

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

UNIVERSITE 20 AOÛT 1955 SKIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Ingénierie & Gestion de l'Eau

ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX USÉES
DE LA RAFFINERIE DE SKIKDA

Soutenu le 25/06/2023

Réalisé par : Bouferrouk Karima.....

Kabir Maroua.....

Cheriet Roukia.....

Encadré par :

Dr. Bougdah Nabil

Année Universitaire 2022- 2023

REMERCIEMENTS

Merci ALLAH de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience, d'aller jusqu'au bout du rêve et la volonté de mener à terme le présent travail.

Nous tenons d'abord à exprimer nos reconnaissances et nos remerciements à nos parents pour leur encouragement et leur soutien moral et matériel indispensable tout au long de ces années.

*Nous adressons nos vifs remerciements à notre encadreur **Dr. BOUGDAH NABIL.***

Nous remercions également les membres du jury pour l'intérêt qu'ils portent à nos recherches en acceptent d'examiner nos travaux et de les enrichir de leurs propositions.

Nous remercions tout personne qui nous a dédié de près comme de loin pour réaliser ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail a

Mon père et ma mère

Chers frères et chères sœurs

Toutes la famille BOUFERROUK

Mon fiancé MALEK

A tout ceux qui mes sont chers

*A toute ma famille et toutes mes amies, en témoignage de
ma profonde affection.*

BOUFERROUK KARIMA

Dédicace

*Grâce à dieu tout puissant qui m'a donné le courage, la volonté et la force
pour réaliser ce mémoire.*

Je dédie ce travail à :

*A celle qui m'a donné la vie et l'envie de vivre. A celle qui m'a entouré de
sa tendresse, à ma très chère Maman.*

Amon grand-père et ma grand-mère, que dieu les protège.

À mon mari (GHOULEM) et à la famille de mon mari.

*Je vous dédie ce travail d'expression de mes remerciements pour votre
soutien continu dans ma carrière.*

*A toute ma famille (SEKKEL), et mes proches sans exception, et mes amis
sans exception.*

*A toutes avec qui j'ai partagé l'effort et la fatigue de ce travail, Karima et
Maroua.*

*A tous ceux que ma plume n'a pas mentionnés et que mon cœur n'a pas
oubliés, à tous....*

*A tous ceux qui m'ont encouragé à faire mon voyage de succès et
d'excellence.*

CHERIET ROUKIA

Dédicace

A, la mémoire de mon grand-père (BELKECEM) que je n'ai jamais oublié.

A ma très chère mère RAZIKA, vous êtes l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Puisse dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

À mon père MOHAMED ELSALAH, rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous aviez consentis pour mon éducation et ma formation.

À chères frères et chères sœurs, surtout BOUTEYNA

À Mon grand-père Saïd ainsi qu'à ma grand-mère FATIMA.

À mes oncles et mes tantes, surtout ma chère tante NACIRA.

À toute ma famille et toutes mes amies surtout AYA, OUMAIMA et MERIEM, En témoignage de ma profonde affection.

KABIR MAROUA

SOMMAIRE

Résumé

Listes des abréviations

Liste de figures

Liste des tableaux

Introduction générale 1

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées

Introduction..... 3

I.1. Définitions des eaux usées 3

I.2. Origines des eaux usées 4

I.2.1. Origine des eaux usées domestiques (Les effluents domestiques) 4

I.2.2. Les eaux usées industrielles 5

I.2.3. Les eaux usées agricoles 5

I.2.4. Les eaux usées pluviales 6

I.2.5. Les effluents d'origine naturelle 6

I.3 Les substrats polluants..... 6

I.3.1 Matières d'écantables ou flottantes 7

I.3.2 Matières fines en suspension 7

I.3.4. Matières solubles..... 7

I.3.5. Matières biodégradables 8

I.3.5.1. Matières aisément dégradables 8

I.3.5.2. Matières lentement dégradables..... 8

I.3.6. Matières non-biodégradables 8

I.3.7. Matières organiques 9

I.3.8. Matières inorganiques 9

I.4. La Pollution des eaux 10

I.5. Les types des eaux usées..... 10

I.5.1. Pollution ponctuelle.....	10
I.5.2. Pollution diffuse	10
I.6. Sources de pollution	11
I.6.1. La pollution domestique	11
I.6.2. La pollution agricole.....	11
I.6.3. La pollution industrielle	12
I.6.4. Pollution atmosphérique	12
I.7. Les principaux polluants de l'eau.....	13
I.7.1. La pollution chimique.....	13
I.7.2. Les polluants physiques.....	14
I.7. 3. Les polluants biologiques de l'eau.....	14
I.8. Paramètre de mesures	15
I.8.1. Paramètres organoleptiques	15
I.8.1.1. Couleur	15
I.8.1.2. Odeur	15
I.8.1.3. Débit	15
I.8.2. Paramètre physique	15
I.8.2.1. Température	15
I.8.2.2. La turbidité.....	15
I.8.2.3. Les matières organiques (MO).....	16
I.8.2.4. Les matières en suspensions (MES).....	16
I.8.2.5. Les matières volatiles en suspension (MVS)	16
I.8.2.6. Les matières minérales en suspension (MMS)	16
I.8.3. Paramètre chimique	17
I.8.3.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)	17
I.8.3.2. Demande biochimique en oxygène (DBO).....	17
I.8.3.3. La demande chimique en oxygène (DCO)	17
I.8.3.4. Teneur en azote et en phosphore.....	18
I.8.4. les paramètres bactériologiques	18

I.8.4.1. Les bactéries.....	18
I.8.4.2. Les virus.....	19
I.8.4.3. Protozoaires.....	19
I.8.4.4. Les helminthes	20
Conclusion	20

Chapitre II : La présentation de station

Introduction.....	21
II.1 Description de l'unité de stage (unité de traitement des effluents ETP II).....	21
II.2. Les étapes de traitement d'effluents dans l'unité ETPII	22
II.2.1. Prétraitements	22
II.2.1.1. Dégrillage	23
II.2.1.2. Le dessablage	23
II.2.1.3. Le déshuilage- Dégraissage	24
II.2.2. Traitement primaire.....	24
II.2.2.1 La décantation.....	25
II.2.2.2 Structure des colloïdes.....	25
II.2.2.3 Potentiel Zêta	26
II.2.2.4 Coagulation-floculation.....	26
II.2.2.5. La flottation	27
II.2.2.6 Flottation à air dissout (système DAF).....	27
II.2.3. Traitement secondaire (biologique)	28
II.2.3.1 Traitement aérobie	28
II.2.3.2 Traitement anaérobie.....	28
II.2.3.3. Le traitement de biofilm à lit mobile (culture fixe)	29
II.2.3.4. Traitement par boue active (culture libre)	29
II.2.4 Traitement tertiaire.....	29
II.2.4.1. Filtration sur sable (affinage).....	31

II.2.4.2. Filtration sur charbon actif.....	32
Conclusion	33

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Introduction	34
III.2. Méthodes et normes d'analyse	34
III.2.1. Détermination du potentielle d'hydrogène (pH).....	34
III.2.2. Détermination de la conductivité.....	35
III.2.3 Détermination des chlorures (Cl ⁻).....	36
III.2.4. Détermination des ions phosphates (PO ₄ ⁻³).....	36
III.2.5. Détermination des hydrocarbures (HC)	37
III.2.6. La détermination de la demande chimique en oxygène DCO... ..	38
III.2.7. Détermination de la DBO ₅	39
III.2.8. Détermination de la Température (T)	39

Chapitre IV : Résultats et discussions

Discussion des résultats	40
IV.1. Variation du pH	40
IV.2. Variation de la conductivité	41
IV.3. Variation du Cl ⁻	42
IV.4. Variation du PO ₄ ⁻³	43
IV.5. Variation d'HC	44
IV.6. Variation du DCO.....	45
IV.7. Variation du DBO ₅	47
IV.8. Variation de la température.....	48
Conclusion général	49
Références Bibliographiques	50

Résumés

Résumé

L'objectif de la présente étude est de vérifier l'efficacité de traitement d'épuration des eaux industrielles au niveau de nouvelle unité du complexe de raffinage RA1K de Skikda, avec l'analyse des variations journalières des paramètres physico-chimique : pH, température, conductivité électrique, DCO, DBO₅, Cl⁻, PO₄⁻³ et hydrocarbure..., et les comparants avec les normes réglementaire algériennes des rejets des effluents industriels.

On peut dire que les procédés physico-chimiques et biologiques de traitement d'épuration utilisé par la STEP sont efficaces.

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Désignation
RA1K	Direction régionale de la zone industrielle de Skikda.
ETP II	Unité de traitement des effluents.
STEP	Station de traitement des eaux polluées.
TN-4A	Réservoir de flottation à air dissous (DAF).
TN-6	Réservoir d'aération.
GP	Bassin de protection.
DCO	Demande chimique en oxygène.
DBO5	Demande biologique en oxygène pendant cinq jours.
PH	Potentiel d'hydrogène.
HC	Hydrocarbures.
CE	Conductivité Électrique.
MES	Matières en suspension.
MO	Matière organique.
OWS	Oily water sewer
CRWs	Contaminated rain water sewer(au tempe sec).
CRW	Contaminated rain water sewer(au tempe humide).
MBBR	Moving bed biofilme Reactor (bio réacteur à lit mobile).
DAF	Flottation à air dissoute.
PPM	Partie par million.
NRE	Neutralized régénération effluent (effluent de régénération neutralisé)
HC	Hydrocarbures.
NORME UOP	Unité d'ordre publique
NORME ASTM-D	American Society for Testing and Materials; D: Matériaux divers.
Cl⁻	Clouer.
P0₄⁻³	Phosphore.

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
Figure. I.1	Les colloïdes.	07
Figure. I.2	Pollution diffuse.	11
Figure. I.3	La pollution atmosphérique.	13
Figure. I.4	Escherichia coli vues au microscope électronique.	18
Figure. I.5	Entérovirus vus au microscope électronique (pas d'échelle).	19
Figure. I.6	Cryptosporidium parvum vu au microscope électronique.	20
Figure. I.7	Helminthe vu au microscope électronique (pas d'échelle).	20
Figure. II.1	Plan d'implantation de l'unité de traitement des effluents ETP II, raffinerie de Skikda.	22
Figure. II.2	Dégrillage.	23
Figure. II.3	Dessablage.	24
Figure. II.4	Structure des colloïdes « théorie de la double couche ».	26
Figure. II.5	Bassin de flottation à air dissout TN-4A.	27
Figure. II.6	Bassin MBBR.	29
Figure. II.7	Bassin de traitement par boue active TN6.	30
Figure. II.8	Clarificateur pour séparer la boue biologique CL-1A/B.	30
Figure. II.9	Schéma d'un système de Filtre à sable [12] Données de base.	31
Figure. II.10	Bassin de protection GP-1A/B.	32
Figure. III.1	PH mètre.	35
Figure. III.2	Conductimètre.	35
Figure. III.3	Appareille de titrage de chlorure.	36
Figure. IV.1	Variation de pH au niveau bassins SU-3, PG.	41
Figure. IV.2	Variation de la conductivité au niveau bassins SU-3, PG.	42
Figure. IV.3	Variation du Cl ⁻ au niveau bassins PG.	43
Figure. IV.4	Variation du PO ₄ ⁻³ au niveau bassins PG.	44
Figure. IV.5	Variation d'HC au niveau de bassins PG.	45
Figure. IV.6	Variation du DCO au niveau bassins SU-3, PG.	46
Figure. IV.7	Variation du DBO5 au niveau de bassin PG.	47
Figure. IV.8	Variation de la température au niveau de bassin SU-3, PG.	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titres	Page
Tableau. I.1	Classifications des substrats polluants.	09
Tableau. IV.1	Variation de pH au niveau bassins SU-3, PG	40
Tableau. IV.2	Variation de la conductivité au niveau bassins SU-3, PG.	41
Tableau. IV.3	Variation de Cl ⁻ au niveau bassins PG	42
Tableau. IV.4	Variation du PO ₄ ⁻³ au niveau bassins PG	43
Tableau. IV.5	Variation d'HC au niveau de bassins PG.	44
Tableau. IV.6	Variation du DCO au niveau bassins SU-3, PG.	46
Tableau. IV.7	Variation du DBO5 au niveau de bassin PG.	47
Tableau. IV.8	Variation de la température au niveau de bassin SU-3, PG.	48

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est la vie sur la terre. Donc, l'eau est quelque chose de spécial. Chaque chose vivante sur terre (micro-organismes, plantes, animaux, êtres humains et même notre cerveau) consiste principalement en eau. Le monde contient aussi beaucoup d'eau. Plus que 70% de la totalité de l'eau contenue sur terre, seulement une petite partie qui est convenable pour la consommation humaine ou l'usage agricole (approximativement 0.5% de toute l'eau dans le monde. Cette petite fraction d'eau douce doit pourtant satisfaire l'ensemble des besoins de l'humanité.

Les eaux usées issues des industries et des collectivités ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, car sans traitement elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique. Par conséquent, elles devraient être dirigées vers les stations d'épuration qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un résidu, et de rejeter une eau épurée répondant aux normes admises, et cela grâce à des procédés physicochimiques et biologiques.

L'humanité se trouve devant une croissance alarmante de la pollution des eaux par des matières organiques diverses, des pesticides, des détergents, des métaux lourds, et autres substances toxiques. La dégradation des ressources en eau, sous l'effet des rejets brutes polluées, peuvent non seulement détériorer gravement l'environnement mais aussi entraîner des risques de pénurie, d'où la nécessité de traiter ces eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur.

Le traitement de l'eau usée a pour objectif de réduire le niveau de contamination en divers éléments, pour la rendre respectueuses des milieux récepteurs ou facilement réutilisable en agriculture ou en industrie. Différentes méthodes sont utilisées dans le domaine de l'épuration, telles que la méthode à boues activées.

L'objectif de ce travail, consiste à suivre la qualité physicochimique des eaux usées brutes et épurées de la STEP raffinerie de Skikda (ETPII).

Ce travail est organisé en quatre chapitres :

- ❖ Le premier chapitre : traite les généralités sur les eaux usées.
- ❖ Le deuxième chapitre : présentation station la raffinerie de Skikda (ETPII).
- ❖ Le troisième chapitre : Matériels et méthodes.
- ❖ Le quatrième chapitre : Résultats et discussions.

Chapitre I

Généralité sur les eaux usées

Introduction

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant le milieu accepteur en égouts. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie.

