

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

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES



Mémoire

En vue de l'obtention de diplôme de

MASTER

Etude de l'efficacité de traitement des eaux usées au niveau RA1K- Skikda

Filière : Génie Des Procédés

Spécialité : Génie de l'environnement

Soutenue le : 08/07/2023

Réaliser par :

- BOUGUERRA Amel
- CHELIGHEME Imane
- BOULAHRES Yassamina

Encadré par :

Dr. BOUGDAH Nabil
Dr. DAMOUS Maamar

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

En témoignage de nos reconnaissances, estime et de nos respects.

En ce solo du jour qui clôt le cycle de nos études.

Nous tenons à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir aidé

À mener ce travail et à le concrétiser.

Mes sincères remerciements vont particulièrement à notre

*Encadrant **Dr. BOUGDAH Nabil**, pour ses conseils valeureux, orientations et sa disponibilité le long de l'élaboration de ce travail, ainsi que pour les nombreuses discussions scientifiques que nous avons*

eues ensemble et qui ont permis d'avoir un travail organisé.

*Je remercie également **Dr. DAMOUS Maamer** pour son encouragement et son aide qui m'ont été très précieuses.*

Et toute ma gratitude aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Grand merci aux membres du laboratoire pour les efforts qu'il a fournis et son aide.

Nous remercions vivement tous les enseignants de faculté de technologie qui nous ont encadrés durant notre cycle de formation.

À tous ceux, qui ont contribué de près ou de loin pour leurs informations et conseils judicieux, de nous avoir accordé leurs précieux temps à l'élaboration du présent mémoire.

Enfin, nous remercions tout spécialement nos parents. Leur amour et leur foi nous ont accompagnés tout au long de notre travail.



Je tiens à remercier Allah le tout puissant d'avoir éclairé et facilité le chemin de toutes mes réussites.

Je dédie ce travail :

A mes chers parents

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur encouragement ;

A ma sœur « Maroua » ;

A mes petit(e)s loulous « Kossai et Oumeïma » ;

A mes frère « Fares, Oussama et Alaa Eddine » ;

A mes meilleurs amies « Ismahane, Bouchra, Imane, Youssra, Nada et Nesserine et mon Trinôme Imen et Yassamina ;

A tous mes collègues et mes amis chacun par son nom ;

A tous ceux que j'aime et tous ceux qui m'aiment.

BOUGUERRA Amel





Je dédie ce travail à :

*Mes chers parents, qui m'ont toujours encouragé et soutenu
dans mes études jusqu'à attendre ce stade de formation ;*

A ma sœur « Khaoula » ;

A mes frères « Oussama et Akram » ;

A mon mari « Karim » ;

A mon petit fils « Djawed » ;

A mes chères trinomes « Amel et Yassamina » ;

Merci à tous ceux qui m'ont aidé.

ChÉLIGHÈM Imane





Je dédie ce travail à :

Mes chers parents pour leur soutien, leur encouragement, leur amour, leur tendresse et leur prière durant mon parcours scolaire ;

A mes frères ;

A mes chères amies et mes camarades ;

A tous ceux qui j'aime, sans oublier tout les professeurs que se soit du primaire du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.

BOULAHRES Yassamina



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-chimiques : PH, température, conductivité électrique, TH, NH₃, DCO, DBO₅ et hydrocarbures..., et les comparants avec les normes réglementaires algériennes des rejets des effluents industriels.

On conclut que les effluents épurés par la nouvelle STEP de la RA1K sont biodégradables dans le temps et ne présentent aucun impact sur l'environnement, surtout leurs rejets dans le milieu marin.

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

Mots clés : Eaux résiduaires industrielles, unité de raffinage RA1K Skikda, procédés physico-chimiques, procédés biologiques, hydrocarbures, filtration.

Abstract

The objective of this study is to verify the effectiveness of water treatment treatments at new unit refining complex RA1K Skikda, through an analysis of daily variations of physico-chemical parameters and their comparison with the Algerian regulatory standards of industrial effluent discharges. Analysis of physico-chemical parameters pH, temperature, electrical conductivity, TH, NH₃, COD, BOD₅ and hydrocarbons ..., treated wastewater, shows that the values of these parameters were visibly diminished.

We have concluded that the purified effluent from the new WTP RA1K are biodegradable over time and have no impact on the marine environment once released from the Skikda refinery RA1K in the Mediterranean.

In conclusion, we can say that the physico-chemical and biological methods of sewage treatment used by WTP are effective.

Key words : Industrial waste water, RA1K Skikda refinery unit, physico-chemical processes, biological processes, hydrocarbons, filtration.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو التحقق من فعالية المعالجة المتبعة في تصفية المياه على مستوى الوحدة الجديدة لتكرير الخاصة بسكيدة RA1K، من خلال تحليل التغييرات اليومية للمعطات الفيزيائية والكيميائية ومقارنتها مع المعايير النظامية الجزائرية للنفائات الصناعية السائلة.

تحليل مختلف المعطات الفيزيائية والكيميائية للمياه المستعملة والمتمثلة في درجة حموضة الماء، درجة الحرارة، الموصلية الكهربائية، الأمونياك، الصلابة، الطلب على الأكسجين الكيميائي، الطلب على الأكسجين البيوكيميائي، المحروقات ... إلخ.

المعالجة أثبتت أن النتائج المتحصل عليها تضاءلت بشكل واضح جدا و عليه نستخلص بأن مياه الصرف المصفاه من طرف الوحدة قابلة للتحلل مع مرور الوقت و ليس لها أي تأثير بعد رميها في الوسط البحري من قبل الوحدة RA1K.

في الختام يمكننا القول بأن طرق الفيزيائية والكيميائية والمعالجة البيولوجية المستعملة من طرف الوحدة فعالة.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصناعي، وحدة التكرير RA1K سكيدة، الطرق الفيزيائية والكيميائية، الطرق البيولوجية، المحروقات، التشريح.

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste d'abréviation	
Introduction générale.....	1

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

I.1. Introduction.....	3
I.2. Définition des eaux usées.....	3
I.3. Origine des eaux usées.....	3
I.3.1. Origine industrielle	4
I.3.2. Origine domestique	4
I.3.3. Origine agricole	5
I.4. Caractéristiques des eaux usées.....	5
I.4.1. Caractéristiques microbiologiques	5
I.4.2. Caractéristiques physico-chimiques	7
I.4.3. Les substances nutritives.....	9
I.4.4. Nitrates (NO^{3-}).....	10
I.5. Pollution des eaux	10
I.5.1 Différents types de pollutions des eaux.....	10
I.6. Paramètres de pollution des eaux usées.....	14
I.6.1. Paramètres organoleptiques.....	14
I.6.2. Paramètres physico-chimique.....	14
I.6.3. Paramètres particulières.....	15
I.6.4. Paramètres organiques.....	16
I.6.5. Eléments nutritifs.....	17
I.6.6 Paramètres Bactériologiques.....	17
I.7. Conclusion.....	18

Chapitre II : Procédés de traitement des eaux usées

II.1. Epuration des eaux résiduaires industrielles ERI.....	19
II .2. Les procédés de traitements des eaux usées	20

II.2.1. Les prétraitements	20
II.2.2. Dégrillage	20
II.2.3. Dessablage	21
II.2.4. Déshuilage dégraissage	21
II.3. Epuration physico-chimique	22
II.3.1. Coagulation Flocculation	23
II.3.2. Décantation	28
II.3.3. Flottation	29
II.4. Traitements biologiques	30
II.4.1. Les procédés biologiques extensifs.....	31
II.4.2. Les procédés biologiques intensifs	32
II.5. Traitement d'affinage	34
II.5.1. Filtration sur sable	34
II.5.2. Adsorption sur charbon actif	35

Chapitre III : présentation de la raffinerie RA1K

III.1. Historique de la SONATRACH.....	37
III.2. RAFFINAGE	37
III.3. Nationalisation des hydrocarbures	37
III.4. Organisation de la société nationale de raffinage du pétrole NAFTEC	37
III.5. Les différentes raffineries en ALGERIE	38
III.5.1. Raffinerie de SKIKDA	38
III.5.2. Raffinerie de HASSI MESSAOUD	38
III.5.3. Raffinerie d'AIN AMENAS	38
III.5.4. Raffinerie d'ADRAR	39
III.6. Présentation de la raffinerie de SKIKDA	39
III.6.1. Situation géographique.....	39
III.6.2. Missions et objectifs	40
III.6.3. Structure hiérarchique de la raffinerie de SKIKDA	40
III.6.4. Principales installations de la RA1K	41
III.7. Présentation du laboratoire de la raffinerie de SKIKDA	43
III.7.1. Section routine	43

III.7.1.1. Salle des routines	43
III.7.1.2. Salle des bitumes	43
III.7.2. Section des eaux	43
III.7.3. Section des produits finis	43
III.7.4. Section moteur CFR.....	44
III.7.5. Section de chromatographie	44

Partie expérimentale

Chapitre IV : Matériel et méthode

IV.1. Introduction	45
IV.2. Equipements et produits.....	45
IV.3. Identification des échantillons et protocole d'échantillonnage.....	45
IV.4. Etude des paramètres physico-chimiques.....	46
IV.4.1. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH).....	46
IV.4.2. Détermination de la température.....	46
IV.4.3. Détermination de la conductivité.....	46
IV.4.4. Détermination du titre alcalimétrique simple (TA).....	47
IV.4.5. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC).....	47
IV.4.6. Détermination du titre hydrotimétrique totale (TH).....	47
IV.4.7. Détermination du calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}).....	48
IV.4.8. Détermination du chlorure (Cl^-).....	49
IV.4.9. Détermination des ions phosphates (PO_4^{3-}).....	49
IV.4.10. Détermination les hydrocarbures.....	50
IV.4.11. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO_5).....	50
IV.4.12. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO).....	51
IV.5. Conclusion	53

CHAPITRE V : Méthode et analyse

IV.1. Introduction.....	54
V.2. Les normes algériennes de rejets des eaux résiduaires.....	54
V.3. Variation des paramètres des eaux usées	54
V.3.1. Variation du Ph.....	54
V.3.2. Variation de la température.....	55
V.3.3. Variation de la conductivité.....	56

V.3.4. Variation de la TA et TAC	56
V.3.5. Variation du TH	57
V.3.6. Variation du Ca ²⁺	57
V. 3.7. Variation du Mg ²⁺	58
V.3.8. Variation du (Cl ⁻).....	59
V. 3.9. Variation du (PO ₄ ³⁻).....	59
V.3.10. Variation de l'hydrocarbure.....	60
V.3.11. Variation du DBO ₅	60
V.3.12. Variation du DCO.....	61
V.4.Conclusion	62
Conclusion générale.....	63
Références.....	64

Listes Des Tableaux

Chapitre I :

Tableau I.1 : DMI moyennes des agents pathogènes dans les eaux usées (**page 06**).

Chapitre II :

Tableau II.1 : Dérivés des sels de d'aluminium et de fer (**page 25**).

Tableau II.2 : Efficacité épuratoire le la décantation (**page 28**).

Chapitre IV :

Tableau IV.1 : Instrument utilisés dans les analyses (**page 45**).

Chapitre V :

Tableau V.1 : Normes algériennes de rejets des eaux résiduaires traitées (**page 54**).

Listes Des Figures

Chapitre II :

Figure II.1 : La chaine d'épuration eaux résiduaires industrielles (**page 19**).

Figure II.2 : Poste de dégrillage (**page 20**).

Figure II.3 : Dessaleur-déshuileur (**page 21**).

Figure II.4 : Déshuileur (**page 22**).

Figure II.5 : Coagulation floculation (**page 23**).

Figure II.6 : Emprisonnement des particules dans les floccs pendant la décantation (**page 24**).

Figure II.7 : Adsorption et pontage à l'aide de polymères (**page 24**).

Figure II.8 : Les différentes étapes du processus de floculation (**page 27**).

Chapitre III :

Figure III.1 : Situation géographique de la RA1K dans la zone industrielle de SKIKDA (**page 39**).

Figure III.2 : Organigramme structural du complexe de SKIKDA (**page 41**).

Figure III.3 : Schéma des principales installations de la raffinerie de SKIKDA (**page 42**).

Chapitre V :

Figure V.1 : Variation du PH des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps (**page 55**).

Figure V.2 : Variation de la température des eaux usées après le traitement en fonction (**page 55**).

Figure V.3 : Variation de la conductivité en fonction du temps (**page 56**).

Figure V.4 : Variation du TAC des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps (**page 56**).

Figure V.5 : Variation du TH des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps (**page 57**).

Figure V.6 : Variation du Ca^{2+} des eaux avant et après le traitement en fonction du temps (**page 58**).

Figure V.7 : Variation du Mg^{2+} des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps (**page 58**).

Figure V.8 : Variation des Cl^- des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps (**page 59**).

Figure V.9 : Variation du PO_4^{3-} des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps (**page 59**).

Figure V.10 : Variation d'hydrocarbure en fonction du temps (**page 60**).

Figure V.11 : Variation de la demande biologique en oxygène (DBO_5) des eaux usées après le traitement en fonction du temps (**page 61**).

Figure V.12 : Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux usées après le traitement en fonction du temps (**page 62**).

Listes Des abréviations

RA1k : La raffinerie de Skikda.

ETPII : Effluent treatment plan-II (plan de traitement de effluents).

TN-6 : Bassin d'aération.

BB : Bassin biologique.

DBO5 : Demande biologique en oxygène pendant cinq jour.

DCO : Demande chimique en oxygène.

CE : Conductivité électrique.

T : Température.

PH : Potentiel hydrogène.

PPm : Partie par million.

MES : Matières en suspension.

TA : Titre alcalimétrique.

TAC : Titre alcalimétrique complet.

TH : Titre hydrométrique (dureté).

THMg²⁺ : Titre hydrométrique magnésien.

THca²⁺ : Titre hydrométrique calcique.

HC : Hydrocarbure

SU-3 : Bassin d'alimentation de bio-traitement de lit mobile(MBBT).

PG : Bassin d'eau traitée

The background features a white marble texture with grey veining. A thin, gold-colored oval border frames the central text. At the top and bottom, there are decorative elements consisting of overlapping, faceted geometric shapes in shades of light pink and white, with some gold glitter scattered around them.

Introduction Générale

Introduction générale

A notre époque où le développement de la démographie et de la croissance industrielle conditionne notre environnement et notre manière de vivre, il importe plus que jamais de nous inquiéter de tout ce qui peut nuire à notre bien-être et à nos conditions de vie.

Il est vrai que l'accroissement industriel comporte d'immenses bénéfices aussi bien sur le plan économique et social, et apporte une nette amélioration du niveau social. Cependant, le revers de la médaille fait que cet essor industriel s'accompagne des nuisances de nature biologique, physiques et chimiques : (Pesticides, additifs alimentaires, hydrocarbures etc..), qui se répercutent à court ou à long terme sur notre organisme à travers la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons.

Parallèlement, la population active délaissant les campagnes, s'est rapprochée et s'est développée autour des centres industriels, créant ainsi de grandes villes, dont les habitants déversent quotidiennement leurs flux polluants, dans un milieu récepteur pouvant être un lac, une rivière ou la mer.

Cette double pollution urbaine et industrielle tendra irréversiblement à limiter nos ressources en eau, si de sérieuses mesures préventives ne sont pas prises.

Parmi toutes les solutions de traitement des eaux envisageables il en existe une qui fait intervenir les avantages naturels que nous offre la nature ; par l'intermédiaire des micro-organismes constituant le système écologique.

Il s'agit de procédés permettant le développement et le contrôle de ces micro-organismes, dont le principal travail sera l'élimination des nuisances organiques en les transformant en sels minéraux, moins ou pas du tout polluant

Par cette étude, nous avons tenté de s'en guérir de la situation actuelle de la pollution hydrique. Son objectif consiste à déterminer les différents paramètres tels que ; PH, DBO₅, DCO, les hydrocarbures, les phosphates, les matières en suspension...etc.

Pour atteindre cet objectif nous avons structuré notre travail en 5 chapitres :

Le premier chapitre parle Généralités sur les eaux usées.

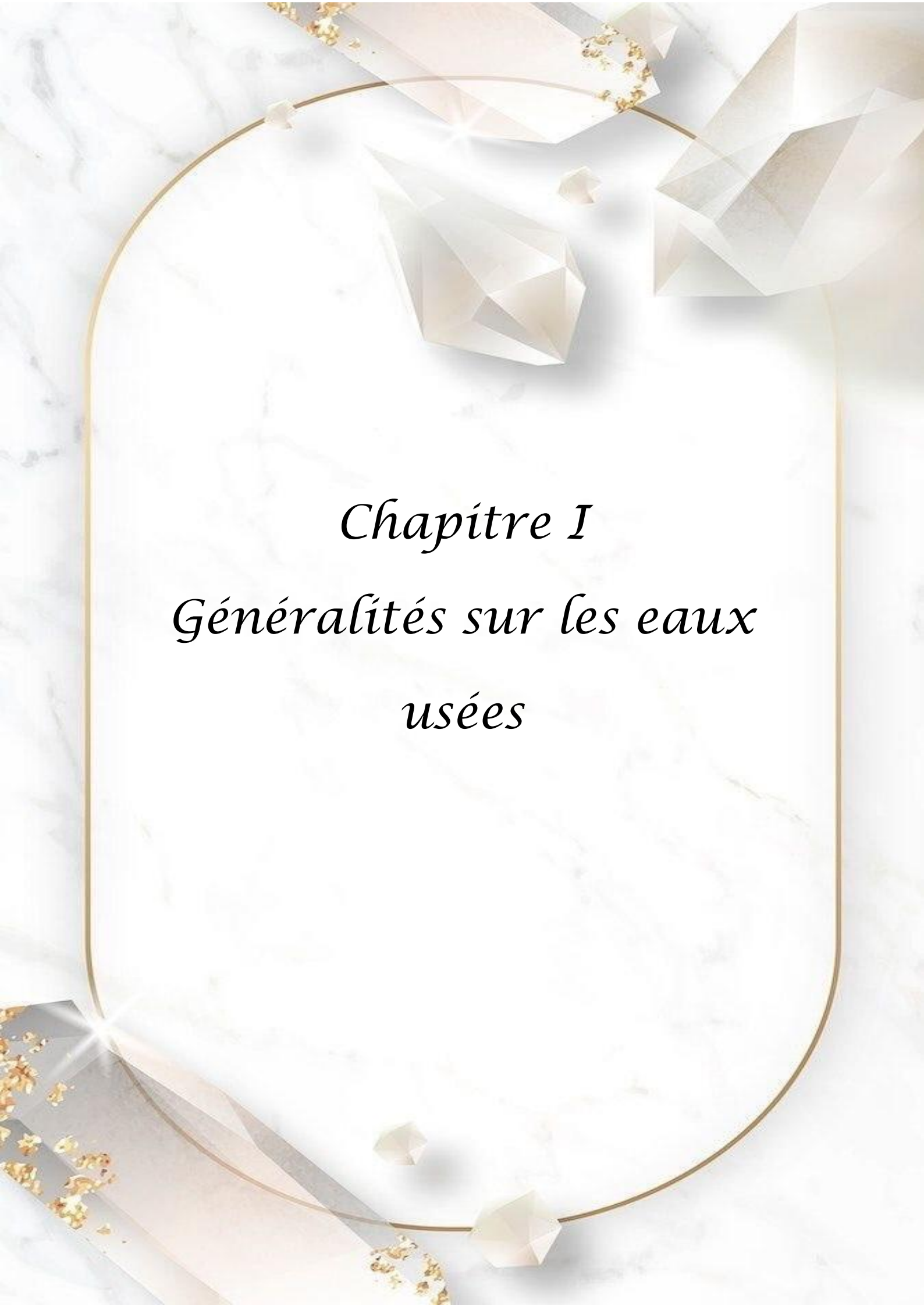
Dans le deuxième chapitre, nous présenterons les procédés de traitement des eaux usées.

