à la sortie seront réalisées afin d'évaluer les performances épuratoires de la station.

Les résultats obtenus ont indiqué que les paramètres de pollution analysés respectent les normes de rejet établies ($DBO_5 < 35$ mg/l ; $DCO < 120$ mg/l ; $MES < 35$ mg/l). Les analyses réalisées ont révélé un bon fonctionnement de la station et des performances satisfaisantes en termes de réduction des matières en suspension (MES), de la demande chimique en oxygène (DCO) et de la demande biologique en oxygène (DBO_5) à des niveaux acceptables. De plus, la technique des boues activées a démontré une efficacité notable dans l'élimination de l'azote et du phosphore.

Mots clés : Eaux usées, boues activées, STEP, Zeghaïa — Oued Endja, Performances

Abstract:

The transportation of wastewater to wastewater treatment plants is essential because this water contains a high concentration of pollutants and various contaminants, which poses health risks if reused without proper treatment.

The objective of this study is to experimentally evaluate the effectiveness of a low-load activated sludge wastewater treatment plant, focusing on the **Zeghaïa — Oued Endja WWTP**. To achieve this, measurements of pollution parameters will be taken at the inlet (raw water) and outlet (treated water) of the plant to assess its purification performance.

The results obtained indicated that the analyzed pollution parameters comply with the established discharge standards ($DBO_5 < 35$ mg/l; $DCO < 120$ mg/l; $SST < 35$ mg/l). The conducted analyses revealed good plant operation and satisfactory performance in terms of reducing suspended solids (TSS), chemical oxygen demand (DCO), and biochemical oxygen demand (DBO_5) to acceptable levels. Moreover, the activated sludge technique demonstrated significant efficiency in removing nitrogen and phosphorus.

Keywords: Wastewater, activated sludge, WWTP, Zeghaïa — Oued Endja, Performance.

ملخص:

نقل مياه الصرف الصحي إلى محطات معالجة الصرف الصحي ضروري لأن هذه المياه تحتوي على تركيز عالٍ من الملوثات والمواد الملوثة المختلفة، مما يشكل مخاطر صحية إذا تم إعادة استخدامها دون المعالجة المناسبة. في إطار هذه الدراسة، يهدف البحث إلى تقييم فعالية محطة معالجة الصرف الصحي بالحماة المنشطة ذات الحمولة المنخفضة، مع التركيز على محطة معالجة الصرف الصحي في زغاية - وادي الأنجة. ولتحقيق ذلك، ستتم قياسات لمؤشرات التلوث في الماء الخام المدخل إلى المحطة والماء المعالج المخرج منها لتقييم أداء المحطة في التنقية.

أظهرت النتائج المحصل عليها أن معايير التلوث التي تم تحليلها تتوافق مع المعايير المقررة للنفاد ($DBO_5 < 35$ ملغ/لتر؛ $DCO < 120$ ملغ/لتر؛ $MES < 35$ ملغ/لتر). أظهرت التحاليل القامت بها عملاً جيداً للمحطة وأداءً مرضياً في تقليل المواد العالقة (MES) والطلب الكيميائي للأكسجين (DCO) والطلب البيولوجي للأكسجين (DBO_5) إلى مستويات مقبولة. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت تقنية الحماة المنشطة كفاءة ملحوظة في إزالة النيتروجين والفسفور.

الكلمات الرئيسية: مياه الصرف الصحي، الحماة المنشطة، محطة معالجة الصرف الصحي، زغاية - وادي الأنجة،

الأداء