Pour cela, il faut épurer et retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible.

L'épuration consiste à éliminer les plus gros débris organiques ou minéraux, retirer les MES de densité différente de l'eau tels que les grains de sables et les particules minérales, et aussi à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênantes en aval (germes pathogènes, azote, phosphore...etc.).

Dans ce chapitre nous allons donner un aperçu sur les eaux usées, leurs origines et leurs impacts sur l'écosystème.

I. 1. Définitions des eaux usées

L'eau usée non traitée désigne des eaux d'égout qui n'ont pas subi de transformation physique ou chimique visant à enlever les déchets solides et les contaminants.

Ces eaux peuvent causer des problèmes de pollution comme la propagation de produits chimiques toxiques, de bactéries porteuses de maladies et la prolifération d'algues.

L'eau usée est le synonyme de l'eau résiduaire. Les eaux usées domestiques se composent des eaux vannes d'évacuation des toilettes, des eaux ménagères d'évacuation des cuisines et salles de bains [1].

I.2. Origines des eaux usées

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue :

I.2.1. Origine des eaux usées domestiques (Les effluents domestiques)

Les effluents domestiques : sont composés d'eaux usées domestiques : Eaux ménagères comprennent des déjections humains (eaux de lavabo, douche, baignoire, appareils ménagers). Vannes (urines et matières fécales), dans le système dit « tout à l'égout ». Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques et de matières minérales.

Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières organiques constituées décomposés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de carbone, oxygène et hydrogène, mais aussi d'azote et, dans certains cas, d'autres corps tels que soufre, phosphore, fer, etc.).

En Algérie, la pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eau est évaluée :

- ❖ De 70 à 90 g de matières en suspension.
- ❖ De 60 à 70 g de matières organiques.
- ❖ De 15 à 17 g de matières azotées.
- ❖ 4 g de phosphores.
- ❖ Plusieurs milliards de germes pour 100 ml.

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, de graisses appelées eaux grises et de toilette chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires. Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produits détergents, Des eaux de buanderie contenant principalement des détergent [2].

I.2.2. Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir :

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

Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épurations [7].

I.2.3. Les eaux usées agricoles

Ces effluents proviennent des terres cultivées après lessivages et ruissellement. Ces eaux sont riches en éléments fertilisants (azote et phosphore) et en polluants organiques (pesticides) [10].

Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- ❖ Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage de terres perméables. Ces composés minéraux favorisent la prolifération des algues (phénomène d'eutrophisation) qui en abaissant la teneur en oxygène des eaux courantes, compromettent la vie des poissons et des animaux aquatiques.
- ❖ Apport des pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants et d'insecticides [5].

I.2.4. Les eaux usées pluviales

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

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

Elles sont de même nature que les eaux usées domestiques, avec de métaux lourds et des toxiques (Plomb, Zinc, Hydrocarbures) provenant essentiellement de la circulation automobile [3].

I.2.5. Les effluents d'origine naturelle

La teneur de l'eau en substances indésirables est le fait de l'activité de certains phénomènes naturels (irruptions volcaniques, contact de l'eau avec les gisements minéraux...).

L'effluent entrant en station peut comporter une part d'eaux parasites dues à des défauts de structure du réseau (mauvaise conception, malfaçons, collecteurs endommagés). On distingue les eaux parasites de temps sec qui correspondent à l'intrusion d'eau de la nappe phréatique, et les eaux parasites pluviales, qui concernent uniquement les réseaux séparatifs eaux usées et qui sont dues à des erreurs de raccordement, voire à du drainage rapide [4].

I.3 Les substrats polluants

A la différence de divers phénomènes de pollution, celle des eaux se traduit par les effets particuliers liés aux spécificités écologiques propres aux milieux aquatiques. En effet, l'eau peut dissoudre, souvent avec facilité, de nombreuses substances chimiques et biologiques. Par conséquent, tout polluant peut être véhiculé fort loin de la source décontamination.

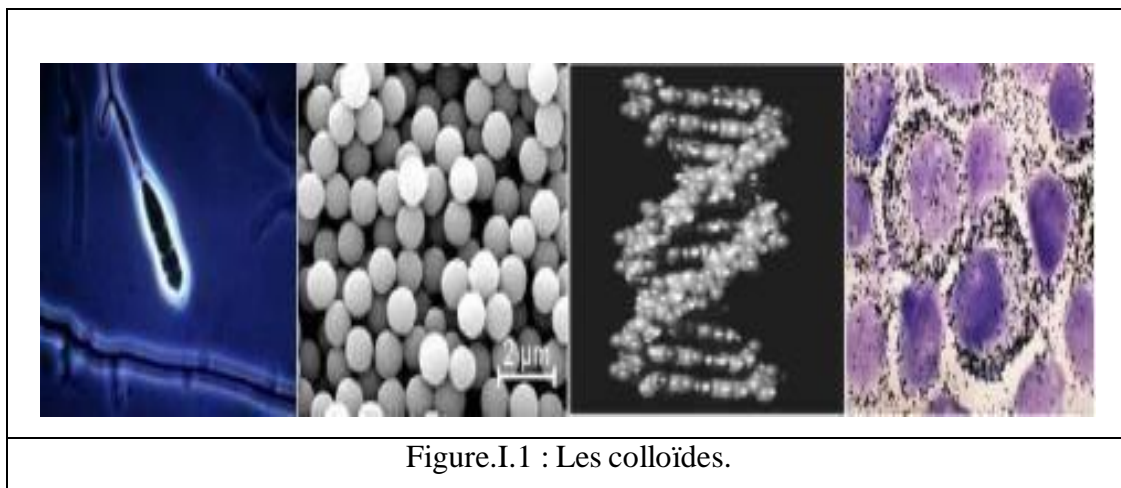
On distingue quatre catégories principales liées aux différentes caractéristiques de ces substances qui déterminent le type de procédé efficace pour leur purification [4].

I.3.1 Matières d'écantables ou flottantes

Elles représentent la fraction des composés grossiers (galets, graisses...). Ces substances sont soumises à des prétraitements ou éventuellement à un traitement primaire. En fonction de leur nature, on peut recourir aux procédés de flottation ou de décantation [4].

I.3.2 Matières fines en suspension

Elles sont formées de particules visibles à l'œil nu (de 0.1 à 1 mm) qui contribuent à la turbidité de l'eau. Leur traitement s'effectue par des techniques de sédimentation ou de centrifugation [4].



I.3.4. Matières solubles

Leur taille est inférieure à $0.01 \mu\text{m}$. Ces substances sont directement consommées par les populations biologiques au cours de traitement secondaire. La partie biodégradable peut se retrouver dans l'effluent de sortie ; si leur quantité est importante un traitement tertiaire s'impose.

Une autre classification très importante est fondée sur le pouvoir de dégradation des déchets polluants. On distingue ainsi deux classes principales [4].

I.3.5. Matières biodégradables

Affectées par les activités biologiques des micro-organismes, ces substances sont soumises aux divers processus biochimiques de conversion. Cette fraction biodégradable peut être structurée en deux groupes :

I.3.5.1. Matières aisément dégradables

Composées des substances solubles. Ces matières ont la caractéristique de pouvoir être directement absorbées par les bactéries [4].

I.3.5.2. Matières lentement dégradables

Composées des substrats particuliers formés par un mélange de substances organiques solides, colloïdales et solubles. Ces matières sont soumises à certains processus intermédiaires avant d'être absorbées par les populations bactériennes [4].

I.3.6. Matières non -biodégradables

Ces substances inertes ne subissent aucun phénomène biologique de transformation. Ces matières sont soit présentes dans les eaux résiduaires, comme les métaux lourds, soit issues des phénomènes de mortalité des micro-organismes au cours des processus biologiques d'épuration. Les composants non-biodégradables solubles peuvent traverser la station d'épuration sans être modifiés mais les matières inertes citées dans.

En suspension peuvent être éliminées par les mécanismes de décantation. La structure chimique des polluants permet de distinguer deux types de composés [4].

I.3.7. Matières organiques

Elles sont constituées d'un grand nombre de composés qui ont la particularité commune de posséder au moins un atome de carbone, d'où leur nom de substances carbonées.

Ces atomes de carbone sont oxydés biologiquement par les micro-organismes pour fournir l'énergie nécessaire à leur croissance [4].

I.3.8. Matières inorganiques

Sont des substances ne contenant pas de carbone. La fraction minérale des eaux résiduaires représente principalement les produits azotés et phosphorés. Ces diverses classifications sont résumées dans le tableau ci-dessous [4].

Tableau.I.1 : Classifications des substrats polluants	
Classification selon	Polluants
Taille	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Matières décantables ou flottantes ❖ Matières fines en suspension ❖ Matières colloïdales ❖ Matières solubles
Pouvoir de dégradation	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Matières biodégradables <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aisément dégradables ✓ Lentement dégradables ❖ Matières non-biodégradables
Structure chimique	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Matières organiques ❖ Matières inorganiques

I.4. La Pollution des eaux

La pollution se définit comme la dégradation d'un milieu naturel par introduction d'un polluant. Cette notion de dégradation est très importante, puisqu'en l'absence de conséquences négative pour le milieu, on ne peut pas parler de pollution. Concrètement, pour une même substance, son caractère polluant sera plus ou moins élevé en fonction des quantités déversées dans le milieu et de la capacité de ce milieu à l'éliminer naturellement. En ce qui concerne l'eau, les milieux potentiellement sujets à la pollution sont, les nappes souterraines, les mers, les lacs, les cours d'eau où se déversent les eaux usées [9].

I.5. Les types des eaux usées

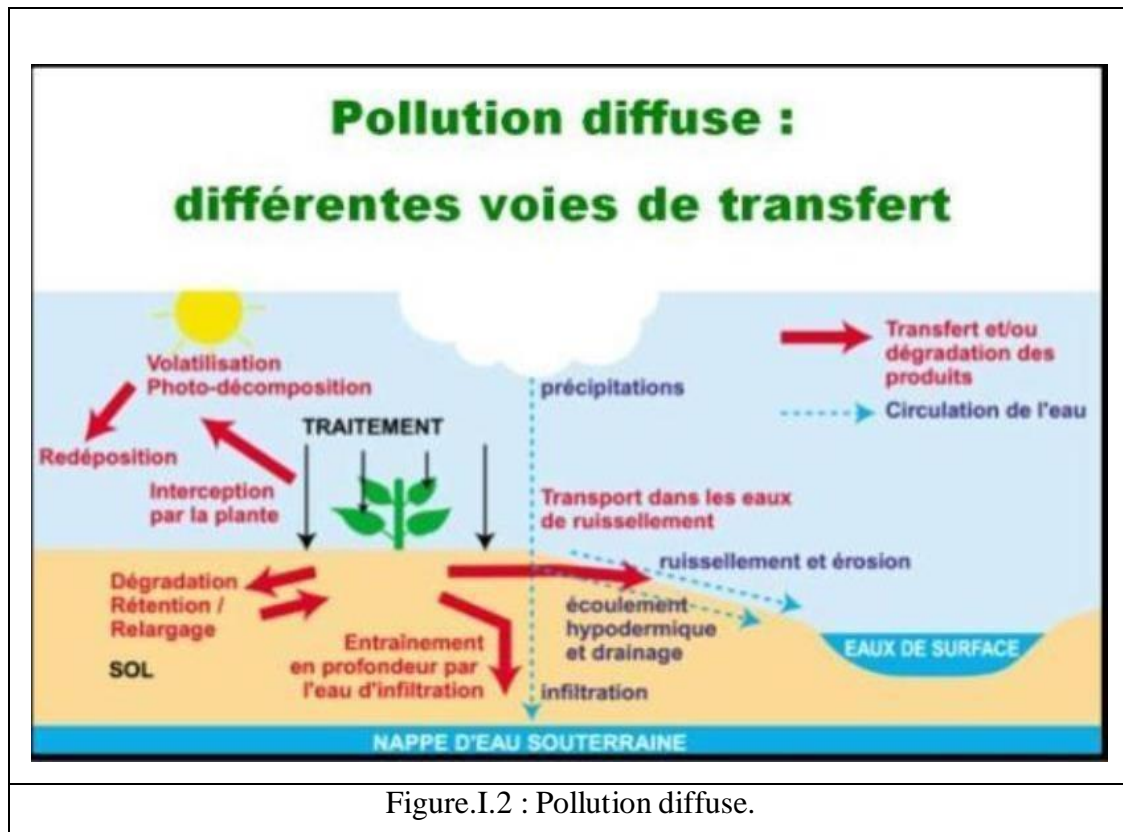
I.5.1. Pollution ponctuelle

Une pollution ponctuelle est une pollution provenant d'un site facile à localiser et unique, et peut être par exemple le point de rejet d'un effluent ou une zone contaminée. C'est une source fixe et généralement d'émission polluantes importantes, mais peut être issue de plusieurs sources géographiquement localisables proches les unes des autres peu nombreuses et parfaitement dénombrables, Il se distingue par une façon directe [2].

I.5.2. Pollution diffuse

Sont des pollutions dues non pas à des rejets ponctuels et identifiables, mais à des rejets issus de toute la surface d'un territoire et transmis à l'environnement de façon indirecte. Les sources diffuses se caractérisent par des apports de substances émises par des sources mobiles c'est à dire caractérisé par différentes voies de transfert (Figure I.2), des sources couvrant de larges étendues ou un grand nombre de sources de pollution d'émission faible.

Les pollutions par des sources ponctuelles sont souvent plus faciles à traiter (en installant par exemple un filtre au niveau du tuyau par lequel les produits polluants sont rejetés dans le milieu naturel), alors qu'elles émettent des polluants provenant de sources diffuses sont difficiles à recenser, à mesurer et donc à contrôler [2].



I.6. Sources de pollution

I.6.1. La pollution domestique

Les eaux usées domestiques se composent :

- ❖ Des eaux vannes d'évacuation des toilettes.
- ❖ Des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, des salles de bain.

Les polluants présents dans ces eaux sont constitués par des matières organiques dégradables, des matières minérales, et des germes pathogènes [6].

I.6.2. La pollution agricole

L'agriculture est la principale source de la pollution de l'eau, considérée, comme le premier utilisateur et consommateur d'eau.

Elle a recouru à des produits chimiques : pesticides, insecticides, désherbants, destructeurs divers de parasites des plantes et engrais azotés qui sont la principale source de nitrates. Les quantités d'effluents d'élevage et d'engrais minéraux apportés aux cultures, demeurent largement excédentaires par rapport aux besoins.