Au troisième chapitre, nous présenterons de la raffinerie RA1K.

Le quatrième est consacré à l'étude expérimentale, qui est matériel et méthodes

Le cinquième et dernier chapitre porte sur les résultats et interprétation des données.

Notre mémoire se termine par une conclusion générale



Chapitre I
Généralités sur les eaux
usées

I.1. Introduction

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage souvent domestique, industriel et agricole. Elles sont polluées et comportent généralement un mélange de matières polluantes, dispersées ou dissoutes. Ce chapitre présente l'origine et qualité des eaux usées et leurs principales caractéristiques, comme il indique l'estimation et normes de rejet des eaux usées.

I.2. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre, elles sont considérées comme polluées [1].

Les eaux usées sont les eaux résiduaires d'une industrie ou d'une communauté, qui sont destinées à être rejetées après usage. Elles sont des eaux ayant perdu, par leur utilisation industrielle ou domestique, leur pureté initiale, et qui sont devenues impropres à d'autres utilisations de qualité. Les eaux usées, étant polluées par l'usage qui en a été fait, ne doivent pas être rejetées en masse dans le milieu naturel avant d'avoir été traitées en vue de l'élimination des polluants indésirables par passage dans une station d'épuration.

I.3. Origine des eaux usées

On peut classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaines constituées par des eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines ; toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Peuvent s'y ajouter suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole. L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables. En plus des eaux de pluies, les eaux résiduaires urbaines sont principalement d'origine domestique mais peuvent contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle d'extrême diversité. Donc les eaux résiduaires urbaines (ERU) sont constituées par [2] :

- Des eaux résiduaires ou eaux usées d'origine domestique, industrielle et/ou agricole
- Des eaux pluviales ou de ruissellement urbain.

I.3.1. Origine industrielle

Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière ; tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés...) ;
- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...) ;
- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...) ;
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques...) ;
- Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires...).

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés [2].

I.3.2. Origine domestique

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines : urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères).

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 de vanne d'évacuation de toilette. Et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bains. Elles proviennent essentiellement [3] :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses ;
- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents ;

- Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées ;
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (W.C), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme.

I.3.3. Origine agricole

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,) [4].
- Donc ces eaux sont l'issus :
- Des apports directs dus aux traitements des milieux aquatiques et semi-aquatiques tels que le désherbage des plans d'eau, des zones inondables (faucardage chimique) et des fossés, ainsi que la démoustication des plans d'eau et des zones inondables (étangs et marais).
- Des apports indirects dus en particulier à l'entraînement par ruissellement, aux eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés ou détruits, aux eaux résiduaires des usines de fabrication et de conditionnement [4].

I.4. Caractéristiques des eaux usées

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les matières en suspension.

I.4.1. Caractéristiques microbiologiques

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes.

L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes [5].

I.4.1.1. Les bactéries

Sont des cellules vivantes microscopiques. Elles se multiplient dans les eaux usées et les boues résiduaires. 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 [6].

I.4.1.2. Les virus

Les eaux usées contiennent également des virus présents dans les selles des porteurs sains [7]. Les virus sont des agents pathogènes extrêmement petits visibles seulement au microscope électronique et qui ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante [8].

I.4.1.3. Les protozoaires

Ce sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte [9].

I.4.1.4. Les helminthes

Ce sont des vers multicellulaires tout comme les protozoaires se sont majoritairement des organismes parasites. 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 eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ œufs /L [9]. Le tableau 01 représente les Doses Minimales Infectantes (DMI) moyennes des agents pathogènes présents dans les eaux usées [9].

Tableau I.1 : DMI moyennes des agents pathogènes dans les eaux usées (10 à 10³ œufs /L) [9].

Micro-organismes	DMI
Virus	10 ²
Bactéries	10 ² -10 ⁶
Helminthes	1_10 ¹
Protozoaires	10 ¹ -10 ²

I.4.2. Caractéristiques physico-chimiques

I.4.2.1. Température

La température régit la qualité d'oxygène dissous dans l'eau : quand la température augmente, l'oxygène dissous diminue. Elle influe également sur la décomposition de la matière organique le développement des parasites responsables de certaines maladies et la prolifération d'algues bleues qui libèrent des toxiques [10].

I.4.2.2. Conductivité électrique(CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations [3].

I.4.2.3. Potentiel hydrogène (PH)

Le PH joue un rôle capital dans le traitement biologique, il exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. Ce paramètre joue également un rôle primordial dans les propriétés physico-chimiques (entartrage, agressivité) dans les processus biologiques, dont certains exigent des limites de PH très étroites se situant entre 6,5 et 8,5 [11].

I.4.2.4. Carbone organique total(COT)

Il représente la teneur en carbone lié à la matière organique, et repose sur une mesure de CO₂ après oxydation complète. Cette mesure est rapide et ne nécessite qu'un volume réduit d'échantillon [8].

I.4.2.5. Oxygène dissous (O₂dissous)

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. Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation biologique des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose. Sa concentration est très faible et le plus souvent proche du zéro dans les eaux usées brutes, du fait des concentrations importantes en composés réducteur et de l'activité des microorganismes présents [3].

I.4.2.6. Demande chimique en oxygène(DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non, contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium K₂Cr₂O₇ à 150°C. Elle est exprimée

en mg O₂/L. La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine [12].

I.4.2.7. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées.

La moyenne pondérée de la DCO et la DBO₅ mesurée après décantation pendant 2h suivant la formule : $(DCO + 2 DBO_5) / 3$ correspond aux matières existantes. Le rapport entre la DCO et la DBO₅ constitue une mesure indicative de la dégradabilité biochimique des composés présents dans l'eau [2] :

- ❖ Si $DCO/DBO_5 > 3$ La majorité de la MO existante est non biodégradable.
- ❖ Si $DCO/DBO_5 < 3$ La majorité de la MO existante est biodégradable.

Le rapport détermine le choix de la filière de traitement à adopter. Si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique [13].

Selon [14], les eaux résiduaires urbaines sont correctement biodégradables si elles ne contiennent pas de composés toxiques tels que surfactants ou produits pétroliers. La valeur du rapport DCO/DBO₅ d'une eau usée mixte nous permet d'avoir une idée sur sa biodégradabilité :

- ❖ $DCO/DBO_5 \sim 1 \rightarrow$ bonne biodégradabilité
- ❖ $DCO/DBO_5 \sim 1.5 \text{ à } 2.0 \rightarrow$ biodégradabilité moyenne
- ❖ $DCO/DBO_5 \sim 3.0 \text{ à } 4.0 \rightarrow$ biodégradabilité faible.

I.4.2.8. Matières en suspension (MES)

Le paramètre englobe tous élément en suspension dans l'eau dont la taille permet leur rétention sur un filtre de porosité donnée [8]. Ils représentent une intermédiaire entre les particules minérales du type sable ou poussière de charbon et les particules minérales du type mucilagineuse.

Les MES s'expriment par la relation suivante :

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

Où

MMS : Matière minérale en suspension ;

MVS : Matières volatiles en suspension

a) Matière minérale en suspension(MMS)

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles en suspension. Elles représentent donc le résidu minéral de la calcination et correspondent à la présence de sels, silice, ... [7].

b) Matières volatiles en suspension (MVS)

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension. Elles sont mesurées par calcination à 650°C d'un échantillon dont on connaît déjà la teneur en MES. Elles représentent environ 70 à 80 % MES [7].

I.4.2.9. Oxydabilité au permanganate de potassium(KMnO₄)

L'oxydabilité (ou indice de permanganate) correspond à l'oxydation des matières organiques par du permanganate de potassium de concentration connue en milieu acide selon un protocole normalisé (10 minutes à ébullition). Le résultat est exprimé en mg/L d'O₂. C'est une analyse dont la mise en œuvre est simple. Le seul inconvénient de KMnO₄ est qu'il moins puissant que K₂Cr₂O₇ [15].

I.4.3. Les substances nutritives

a) L'azote

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O₂) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH₃), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH₄⁺) [16].

b) Le phosphore(P)

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/L. Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement [17]. Mais s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation ; cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes. On ne rencontre pas en général de problèmes liés à un excès de phosphore [18].

c) Le potassium (K^+)

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/L (12 à 36 mg/L de K_2O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins [19]. Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes [6].

I.4.4. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (nitrobactéries) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrites [2].

I.5. Pollution des eaux

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique ; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels. Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines :

- Urbaine (activités domestiques ; eaux d'égout, eaux de cuisine...).
- Agricole (engrais, pesticides),
- Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...).

La pollution est directement liée aux activités industrielles et agricoles. Nous nous intéressons aux rejets liquides transportés par l'eau, appelés couramment les eaux résiduaires industrielles transportant en général divers produits hautement toxiques avec des taux très élevés [20].

I.5.1. Différents types de pollutions des eaux

IL s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variées dans l'eau, qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les

matières décantées (plus lourdes que l'eau), les matières flottables (plus légères que l'eau) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) [25].

I.5.1.1. Pollution physique

IL s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau, qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourdes que l'eau), les matières flottables (plus légères que l'eau) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) [25].

I.5.1.2. Pollution mécanique

Elle résulte des décharges, de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES [26].

II.5.1.3. Pollution thermique

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries.) ; l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il se trouve qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution [26].

I.5.1.4. Pollution radioactive

La radioactivité des eaux naturelles peut être d'origine naturelle (uranium, radium...) ou artificielle (énergie nucléaire).

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde), ou d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires), des champs de rayonnements d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations des centrales nucléaires [25].

I.5.1.5. Pollution chimique

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

a. Pollution organique

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradable fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...),

et par les effluents domestique (déjections humaines, graisses, ...etc.), la première conséquence de cette pollution consommation d'oxygène dissous de ces eaux [27]. Les polluants organiques ce sont principalement les détergents, les pesticides et les hydrocarbures.

- **Les détergents**

Sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due au aux rejets d'effluent urbains et industriels. Les nuisances engendrées par l'utilisation des détergents sont [27] :

- ❖ L'apparition de goût de savon.
- ❖ La formation de mousse qui freine le processus d'épuration naturelle ou artificielle.
- ❖ Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau.

- **Les pesticides**

On désigne généralement comme des produits utilisés en agriculture les conséquences néfastes dues aux pesticides sont liées aux caractères suivants [27] :

- ❖ Rémanence et stabilité chimique conduisant à une accumulation dans les chaînes alimentaires.
- ❖ Rupture de l'équilibre naturel.

- **Les hydrocarbures**

Provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables, leur densité inférieure à l'eau les fait surnager en surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère [28].

b. Pollution minérale

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Le polluant minéral ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs [29].

- **Les métaux lourds**

Sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb (Pb), l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent

essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses (traitements de surface, galvanoplastie, hydrométallurgie, industries minières, chimique, pétrochimique, pharmaceutique, ...etc.). Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique [30].

- **Les éléments minéraux nutritifs**

Nitrates et phosphates : provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [29].

C. Pollution biologique

Parmi les polluants des eaux, on distingue les polluants biologiques représentés par les micro-organismes. Ces derniers comprennent par ordre croissant : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Ils proviennent dans leurs immenses majorités des matières fécales ; on distingue alors les flores entériques normales et pathogènes. Ils sont des effets divers sur la santé [9].

- **Les virus**

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille, qui se reproduisent en infectant un organisme, parmi ces virus on a : virus de l'hépatite A et E, ...etc. [9].

- **Les bactéries**

Elles sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. La quantité moyenne des bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries/g. Les eaux usées contiennent en moyenne 10⁷ à 10⁸ bactéries/l. la concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10⁴ par litre. Le nombre de germes peut être multiplié par mille dans les eaux des rivières après un rejet urbain [9].

- **Les protozoaires**

La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitement des eaux usées [9].

- **Les helminthes**

Tout comme les sporozoaires se sont majoritairement des organismes parasites, les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire mois, sur les sols ou les plantes cultivées [31].

I.6. Paramètres de pollution des eaux usées

I.6.1. Paramètres organoleptiques

I.6.1.1. 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 [32].

I.6.1.2. 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 [3].

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration [2].

I.6.1.3. Turbidité

La turbidité des effluents résiduaux et des eaux polluées est en général très élevée, elle ne peut de ce fait être exprimée en gouttes de silice ou de mastic. La turbidité est donc définie par absorptiométrie. La mesure est effectuée au moyen d'un spectrophotomètre à 720 nm, car à cette longueur d'onde l'influence de la couleur est négligeable. Pour éviter l'interférence due à la présence de grosses particules décan tables, il convient de les éliminer au préalable par décantation [2].

I.6.2. Paramètres physico-chimique

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 [2].

I.6.2.1. Le potentiel Hydrogène(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 [33].

I.6.2.2. Conductivité

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution [2]. Sa mesure est indispensable dans le cas d'une réutilisation des eaux usées en irrigation.

I.6.2.3. 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 d'O₂ [3].

I.6.3. Paramètres particuliers

I.6.3.1. Matière en suspension(MES)

La pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10µm, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). En fait, les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement en suspension que dans des conditions moyenne d'écoulement des effluents correspondant à une vitesse minimale de 0,5 m/s. En fonction de la taille des particules, on distingue les matières grossières ou décan tables (diamètre supérieur à 100 µm) et les matières en suspension (MES) [3]. Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel [13]. Les MES s'expriment par la relation suivante :

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

I.6.3.2. Matières décantables

De nombreuses particules peuvent constituer des impuretés d'une eau. Les techniques analytiques nécessaires à leurs déterminations dépendent des dimensions de ces particules. Les impuretés présentes dans l'eau ont pour origine soit des substances minérales, végétales ou animales. Les matières décantables sont les matières des grandes tailles, entre 40 micromètres et 5 millimètre et qui se déposent sans traitement physique et chimique [27].

I.6.4. Paramètres organiques

I.6.4.1. Demande Chimique en Oxygène(DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quel que soit leur origine organique ou minérale. La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation [2].

I.6.4.2. 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-épurateur et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration [2]. La demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO₅) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques [3].

- **La biodégradabilité**

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux usées.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que $K = DCO/DBO_5$:

- Si, $K < 1.5$: Cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables.
- Si, $1.5 < K < 2.5$: Cela signifie que les matières oxydables sont biodégradables.
- Si, $2.5 < K < 3$: Les matières oxydables sont peu biodégradables.
- Si, $K > 3$: Les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols les hydrocarbures ...etc. La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique [13].

I.6.5. Eléments nutritifs

I.6.5.1. L'azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniacque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total [2]. Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, on le dose par mesure du N-NTK (Azote Totale Kjeldahl) et la mesure du N-NH₄.

I.6.5.2. Le Phosphore

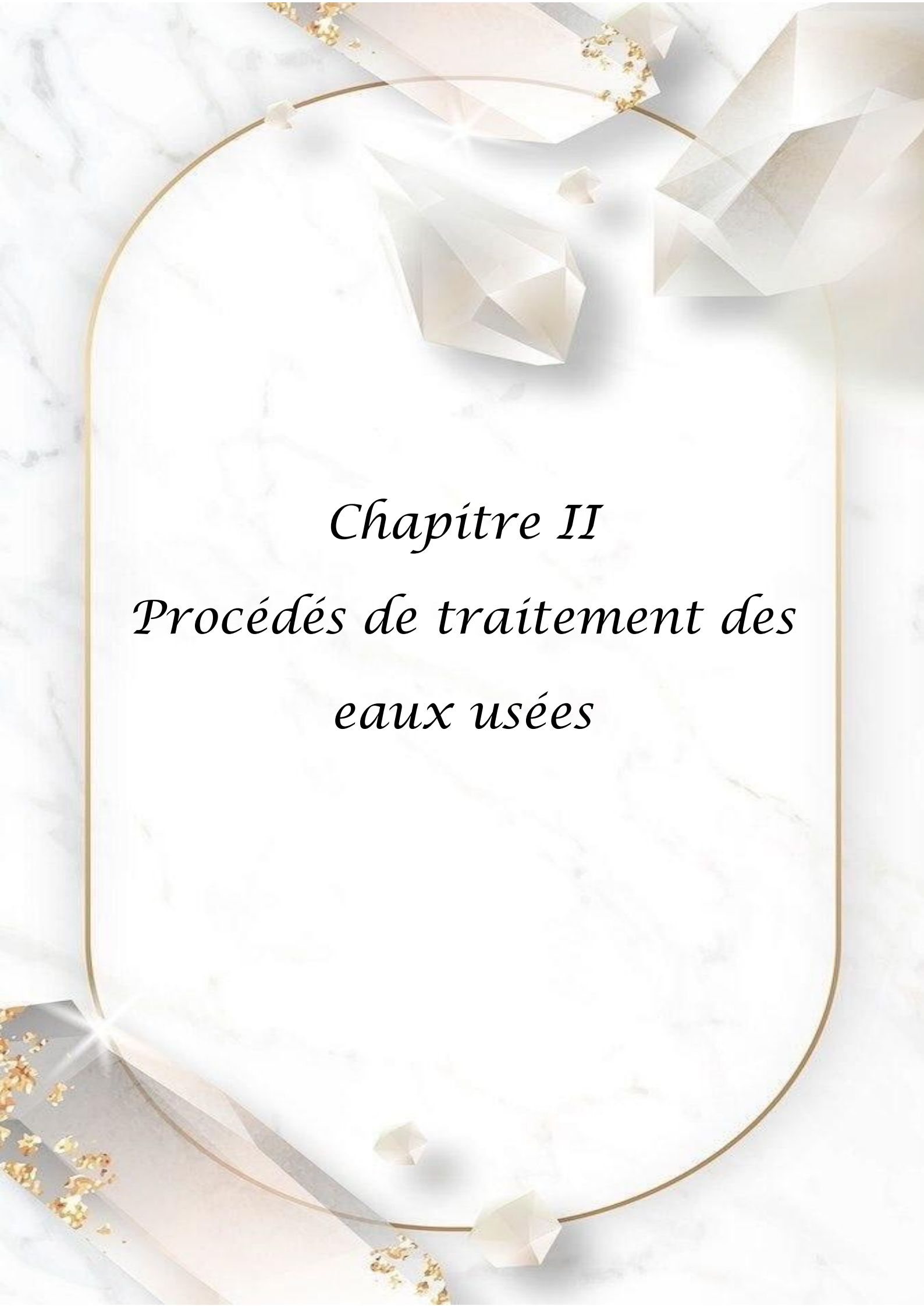
Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique [2]. Le phosphore peut également se trouver sous forme minérale (en provenance des lessives ou des rejets industriels) ou organique. Élément indispensable à la vie des algues, la présence de phosphore entraîne un risque d'eutrophisation du cours d'eau ou du lac, c'est à-dire que celui-ci peut se voir envahi par un développement excessif de la population algale [16].

I.6.6. Paramètres Bactériologiques

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont adaptées à l'homme : la plupart sont inoffensives ou même utiles, étant commensales et faisant partie des flores cutanées, digestive, buccale, génitale ; certaines sont pathogènes, opportunistes ; une minorité est régulièrement pathogène [2].

1.7. Conclusion

Les eaux usées de différentes compositions et de diverses origines constituent un problème pour la nature lors du rejet sans subir de traitements au préalable. Afin de montrer l'intérêt de leur épuration, j'ai présenté dans ce chapitre d'une part, les origines et caractéristiques des eaux usées.



Chapitre II
Procédés de traitement des
eaux usées

II.1. Epuration des eaux résiduaires industrielles ERI

L'épuration des ERI a pour objectif de réduire la charge polluante qu'elles véhiculent, afin de rendre au milieu aquatique qui est le milieu récepteur une eau de qualité, respectueuse des équilibres naturels et de ses usages futurs. Dans une STEP l'épuration des eaux passe par différentes étapes dont ils sont présents dans le schéma ci-dessous : les prétraitements suivis des traitements physicochimiques puis les traitements biologiques et enfin les traitements d'affinage [20].

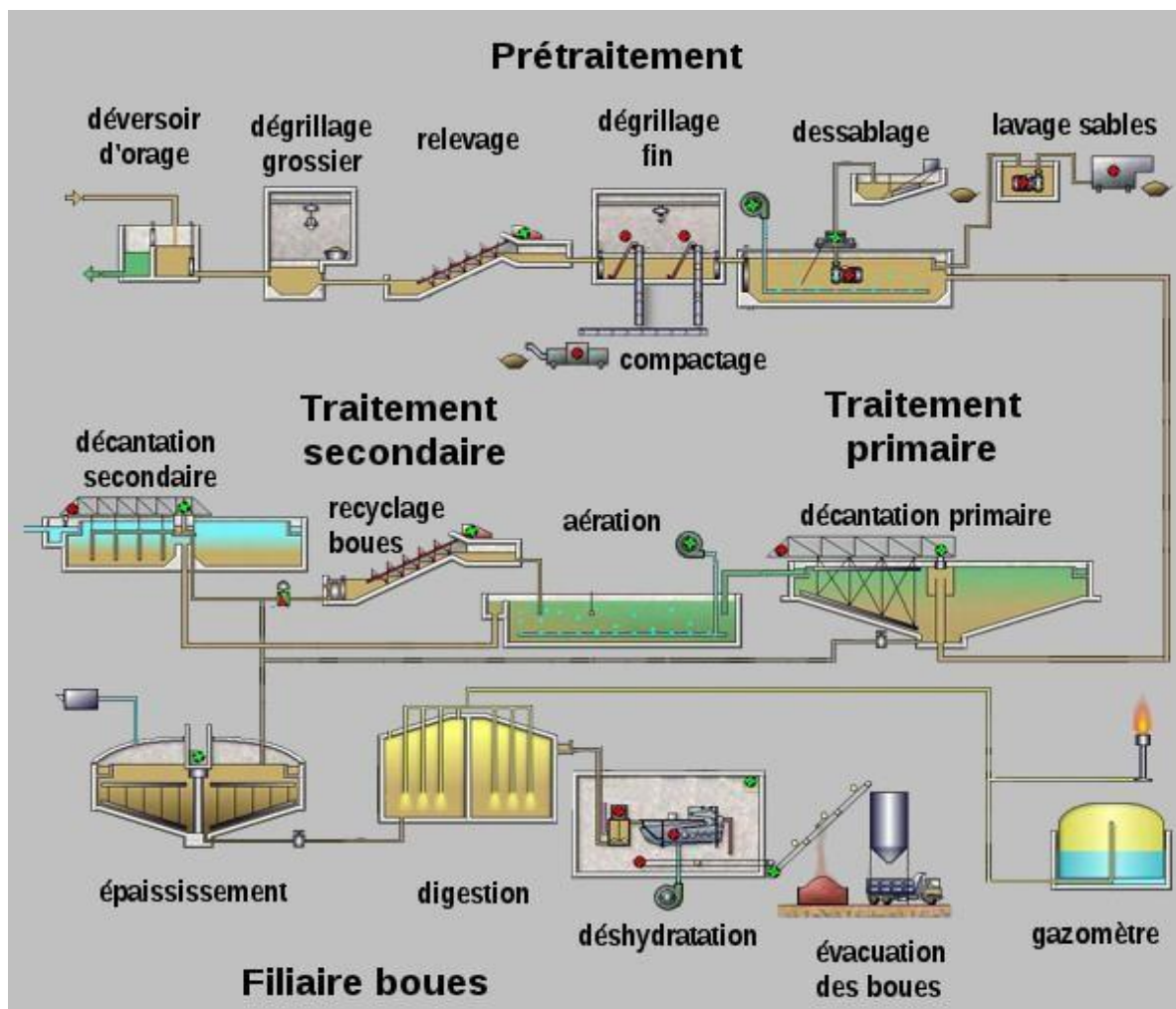


Figure. II.1 : La chaîne d'épuration des eaux résiduaires industrielles.

II.2. Les procédés de traitements des eaux usées

II.2.1. Les prétraitements

Les prétraitements constituent l'ensemble des opérations physique et mécanique : dégrillage, dessablage et dégraissage-déshuilage. Ils dépendent de la nature et des caractéristiques des rejets industriels et de la ligne d'épuration prévue en aval [20].

II.2.2. Dégrillage

Il permet de filtrer les objets ou les détritres les plus grossiers véhiculés par les eaux usées. Son principe consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontal. Le choix d'espacement des barreaux de la grille est défini par la taille et la nature des déchets acceptés par la STEP. Un espacement de 10 mm (dégrillage fin) maximum est utilisé pour protéger les filières d'épuration des eaux ou des boues spécifiques (décantation lamellaire, centrifugation...). Plus communément, l'espacement des barreaux est de 2,0 à 2,50 cm pour un dégrilleur mécanique et 3 à 4 cm pour un dégrilleur manuel.

La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1m/s. Les déchets récupérés sont compactés afin de réduire leur volume puis stockés dans une benne avant d'être envoyés vers une filière de traitement adapté.



Figure II.2 : Poste de dégrillage [21].

II.2.3. Dessablage

Les matières minérales grossières en suspension tels que les sables et les graviers, dont la vitesse de chute est inférieure à 0,3 m/s, susceptibles d'endommager les installations en aval, vont se déposer au fond d'un dessableur par décantation. Il faut 60 secondes à l'eau pour traverser le dessableur et éliminer 90% du sable qui ensuite va être récupéré par un râteau mécanique et poussé dans un centenaire d'évacuation.



Figure II.3 : Dessableur- déshuileur [21].

II.2.4. Déshuilage dégraissage

Le déshuilage est une extraction liquide-liquide tandis que le dégraissage est une extraction solide-liquide. On peut considérer que le déshuilage dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de nature très diverses (huiles, hydrocarbures, graisses...). Elles peuvent former une émulsion stable entretenue par le brassage de l'eau ou constituer une phase indépendante non émulsionnée.

Le déshuilage complet nécessite en fait un traitement en deux stades :

a) **Pré déshuilage** : par opération physique gravitaire sans adjonction de réactifs, réduisant la teneur en HC à environ 15 à 100 mg/l, il s'effectue par flottation naturelle des vésicules huileuses émulsionnées. Si l'émulsion n'est pas trop fine (particules supérieures à 50 μ m). Il est réalisé dans différents types d'appareils :

déshuileurs longitudinaux conventionnels, à plaques parallèles et circulaires raclés.

b) **Déshuilage final** :flottation par air dissous où les bulles d'air augmentent la vitesse de remontée des particules grasses et des huiles lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées, ou coagulation par sels métalliques ou par électrolytes permettant d'obtenir l'épuration complète.



Figure II.4 : Déshuileur [22].

II.3 Epuration physico-chimique

Si la décantation se faisait directement après le prélèvement dans le milieu aquatique, le temps de décantation d'un gravier dans un mètre d'eau serait d'une seconde par la seule influence de son poids, on passerait à 2 minutes pour le sable fin, à 2 heures pour l'argile, à 8 jours pour une bactérie et de 2 à 200 ans pour un colloïde. Ces durées étant bien évidemment beaucoup trop grandes. Les colloïdes peuvent même traverser un filtre très fin, ils sont les principales causes de la turbidité et la couleur d'une eau [23].

II.3.1. Coagulation Flocculation

L'opération de coagulation-flocculation a pour but la croissance des particules (qui sont essentiellement colloïdales) par leur déstabilisation puis formation de floccs par absorption et agrégation, le schéma qui illustre ce phénomène est présenté sur la figure II.5. Les floccs ainsi formés seront décantés et filtrés par la suite [24].

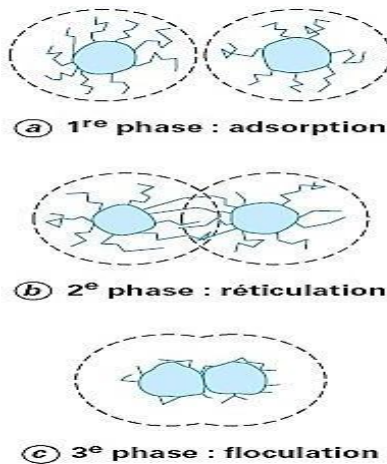


Figure II.5: Coagulation flocculation [25].

II.3.1.1. La coagulation

Le mot coagulation vient du latin *coagulare* qui signifie « agglomérer ». La coagulation consiste à ajouter à l'eau un réactif permettant la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives qui sont à l'origine du maintien en suspension stable c'est-à-dire à l'annulation du potentiel zêta. Il faut noter que la coagulation n'est correcte qu'à l'intérieur d'une zone de pH bien déterminée ; elle demande aussi une dispersion immédiate du coagulant dans l'eau afin que les charges électriques des colloïdes soient déchargées uniformément, cela permet aux particules de s'agglomérer et de décantier plus rapidement.

Quatre mécanismes sont proposés pour expliquer la déstabilisation des particules et leur agglomération :

- Compression de la double couche : coagulation non spécifique ou électrostatique par diminution des forces de répulsion électrostatique, provoquée par des électrolytes quelconques, qui compriment le nuage

ionique autour des particules.

- Adsorption et neutralisation des charges : coagulation par adsorption d'ions de signe contraire fortement chargés, qui diminuent le potentiel à la limite de la couche de STREN.
- Emprisonnement des particules dans un précipité, présenté sur la figure II.6: coagulation par entraînement, pour les suspensions diluées dont les particules sont captées et entraînées dans un précipité de formation rapide[32].

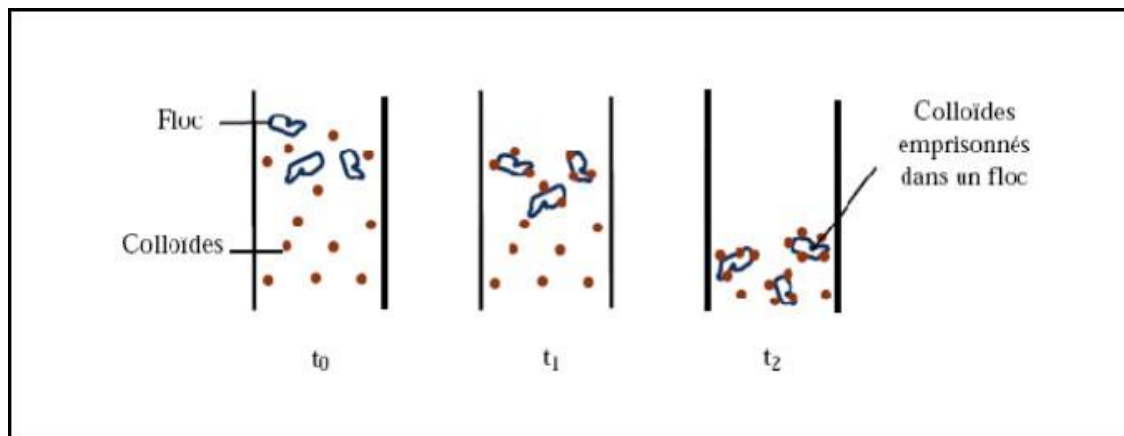


Figure II.6: Emprisonnement des particules dans les floccs pendant la décantation .

- Adsorption et pontage entre les particules schématisées sur la figure II.7: floculation ou adsorption de macromolécules ou de poly électrolytes, susceptibles de former des ponts interparticulaires.

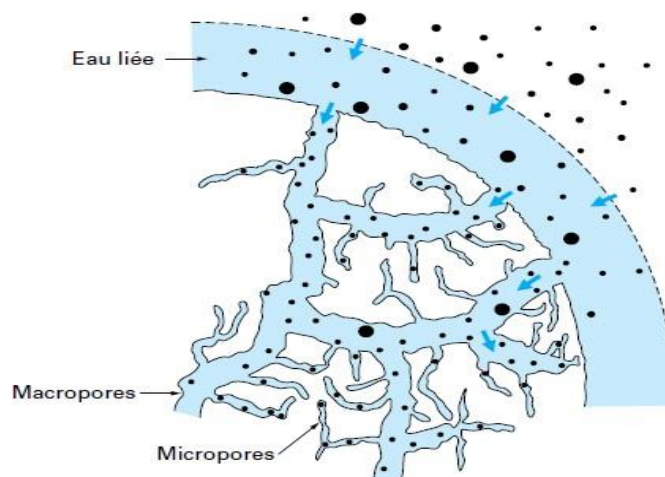
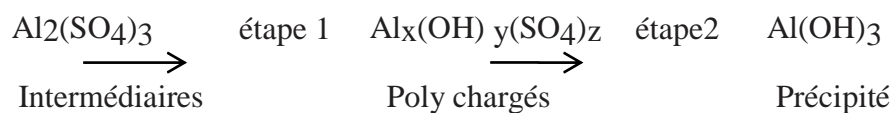


Figure II.7: Adsorption et pontage à l'aide de polymères [23].

Tableau II.1 : Dérivés des sels d'aluminium et de fer. [35]

Sels d'aluminium	Formule chimique	Sels de fer	Formule chimique
Sulfate d'aluminium	$Al_2(SO_4)_3$	Sulfate ferrique	$Fe_2(SO_4)_3$
Chlorure d'aluminium	$AlCl_3$	Chlorure ferrique	Fe_2Cl_3
Aluminate de sodium	$NaAlO_2$	Sulfate ferreux	$FeSO_4$

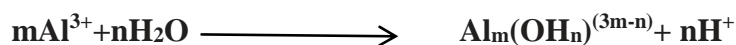
La mise en solution d'un coagulant se déroule en deux étapes : (le cas du sulfate d'aluminium est très significatif). La réaction est présentée de la façon suivante :



L'étape 1 : est une phase d'hydrolyse. Des intermédiaires poly chargés positifs se forment pour neutraliser la charge primaire négative des colloïdes. C'est la véritable forme coagulante qui déstabilise les particules chargées négativement.

L'étape 2 : dépend de la température et nécessite un pH compatible avec l'existence de ces intermédiaires poly chargés. Le temps de formation de ces composés est de l'ordre de 0,5s.

L'étape 3 : permet la formation du précipité $Al(OH)_3$. Elle dépend de l'agitation du milieu. Ce précipité est l'élément qui assure le pontage et la coalescence entre les colloïdes déstabilisés : c'est la forme floculante.



Les sels d'aluminium ou de fer réagissent avec l'alcalinité de l'eau et produisent des hydroxydes insolubles.

II.3.1.2. Floculation

La floculation est le processus de grossissement et d'uniformisation des petits flocons formés lors de l'introduction du coagulant. Elle a pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules colloïdales déstabilisées et leur agglomération, pour accroître son volume, sa masse et sa cohésion.[36] Une bonne floculation est favorisée par :

- Une coagulation préalable aussi parfaite que possible ;

- Une augmentation de la quantité du floc dans l'eau ;
- Un brassage homogène et lent pour tout le volume d'eau ;
- L'emploi de certains produits appelés flocculants ou adjuvants de coagulation.[38]

On distingue trois types de floculation selon le type de mouvement qui anime les particules dans la suspension :

a) Floculation rapide ou pré cinétique (mouvement brownien)

Les contacts entre les particules sont causés par le mouvement aléatoire de celles-ci, dit mouvement brownien qui est fonction de la température de l'eau.

b) Floculation lente ou ortho cinétique (brassage mécanique)

C'est la floculation provoquée par l'agitation de l'eau. Elle est donc causée par le brassage de l'eau qui permet d'augmenter les chances de contacts entre les particules.

c) Floculation par entraînement

Elle se produit dans une solution qui décante quand les grosses particules, tombant plus vite, entraînant les plus petites avec eux.[37]

II.3.1.2.1. Flocculants (adjuvants de coagulation) et processus de floculation

On injecte les flocculants à la suite du coagulant. Leur rôle est d'accélérer la floculation ou d'améliorer la consistance et la densité des flocons.

Les adjuvants les plus communément utilisés sont : flocculants minéraux (la silice) ou des flocculants organiques (polymères à haut poids moléculaires) naturels tel que l'alginate extrait des algues marines ou synthétiques (polyélectrolytes anioniques, cationiques ou non ioniques). Ils se définissent par leur poids moléculaire qui est caractéristique de polymères à longue chaîne, et également par leur densité de charge.