Ainsi l'agriculture produit différents déchets qui migrent dans l'eau et viennent perturber l'équilibre chimique et microbiologique des écosystèmes aquatiques et les divers usages de l'eau [8].

I.6.3. La pollution industrielle

Les caractéristiques de ces eaux sont directement liées au type d'industrie concernée. Une épuration commune des eaux usées industrielles avec les eaux domestiques peut s'envisager à condition que la nature des pollutions soit identique et exempte de substances toxiques [6].

I.6.4. Pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique peut être définie comme l'ajoute de substance dangereuse à l'atmosphère ayant pour conséquences une détérioration de l'environnement et de la santé humaine et de la qualité de vie. En ce qui concerne l'eau de pluie, bien que longtemps considérée comme propre, l'eau d'origine pluviale est en fait relativement polluée, Les feux de forêts émettent beaucoup de gaz et de particule dans l'atmosphère. L'origine de cette pollution peut provenir des gaz ou solides en suspension rejetés dans l'atmosphère par les véhicules, les usines ou les centrales thermiques. Ces polluants (oxyde de carbone, dioxyde de soufre, poussière...) sont envoyés vers le sol à la moindre averse.

Lorsqu'elle ruisselle, l'eau de pluie a un second effet nocif : elle transporte les hydrocarbures, les papiers, les plastiques et les débris végétaux accumulés sur la terre et les toitures. De plus, cette pollution est déversée sur de courtes périodes et peut atteindre des valeurs très élevées ce qui provoque un effet de choc sur le milieu biologique [2].



Figure. I.3 : La pollution atmosphérique.

I.7. Les principaux polluants de l'eau

I.7.1. La pollution chimique

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

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

Les polluants chimiques sont classés en cinq catégories suivantes :

- ❖ Les polluants chimiques dits indésirables (nitrate, les composés phosphorés et les sels ammoniacaux).
- ❖ Les polluants chimiques toxiques.
- ❖ Les pesticides et produits apparentés.
- ❖ Les hydrocarbures.
- ❖ Les détergents [5].

I.7.2. Les pollutions physiques

La pollution physique est due essentiellement aux substances en suspension (matières solides). Bien que sa forme commune soit la pollution thermique. Elle peut englober également plusieurs autres aspects : couleur, transparence, pH dont on peut citer :

- ❖ Les matières en suspension désignent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau et la troublent.
- ❖ Les déchets solides divers (objets d'origines variés) posent des problèmes d'esthétiques.
- ❖ Les matières colorantes modifiant la transparence du milieu.
- ❖ La pollution thermique due au rejet des eaux utilisées pour le refroidissement des installations industrielles diverses.
- ❖ Les acides et les alcalins déchargés par l'industrie chimique et d'autres installations industrielles.
- ❖ Les risques nucléaires résultent des accidents divers ou des rejets des centrales nucléaires, ou dans le pire des cas, à partir d'une explosion nucléaire. Ces polluants sont notamment une série d'éléments et des composés radioactifs y compris les éléments dérivés de l'uranium, le plutonium, le césium, et l'iode [11].

I.7. 3. Les pollutions biologique de l'eau

Un grand nombre de microorganismes peut proliférer dans l'eau qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces microorganismes.

L'importance de la pollution dépend également des conditions d'hygiène des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques.

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons. On parle ainsi de pollution bactérienne, virale ou parasitaire [5].

I.8. Paramètre de mesures

I.8.1. Paramètres organoleptiques

I.8.1.1. Couleur

La couleur des ERI est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde colloïdale, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes [12].

I.8.1.2. Odeur

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de Fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde [13].

I.8.1.3. Débit

La mesure du débit permet de quantifier la pollution rejetée par l'intermédiaire d'un « habitant équivalent » qui exprime le volume d'eau usée moyen déversé par habitant et par jour [14].

I.8.2. Paramètre physique

I.8.2.1. Température

La température est à la fois un facteur écologique et physiologique. Ainsi, elle agit sur la conductivité, solubilité des sels, détermination de pH et l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Parallèlement, elle agit sur le métabolisme et la croissance des micro-organismes vivant dans l'eau [16].

I.8.2.2. La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau [15].

I.8.2.3. Les matières organiques (MO)

Les matières organiques proviennent des êtres vivants (matières végétales ou animales, excréments, urines...) ou des produits fabriqués à partir de ces êtres vivants (papier, tissus). On retiendra que les matières organiques sont principalement composées par (de l'hydrogène, de l'oxygène, du carbone, de l'azote, du phosphore, du soufre) [17].

I.8.2.4. Les matières en suspensions (MES)

Elles correspondent à la pollution insoluble particulaire, ou la totalité des particules charriées par les eaux brutes. Elles sont constituées par les matières minérales et les matières volatiles en suspension. La détermination de MES se fait par filtration ou centrifugation [20].

Les MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS}$$

I.8.2.5. Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles sont recueillies soit par filtration, soit par centrifugation, séchées à 105°C, puis pesées, ce qui fournit la teneur en MES (g/l), elles ensuite chauffées à 500- 600°C, les matières volatiles disparaissent, et la perte de poids est attribuée aux MVS (g ou mg/l) [18].

I.8.2.6. Les matières minérales en suspension (MMS)

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc.

L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entraînant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la réaération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène [19].

I.8.3. Paramètre chimique :

I.8.3.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH. et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6.5 et 8.5. L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution biodisponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 6,5 et 8,5 [19].

I.8.3.2. Demande biochimique en oxygène (DBO)

DBO₅ représente la quantité d'oxygène nécessaire à la minéralisation de composés organiques biodégradables contenus dans un échantillon d'eau, par voie biochimique, c'est-à-dire par oxydation chimique par des microorganismes aérobies. Elle permet de mesurer, dans un effluent complexe, la quantité de matières organiques biodégradables.

La minéralisation est un processus lent et nécessite en moyenne 20 à 28 jours, la DBO ultime ou DBO₂₁ ou DBO₂₈. On mesure alors par convention la quantité d'oxygène consommée au bout de cinq jours à 20°C et à l'obscurité ; la DBO₅. La DBO est présentée selon la réaction suivante :

Substrat+microorganisme+O₂+ CO₂+ H₂O+Energie +Biomasse [21].

I.8.3.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

C'est une mesure de toutes les matières organiques (ou presque) contenues dans les eaux naturelles ou usées, qu'elles soient biodégradables ou non biodégradables. L'oxydation est effectuée ici dans des conditions énergiques, par voie chimique. Elle se fait sous l'action d'un oxydant puissant (bichromate de potassium), en milieu acide fort (H₂SO₄) et au reflux pendant deux heures.

La DCO constitue donc un paramètre important. C'est un test rapide, très utile pour la surveillance des eaux usées et des rejets industriels (surtout ceux à caractère toxique qui se prête mal aux mesures de DCO, exprimée, elle aussi en mg/l d'oxygène, diffère de celle de la DBO. Elle est généralement supérieure, surtout pour les eaux usées domestiques, mais il y a souvent un rapport à peu près constant entre les deux (de l'ordre de 1,5 à 2) [14].

I.8.3.4. Teneur en azote et en phosphore

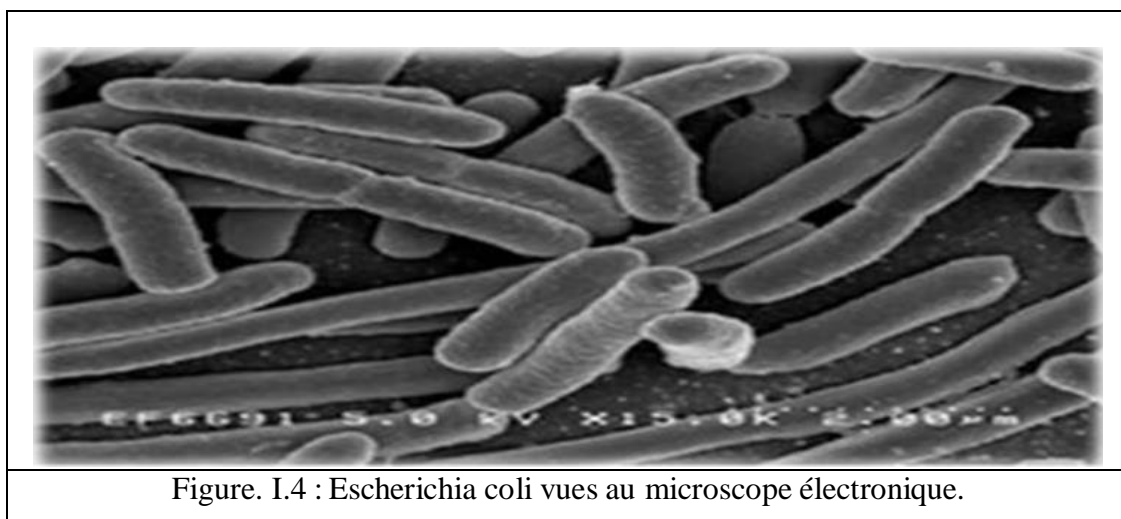
Les teneurs en azote et en phosphore sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau. Ce phénomène se caractérise par la prolifération d'algues et la diminution de l'oxygène dissous, ce qui appauvrit la faune et la flore des eaux superficielles (cours d'eau, lacs, etc.) [6].

I.8.4. les paramètres bactériologiques

I.8.4.1. Les bactéries

Les bactéries sont des cellules vivantes microscopiques. Elles se multiplient dans les eaux usées et les boues résiduaire.

L'exposition à celles-ci provient surtout de l'inhalation des aérosols qu'elles utilisent comme vecteurs leur transport ou encore, de la contamination du système gastro-intestinal par le contact des mains à la bouche [25].



I.8.4.2. Les virus

Une flore variée peut être trouvée dans les eaux brutes. En ce qui concerne les virus entériques, associés généralement aux infections des voies gastro-intestinales, ils peuvent également infecter d'autres parties du corps. En tant qu'agents pathogènes intestinaux, ces virus sont amenés, par l'intermédiaire des fèces, à entrer dans le système de traitement des eaux usées. Le grand nombre de virus excrétés par les personnes infectées (10 virus par gramme de fèces) explique leur charge importante dans les eaux usées brutes. Parmi les virus les plus rencontrés on trouve : les Entérovirus, les rota virus et les virus de l'hépatite [9].

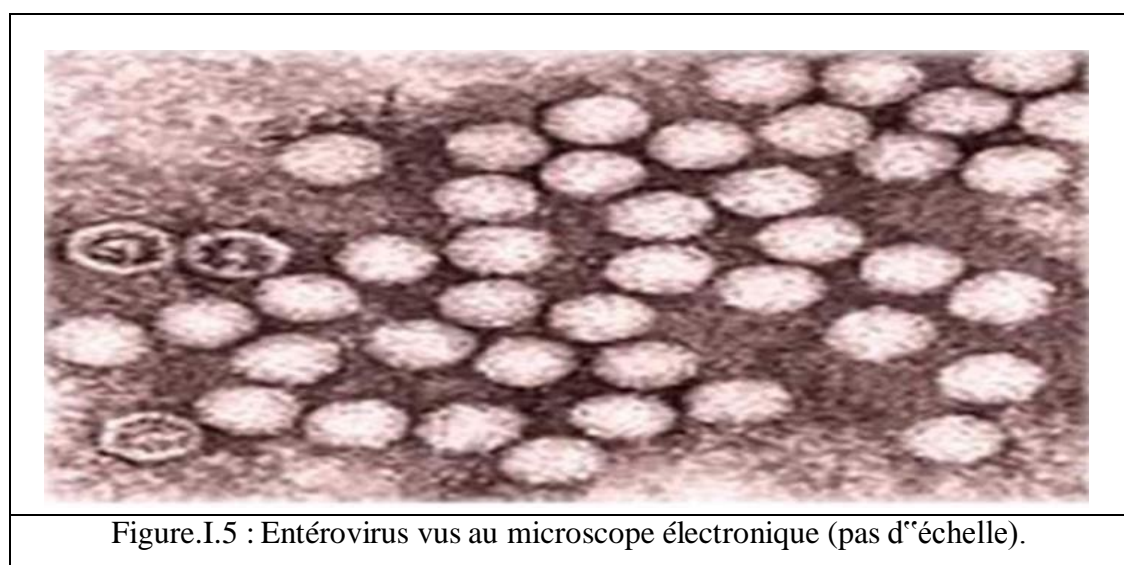


Figure.I.5 : Entérovirus vus au microscope électronique (pas d'échelle).

I.8.4.3. Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries (taille comprise entre 1 et 200 μm). La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire, qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste.

Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées. Parmi les protozoaires les Plus « connus » on peut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne ou encore *Cryptosporidium parvum* [3].

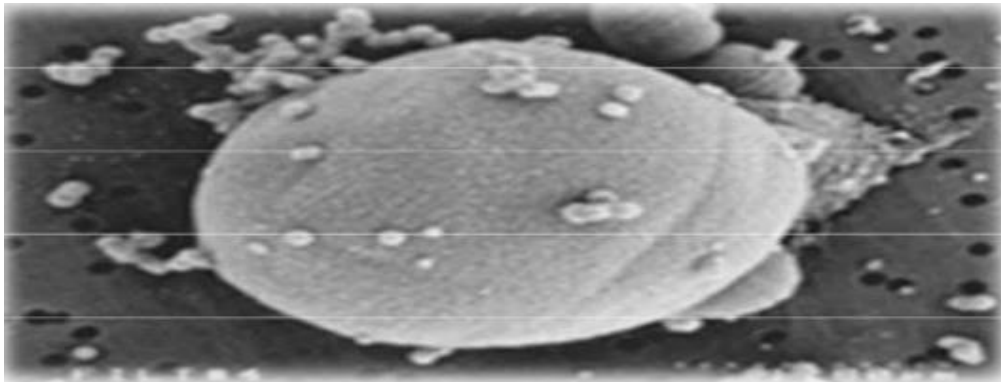


Figure.I.6 : Cryptosporidium parvum vu au microscope électronique.

I.8.4.4. Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires, tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasite. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines, voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. La concentration en œufs d'helminthes dans les seaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ œufs /l [28].