II.3.1.2.2. Mécanisme d'action des polyélectrolytes

Les réactifs polymériques, selon leur composition chimique et le caractère ionique de leurs groupements actifs, font intervenir dans la floculation deux mécanismes très différents :

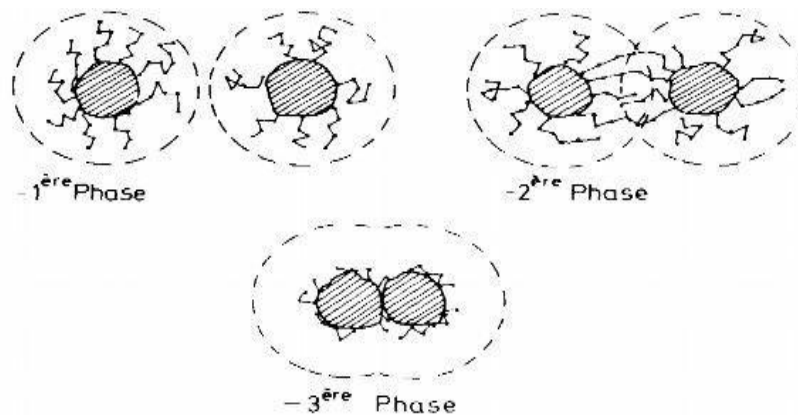
a) Floculation par neutralisation de charge : (annulation du potentiel zêta)

Les poly électrolytes cationiques, provoquent la décharge électrique des colloïdes, en venant s'adsorber à l'interface solide/liquide, selon une réaction irréversible très voisine de celle mise en jeu dans la coagulation par les électrolytes minéraux. L'agglomération des particules adjacentes contiguës interviendra par une agitation modérée du milieu réactionnel.

b) Floculation par adsorption physicochimique des polymères (Phénomène de Réticulation)

Les polymères anioniques et non ioniques, ne peuvent occasionner la floculation par simple neutralisation. Leur mode d'action ne peut s'expliquer qu'en faisant intervenir un processus d'adsorption d'une fraction de la chaîne polymérique sur un emplacement déterminé de la surface des particules, conformément, en première approximation, à une loi du type isotherme de Langmuir. Un schéma illustrant le processus de floculation est représenté sur la figure II.8.

Figure II.8: Les différentes étapes du processus de floculation [25].



Le PH et la salinité du milieu réactionnel peuvent également jouer un rôle. En général, l'efficacité floculant des polymères anioniques se manifeste surtout en milieu basique, au contraire des polyélectrolytes cationiques, actifs en milieu acide, tandis que les polymères non ioniques possèdent une efficacité indépendante du pH.

Enfin on peut déduire que l'épuration par coagulation floculation suivie d'une décantation lente permet d'éliminer jusqu'à 90% de MES 70% du phosphore total et 40 à 65% de la DBO₅ des eaux résiduaires.

Par précision le but de l'épuration physicochimique des effluents liquides d'une raffinerie de pétrole permet :

- D'abord d'éliminer les hydrocarbures insolubles jusqu'à des teneurs résiduelles de 2 à 20 mg/l;
- Ensuite assurer plusieurs opérations importantes, conjointes et nécessaires soit pour un rejet direct, soit pour alimenter l'épuration biologique :
 - ✓ Neutralisation du PH ;
 - ✓ Précipitation des métaux lourds toxiques ;
 - ✓ Oxydation ou précipitation des sulfures en excès par un sel de fer ;
 - ✓ Clarification des eaux.

Après l'étape de la coagulation floculation on passe soit à la décantation si les floccs formés sont de grosses tailles soit à la flottation si les floccs formés sont de petites tailles [25].

II.3.2. Décantation

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[38]. La décantation à un rôle épuratoire non négligeable c'est ce que représente le tableau II.2.

Tableau II.2 : Efficacité épuratoire de la décantation.

Paramètres	MES	DCO	DBO	NTK	Hydrocarbure	Pb
Réduction de la pollution(%)	80à90	60à90	75à90	40à70	35à90	65à80

II.3.2.1. Types de décantation

Le phénomène de sédimentation peut se manifester différemment selon la concentration de la suspension, les caractéristiques propres des particules et les interactions possibles entre elles. On distingue quatre types de décantation :

II.3.2.1.1. Décantation de particules discrètes

Elle est caractérisée par le fait que les particules conservent leurs propriétés physiques initiales (forme, dimension et densité) au cours de leur chute.

II.3.2.1.2. Décantation de particules floculantes

Elle est caractérisée par l'agglomération des particules au cours de leur chute. Leurs propriétés physiques sont donc modifiées pendant le processus.

II.3.2.1.3. Décantation freinée

Ce processus de sédimentation se produit pour des concentrations en matières solides floculées supérieures à 500 mg/l par suite d'interférence mutuelle entre les particules et la vitesse ascensionnelle du fluide déplacé au cours de la décantation. Ce qui entraîne la formation d'une couche de particules et par conséquent, l'apparition d'une délimitation nette entre les solides décantés et le liquide surnageant.

II.3.2.1.4. Décantation en compression de boues

Dans ce type de décantation, les particules entrent en contact les unes avec les autres et reposent sur les couches inférieures. Dans cette zone, le phénomène de consolidation est relativement lent. On retrouve ce type de décantation dans les épaisseurs de boues gravité. [39]

II.3.3 Flottation

Une technique qui peut remplacer la sédimentation est la flottation. C'est un procédé de séparation liquide-solide basé sur la formation d'un ensemble appelé attelage, formé des particules à éliminer, plus léger que l'eau. Cette technique convient principalement pour éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 400 μm . Les solides sont transportés à la surface, fixés à des bulles, et sont ensuite écumés. Cette méthode permet d'éliminer des particules plus petites qu'avec la sédimentation. Elle convient davantage aux eaux présentant une haute teneur en algues, une faible turbidité naturelle ou une forte coloration.

La flottation n'est pas aussi efficace que la sédimentation pour éliminer les particules et réduire la turbidité. Ce procédé est sensible à la température et affiche un piètre (négligeable) rendement par temps très froid [36].

II.3.3.1. Types des procédés de flottation

On distingue quelques types de flottation, parmi lesquels on cite :

II.3.3.1.1. Flottation naturelle

Lorsque la masse volumique des particules à éliminer est inférieure à celle de l'eau.

II.3.3.1.2. Flottation mécanique

Consiste en une dispersion mécanique de bulles d'air de 0,1 à 1 mm de diamètre. Il est surtout utilisé pour la séparation et la concentration par moussage des minerais.

II.3.3.1.3. Flottation par insufflation d'air

C'est une flottation naturelle améliorée par l'insufflation au sein de la masse liquide de bulles d'air de quelques diamètres, on utilise pour cela des pompes poreuses.

II.3.3.1.4. Flottation par air dissous ou aéro flottation

On produit des microbulles au sein du liquide de 40 à 70 microns de diamètre, à détendre ensuite brutalement cette eau, par retour à la pression atmosphérique pour provoquer l'apparition spontanée d'un véritable "lait de micro bulles", qui, mélangé aux matières en suspension préalablement coagulées ou flocculées provoquera leur flottation.

II.3.3.1.5. Electro flottation

C'est une technique de séparation analogue l'aéro flottation, mais à la différence que les micros bulle sont produites par électrolyse de l'eau à traiter au moyen d'électrodes appropriées. Ce procédé présente l'intérêt d'assurer l'homogénéité du flux tant du point de vue de la dimension (100 microns) des bulles que de leur répartition spatiale.

II.4 Traitements biologiques

Les traitements biologiques reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature. Elle regroupe l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution.

Son principe est de provoquer une prolifération de micro-organismes aux dépens des matières organiques apportées par l'effluent, en présence ou non d'oxygène. Il

s'agit en fait d'un véritable transfert d'une forme non préhensible (matières colloïdales et dissoutes) en un élément manipulable (suspension de micro-organismes). Le résultat de cette dégradation est un accroissement de la masse épuratrice, et le rejet de déchets dans l'eau.

Selon que l'oxydation se produit grâce au gaz oxygène dissous dans l'eau (processus aérobie) ou qu'au contraire le processus se fasse sans oxygène (processus anaérobie), la nature des déchets sera différente : CO_2 , H_2O , NH_3 ou NO_3 en aérobie, CO_2 , CH_4 et acides gras en anaérobie.

Le moteur de décomposition (aérobie ou anaérobie) des substances organiques est constitué par des enzymes catalyseurs organiques sécrétés par les organismes. On distingue les enzymes extracellulaires qui provoquent la destruction des structures moléculaires trop complexes pour pénétrer au sein de la cellule, les enzymes intracellulaires qui assurent l'assimilation et, par conséquent, sont à l'origine des phénomènes vitaux provoquant la prolifération des cellules. Les traitements biologiques sont bien adaptés pour éliminer la pollution carbonée, mais également les pollutions azotées et phosphorées. En traitement biologique on distingue des procédés extensifs et d'autres intensifs.

II.4.1 Les procédés biologiques extensifs

Une lagune aérée utilise le même principe que le lagunage simple dans lequel, l'apport d'oxygène est augmenté par la mise en place d'aérateurs mécaniques. Une lagune aérée est assimilée à un vaste bassin aérobie. Il existe deux types de lagunes aérées :

➤ **Les lagunes aérobies :** Dans laquelle on maintient une concentration en oxygène dissous dans tout le bassin.

➤ **Les lagunes facultatives :** Dans laquelle l'oxygène n'est maintenu que dans la partie supérieure du bassin. Une zone anaérobie est donc présente au fond du bassin.

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.

II.4.2 Les 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. Deux types d'installation sont utilisés :

II.4.2.1. Les installations à "cultures fixées"

D'où on distingue différents types de supports pour les cultures bactériennes : les disques biologiques et lits bactériens.

a) Disques biologiques

C'est une technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants où se développent les micro-organismes et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée.[[site web](#)]

a) Lits bactériens

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

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond.

Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO₅.

II.4.2.2. Les installations à "cultures libres", ou par boues activées.

Les procédés par boues activées comportent essentiellement une phase de mise en contact de l'eau à épurer avec un floc bactérien en présence d'oxygène (aération)

suivie par une phase de séparation de ce floc (clarification). Ils sont en fait une intensification de ce qui se passe dans le milieu naturel.

La différence provient d'une plus grande concentration en micro-organismes et par conséquent, d'une demande volumique en oxygène plus importante. De plus, pour maintenir en suspension la masse bactérienne, une agitation artificielle est nécessaire.

La boue activée apparaît ainsi comme une suspension de particules floconneuses de quelque 1/10 de mm à quelques mm de diamètre, ou floc, constitué de bactéries, de matières organiques inertes ou minérales, maintenues par une substance mucilagineuse produit de l'activité bactérienne. Une boue activée normale contient également une microflore, une microfaune abondante de Protozoaires et petits Métazoaires.

Les populations microbiennes des boues activées sont complexes et ne peuvent se définir qu'au moyen des principaux groupes suivants : bactéries, champignons, protozoaires et métazoaires.

L'essentiel de l'épuration est dû à la microflore peut constituer 10¹¹ à 10¹² bactéries par gramme de matières sèches.

La nature de la microfaune est sujette à divers facteurs tels que la composition chimique de l'effluent, la proportion d'azote présente, la charge massique et le temps de séjours.

Alors l'examen de la microfaune, prédatrice est très révélateur de l'état d'une boue activée et il constitue pour un biologiste le plus sûr moyen de diagnostiquer le fonctionnement d'un bassin de boues activées et de connaître les éventuelles solutions à apporter en cas de mauvais fonctionnement.

II.4.2.3. Problèmes de décantation des boues

L'indice de Mohlman est le rapport entre le volume de boues décantées en 1/2 heure, et la masse de matières en suspension contenue dans ce volume : $IM = V / M$.

Il caractérisait une boue par son aptitude à la décantation. Lorsque celui-ci était élevé, il indiquait une mauvaise décantation de la boue.

II.4.2.3.1. Floc dispersé

La boue activée ne se sépare pas de l'effluent traité. On observe un mélange trouble qui ne se clarifie quelques fois qu'après plusieurs heures de repos. La DBO5 de l'effluent traité est alors très élevée. Ce cas peut être observé pendant la période de construction de la flore microbienne. Il peut conduire à une défloculation des boues.

II.4.2.3.2. Boues flottantes

Ce phénomène s'observe aussi bien en éprouvette que dans les installations. On observe des remontées de boues en bloc ou par fractions. Diverse causes peuvent impliquer ce phénomène. La plus courante est celle relative à un dégagement de gaz par dénitrification ou par fermentation anaérobie.

II.5 Traitement d'affinage

II.5.1 Filtration sur sable

II.5.1.1. Définition

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation des filtres et du type de matériau utilisé. L'espace inter granulaire définit la capacité de rétention du filtre. Au fur et à mesure du passage de l'eau, cet espace se réduit, le filtre se colmate. Les pertes de charge augmentent fortement. Il faut alors déclencher le rétro lavage.

La filtration, habituellement précédée des traitements de coagulation, de floculation et de décantation, permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur, de la turbidité et indirectement de certains goûts et odeurs [15].

II.5.1.2. Type de filtres sur sable

II.5.1.2.1. Filtre à sable rapide

La vitesse est de 4 à 25 m/h, c'est le type de filtre le plus utilisé dans le traitement des eaux. Le matériau filtrant est maintenu par gravité et l'écoulement de l'eau a lieu de haut en bas. Les principaux éléments d'un filtre rapide sont le fond du filtre, le gravier de support et le milieu filtrant. Les matériaux les plus utilisés sont le sable et l'antracite. Il en existe deux catégories :

- Les filtres ouverts ou filtres rapides gravitaires où la couche d'eau à filtrer

est de 0,5 m ;

➤ Les filtres sous pression, ils fonctionnent selon les mêmes principes que les filtres à sable rapides, sauf que leurs couches de sable et de gravier, ainsi que leur réseau de drainage, sont situés dans des cylindres horizontaux ou verticaux.

II.5.1.2.2. Filtre à sablelent

Il possède une vitesse de 1 à 2 m/h, il doit être construit de telle sorte que l'eau traverse lentement une couche de sable fin et que les particules les plus grosses soient arrêtées près de la surface du sable. Ces particules forment une couche poreuse très fine, dont la surface totale de veinules ou de pores est très grande, ce qui facilite l'absorption des impuretés par cette couche ou par le sable sous-jacent. Cette couche poreuse est constituée de bactéries, d'algues et de protozoaires. La filtration lente combine donc les effets de processus physique et de processus biologique.

II.5.1.2.3. Lavage des filtres à sable

Le lavage d'un filtre à sable peut être déclenché lorsqu'une consigne de perte de charge maximale est atteinte, ou en cas de dégradation de la qualité de l'eau filtrée. Les différentes phases habituelles d'un lavage sont :

- **1^{ère} phase** : injection d'air à contre-courant, dans le but de détasser le lit de matériau.
- **2^{ème} phase** : lavage, on injecte simultanément, de l'air et de l'eau. L'eau entraîne les impuretés vers les goulottes de lavage alors que l'air assure le brassage suffisant pour décoller ces impuretés;
- **3^{ème} phase** : rinçage, on lave le filtre en injectant un courant d'eau circulant dans le sens contraire de la filtration destinée à détacher les impuretés.

II.5.2 Adsorption sur charbon actif

Le charbon actif fait partie d'une gamme de substance présentant une très grande porosité et une surface spécifique importante de l'ordre de 500 à 1500 m² par gramme de charbon. Ces qualités confèrent au charbon actif un grand pouvoir d'adsorption. Ce processus physico chimique est utilisé dans les filières d'eau pour

fixer les substances difficiles à éliminer par un traitement classique et pour éliminer les substances humiques (responsable de la couleur), les goûts, les odeurs, les phénols, et les crésols, ainsi que plusieurs substances toxiques non biodégradables. Les composés retenus sont les adsorbats et le charbon actif est l'adsorbant.

II.5.2.1. Formes et régénération du charbon actif

Les charbons actifs sont commercialisés sous la forme de granulé de 0,5 à 4 mm ou sous la forme d'une poudre. Les granulés sont destinés à être utilisés en lits fixes, tandis que la poudre sera utilisée en dispersion dans un liquide. Elle sera ensuite récupérée par filtration.

La régénération du charbon actif (de même que les adsorbants artificiels) est un produit coûteux. Il serait, la plupart du temps, prohibitif de remplacer le charbon saturé qu'il faut donc pouvoir régénérer ; à cet effet, trois méthodes ont été développées :

a) Régénération à la vapeur

Cette méthode est limitée à la régénération de charbon n'ayant fixé que quelques produits très volatils.

b) Régénération thermique

Par pyrolyse et combustion des substances organiques adsorbées. Le chauffage vers 800°C sous atmosphère contrôlée évite d'enflammer le charbon ;

c) Régénération chimique

DEGRE MONT a développé un procédé basé sur l'action d'un solvant utilisé à une température voisine de 100°C, et à pH élevé.

II.5.2.2. Lavage des filtres

Lorsque la perte de charge, la turbidité, ou les deux, atteignent leurs valeurs maximales, on lave les filtres en injectant l'eau à contre-courant, c'est-à-dire si lors du traitement à filtres l'eau passe de bas en haut, donc le lavage s'effectue de haut en bas. Le lavage peut se faire avec de l'eau seulement, ou par l'eau et à l'air en même temps.



Chapitre III
Présentation de la
raffinerie RA1K

III.1. Historique de la SONATRACH

SONATRACH a été créé le 31/12/1963, par le décret N° 63 – 491 pour assurer la responsabilité du transport et la commercialisation des hydrocarbures. Elle s'est vite élargie par le décret N° 66-296 du 22/09/1966, pour devenir une société nationale par la recherche, la production, le transport, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures [40].

III.2. Raffinage

Le raffinage du pétrole est une industrie lourde qui transforme un mélange d'hydrocarbures appelé pétrole brut en produits énergétiques tels que carburant et combustibles, et en produits non énergétiques, tels que les matières premières pétrochimiques, lubrifiants, paraffines et bitumes [40].

III.3. Nationalisation des hydrocarbures

Le 24/02/1971 est une date historique, il y a eu lieu la nationalisation des hydrocarbures, en plus 1972 SONATRACH détenait le contrat total des réserves de Gaz s'occupait à 100 % du transport et participait à 77 % à la production du pétrole et ses condensas [41].

Les sociétés étrangères n'existaient plus en 1972 sauf au niveau de la production et de la recherche avec le strict minimum de participation, ensuite elle a décidé la transformation du Gaz naturel et le raffinage du pétrole brut à travers le territoire national tel que 'ARZEW' et 'SKIKDA' [41].

Actuellement SONATRACH est devenue l'une des plus importantes sociétés dans le développement économique et social de l'Algérie.

III.4. Organisation de la société nationale de raffinage du pétrole NAFTEC

A l'origine le raffinage été une activité intégrée dans la société SONATRACH. En janvier 1982, le raffinage et la distribution des produits pétroliers sont séparés et érigés en entreprise nationale de raffinage et distribution des produits pétroliers (ERDP) [42].