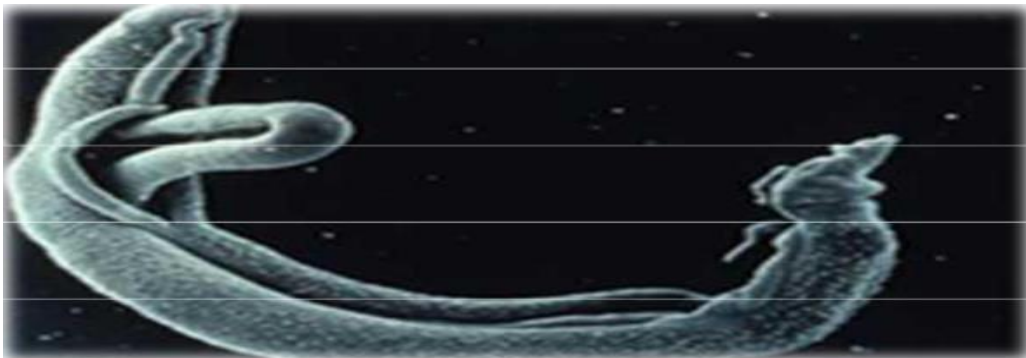


Figure.I.7 : Helminthe vu au microscope électronique (pas d'échelle).

Conclusion

Les eaux usées ont des origines différentes. On distingue en particulier les eaux usées domestiques des eaux usées industrielles. Celles-ci contiennent différents polluants qu'il faut éliminer avant le rejet de ces eaux en milieu naturel.

Chapitre II

La présentation de station

Introduction

Afin de préserver l'environnement et les ressources en eau, les eaux usées doivent subir des traitements biologiques et physico-chimiques avant de les rejeter dans la nature, ces traitements s'effectuent dans les stations d'épuration des eaux polluées.

Au niveau de la STEP de Skikda (ETPII), le traitement porte sur trois filières : filière eau, boues et biogaz.

II.1 Description de l'unité de stage (unité de traitement des effluents ETP II)

L'eau est très utilisée dans l'exploitation des installations de production pétrolière et au cours de ces applications elle subit des altérations de ses caractéristiques notamment par la pollution aux hydrocarbures liquides et même gazeux (faible dissolution du gaz dans l'eau), autres éléments chimiques, présence de particules solides, or une bonne partie de cette eau est rejetée dans le milieu naturel qui peut être un cours d'eau ou la mer.

Par respect de l'environnement et les populations avoisinantes il est hors de question de renvoyer l'eau brute de retour de ses utilisations dans son milieu naturel sans la purifier. Pour cela elle subit un traitement constitué de plusieurs phases successives jusqu'à parvenir à une teneur de 25 à 40 ppm en hydrocarbures (suivant les pays).

Dans la raffinerie de Skikda il existe deux unités de traitement des effluents la première ETP1 est inefficace. Alors en 2013 sont créées une autre unité de traitement avec une grande capacité et très développée par rapport à l'autre pour traiter les effluents de toute la raffinerie reçus de 10 courants différents qui sont :

- ❖ Les effluents bruts des Eaux usées huileuses OWS.
- ❖ Contaminated rain water sewer, CRWS (sec) et contaminated rain water, CRW (humid).
- ❖ Effluent sanitaire (riche en matière organique biodégradable)
- ❖ Effluent de dessaleur (riche en hydrocarbures)

- ❖ Eau acide dépouillée.
- ❖ Caustique épuisé.
- ❖ Blow- Down de chaudière : qui représente l'eau et les sédiments qui sont évacués lors de vidange des chaudières.
- ❖ NRE.
- ❖ Blow-down de la Tour de refroidissement.
- ❖ ETP existant (l'eau récupérée de centrifugeuse et l'eau de lavage des filtres...) [22].

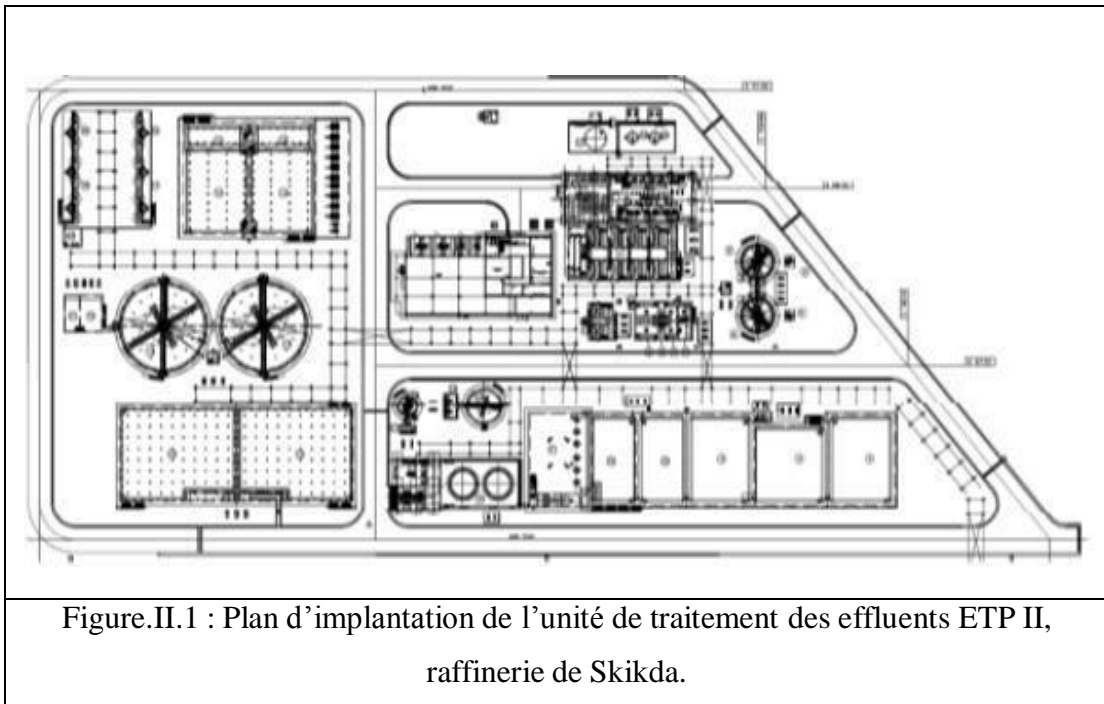


Figure.II.1 : Plan d'implantation de l'unité de traitement des effluents ETP II, raffinerie de Skikda.

II.2. Les étapes de traitement d'effluents dans l'unité ETPII

II.2.1. Prétraitements

Le prétraitement est un l'ensemble d'opérations physiques et mécaniques destinées extraire de l'eau brute. Ils ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers qui sont Susceptibles de gêner les traitements ultérieurs. S'il s'agit de déchets volumineux (dégrillage), Des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage) [15].

II.2.1.1. Dégrillage

Le dégrillage est une opération indispensable pour éliminer de gros objets susceptibles de gêner le fonctionnement des procédés situés en aval. Il permet de séparer et d'évacuer les matières volumineuses, amenées par l'effluent à traiter. L'efficacité de ce traitement dépend essentiellement de l'écartement des barreaux des grilles qui sont de trois types :

- ❖ Dégrillage fin (écartement 3 à 10 mm).
- ❖ Dégrillage moyenne (écartement 10 à 25 mm).
- ❖ Dégrillage grossier (écartement 50 à 100 mm) [15].

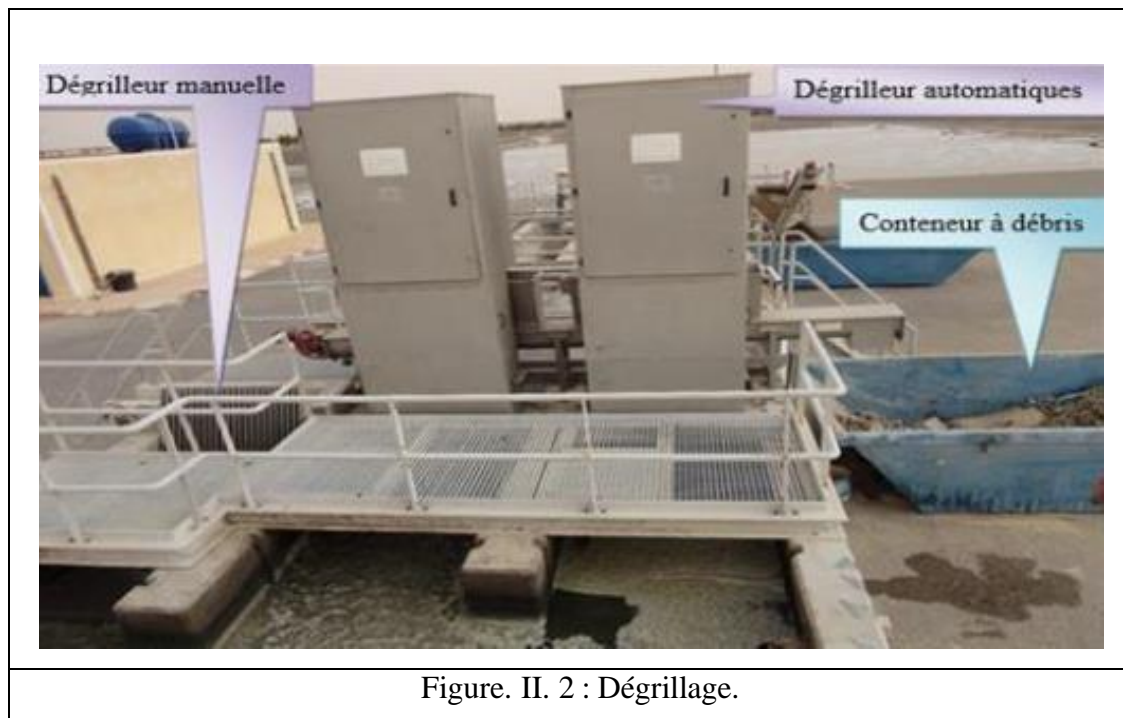


Figure. II. 2 : Dégrillage.

II.2.1.2. Le dessablage

Après le dégrillage, il reste encore dans l'eau des fragments qui peuvent décanter facilement, mais dont la dureté et la taille sont relativement importants, supérieure à 0,2 mm de diamètre, et qui pourraient conduire à l'abrasion de certains éléments de la station et particulièrement les pompes, on élimine ces matériaux facilement décantables dans de petits bassins rectangulaires ou circulaires [23].



Figure. II. 3 : Dessablage.

II.2.1.3. Le déshuilage- Dégraissage

C'est généralement le principe de la flottation qui est utilisé pour l'élimination des huiles. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes). Leur élimination se fait ensuite par raclage de la surface. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages, notamment des canalisations (Zeghoud M. s 2013) [24].

II.2.2. Traitement primaire

Il s'agit le plus souvent d'une décantation qui permet d'éliminer les matières en suspension décan tables en deux heures. L'utilisation de réactifs chimiques pour éliminer des particules plus fines constitue un traitement physico-chimique. Ce traitement permet donc essentiellement l'élimination de la pollution particulaire et d'une partie de la pollution organique sous forme particulaire (de l'ordre de 65 à 80% de la DCO avec un traitement physico-chimique).

Les matières en suspension ont souvent une teneur en matière organique importante (de 70 à 90%) et une densité légèrement supérieure à celle de l'eau. Elles vont se décanter naturellement dans un décanteur primaire en 1 à 2 heures (figure 5 et 6).

L'eau ainsi clarifiée s'écoulera par débordement et les MES qui ont décanté au fond du bassin (boues primaires) seront extraites et envoyées vers les ouvrages de traitement des boues.

L'élimination de MES peut également être réalisée par flottation naturelle (particule naturellement plus légère que l'eau) ou provoquée (l'injection de microbilles d'air qui se fixent sur les particules réduites leur densité apparente). Ce procédé appelé flottation est principalement utilisé dans le traitement des eaux résiduaires industrielles (élimination de MES sur les effluents hautement fermentescibles, ex : agroalimentaire), pour l'élimination des graisses au niveau du prétraitement, ou encore pour la concentration des boues biologiques [25].

II.2.2.1 La décantation

Les traitements primaires sont constitués par des techniques physiques de séparation par décantation gravitaire des matières solides du liquide qui les contenait, processus faisant appel à la grosseur et au poids spécifique des particules [26].

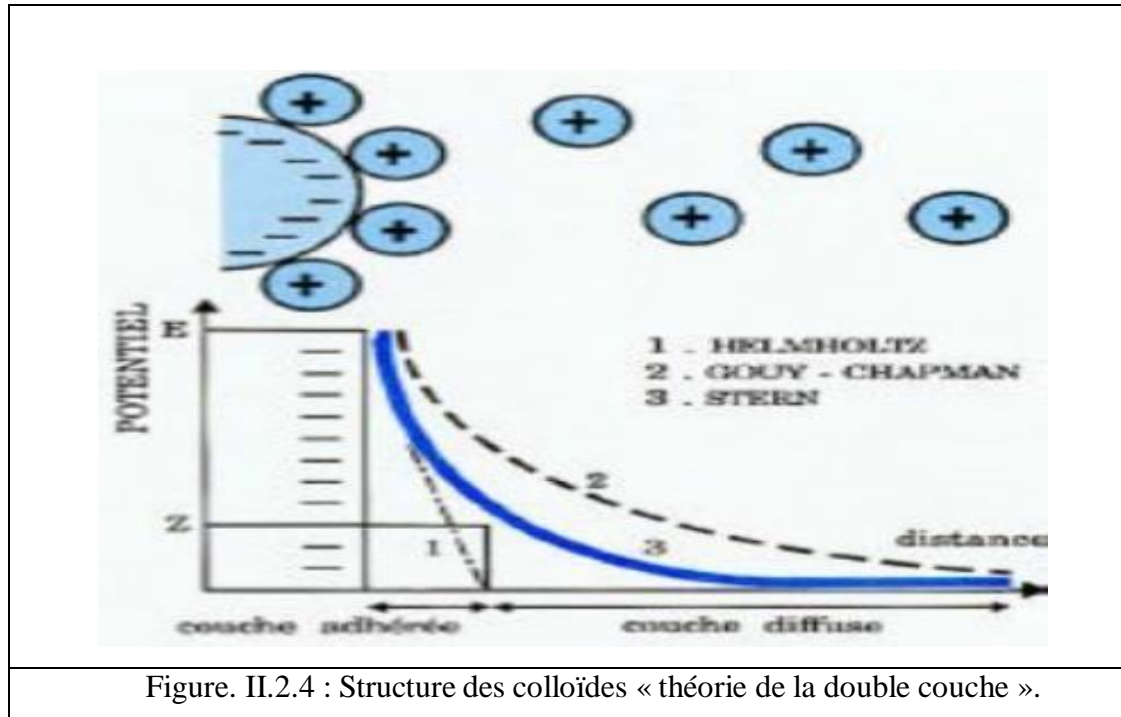
Types de décanteurs :

- ❖ Les décanteurs statiques sans raclage sont généralement à flux vertical constitués de bassins cylindro-coniques.
- ❖ Les décanteurs primaires les plus communément employés sont des appareils circulaires ou rectangulaires équipés d'un raclage mécanique des boues.
- ❖ Les décanteurs lamellaires.

II.2.2.2 Structure des colloïdes

Les colloïdes portent des charges négatives situées à leur surface. Ces charges négatives attirent les ions positifs en solution dans l'eau. Ceux-ci sont étroitement collés au colloïde et forment la couche liée ou de STERN.

Elle attire à son tour des anions accompagnés d'une faible quantité de cations : c'est la couche diffuse ou de GOUY. Il y a donc formation d'une double couche ionique, l'une accompagnant la particule lors de ces déplacements (couche liée), l'autre se déplaçant indépendamment ou avec un certain retard (couche diffuse) comme s'est indiqué dans la figure.II.2.4 [12].



II.2.2.3 Potentiel Zêta

Le potentiel Zêta se situe à la limite extérieure de la couche liée. C'est ce Potentiel qui persiste lorsque la particule se déplace. Le potentiel Zêta est important car il définit le comportement électrocinétique des particules et par voie de conséquence leur stabilité dans la solution. L'annulation du potentiel Zêta est l'objectif de la coagulation. Cela permet de déstabiliser les particules et de favoriser leurs agglomérations. En déduit donc que l'élimination des colloïdes passe par l'annulation du potentiel zêta afin d'annuler les forces de répulsion.[12]

II.2.2.4 Coagulation-floculation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation : la coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension. La floculation a pour l'objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts, entre les particules déstabilisées[3].

II.2.2.5. La flottation

La flottation est une technique d'extraction solide liquide, de clarification et d'épaississement, permettant de séparer les particules en suspensions dans l'eau. On distingue trois principaux schémas de flottation :

- ❖ Flottation par l'air dissout avec pressurisation partielle ou totale du débit d'alimentation ;
- ❖ Flottation par l'air dissout avec pressurisation d'un débit de recyclage ;
- ❖ Flottation par l'air induit, l'introduction de l'air est réalisée à l'aide de diffuseurs [26].



Figure. II .5 : Bassin de flottation à air dissout TN-4A.

II.2.2.6 Flottation à air dissout (système DAF)

Les ballons de saturation sont également fournis pour dissoudre de l'air dans l'eau à la pression appropriée pour le relâcher dans l'unité de flottation afin de faciliter la formation des bulles d'air.

Les ballons de saturation sont alimentés de l'eau et de l'air au moyen des pompes de recyclage à DAF et de l'air de service (plant air). L'eau recyclée saturée d'air dans les ballons de saturation est retournée vers les réservoirs à DAF, et les bulles fines se relâchent et s'attachent aux particules floculées.

Les particules avec bulles d'air flottant au premier niveau d'eau et enlevées avec un racleur qui accumule cette boue chimique et l'envoie dans un bassin de stockage des boues chimiques et l'eau produite va passer au bassin d'ajustement de pH dans l'intervalle [6,5 ;8,5]. L'alimentation au système à traitement biologique doit être dans une gamme convenable de pH [22].

II.2.3. Traitement secondaire (biologique)

Le traitement secondaire est un traitement purement biologique des eaux usées et a pour objet de réduire la teneur en matière organique présents dans ces eaux et leur dégradation biologique par les micro-organismes. Parmi les divers micro-organismes responsables de la dégradation on trouve les bactéries aérobies et les bactéries anaérobies[27].

Ce stade est destiné initialement à éliminer la DBO5 et la DCO qui subsiste après l'épuration physico-chimique [15].

II.2.3.1 Traitement aérobie

Les micro-organismes utilisés exigent un apport permanent d'oxygène, deux grandes familles peuvent être distinguées : les procédés à culture fixes (micro-organismes fixées sur des supports), les procédés à culture libre (micro-organismes maintenus en suspension dans le mélange à épurer).[27]

II.2.3.2 Traitement anaérobie

Dans ce genre de traitement on utilise essentiellement la fosse Imhof ou la fosse à double étage, qui consiste en une consommation des matières organiques par les microorganismes présents dans l'eau en absence d'air. Il se produit une fermentation méthanique dans une première fosse et on recueille ainsi les eaux épurées dans une seconde fosse placée sous la première pour qu'elles puissent décanter, ce traitement est de moins en moins utilisé car il est difficile à conduire et son mauvais fonctionnement peut avoir de graves inconvénients (odeurs nauséabondes, risques d'explosion, etc.). En outre les quantités des gaz produites sont trop faibles pour qu'on puisse penser à les récupérer.[23]

II.2.3.3. Le traitement de biofilm à lit mobile (culture fixe)

Les micro-organismes sont fixés sur un support et forment un biofilm. L'afixation se fait par l'intermédiaire d'une matière gélatineuse à base d'exopolymère produit par les bactéries, et à l'intérieur des biofilms les bactéries se développent et se nourrissent.

L'eau et les nutriments sont véhiculés par l'eau à traiter par diffusion à travers l'épaisseur des biofilms.[22]



Figure.II.6 : Bassin MBBR.

II.2.3.4. Traitement par boue active (culture libre)

L'eau qui sort de MBBR va passer au 2ème stade de traitement avec un pourcentage de bactérie qui traverse le gréage avec l'eau.

Il existe deux phases essentielles dans ce traitement, une phase de contact entre l'eau à épurer et les floccs bactériens en présence d'Oxygène et la 2ème phase est la phase de séparation de floccs (clarification) dans le clarificateur. Il existe un dispositif qui permet le retour de boue active décantée vers les bassins de traitement[22].



Figure. II .7. Bassin de traitement par boue active TN6.



Figure.II.8 : Clarificateur pour séparer la boue biologique CL-1A/B.

II.2.4 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. Il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires[15].

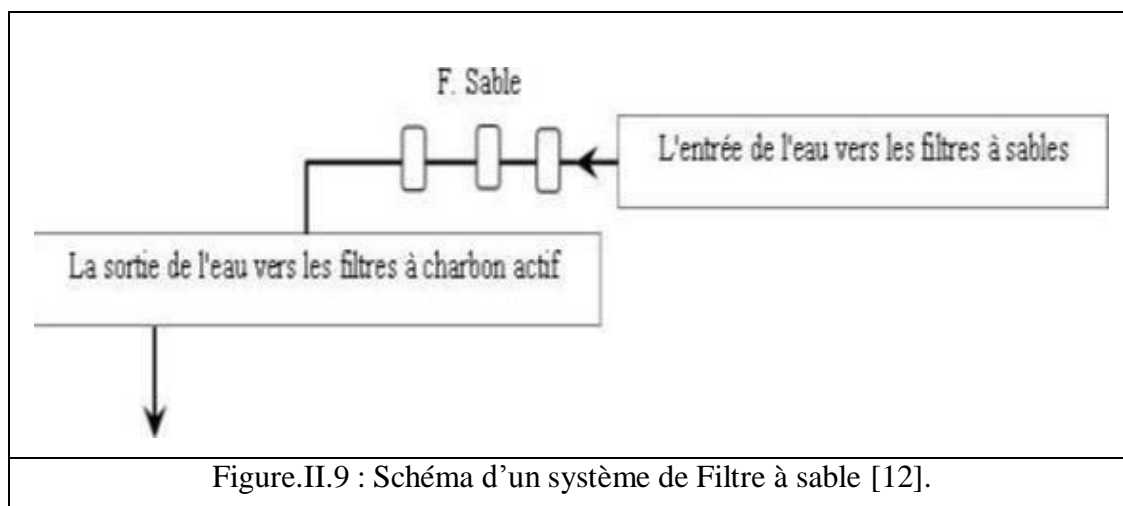
II.2.4.1. Filtration sur sable (affinage)

La pompe P15 refoule aux filtres à sable le courant provenant du traitement biologique après son accumulation dans le bassin B15. Ce n'est que dans les filtres à sables V3 A/B/C où a lieu la séparation des solides en suspension qui ne sont pas sédimentés dans le décanteur B14, ainsi que les petites particules d'huile.

Les filtres sont dimensionnés de façon à permettre la digestion complète du débit maximal sur deux seulement, alors que le troisième est en phase de régénération.

Le contre lavage est effectué une fois par jour au moins soit automatiquement, soit manuellement et comme suit :

L'air du contre lavage est fourni par le compresseur (k13) et l'eau tirée du bassin B17 par la pompe P17, et enfin l'effluent est envoyé au bassin B1 [28].



Données de base

Débit nominal	135 m³/h
Nombre de filtres	3 (2 + 1)
Diamètres du filtre	2.78 m
Hauteur du sable	2 m

II.2.4.2. Filtration sur charbon actif

A sa sortie des filtres à sable, l'eau subit une dernière filtration sur filtre à charbon actif qui est en nombre de quatre (V2-A/B/C/D).

La régénération doit se faire toutes les 72 heures (3 jours) afin d'éviter l'empaquetage du charbon actif. Au cours du contre lavage, trois filtres restent en service et le quatrième en régénération.

L'air et l'eau du contre lavage sont fournis par les mêmes machines prévus pour les filtres à sable, tandis que l'effluent recueilli dans la zone d'épuisement sera envoyé au bassin B1.

Cette régénération des filtres est effectuée dans le but d'éliminer l'empaquetage des grains de charbon et des matières en suspension, échappées aux filtres à sable. Le renouvellement de la charge du charbon actif est réalisé tous les (5 à 10 ans) [28].



Figure. II .10 : Bassin de protection GP-1A/B.

Conclusion

La station d'épuration des eaux usées comporte plusieurs étapes et différents procédés. L'étape primaire est constituée par les prétraitements et la décantation qui permet d'éliminer de l'eau les matières en suspension (déchets grossiers, sables...) et les huiles.

L'étape secondaire qui associe l'épuration biologique et le décanteur secondaire, élimine les matières en solution dans l'eau (matières organiques, substances minérales...). Enfin, lorsqu'il y a une nécessité un étage tertiaire est ajouté. Tous ces procédés produisent des déchets (boues) qui grâce à la chaîne de traitement des boues seront utilisés ou rejetés.

Chapitre III

Matériels

et

Méthodes

III.1. Introduction

Pour vérifier l'efficacité de traitement des effluents à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de la raffinerie du complexe pétrochimique de SKIKDA (RA1K), j'ai effectué des analyses physico-chimiques de l'eau durant la période de stage et de les comparés avec les normes algériennes requises pour les eaux usées industrielles.

III.2. Méthodes et normes d'analyse

Différente analyse sont effectuées au laboratoire afin de suivre tous les paramètres caractérisant la qualité des eaux avant et après chaque étape d'épuration, ainsi que pour chaque proportion des mélanges d'optimisation.

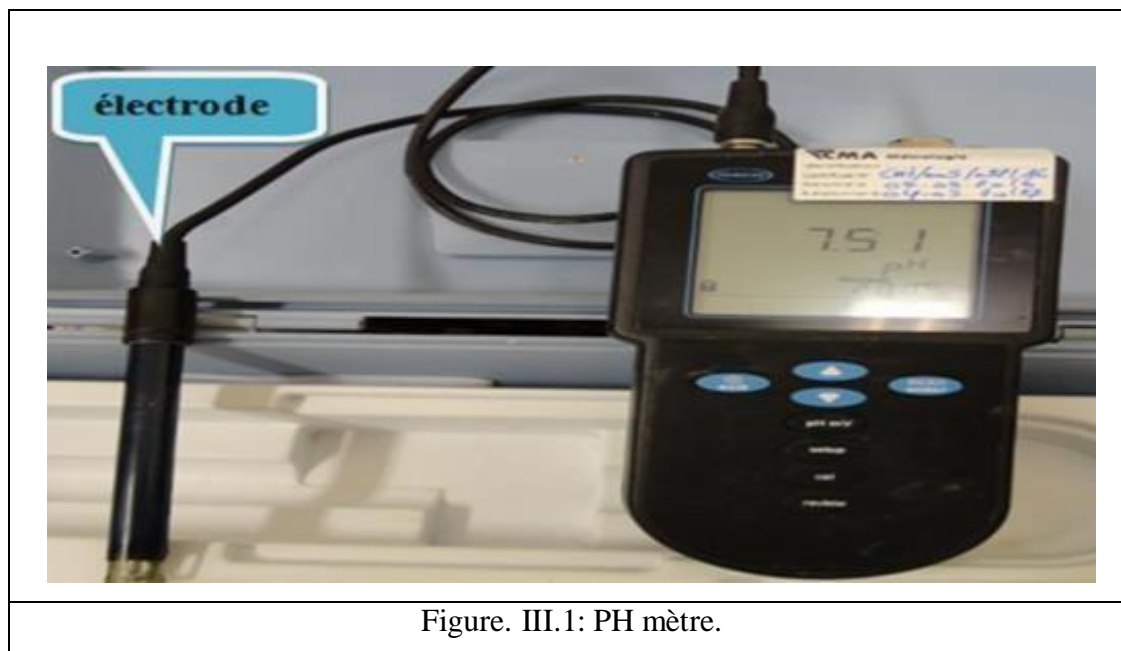
III.2.1. Détermination du potentielle d'hydrogène (pH)

a. Le principe : Le pH est en relation avec la concentration en ions hydrogène H présents dans une eau sa mesure peut être réalisée par une méthode potentiométrique.

Le pH-mètre, mesure donc la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans l'eau à analyser. D'après les lois de Nernst, cette différence est une fonction linéaire du pH.

b. Mode opératoire :

- ❖ Allumer l'appareil et laisser se stabiliser.
- ❖ Laver soigneusement les électrodes avec de l'eau distillée.
- ❖ Remplir le bécher avec l'eau à analyser.
- ❖ -Immerger les électrodes dans l'échantillon.
- ❖ Lire la valeur du ph affichée sur l'écran du pH-mètre ; après la stabilisation.



III.22. Détermination de la conductivité

a. Principe : Le passage du courant électrique est en fonction directe de la concentration ionique de la solution, sa détermination donne la quantité des sels dissous.

b. Mode opératoire : On suit les mêmes étapes que pour la mesure du pH.