L'ERDP crée par décret 80-101 du 06 avril 1980 dans le cadre de la restructuration de la SONATRACH, mise en place le 02 janvier 1982, est placée sous tutelle du ministère de l'énergie et des industries pétrochimiques. A partir du

02 février 1985 l'E.R.D.P a été transformée sous le nom commercial qui est la NAFTAL, cette dernière est subdivisée en quatre unités à savoir [42] :

- ❖ Unité NAFTAL de raffinage;
- ❖ Unité NAFTAL de distribution;
- ❖ Unité NAFTAL de maintenance ;
- ❖ Unité NAFTAL portuaire.

A compter du 25 août 1987 et par décret 87 fut créé l'entreprise nationale NAFTEC de l'entreprise nationale NAFTAL et mise en place le 02 janvier 1988. Elle a pour mission de promouvoir développer gérer et organiser l'industrie de raffinage [42].

Actuellement l'entreprise nationale de raffinage de pétrole gère l'ensemble des Cinq raffineries se trouvant dans les villes de : ALGER, SKIKDA, ADRAR, ARZEW, HASSI MESSAOUD et AIN AMENAS.

III.5. Les différentes raffineries en ALGERIE

III.5.1. Raffinerie de SKIKDA

Mise en service en 1980 avec une capacité de traitement de pétrole brut de 15000000 t/an et de 27700 t/an de Bri.

Elle est spécialisée dans la bitumes et des GPL et carburant, près de 80 % de sa production destinée à l'exportation [41].

III.5.2. Raffinerie de HASSIMESSAOUD

Une ancienne raffinerie (RHM1) mise en service en 1960 et assurant une capacité de 120000 t/an de carburants et de butane, une nouvelle raffinerie (RHM2) d'une capacité de traitement de pétrole brut de 1116500 t/an, mise en service en 1979 [41].

III.5.3. Raffinerie d'AINAMENAS

Elle est mise en service en 1980 pour traiter 300000 t/an de brut pour produire les GPL, carburant (essence, kérosène) et le gaz- oil (elle est à l'arrêt pour des problèmes techniques) [40].

III.5.4. Raffinerie d'ADRAR

Elle est en cours de construction par une société chinoise depuis 2003 [46].

III.6. Présentation de la raffinerie de SKIKDA

Le complexe de raffinage de pétrole de Skikda (baptisé RA.1K), a pour mission de transformer le pétrole brut provenant de HASSI MESSAOUD, et le brut mélange d'ARZEW avec une capacité de traitement (15 millions t/an), ainsi que le brut réduit importé (277000 t/an) [43].

III.6.1. Situation géographique

La raffinerie de SKIKDA est située dans la zone industrielle à 7 km à l'est de Skikda et à 2 km de la mer. Elle est aménagée sur une superficie de 190 ha avec un effectif à l'heure actuelle de 1280 travailleurs [41].

Elle est alimentée en brut algérien par l'unité de transport est U.T.E de Skikda qui est une station intermédiaire de HASSI MESSAOUD.

Le transport du pétrole brut est réalisé à l'aide d'un pipeline de 27 pouces de diamètre. La distance entre les champs pétroliers et la raffinerie de Skikda est de 640 km [41].

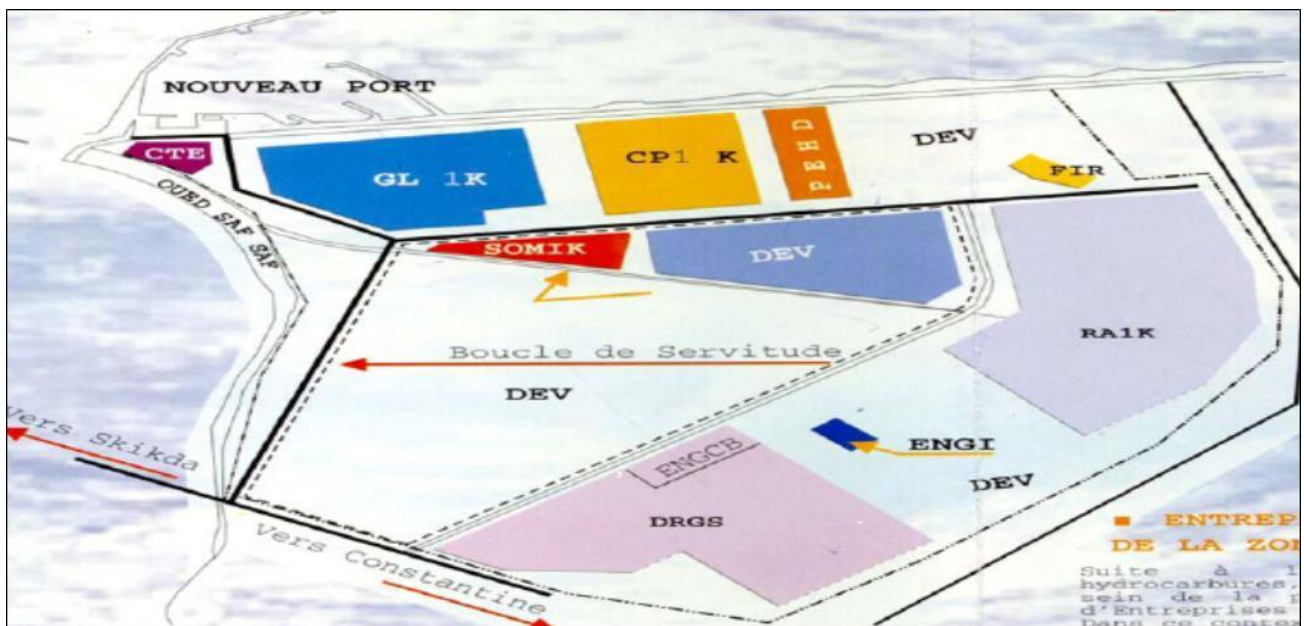


Figure III.1 : Situation géographique de la RA1K dans la zone industrielle de SKIKDA [44].

III.6.2. Missions et objectifs

Plusieurs objectifs, parmi lesquels [46] :

- ❖ Raffiner le pétrole brut de HASSI- MESSAOUD ;
- ❖ Traiter du naphta pour la production des essences et des aromatiques ;
- ❖ Traiter du brut réduit importé pour la production des bitumes routiers et oxydés ;
- ❖ Continuer à assurer la couverture des besoins du marché national en produits de raffinerie sur le plan quantitatif et qualitatif;
- ❖ Continuer à offrir des produits raffinés destinés à l'exportation, répondant aux normes en vigueur sur les marchés ciblés.

III.6.3. Structure hiérarchique de la raffinerie de SKIKDA

La structure hiérarchique de gestion de la raffinerie de SKIKDA prévoit à son sommet un directeur dont lequel dépend cinq services, techniques de ligne, plus deux staffs, comme le montre l'organigramme suivant [44] :

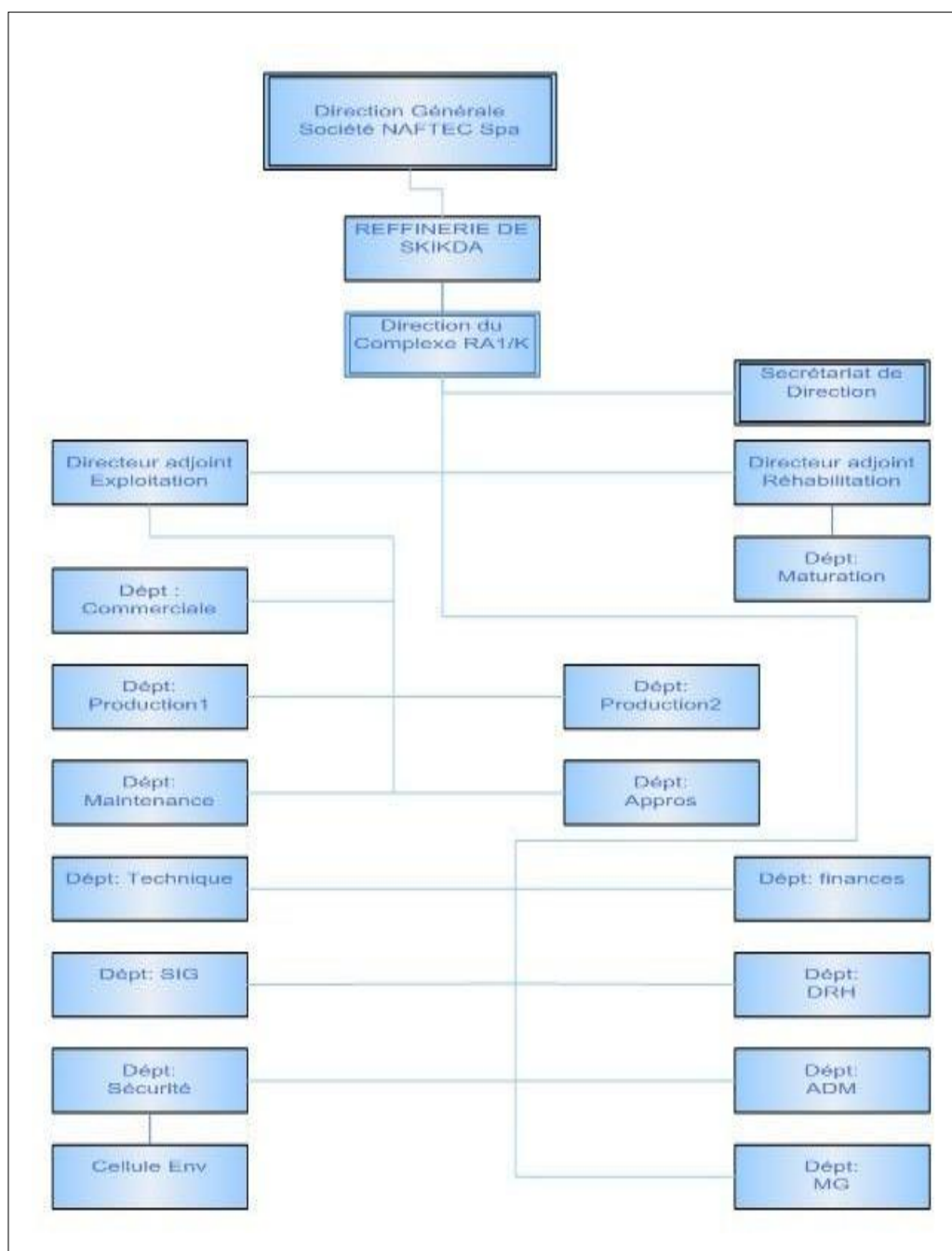


Figure III.2 : Organigramme structural du complexe de raffinage de SKIKDA [44].

III.6.4. Principales installations de la RA1K

Les différentes unités dans la raffinerie RA1K sont :

- 1- Deux unités (10 et 11) de distillation atmosphérique : 15000 000 t/an ;
- 2- Deux unités (100 et 103) de reforming catalytique : 2330 000 t/an ;
- 3- Unité (200) extraction des aromatiques : 285 000 t/an ;
- 4- Unité (70) production de bitume : 277 000 t/an ;

5- Trois unités (30, 31, 104) de séparation et traitement des gaz ;

6-La centrale thermoélectrique (CTE) (U 1050) ;

7-Unité Melex (U 600) chargement, mélange et expédition :
2500 000 m³ ;

8-Unité (1100) : pour le traitement des effluents ;

9-Unité (1101) : pour le traitement des effluents [41].

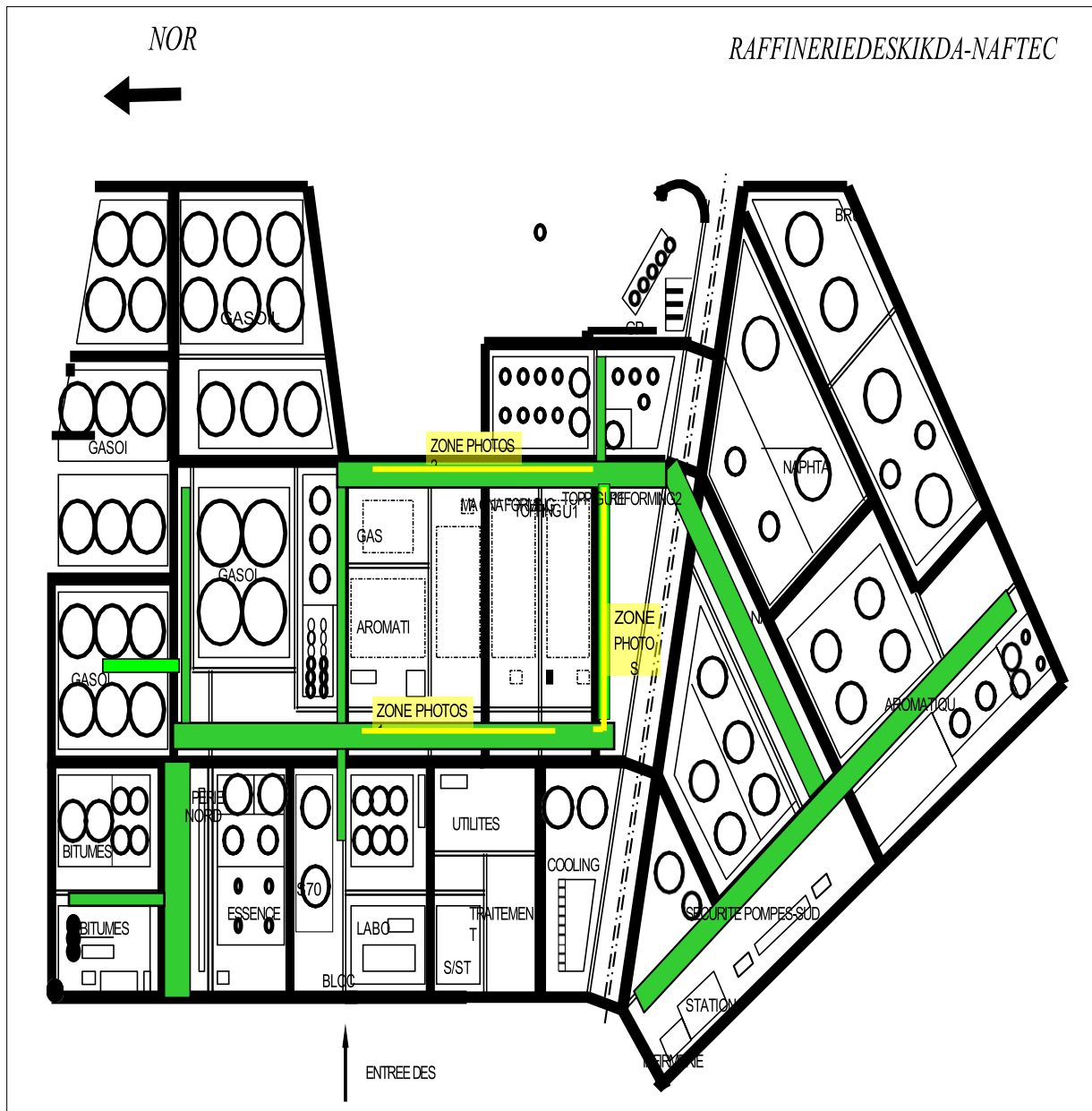


Figure III.3 : Schéma des principales installations de la raffinerie de SKIKDA [41].

III.7. Présentation du laboratoire de la raffinerie de SKIKDA

Le service 'laboratoire' dépend du département technique. Le laboratoire de la raffinerie est un laboratoire de contrôle des unités et des analyses des produits finis destinés à la commercialisation soit sur le marché extérieur ou intérieur. Le laboratoire comprend cinq sections [45].

Le rôle du laboratoire consiste entre autre à assister le processus d'exploitation et vise essentiellement à déterminer les caractéristiques qui contribuent aux choix des paramètres adéquats et par conséquent à l'optimisation de la production [45].

Le système de travail de quart (2 x 12) instauré permet d'assurer un suivi permanent de la marche des unités [45].

III.7.1. Section routine

III.7.1.1. Salle des routines

Pour le contrôle des deux colonnes (10, 11). Les analyses les plus importantes sont : Densité, point de flash, viscosité et Tension de Vapeur Reid (T.V.R) [45].

III.7.1.2. Salle des bitumes

Pour le contrôle de l'unité des bitumes (U_{70}). Les analyses effectuées sont : Ramollissement, pénétration, ductilité et densité [45].

III.7.2. Section des eaux

C'est la section où on contrôle l'unité des utilités. Les utilités se présentent sous différentes branches (Les chaudières, eau déminéralisée, des eaux résiduaires). La section effectue des analyses par la méthode spectrophotométrique ou quantitative : TA, TAC, TH, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Cl^- , NH_3 ... [45].

III.7.3. Section des produits finis

Pour le contrôle des bacs des produits finis prêts à être commercialisés soit sur le marché intérieur ou extérieur. Les analyses effectuées : densité, distillation, TVR, acidité, viscosité, point d'écoulement point de congélation point de flash point de fumées.

Salle d'analyses spéciales c'est le contrôle de toutes les unités. Les analyses : H_2S , Na^+ , Pb^{+2} , Cl^- , HCl , H_2O [45].

III.7.4. Section moteur CFR

Contrôle des unités de MAGNAFORMING (U₁₀₀) et REFORMING (U₁₀₁/U₁₀₃) sur les essences ainsi que les essences finies. L'analyse la plus importante est l'indice d'octane suivie de l'indice de cétane. Cette section procède aussi à l'analyse de l'eau par la méthode de water spiromètre (WSIM^o sur le JET le carburant des avions) [45].

III.7.5. Section de chromatographie

Pour le contrôle des unités d'extraction des aromatiques (U₂₀₀), production des xylènes (U₄₀₀), séparation des gaz (U₃₀, U₃₁, U₁₀₄) et les unités tel que le MAGNAFORMING (U₁₀₀) et le REFORMING (U₁₀₁/U₁₀₃). Elle contrôle aussi les bacs intermédiaires et les produits finis comme le benzène, le toluène, le para xylène et le xylène [45].



Chapitre IV
Matériel et méthode

IV.1. Introduction

Ce chapitre est consacré à la description de matériels et méthodes utilisés dans notre étude. Les instruments, les différents paramètres physico-chimiques et les protocoles expérimentaux utilisés ainsi que les montages expérimentaux sont présentés.

IV.2. Equipements et produits

Pour répondre à notre objectif, nous avons utilisé plusieurs instruments qui regroupent dans le tableau IV.1.

Tableau IV.1 : Instruments utilisés dans les analyses.