III.2.3 Détermination des chlorures (Cl^-)

a. Document de référence : Norme ASTM D 512-67

b. Instruction :

- ❖ Introduire une prise d'essai de 100 ml dans un erlenmeyer
- ❖ Ajouter 2 gouttes de bleu de Bromophénol.
- ❖ Ajouter goutte à goutte HNO_3 à 0,05 N jusqu'au virage du bleu au jaune clair.
- ❖ Ajouter 1 ml de Diphénylcarbazon
- ❖ Titrer avec le nitrate de mercure $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ à 0,014 N jusqu'au virage au violet, noter le volume V titré.

c. Expression du résultat : $[\text{Cl}^-]$ en ppm = $(V - \text{blanc}) * 5$ Avec Blanc = 0,1



Figure. III. 3 : Appareille de titrage de chlorure.

III.2.4. Détermination des ions phosphates (PO_4^{3-})

Le phosphate c'est un élément essentiel à la vie aquatique, peuvent être d'origine organique ou minérale les fortes concentrations à l'origine domestique, agricole et activité industrielle. Elles sont considérées comme responsable du phénomène d'eutrophisation.

a. Principe de mesure : L'acide phosphorique forme avec le molybdate d'ammonium le complexe phospho-molybdique jaune, réduit avec l'acide 1-amino-2-naphtol-4-sulfonique en solution acide donnent une couleur bleue par formation du bleu de molybdène.

b. mode opératoire : A 100 ml échantillon, on ajoute 1 ml d'acide chlorhydrique 15%, 0,5 ml d'acide oxalique et 2 ml de molybdate d'ammonium puis 2 ml d'ANS (acide amino naphtol sulfonique). On agite et on laisse reposer pendant 5 min en suite on lit l'absorbance au spectrophotomètre à 650 nm.

c. Calculs : $[\text{PO}_4^{-3}] \text{ (ppm)} = A \times F$

Avec :

A : Absorbance de la couleur.

F : Facteur (= 6,81).

III.2.5. Détermination des hydrocarbures (HC)

Les hydrocarbures sont des composés chimiques formés uniquement de carbone et d'hydrogène d'où leurs noms et dont l'importance politique et économique n'ont cessé de croître avec le développement relativement récent des produits pétroliers.

a. Principe de mesure : Les hydrocarbures totaux sont extraits par le tétrachlorure de carbone en milieu acide, puis dosés, après purification, par spectrométrie infrarouge à une longueur d'onde donnant un maximum d'absorption dans la région de 3290 à 3510 nm.

b. Mode opératoire :

- ❖ A l'aide de la seringue de 10 ml prélever 10 ml de solvant S-316 (Tétrachloro, hexafluoro, butane) et l'introduire dans l'injecteur.
- ❖ Ajouter 01 ou 02 gouttes d'acide chlorhydrique 1/1.
- ❖ A l'aide de la seringue de 20 ml prélever 20 ml d'échantillon et l'introduire dans l'injecteur.
- ❖ Fermer la capsule de l'injecteur.
- ❖ Presser sur extract et attendre 40 secondes.

- ❖ Tourner le bouton extract cock vers open. Laisser se stabilise et presser sur meas ; la mesure clignote jusqu'à stabilisation, hold s'allume, lire la valeur en mg/l.
- ❖ Tourner le bouton drain cock sur la position open et récupérer le contenu de l'injecteur dans un bêcher propre pour le régénérer [8].

III.2.6. La détermination de la demande chimique en oxygène DCO

a. Document de référence : Norme UOP 514

b. Instruction :

- ❖ Introduire 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml.
- ❖ Ajouter 5 ml d'acide sulfurique.
- ❖ Ajouter 15 ml de Permanganate de Potassium KMnO_4 (0,01 N).
- ❖ Faire bouillir pendant 10 mn au bain de sable (si l'analyse devient marronne ou incolore durant le chauffage, refaire l'analyse en procédant de la même façon mais en faisant une dilution à 50% par exemple)
- ❖ Après chauffage, ajouter 15 ml d'acide oxalique 0,01 N.
- ❖ Titrer la solution chaude avec du Permanganate de Potassium jusqu'à virage de la solution à une couleur rose persistante
- ❖ Préparer un essai à blanc en parallèle en suivant les mêmes étapes que pour l'essai

c. Expression des résultats : $\text{O}_2 \text{ ppm} = (8000 (AB-CD) / E) = (Vt \times 0.8)$

Avec :

A : Volume total versé de KMnO_4 en ml

B : Normalité de KMnO_4 (0,01 N)

C : Volume d'acide oxalique en ml

D : Normalité de l'acide oxalique (0,01 N)

E : Volume de l'échantillon en ml

d. Remarques importantes :

- ❖ Le résultat doit être exprimé en g/t (gramme par tonne).
- ❖ Si une dilution a été réalisée, il faudra multiplier le résultat par le facteur de la dilution.

III.2.7. Détermination de la DBO₅**a. Document de référence :** Manuel opératoire de l'équipement**b. Instruction :**

- ❖ Rincer la bouteille d'incubation avec l'échantillon.
- ❖ Introduire 250 ml d'échantillon dans la bouteille.
- ❖ Ajouté 1 ml de FeCl₃.
- ❖ Ajouté 1ml de CaCl₂.
- ❖ Ajouté 1 ml de MgSO₄.
- ❖ Ajouté 1 ml de la solution tampon.
- ❖ Introduire l'agitateur magnétique dans la bouteille.
- ❖ Mettre quelques pastilles de KOH dans le bouchon en plastique.
- ❖ Placer la bouteille dans son compartiment et visser la tête.
- ❖ Régler le zéro sur la réglette.
- ❖ Après cinq jours d'incubation à 20C°, lire directement sur la réglette la valeur de la DBO₅ (en mg/l d'O₂).

III.2.8. Détermination de la Température (T)

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment).

De plus, en mettant en évidence des contrastes de températures de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.

Chapitre IV

Résultats

et

discussions

Discussion des résultats

Le but de Cette partie vous informer de l'ensemble des analyses que nous avons réalisées pendant la période de stage.

Ces analyses ont été principalement appliquées à l'eau de la station (avant et après).

Bassin SU-3 : Entrée de la STEP

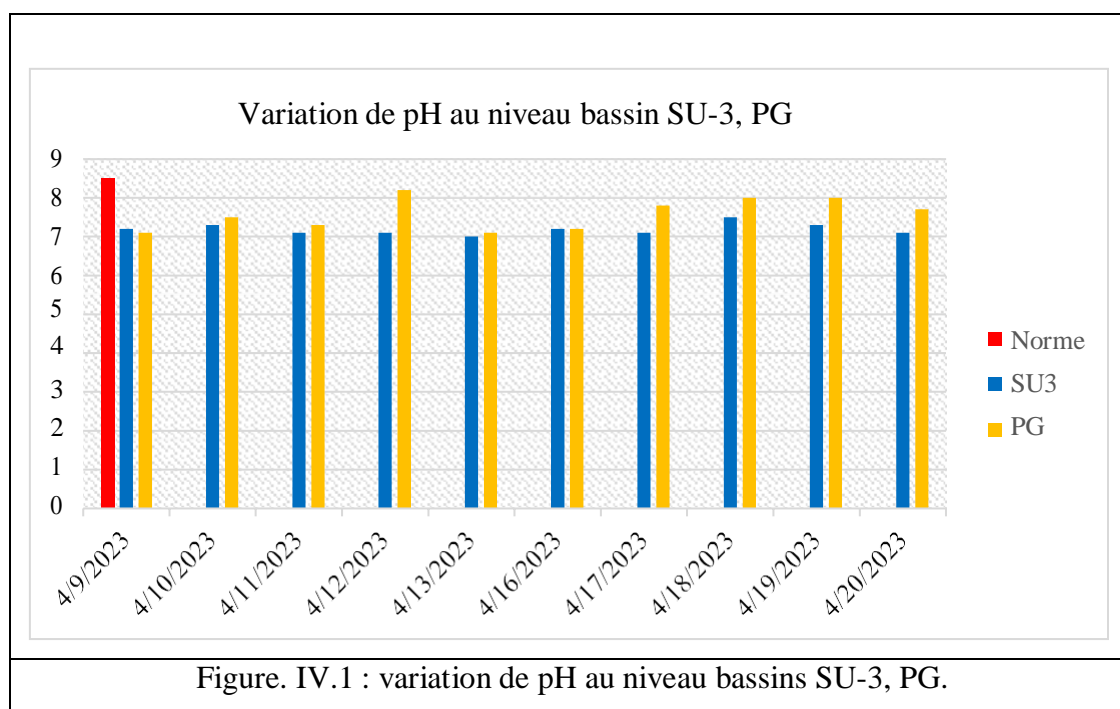
Bassin PG : Sortie de la STEP

IV.1. Variation du pH

D'après les résultats de la figure (IV-1) on remarque que les valeurs du pH au niveau des bassins (SU-3, PG) ne montrent pas de grandes fluctuations.

Les valeurs du pH des eaux usées sont comprises entre 7 et 7,5 avec une moyenne 7,19 et entre 7,1 et 8,2 pour les eaux épurées avec une moyenne 7,59, ce qui est dans les normes en vigueur $\leq 8,5$.

Les jours	SU-3	PG
09/04/2023	7,2	7,1
10/04/2023	7,3	7,5
11/04/2023	7,1	7,3
12/04/2023	7,1	8,2
13/04/2023	7,0	7,1
16/04/2023	7,2	7,2
17/04/2023	7,1	7,8
18/04/2023	7,5	8,0
19/04/2023	7,3	8,0
20/04/2023	7,1	7,7
Norme	6.5- 8,5	



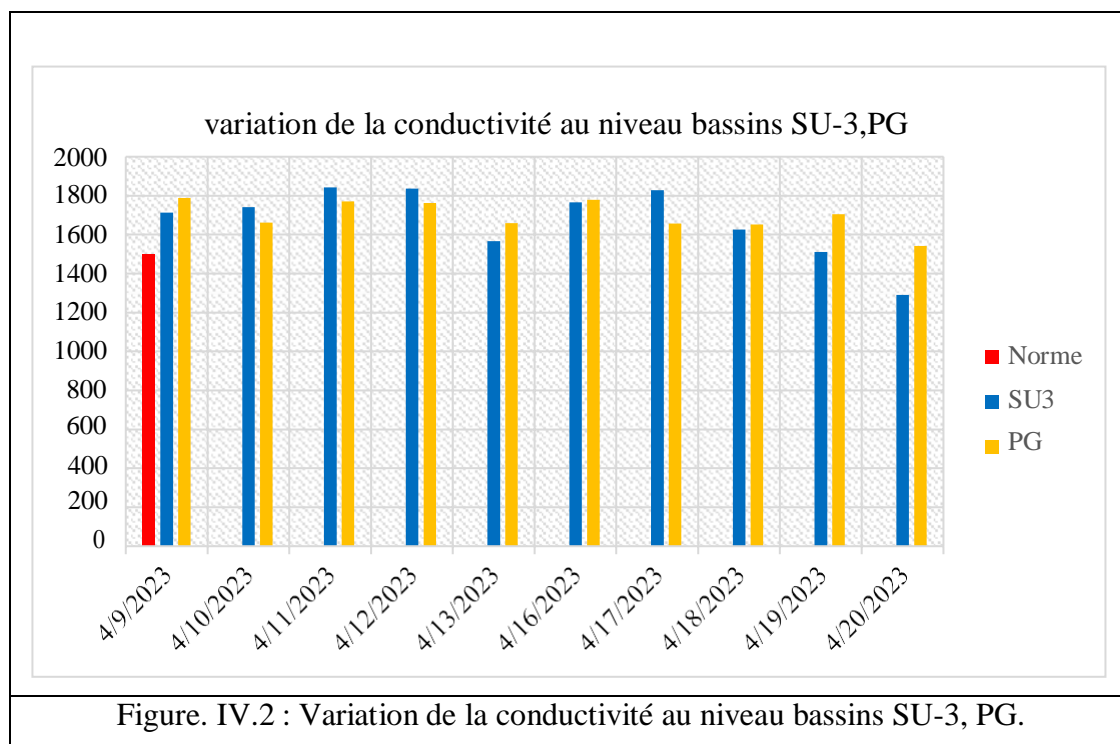
IV.2. Variation de la conductivité

Nos résultats montrent qu'il y a une différence dans la CE enregistrée entre l'eau de l'entrée et l'eau de la sortie.

On remarque que la conductivité est élevée pendant la plupart des jours de prélèvement à l'entrée de STEP, mais après l'épuration, on remarque une diminution de la valeur de conductivité jusqu'à obtenir des valeurs dans les normes.

Tableau IV.2 : Variation de la conductivité au niveau bassins SU-3, PG.

Les jours	SU-3	PG
09/04/2023	1713	1460
10/04/2023	1740	1499
11/04/2023	1842	1481
12/04/2023	1836	1500
13/04/2023	1566	1358
16/04/2023	1765	1479
17/04/2023	1828	1456
18/04/2023	1625	1352
19/04/2023	1510	1404
20/04/2023	1290	1142
Norme	1500 μ s/cm	

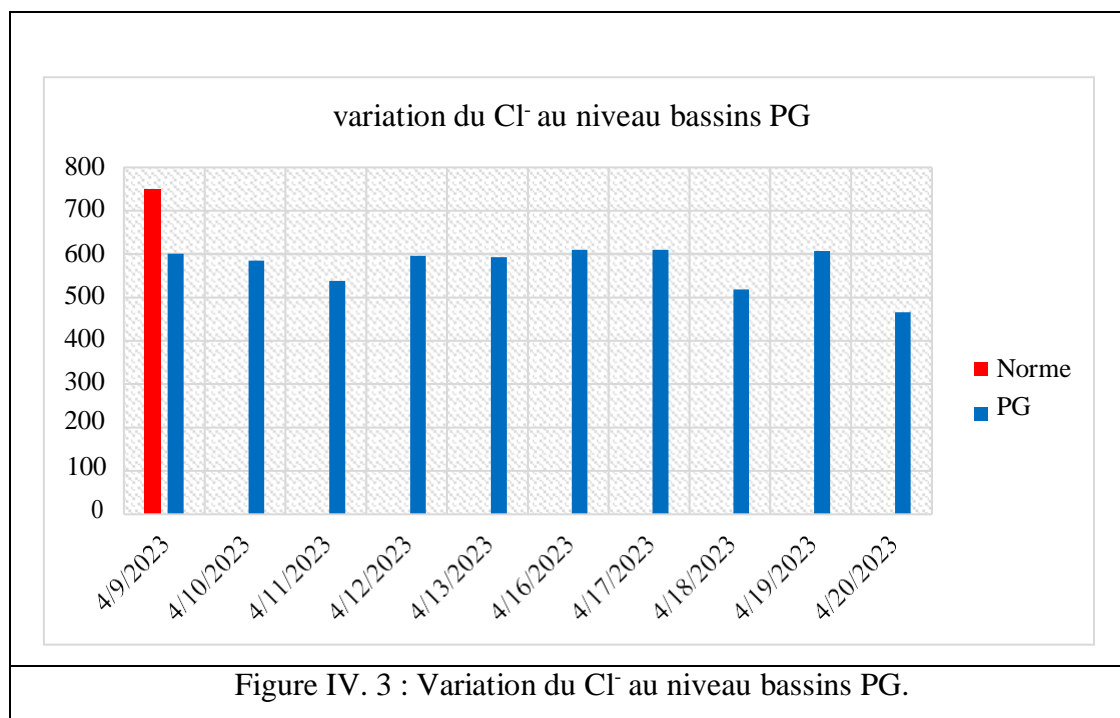


IV.3. Variation du Cl⁻

D'après les résultats obtenus on remarque les valeurs de Cl⁻ au niveau des bassins (PG) se situent dans un intervalle qui va du minimum de 466 (ppm) au maximum de 610 (ppm) pour les eaux épurées, avec une moyenne 572,4 (ppm). Ce qui est dans les normes en vigueur ≤ 750 .