Verreries	Matériels	Appareils
- Bêcher de (50 et 150 et 250) ml. - Erlenmeyer 250-300.	-Bouteille d'incubation. -Barreau magnétique. -Entonnoir.	-PH mètre avec chaîne d'électrode en verre calomel.
- Cylindre gradué de 100 ml.	-Burette.	-Spectrophotomètre DR2800.
- Burette de 50 ml avec support.	-Plaque chauffante. -Balance.	-Conductimètre avec électrodes et thermomètre.
- Cuve ronde 25ml - Cuves carrées 10 ml - Bouchon pour cuve.	-Spatule. -Papier filtre.	-
- Pipettes 2 et 5 ml.	-	-

IV.3. Identification des échantillons et protocole d'échantillonnage

Pour contrôler la qualité d'eau usée, nous avons prélevé les échantillons avant et après le traitement pendant la période de stage. Les prélèvements des échantillons étaient faits pendant cinq jour.

Après chaque test, nettoyer de l'appareillage et son environnement, nettoyer les agitateurs avec de l'eau chaude et du détergent, utiliser une brosse pour enlever tous les résidus. Nettoyer avec beaucoup d'eau du robinet et enfin à l'eau distillée pour enlever tout détergent.

Vider et rincez soigneusement les couvercles hermétiques à l'eau. Renverser pour faire sécher dans l'étuve et débrancher l'appareil après chaque analyse.

IV.4. Etude des paramètres physico-chimiques

IV.4.1. Détermination de potentiel d'hydrogène (PH)

+ Principe

Le PH a été déterminé par la méthode potentiométrique de la concentration des ions hydrogène dans l'eau. Le principe est basé sur la différence de potentiel de l'électrode immergée par rapport à une référence et à une température donnée.

+ Mode opératoire

- Laver soigneusement les électrodes avec l'eau distillée ;
- Immerger les électrodes dans l'échantillon agité ;
- Effectuer la lecture du PH.

IV.4.2. Détermination de la température

+ Principe

La température doit être mesurée sur site, les appareils de mesure de la conductivité et du PH possèdent d'un thermomètre intégré.

+ Mode opératoire

La même procédure que le PH.

IV.4.3. Détermination de la conductivité

+ Principe

La conductivité électrique offerte d'une eau au passage du courant électrique est fonction directe de la concentration ionique de la solution. Sa détermination donne donc une mesure indirecte des substances dissoutes. Et cela se présente très bien pour un contrôle rapide du grade de pureté de l'eau.

+ Mode opératoire

- Mettre l'appareil sous tension ;
- Allumer l'appareil en appuyant sur l'interrupteur se trouvant devant de l'équipement ;
- Laver soigneusement les électrodes avec l'eau distillée
Immerger les électrodes dans l'échantillon agité.
- Sélectionner la range avec le bouton approprié.
- Lire la conductivité sur l'échelle.

- Le résultat est exprimé en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou $\text{M}\Omega/\text{cm}$.

IV.4.4. Détermination du titre alcalimétrique simple (TA)

✚ Principe

Le titre alcalimétrique simple (TA) est titré avec H_2SO_4 à 0,02 N en présence de l'indicateur phénolphthaléine et correspond à la somme des hydroxydes (OH^-) et les demi carbonates (HCO_3^-).

✚ Mode opératoire

- Prendre 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine.
- En présence d'alcalinité, on obtient une coloration rose pâle.
- Titrer avec H_2SO_4 (0,02 N) jusqu'à la décoloration et noter le volume (V_a).

Expression du calcul : TA en mg/l de $\text{CaCO}_3 = 10 \times V_a$

IV.4.5. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

✚ Principe

Le titre alcalimétrique complet (TAC) est titré avec H_2SO_4 à 0,02 N en présence de l'indicateur méthylorange et correspond à la somme des hydroxydes (OH^-), demi-carbonates (HCO_3^-) et les carbonates (CO_3^{2-}).

✚ Mode opératoire

- A la même solution et après dosage du TA, ajouter 2 à 3 gouttes de l'indicateur Méthylorange en présence de TAC la solution vire au bleu.
- Titrer avec H_2SO_4 à 0,02 N jusqu'au virage du bleu au rose pâle et noter le volume (V_b).

Expression du calcul : TAC en mg/l de $\text{CaCO}_3 = 10 \times V_a + V_b$

IV.4.6. Détermination du titre hydrotimétrique total (TH)

✚ Principe

La dureté est constituée de sels solubles des éléments alcalino-terreux et en particulier de Calcium et de Magnésium. L'analyse du titre hydrotimétrique totale (TH) consiste à un titrage direct avec le sel bisodique de l'acide éthylène-diamine tétra acétique (EDTA) du calcium et magnésium en présence de l'indicateur Eriochrome noir

T qui en présence des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} se colore en rouge cerise et vire au bleu quand la quantité de l'EDTA a suffisamment complexé tous ces ions.

Mode opératoire

- Prendre une prise d'essai de 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 2 ml de la solution tampon (PH = 10).
- Ajouter une pincée de l'indicateur Eriochrome noir T.
- En présence de la dureté, la solution se colore en rouge cerise.
- Titrer avec l'EDTA 0,01 M jusqu'au virage bleu de la solution et noter le volume (V).

Expression du calcul : TH de CaCO_3 en mg/l = $V \times 10$.

IV.4.7. Détermination du calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+})

Principe

Quand l'EDTA est ajoutée à l'eau contenant des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} il se combine premièrement avec l'ion Ca^{2+} qui peut être déterminé directement avec l'EDTA après avoir porté le pH à 12-13, dans ce cas l'ion Mg^{2+} se précipite.

On utilise le Murexide comme indicateur capable de se combiner avec le calcium. Le Murexide (Purpurate d'ammonium) est un indicateur qui en présence de l'ion Ca^{2+} se colore en rose mais vire au violet quand la quantité d'EDTA est suffisante pour complexer tous les ions Ca^{2+} .

a. Calcium (Ca^{2+})

Mode opératoire

- Prendre une prise d'essai de 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer ;
- Ajouter 2 ml de NaOH 1N ;
- Agiter et ajouter une pincée d'indicateur Murexide;
- En présence d'ions Ca^{2+} , la solution vire au rose foncé ;
- Titrer avec l'EDTA 0,01 M jusqu'au virage de la solution au violet pâle ou Mauve clair et noter le volume EDTA (V).

Expression du calcul : Ca^{2+} de CaCO_3 en ppm = $V \times 10$.

b. Magnésium (Mg^{2+})**Mode opératoire**

Méthode par calcul :

Expression du calcul : Mg^{2+} de $CaCO_3$ en ppm = TH - $[Ca^{2+}]$.

IV.4.8. Détermination du chlorure (Cl^-)**Principe**

Le PH de l'échantillon doit être ajusté à 8,3, le titrage sera fait à l'aide d'une solution de nitrate d'argent en présence de l'indicateur chromate de potassium jusqu'au virage rouge brique.

Mode opératoire

- Remplir la burette avec la solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) à 0,02 N,
- Prendre 100 ml d'échantillon et ajouter (02) gouttes de l'indicateur K_2CrO_4 ,
- Titrer avec la solution nitrate d'argent jusqu'à virage du couleur au rouge brique.

Expression du calcul : Cl^- en ppm = (V- blanc) x 7,1

Avec : **V** : Volume versé de la solution de nitrate d'argent, Blanc = 0,4.

IV.4.9. Détermination des ions phosphates (PO_4^{3-})**Principe**

L'acide phosphorique forme avec le molybdate d'ammonium le complexe phospho- molybdique jaune et réduit avec l'acide 1 amino 2-naphtal 4 sulfurique en solution acide qui donne une couleur bleue par formation du bleu molybdène.

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. On agite et on laisse reposer pendant 5 min en suite on lit l'absorbance au spectrophotomètre UV visible à 650 nm.

$$[PO_4^{3-}] \text{ ppm} = A \times 6,81$$

A : absorbance de la couleur.

6,81 : facteur.

IV.4.10. Détermination les hydrocarbures

+ Principe :

Le principe de l'absorption de l'infrarouge (IR) reflète bien la structure chimique des molécules, et les caractéristiques d'adsorption des modèles d'IR sont indiquées par la structure chimique de la substance. Donc l'absorption est mesurée à différentes longueurs d'ondes dans le domaine de l'infrarouge, la position de l'intensité des bandes d'absorption nous permet de faire une analyse qualitative et quantitative des substances.

+ Mode opératoire

Mettre l'appareil sous tension (affichage du panneau). L'indication « WARM UP » la lampe reste allumée pendant 30 minutes ceci est le temps requis pour la stabilisation. Puis, Dans une ampoule à décanté verser 10 ml d'échantillon (utilisée une seringue en verre Horiba).

Ensuite, ajouter quelques gouttes d'acide chlorhydrique 1+1, 10 ml de solvant S316. Bien agiter et laisser décanter l'échantillon. Laver la cellule avec du solvant pur et régler le zéro de l'instrument avec le solvant pur, une fois, l'appareil est prêt, remplir à cellule entre les niveaux (environ 65 ml). Puis, insérer la cellule dans le compartiment de l'analyseur, le V de la face de la cellule en face de l'analyseur. Et enfin, attendre l'affichage du résultat sur l'écran.

IV.4.11. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅)

+ Principe

La méthode pour la détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) est un test fait à 20 °C (68 degré français (°F)) dans un environnement contrôlé, la longueur du test est de 5 jours. Le test DBO₅ mesure la quantité d'oxygène consommée par les bactéries qui oxydent les matières organiques dans un échantillon d'eau. Ce test est utilisé pour mesurer les quantités de déchets présents dans l'eau des stations de traitement des eaux usées et pour examiner l'efficacité du traitement des eaux usées.

Les bactéries de l'échantillon consomment de l'oxygène tout en consommant les matières organiques dans les bouteilles de l'échantillon. L'air présent dans la bouteille au-dessus de l'échantillon contient 21% d'oxygène et réapprovisionne l'oxygène dissous consommé par les bactéries. Pendant la période du test, un barreau agitateurs mélange continuellement l'échantillon dans la bouteille. Ceci permet le transfert de l'oxygène de l'air à l'échantillon et aide à simuler les conditions naturelles.

+ Mode opératoire

a) Préparation de l'échantillon

- Allumer l'incubateur et régler sa température de service à 20 °C.

- Rincer la bouteille d'incubation, la remplir avec l'échantillon et mettre le tout dans l'incubateur pendant 10 minutes jusqu'à ce que l'échantillon prenne la température entre 19 et 21°C.
- Mesurer dans l'éprouvette le volume d'échantillon nécessaire pour l'analyse selon le tableau suivant :

DBO ₅ (mg/l)	Volume (ml)
0-----35	420
0-----70	355
0-----350	160
0-----700	95

- Versez le contenu d'un sachet de substance nutritive tampon dans la bouteille d'incubation.
- Mettre dans la bouteille un barreau magnétique pour l'agitation.
- Fermez la bouteille avec un couvercle hermétique (mettre la graisse spéciale pour isoler le contenu de la bouteille de l'extérieur).
- A l'aide de l'entonnoir ajouter le contenu d'un sachet d'hydroxyde de lithium dans le couvercle hermétique.
- Verser le volume d'échantillon mesuré dans la bouteille d'incubation.

IV4.12. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

Principe

La demande chimique en oxygène DCO est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique et inorganique oxydable contenue dans un échantillon.

La matière oxydable contenue dans un échantillon est oxydable par un chauffage à reflux en milieu fortement acide avec une quantité connue de bichromate de potassium dans une fiole fermée.

La consommation d'oxygène par échantillon provoque un changement de couleur dont l'absorbance est proportionnelle à la quantité de bichromate de potassium réduit et se mesure en équivalent d'oxygène.

Mode opératoire

- Allumer le réacteur DRB200.

- Attendre la stabilisation.
- Choisir la méthode pour COD.
- Appuyer sur START et attendre jusqu'à ce que la température atteigne 150 °C.

a) Préparation de l'échantillon

- Enlever le bouchon de la première fiole.
- Pour la plage de 200 à 1500 mg/l prendre avec une pipette graduée 02 ml de l'échantillon et le verser dans la fiole puis fermer le bouchon.

b) Préparation du blanc

- Enlever le bouchon de la 2^{ème} fiole.
- Prendre avec une pipette graduée 02 ml de l'eau distillé et le verser dans la 2^{ème} fiole puis fermer le bouchon.
- Agiter doucement les deux préparations puis les insérés dans le DRB200 lorsque la température est de 150 °C.
- Appuyer sur START et attendre pendant 120 min le temps de réaction du contenu des deux fioles (oxydation) à une température de 150 °C.
- Après les 120 minutes, retirer les deux fioles, les faire retourner doucement plusieurs fois (agitation) puis les mettre sur des supports et les laissés refroidir à une température ambiante (dans un milieu obscur).

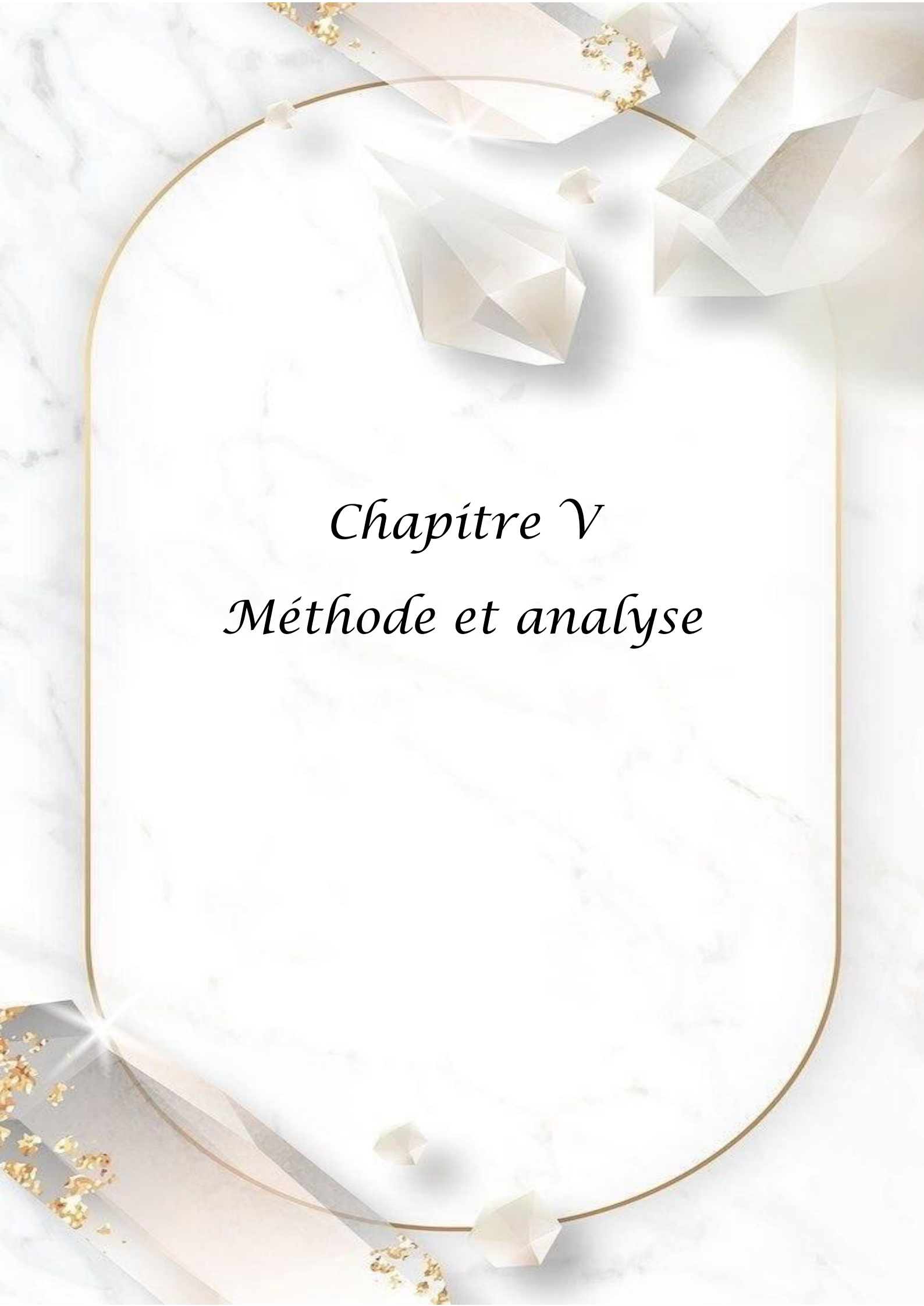
c) Méthode colorimétriques (méthode 8000)

- Allumer l'appareil DR2800 et attendre quelques secondes (autodiagnostic).
- Aller sur programmes favoris pour choisir la méthode.
- Choisir la méthode appropriée exemple : DCO 1500 mg/l.
- Cliquer sur démarrer pour lancer la méthode.
- Essuyer la fiole du blanc avec un torchon humide puis par un torchon sec.
- Insérer la fiole du blanc dans la cellule et cliquer sur ZERO pour afficher 0,0 mg/l.

IV.5. Conclusion

Dans le but de contrôler la qualité des eaux usées industrielles rejeté par la raffinerie de Skikda (RA1K), nous avons utilisé plusieurs équipements et produits pour mesurer différents paramètres physico-chimiques des eaux.

Dans le chapitre qui suit nous présenterons les différents résultats et discussion des analyses effectuées.

The background features a white marble pattern with grey veins. A thin gold border frames the central text area. Several 3D geometric shapes, resembling faceted crystals or paper models, are scattered around the border. Some are light pink, some are white, and some are gold. There are also small gold glitter-like specks scattered throughout the design.

Chapitre V
Méthode et analyse

V.1. Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation et l'interprétation des résultats obtenus concernant le contrôle de la qualité des eaux usées industrielles avant et après le traitement par la détermination des paramètres physico-chimiques.

V.2. Les normes algériennes de rejets des eaux résiduaires

Dans le tableau suivant les normes algériennes de rejets des eaux résiduaires :

Tableau V.1: Normes algériennes de rejets des eaux résiduaires traitées.

Paramètres	Valeurs maximales
Température °C	30
PH	6,5 à 8,5
DCO mg/l	40
Hydrocarbures en suspension mg/l	Nulle
Hydrocarbures dissouts mg/l	20
DBO ₅ mg/l	40
Odeur	Commode
Couleur	Claire

V.3. Variation des paramètres des eaux usées

Dans le but de déterminer les paramètres physico-chimiques des eaux usées, nous avons effectué plusieurs analyses.