Tableau IV.3 : Variation de Cl⁻ au niveau bassins PG

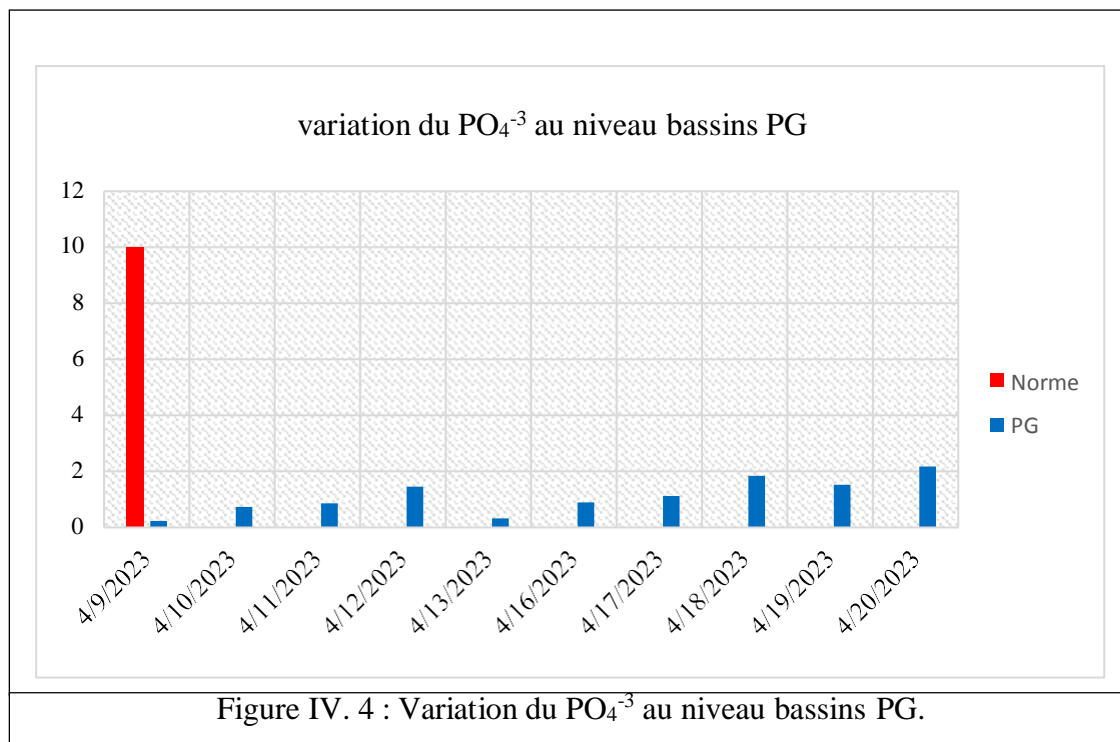
Les jours	PG
09/04/2023	601
10/04/2023	585
11/04/2023	538
12/04/2023	596
13/ 04/2023	593
16/04/2023	610
17/04/2023	610
18/04/2023	518
19/04/2023	607
20/04/2023	466
Norme	750



IV.4. Variation du PO₄⁻³

D'après les résultats obtenus (figure IV-3), on remarque les valeurs de PO₄⁻³ se situent dans un intervalle qui va du minimum de 0,23 (ppm) au maximum de 2,17 (ppm) pour les eaux épurées, avec une moyenne 1,114 (ppm), ce qui est dans les normes en vigueur ≤10 (ppm).

Les jours	PG
09/04/2023	0,23
10/04/2023	0,74
11/04/2023	0,86
12/04/2023	1,45
13/04/2023	0,32
16/04/2023	0,89
17/04/2023	1,12
18/04/2023	1,84
19/04/2023	1,52
20/04/2023	2,17
Norme	10



IV.5. Variation d'HC

D'après les résultats obtenus (figure IV-3), on remarque les valeurs de hydrocarbures au niveau des bassins (PG) sont des traces, qui peut être expliqué par la fiabilité des processus de traitement.

Tableau IV.5 : Variation d'HC au niveau de bassins PG.

Les jours	PG
09/04/2023	0,08
10/04/2023	0,08
11/04/2023	0,04
12/04/2023	0,05
13/04/2023	abs
16/04/2023	0,08
17/04/2023	0,13
18/04/2023	0,09
19/04/2023	0,04
20/04/2023	0,08
Norme	10

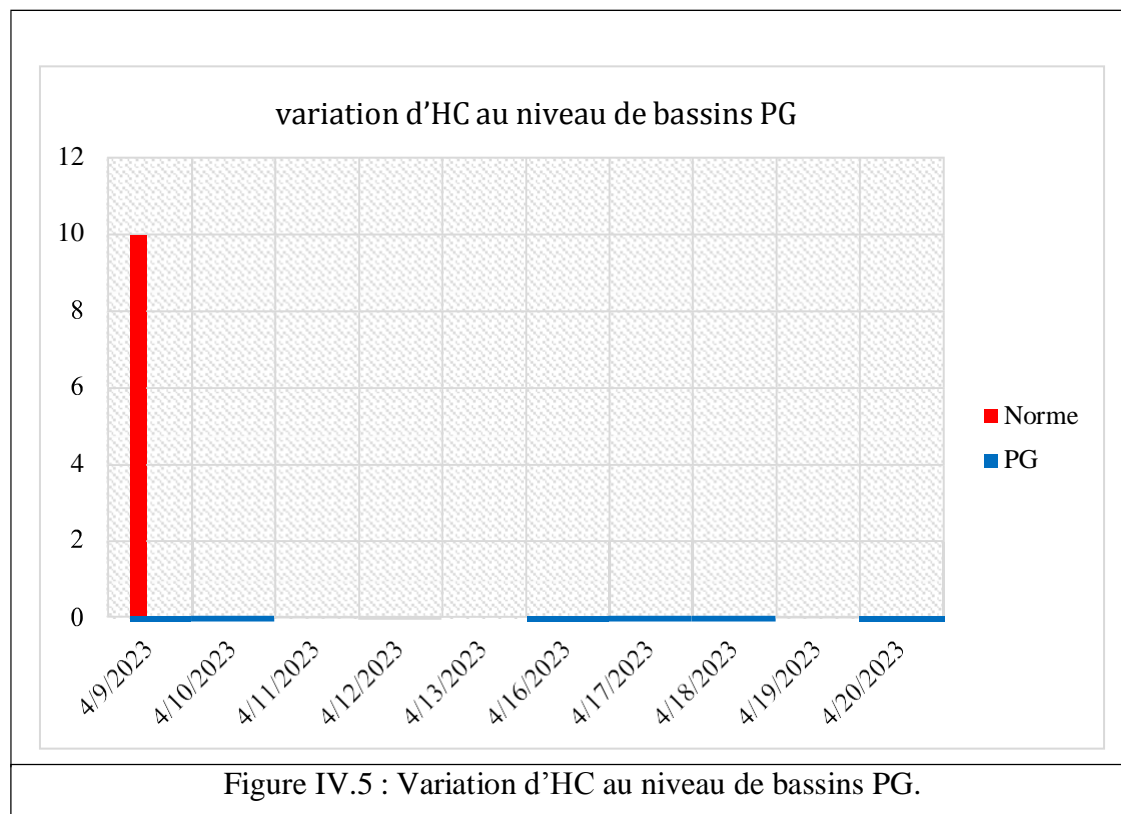


Figure IV.5 : Variation d'HC au niveau de bassins PG.

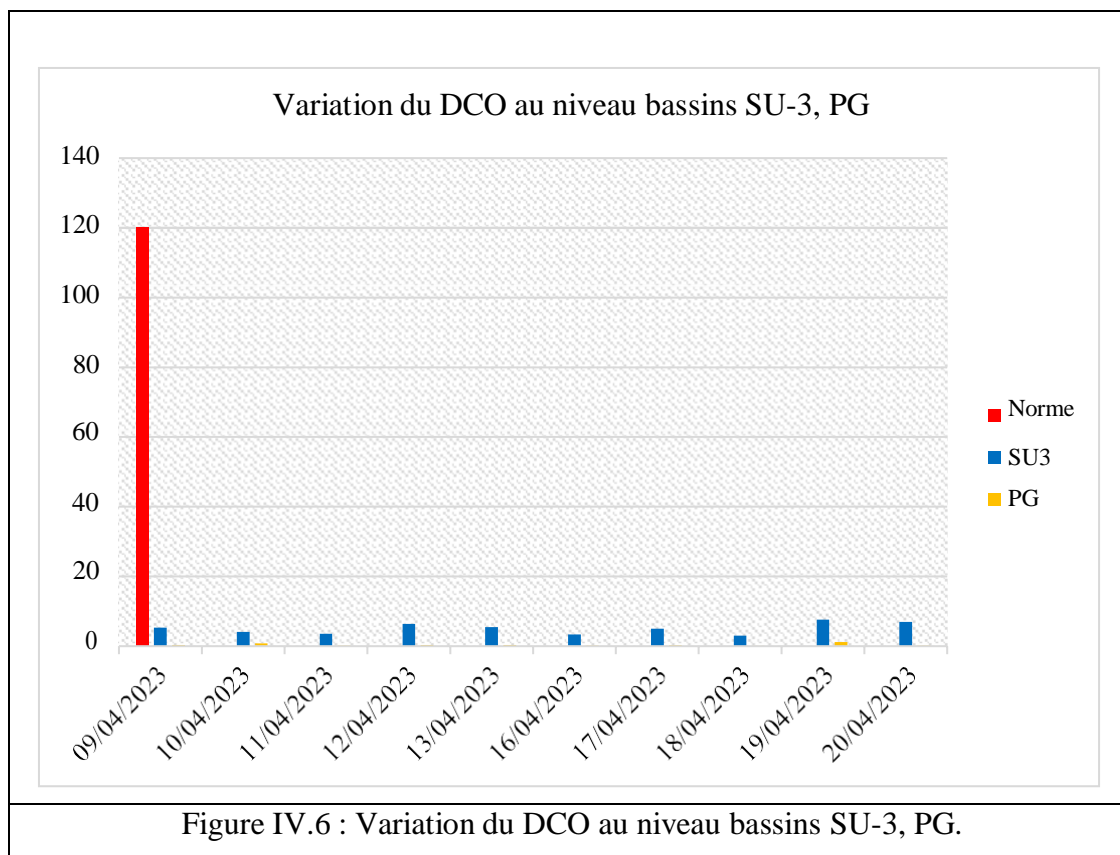
IV.6. Variation du DCO

La DCO représente la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables chimiquement contenues dans l'eau.

Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques et des sels minéraux oxydables. D'après les résultats de la figure (IV-1) on remarque que les valeurs du DCO au niveau des bassins (SU-3, PG) ne montrent pas de grandes fluctuations.

Les valeurs du DCO des eaux usées sont comprises entre 3,36 et 7,6(ppm) avec une moyenne 5,09 ppm. Après le traitement ces valeurs sont largement diminuées, et varient entre 0,12 et 1,2(ppm) avec une moyenne 0,39 (ppm), ce qui est dans les normes en vigueur ≤ 120 ppm.

Les jours	SU-3	PG
09/04/2023	5,28	0,32
10/04/2023	4,16	0,80
11/04/2023	3,6	0,18
12/04/2023	6,4	0,38
13/04/2023	5,5	0,34
16/04/2023	3,36	0,16
17/04/2023	5,04	0,26
18/04/2023	3,04	0,12
19/04/2023	7,6	1,2
20/04/2023	6,96	0,21
Norme	120	



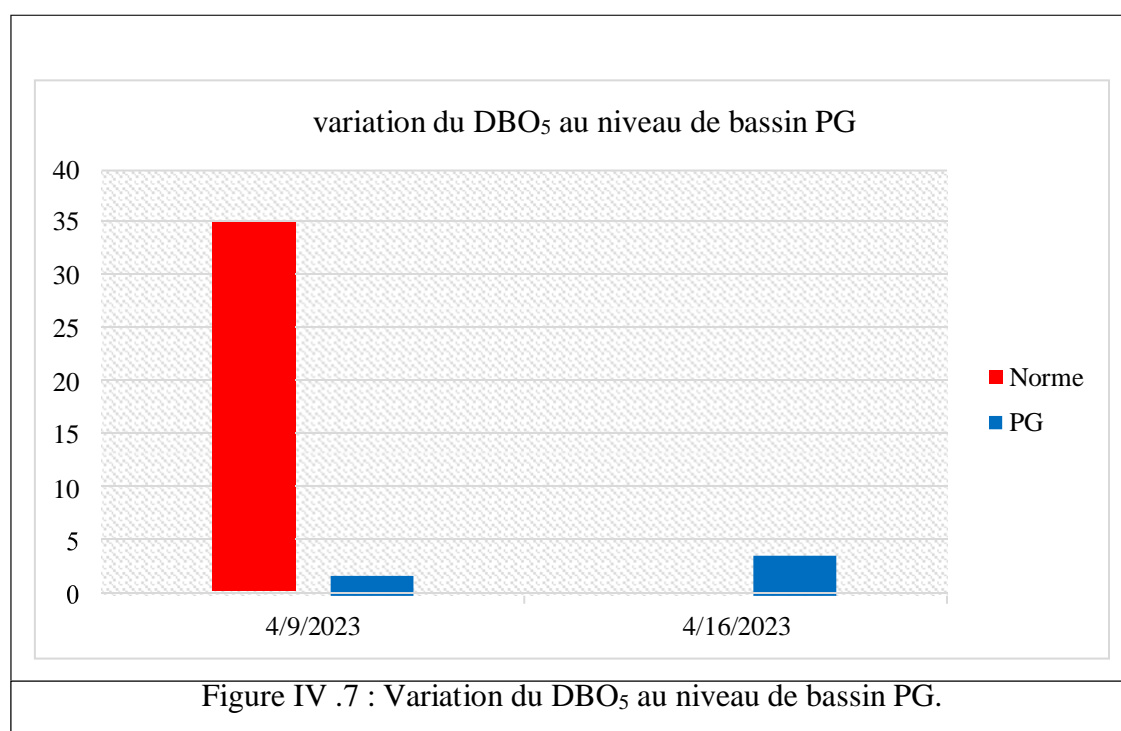
IV.7. Variation du DBO₅

La demande biochimique en oxygène sur cinq jours ou DBO₅ est également un paramètre de somme couramment utilisé pour caractériser une eau notamment les eaux de STEP ou de lagunage industriel.