V.3.1. Variation du PH

La variation du PH des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps est représentée dans la figure suivante :

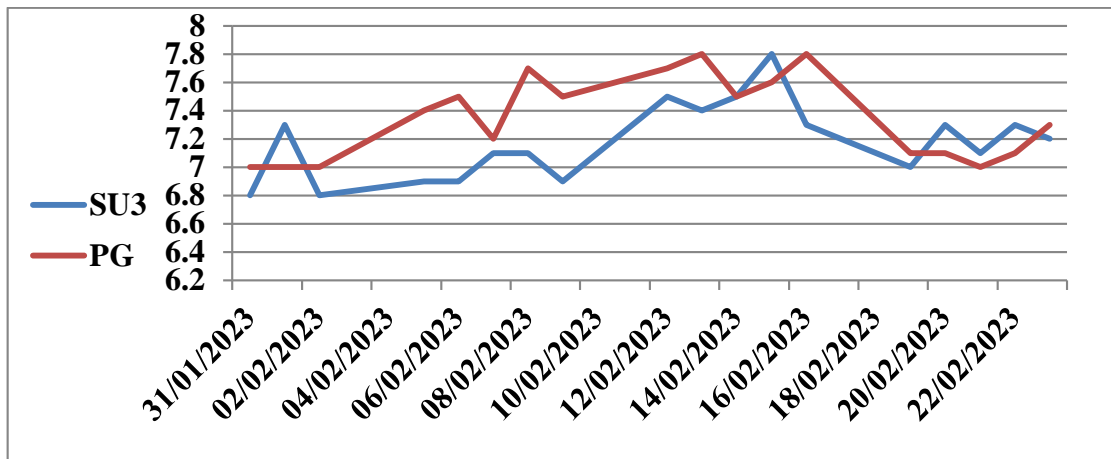


Figure V.1: Variation du PH des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps.

D'après les résultats de la figure V.1 : on remarque que les valeurs du PH au niveau des bassins (SU₃ ; PG) sont aux environs de 6.8 à 7.8, leur valeur semble similaire, leur valeur prises sont presque invariables, avec une valeur moyenne 7.1 pour SU₃ et 7.35 pour PG. Elles sont en accord avec la norme de PH (6.5-8.5).

V.3.2. Variation de la température

La variation de la température des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps est représentée dans la figure suivante :

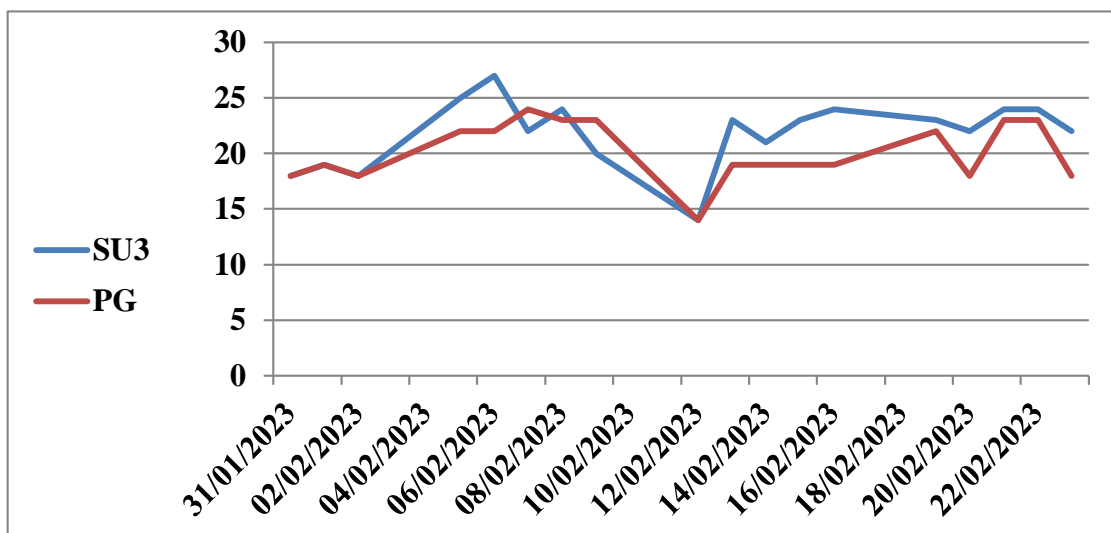


Figure V.2: variation de la température des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps.

Comme pour les valeurs du PH, les valeurs des températures sont aux les normes dans les deux bassins SU₃ et PG, une valeur maximale trouvé 27 ,24 °C, et minimale 14 °C, Ces valeurs conformes avec les normes algériennes (≤ 30 °C).

V.3.3. Variation de la conductivité

La variation de la conductivité des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps est montrée dans la figure suivante :

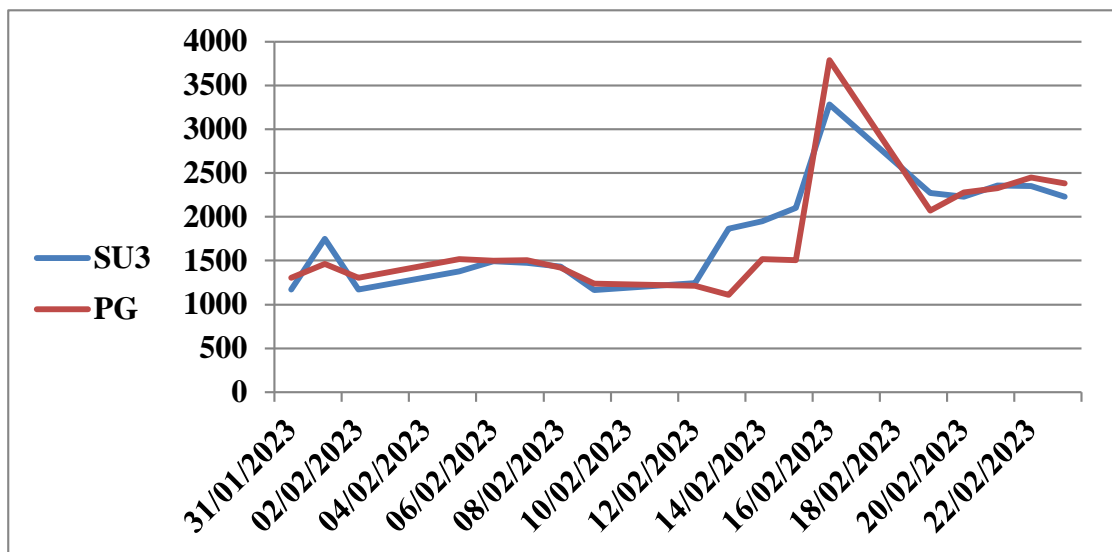


Figure V.3: Variation de la conductivité en fonction du temps.

D’après les résultats de la figure V.3 on remarque que les valeurs de la conductivité au niveau des deux bassins ne montrent pas de grandes différences, entre une valeur maximale 1109 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et une valeur minimale 3786 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

V.3.4. Variation de la TA et TAC

La variation de TAC des eaux usées après le traitement en fonction du temps est montrée dans la figure suivante :

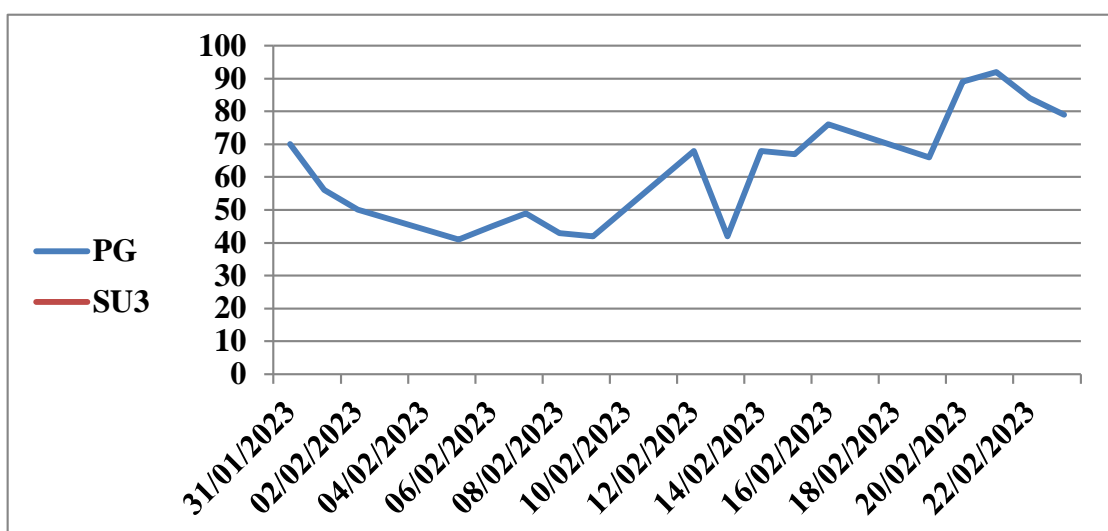


Figure V.4: Variation du TAC des eaux usées après le traitement en fonction du temps.

D'après notre étude on remarque que tous les résultats de TA sont égaux et nulles donc on peut expliquer ça par la relation entre TA et le PH qui dit si le PH ne dépasse pas la valeur 8.3 le TA toujours nulle.

Par contre les résultats d'analyse montrent que les valeurs de TAC sont variées entre Une valeur maximale 103 mg/l enregistrée et valeur minimale 92 mg /l au niveau de la sortie PG.

V.3.5. Variation du TH

La dureté totale est titrée hydrotimétrique, il permet de déterminer la concentration des ions de calcium et de magnésium présent dans l'eau d'analyse de la dureté.

Les résultats de variation de la dureté totale sur la figure suivante :

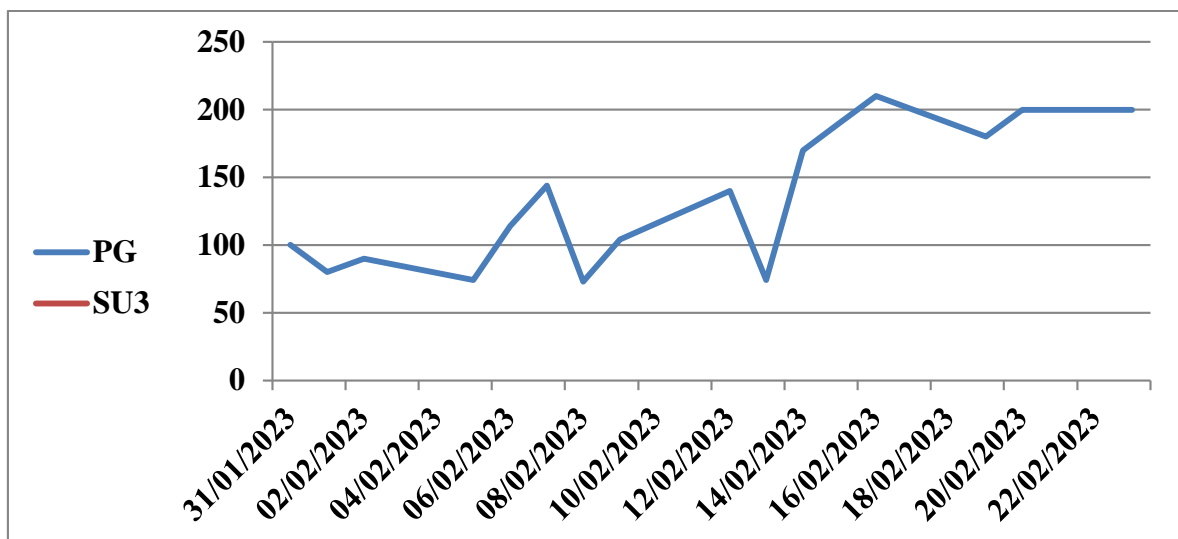


Figure V.5: variation du TH des eaux usées après le traitement en fonction du temps.

D'après les résultats de la figure V.5 on remarque que les valeurs de TH au niveau un bassin PG avec une valeur maximale 210 °F et valeur minimale 74 °F.

V.3.6. Variation du Ca²⁺

La variation du calcium des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps est montrée dans la figure suivante :

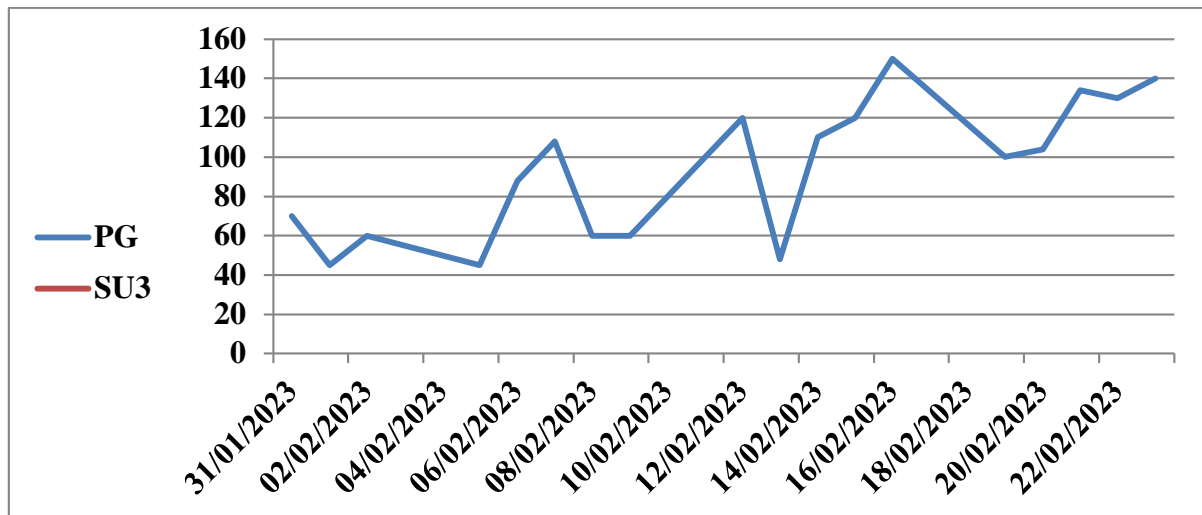


Figure V.6: variation du Ca^{2+} des eaux usées après le traitement en fonction du temps.

D'après les résultats de la figure V.6 on remarque que la présence des valeurs de Ca^{2+} au niveau du bassin PG avec une valeur maximale 150 °F et valeur minimale 45 °F.

V.3.7. Variation du Mg^{2+}

La variation du magnésium des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps est montrée dans la figure suivante :

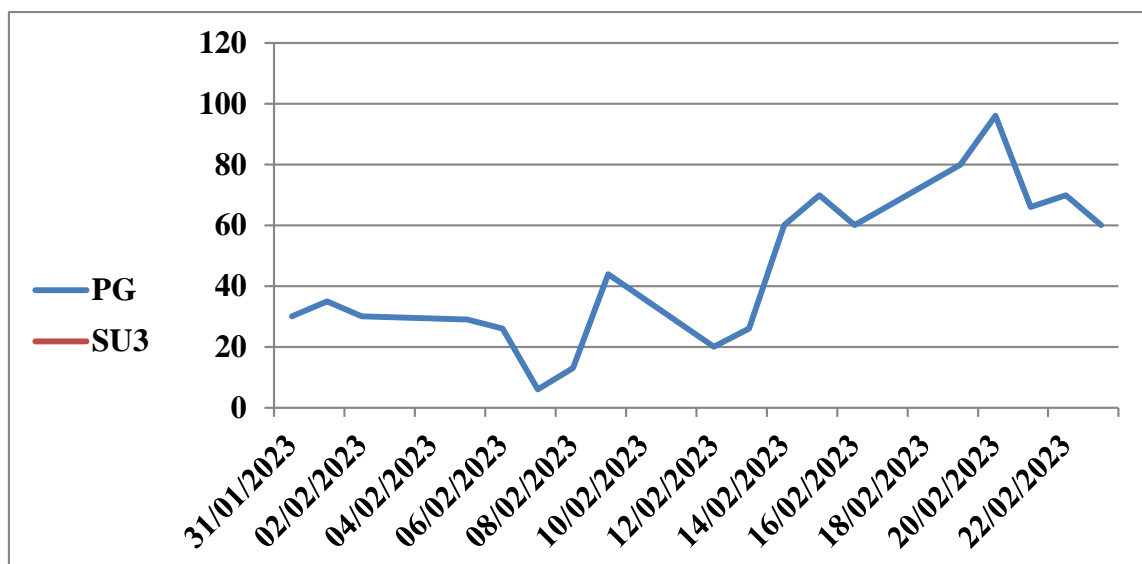


Figure V.7: variation du Mg^{2+} des eaux usées après le traitement en fonction du temps.

D'après les résultats de la figure V.7 on remarque que la présence des valeurs de Mg^{2+} au niveau du bassin PG avec une valeur maximale 96 °F et valeur minimale 6 °F.

V.3.8. Variation du Cl^-

Le titrage sera fait à l'aide d'une solution de nitrate d'argent en présence de l'indicateur chromate de potassium jusqu'au virage rouge brique.

Les résultats de variation de chlorure des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps sont représentés sur la figure ci-dessous :

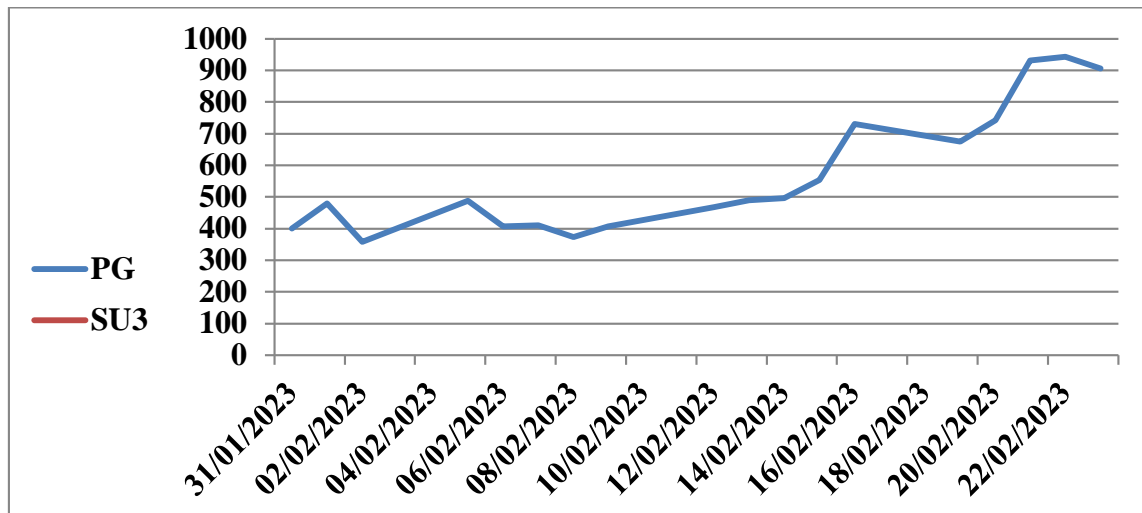


Figure V.8: variation du Cl^- des eaux usées après le traitement en fonction du temps.