D'après les résultats obtenus, on remarque les valeurs de DBO₅ au niveau des bassins (PG) se situent dans un intervalle qui va du minimum de 1,9 ppm au maximum de 3,8 ppm pour les eaux épurées, ce qui est dans les normes en vigueur ≤ 35 (ppm).

Tableau IV.7: Variation du DBO₅ au niveau de bassin PG.

Les jours	PG
09/04/2023	1.9
16/04/2023	3.8
Norme	35



IV.8. Variation de la température

Variation journalière de la température des eaux de la STEP de raffinerie de Skikda. D'après les résultats obtenus (figure IV.11), les valeurs de la température des différents échantillons sont très proches.

Elles se situent dans un intervalle qui va du minimum de 22 C° au maximum de 30 C° à l'entrée et entre 22C° et 30 C° pour les eaux épurées, avec une moyenne de 26,7 C° à l'entrée et 25,6 C° à la sortie durant la période de stage, ce qui est dans les normes en vigueur $\leq 30C^{\circ}$.

Tableau. IV.8: Variation de la température au niveau de bassin SU-3, PG.

Les jours	SU-3	PG
09/04/2023	25	25
10/04/2023	24	22
11/04/2023	26	24
12/04/2023	29	25
13/04/2023	22	22
16/04/2023	24	23
17/04/2023	28	29
18/04/2023	30	28
19/04/2023	29	30
20/04/2023	30	28
Norme	30	

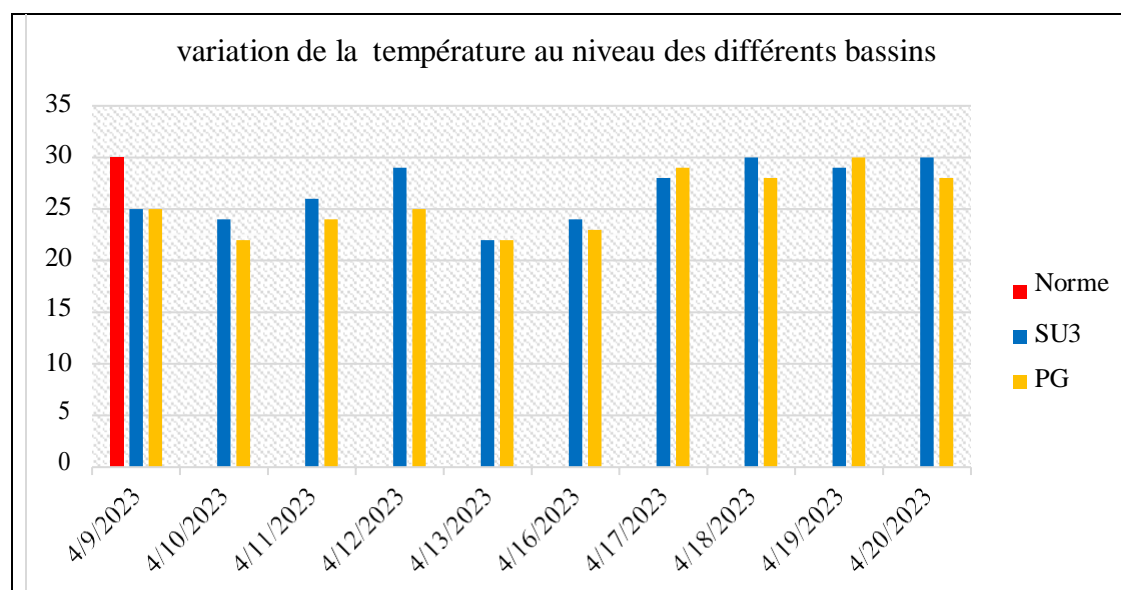


Figure IV .8 : Variation de la température au niveau de bassin SU-3, PG.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Le traitement des eaux usées est un processus très important pour la vie quotidienne des habitants des villes et du monde rural.

La dégradation des ressources en eau, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peut détériorer gravement l'environnement, et son utilisation excessive peut entraîner des risques de pénurie, d'où la nécessité de traiter ces eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur.

Ce travail présente les résultats de 10 jours d'investigation sur le fonctionnement de la station de traitement de la raffinerie. Il nous a permis d'acquérir des renseignements utiles de ce procédé et les techniques utilisées pour l'épuration des eaux usées.

La STEP de la raffinerie de Skikda a un personnel qui veille à entretenir les installations pour un meilleur rendement de qualité d'eau épuré. Dans la période de notre stage nous avons analysé les paramètres physicochimiques matière en suspension, la turbidité, la conductivité, la demande chimique en oxygène et la demande biochimique en oxygène et le potentiel hydrogène.

La conception de la STEP de Skikda permet de protéger la raffinerie contre la pollution. La filière eau de la station comporte les étapes de prétraitement (dégrillage, dessablage/déshuilage), un traitement biologique et clarification.

Pour conclure, le traitement effectué par la STEP du complexe est efficace et les résultats obtenus à l'unité de traitement des effluents liquides de la RA1K sont requis aux normes algériennes de rejet.

Références

Bibliographies

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1]. **TEBIB FADILA** « Evaluation des performances épuratoires de la STEP Groupement Reggane Nord GRN » master académique, faculté des sciences et de la technologie, UNIVERSITE AHMED DRAÏA ADRAR-2020.

[2]. **BEN MABROUK GHADA ET MELLAK SAMAH** « traitement des eaux usées par la fibre alfa et l'argile » diplôme de Master Académique-faculté des sciences, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-2020.

[3]. **NANI H.B, TOUIL.A, NANI.M** « La Réutilisation des eaux usées en agriculture à partir de la station d'épuration (STEP03) de la wilaya d'el-oued-mémoire de fin étude-faculté de technologie » UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL-OUED-2021.

[4]. **Zahir BAKIRI** « traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques : expérimentation et modélisation » Magister, faculté des sciences de l'ingénieur, UNIVERSITE FERHAT ABBAS-STIF-03 /03/2007.

[5]. **BEN CHEHEMMERIEM, BOUZZAHANANE, LABBAZ LAMIA** « Inventaire des études scientifiques relatives à la réutilisation des eaux usées dans le domaine piscicole » Licence, faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, UNIVERSIT2 KASDI MARBAH6OUARGLA-2014.

[6]. **ABBACI HAYTEM, BOUMENKARTAREK** « Analyse des anomalies et redimensionnement de la STEP de la wilaya de Skikda » Mémoire de fin d'étude, faculté des sciences et de la technologies, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA-2019.

[7]. **LOUAGUENOUNI KAHINA** « suivi de la qualité des eaux usées traitées de la STEP de BARAKI pour une réutilisation agricole » diplôme de master en agronomie faculté des sciences biologiques et agronomiques, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU-2017.

- [8]. **BENAYACHENAILAYASMINE** « Evaluation du niveau de la pollution organique des eaux des barrage Hammam Grouz et Béni-Harroune » diplôme de Master1, faculté de sciences de la nature et de la vie, UNIVERSITE CONSTANTINE 1-2014.
- [9]. **DJALIL AMEZERDI** « Analyses Physicochimique des ressources en eau de surface Réception d’effluents d’eaux usées courants à BISKRA etude comparative entre oued Biskra et Zemor » Mémoire de Master,UNIVERSITE DE BISKRA_30/09/2020.
- [10]. **LARAB SALIM** « La réutilisation des eaux usées traités en agriculture à partir de la station d’épuration (Ain Bouchakif) de la wilaya de Tiater » Mémoire de Master, faculté des sciences et de la technologie, UNIVERSITE MOHAMED KHIDE, BISKRA, JUILLET 2019.
- [11]. **GAAMOUNE SOUFIANE** « Le rôle des biofilms d’algues dans les traitements biologiques des eaux » Diplôme de Magister, faculté des sciences, UNIVERSITE FARHAT ABBAS-SETIF- 2010.
- [12]. **MELLE FAIZA MEKHALIF** « Réutilisation des eaux résiduares industrielles épurées comme eau d’appoint dans un circuit de refroidissement » Mémoire de Magister, Faculté des Sciences, UNIVERSITE DU 20 AOUT 1955 SKIKDA, SOUTENU LE : .../...2009.
- [13].**ADJEROUD KHADIDJA** « Etude physico-chimique et organique des eaux usées de la ville d’Ain Beida, et leur impact sur l’irrigation » Mémoire de fin d’étude, Faculté des Sciences et Sciences Appliquées, UNIVERSITE LARBI BEN M’HIDI– OUM EL BOUAGHI- PROMOTION : 2015-2016.
- [14]. **BOUGADA AMINA KOREICHI BELKIS** « Exploration des différentes étapes de l’épuration biologique des eaux usées et mesure de la charge organique ; Cas station d’Oued Ath mania » du Diplôme de Master Filière, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI CONSTANTINE 1, ANNEE UNIVERSITAIRE – 2020.

- [15]. **SAADI MOHAMED, LAHMAR FARES ALAA EDDINE**, « Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de GUELMA (N-EST ALGERIE) » Mémoire de master, Faculté des Sciences de L'ingénierat- Promotion : 2018.
- [16]. **BOURENANE IKRAM CHAHRAZAD ET ZAOUIA IMANE** « Etude du fonctionnement de la station d'épuration (STEP) de Ain-Beida à boues activée et son impact sur l'environnement » Mémoire Faculté Des Sciences Exactes et des Sciences de La Nature et de la Vie, UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI OUM EL BOUAGHI- ANNEE UNIVERSITAIRE : -2018
- [17]. **BANOUEH MIYASSA, DJENANE SADJIA** « Caractérisation des sous- produits de l'épuration pour une éventuelle valorisation » Mémoire de fin d'étude, Faculté des Sciences et des sciences appliquées, UNIVERSITE AKLI MOAND OULHADJE-BOUIRA.
- [18]. **MR METAHRI MOHAMMED SAÏD** « élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas du STEP est de la ville de Tizi-Ouzou » Thèse de doctorat, faculté des sciences biologiques UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU Soutenu le :01/07/ 2012.
- [19]. **NGILA BOTOSI YANICK** « Contribution au traitement des eaux usées par biofiltration » Mémoire de fin d'étude de master académique, faculté des sciences et de la technologie, UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM, ANNEE UNIVERSITAIRE 2020.
- [20]. **MEROUANE BOUCHEMAL A. CHARAFEDDIN HAMMOUDI** « Analyse de la qualité des eaux de la station de traitement de Hammam Debegh » Master II en Hydraulique, Faculté des Sciences et Sciences appliquées, UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI- OUM EL BOUAGHI, PROMOTION : 2016.
- [21]. **BEN AKCHA MANSOURA** « Suivi de la qualité physico-chimique de eaux usées de la STEP d'Arris » Mémoire de Master, Faculté des sciences et de la technologie, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER-BISKRA.

[22]. **BOUADAM RANIA -BOUHAMLA IMANE** « Dégradation de la matière organique dans le traitement biologique des eaux accidentellement huileuses » diplôme de Master, Faculté des Sciences et Technologie, UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA- 2020.

[23]. **BELAHMAD MOHAMED SEDDIK OUSSAMA** « Etude de la biodégradation du 2,4-dichlorophenol par le micro biote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'ibn Ziad » diplôme de Magister, faculté des sciences de la nature et de la vie, UNIVERSITE MENTOURI- CONSTANTINE- ANNEE UNIVERSITE 2010.

[24]. **BENALI ABDELJABAR, THAMER OUSSAMA**, Thème : « Diagnostic de Fonctionnement de la station D'épuration de Kouinine: Solutions Proposées » diplôme du Master, Faculté de Technologie, UNIVERSITE D'EL-OUED- PROMOTION: JUIN 2019.

[25]. **MLLE. DADI DJAMILA ET MR. AISSAOUI MUSTAPHA** « Traitement des eaux usées de la raffinerie de Sbaa Adrar » diplôme de Master- Faculté des Sciences et de la Technologie, UNIVERSITE AHMED DRAIA, ANNEE UNIVERSITAIRE 2022.

[26]. **MR : YUCEF OUAFIMR -KOUIDER OULHASSI**, diplôme de Master, CENTRE UNIVERSITAIRE BELHADJ BOUCHAIB D'AIN-TEMOUCHENT INSTITUT DE TECHNOLOGIE.

[27]. **MERIDJA MADANI -BELKACEMI SAMIR -REZIG AMINA -NOUEL MOUHEMMED -KHALDI RAMZI -ABED MOURAD** « Caractérisation des sous-produits de l'épuration pour une éventuelle valorisation » diplôme de Master, Faculté des Sciences et des sciences appliquées, UNIVERSITE AKLI MOAND OULHADJE-BOUIRA-ANNEE UNIVERSITAIRE 2017.

[28]. **LAOUBI MAROUA- BENSABA MARWA** « Etude de la qualité des eaux usées industrielles de rejet de la raffinerie RA1/K à la zone de SKIKDA » diplôme de Master, Faculté des sciences et Technologies, UNIVERSITE DE GHARDAÏA, ANNEE UNIVERSITAIRE 2020.