Les résultats obtenus d'après les analyses montrent que les valeurs de chlorure varient entre une valeur maximale 943 mg /l et une valeur minimale 358 mg/l enregistrée au niveau le bassin PG.

V.3.9. Variation du PO_4^{3-}

Les résultats de variation de phosphate des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps sont représentés sur la figure ci-dessous :

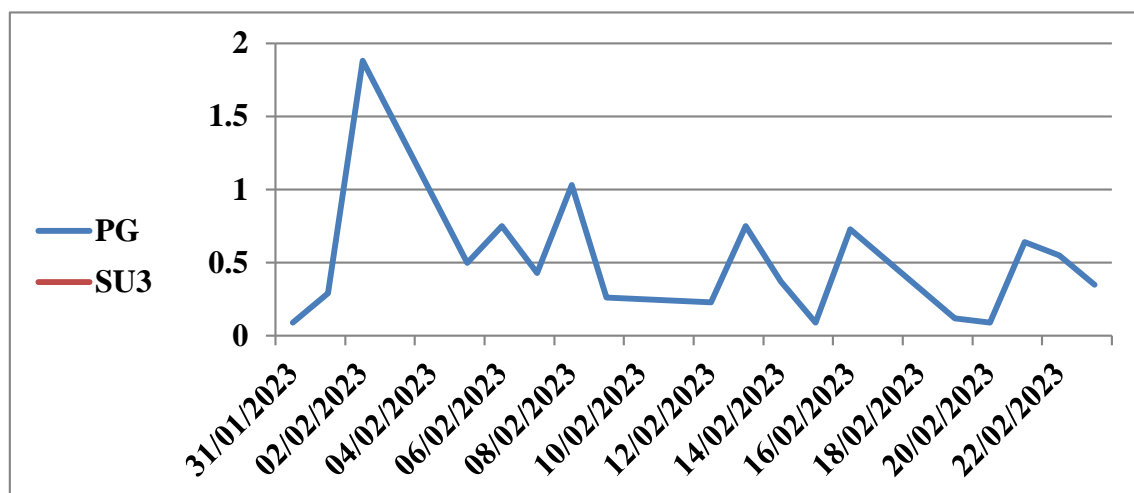


Figure V.9: variation du PO_4^{3-} des eaux usées après le traitement en fonction du temps.

L'analyse de teneur de phosphate montre que les résultats sont variés entre valeur maximal 1.88 mg/l et une valeur minimale 0.09 mg/l enregistré au niveau du bassin PG. Ces résultats sont notamment inférieurs à la recommandation des normes Algériennes

V.3.10. Variation de l'hydrocarbure

Les résultats de variation de l'hydrocarbure des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps sont représentés sur la figure ci-dessous :

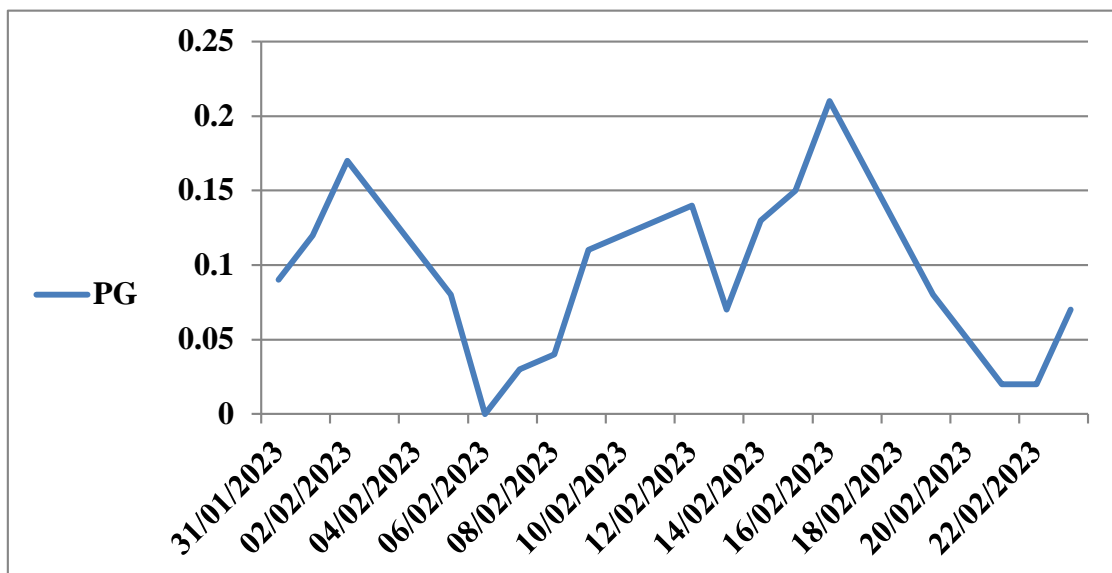


Figure V.10: Variation d'hydrocarbure en fonction du temps.

Elle est mesurée uniquement dans le bassin de sortie PG, L'analyse de teneur d'hydrocarbure montre que les résultats sont variés entre valeur maximal 0.21 mg/l et une valeur minimale 0.02 mg/l enregistré au niveau du bassin PG.

V.2.11. Variation du DBO₅

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) est la quantité d'oxygène consommée par les matières organiques existants dans l'eau et oxydables dans les conditions opératoires définies. Les résultats de La demande biochimique en oxygène (DBO₅) des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps sont représentés sur la figure ci-dessous :

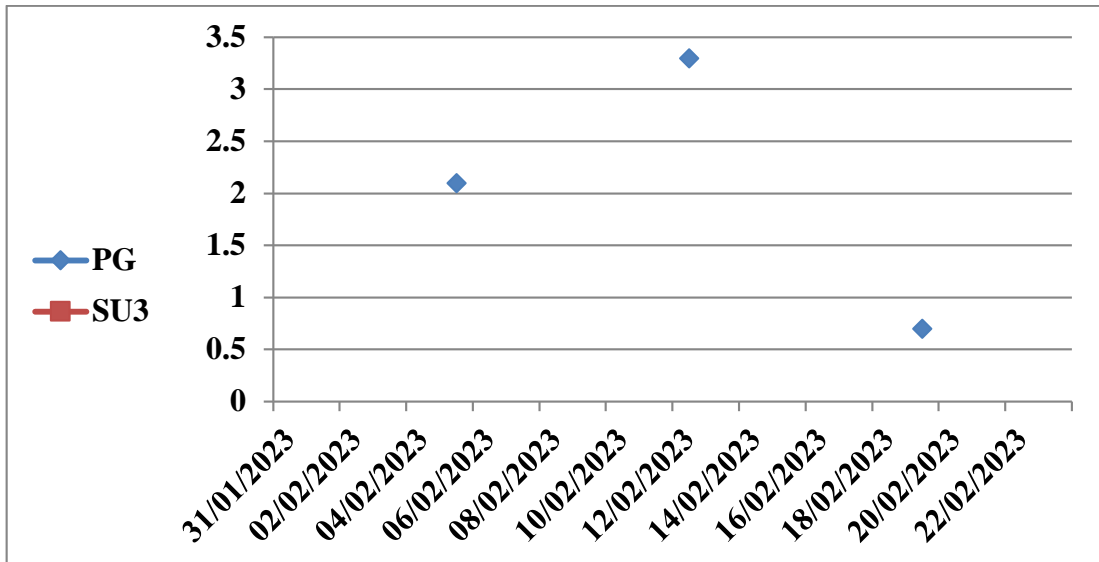


Figure V.11: variation du DBO₅ des eaux usées après le traitement en fonction du temps.

Les résultats obtenus d'après les analyses montrent que les valeurs de DBO₅ varient entre une valeur maximale 3.3 mg/l d'O₂ et une valeur minimale 0,7 mg/l d'O₂.

Pour nos résultats, les valeurs de DBO₅ observées nous permettent de déduire que la charge de polluante est trop basse.

V.3.12. Variation du DCO

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières organiques existants dans l'eau et oxydables dans les conditions opératoires définies. Les résultats de La demande chimique en oxygène DCO des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps sont représentés sur la figure ci-dessous :

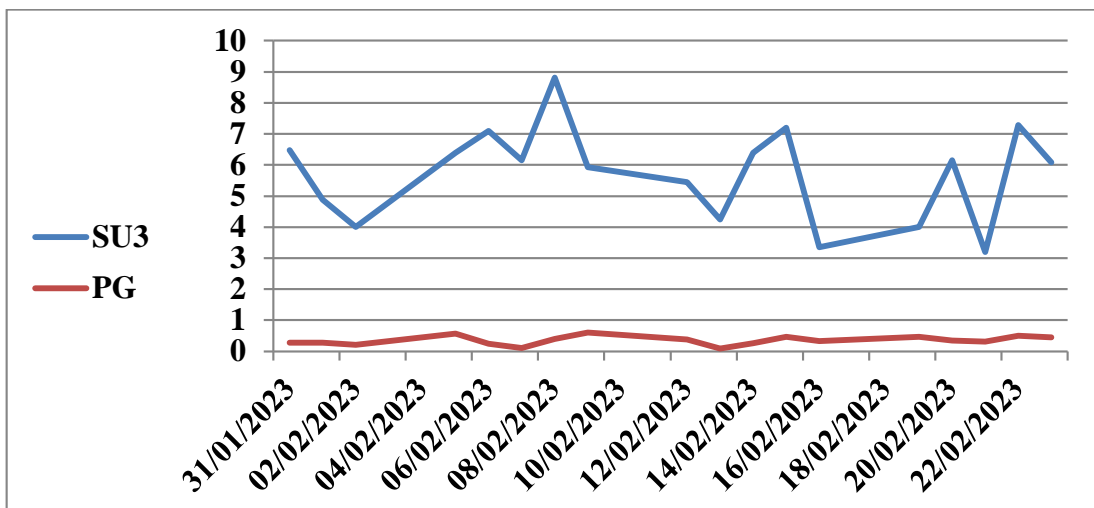


Figure V.12: Variation du DCO des eaux usées avant et après le traitement en fonction du temps.

On remarque que les valeurs de la DCO prélevées au niveau du PG sont plus bas (inférieure à 0,61), au contraire L'autre qui est instable due à la présence des bactéries.

Les résultats obtenus d'après les analyses montrent que les valeurs du DCO au niveau du PG sont plus bas (inférieure à 0,61 mg/l d'O₂). Par contre au niveau bassin SU₃ les valeurs du DCO entre 4 -9 mg/l d'O₂ due à la présence des bactéries.

V.4. Conclusion

D'après les résultats obtenus et leurs comparaisons avec les limites, ont conclu que les valeurs des paramètres physico-chimiques des eaux usées sont respectées les normes nationales.

The background features a white marble pattern with grey veining. A thin, gold-colored oval border frames the central text. At the top and bottom, there are decorative elements consisting of overlapping, faceted geometric shapes in shades of white and light beige, some with gold glitter accents.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Comme nous l'avons déjà mentionné au cours de cette étude, que l'eau est une ressource naturelle nécessaire à la vie, il est donc essentiel de la préserver car sa consommation ne cesse d'augmenter sous l'effet du développement économique. Par conséquent l'eau est menacée par une importante pollution humaine et industrielle, l'origine, la composition, et la quantité de celle-ci est fonction des modes de vie.

La pollution dans l'industrie pétrolière n'est pas constituée uniquement par les hydrocarbures mais elle contient des polluants communs avec les eaux résiduaires urbaines ; on trouve donc des matières en suspension (sable, argile...), des matières dissoutes (sel, sulfure, métaux ...) des matières organiques qui constituent néanmoins les éléments les plus prépondérants des polluants est principalement les hydrocarbures.

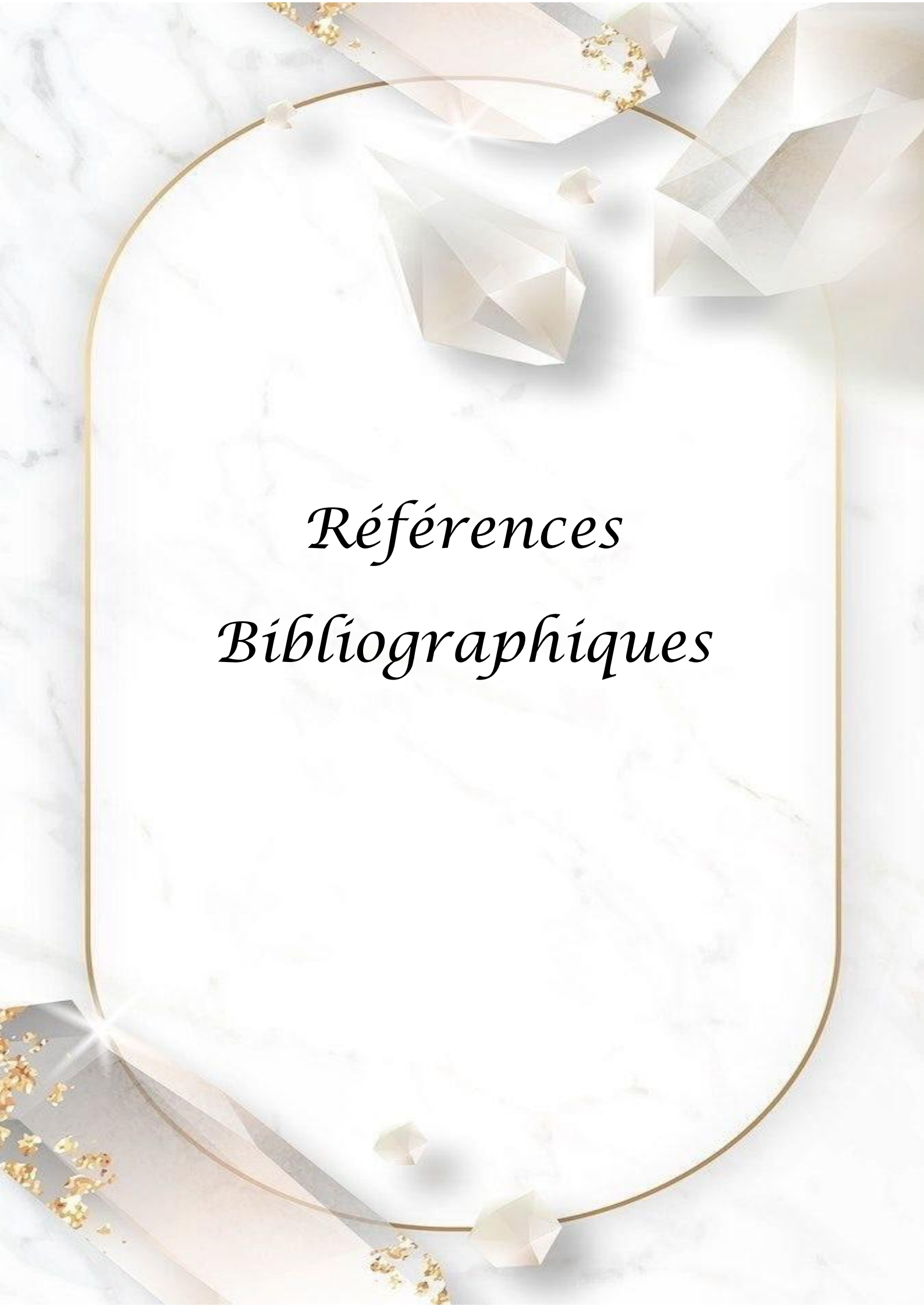
Notre étude a porté sur le suivi des traitements physico-chimiques et biologiques des effluents liquides de la raffinerie de Skikda.

En effet, les effluents liquides avant traitement, contiennent différents types de polluants devant être éliminés par les différents processus mis en place dans la chaîne de traitements, car ces polluants sont hétérogènes et qui se caractérisent par leur toxicité, leur solubilité, leur taille, leur nature inorganique ou organique et leur pouvoir de sédimentation. Les résultats de notre étude représentent à travers l'étude des principaux paramètres physico-chimiques et biologiques.

- Le fonctionnement des mécanismes de dépollution au niveau des divers bassins, de la station de traitements ;
- Les analyses de la station de traitement au niveau de laboratoire

Les résultats obtenus à l'unité de traitement des effluents liquides de la raffinerie, nous renseignent que :

- La valeur du PH est conforme à la norme, d'une façon générale ;
- L'eau rejetée a une température légèrement élevée.
- La DCO, qui bien que d'un niveau satisfaisant.
- Les résultats DBO₅, montre que l'eau ne contient pas des particules organiques.
- Enfin la teneur en hydrocarbures de l'eau est conforme à la norme, d'une façon générale
- Il en est de même pour les autres paramètres, à savoir, la conductivité et la teneur en sulfates, calcium et le magnésium.

The background features a white marble pattern with grey veining. A thin, gold-colored oval border frames the central text. At the top and bottom of the page, there are decorative elements consisting of overlapping, faceted geometric shapes in shades of white and light beige, some with gold glitter accents.

Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] **Selghi, R. (2001)**. Différentes filières de traitement des eaux, Edition : Université de Rabat(Maroc).
- [2] **Rodier, J. (2005)**. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9ème édition, Ed. DUNOD. Paris.
- [3] **Rejeks, F. (2002)**. Analyse des eaux, aspects réglementaires et techniques, édition : Scérén CRDPA quitaine. Bordeaux.
- [4] **Grosclaude, G. (1999)**. L'eau : usage et polluant, Tome II. 4^{ème} Edition : INRA, Paris. 11pp.
- [5] **Belaid, N. (2010)**. Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phyto-absorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat en eau sol environnement chimie et microbiologie de l'eau, Université de Sfax, Tunisie, 188p.
- [6] **Djeddi, H. (2007)**. Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Ecologie et Environnement, Option : Ecologie végétale. Université de Constantine (Algérie).
- [7] **Gaid, A.K. (1984)**. Epuration biologique des eaux usées urbaines, tome I. édition : OPU. Ben Aknoun, Alger (Algérie).
- [8] **Degrémont. (1989)**. Mémento technique de l'eau : vol. 1.9ème édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier. France592p.
- [9] **Baumont, S., Camard-P., Lefranc, A., Franconie, A. (2004)**. Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS,220p.
- [10] **Slimani, R. (2003)**. Contribution à l'étude hygiénique des caractères physico-chimique des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et leur impact sur la nappe phréatique. Mémoire Ing. Eco et Env. Ecosystème steppique et saharien. Université d'Ouargla.85p.
- [11] **Benmoussa, S., Gasmi, I. (2015)**. Etude de faisabilité de l'épuration des eaux usées par un lagunage naturel (Cas de la région de M'rara) (Mémoire de Master). University de Echahid Hamma Lakhdar El Oued, El Oued.
- [12] **Suschka, J., Ferreira, E. (1986)**. Activated sludge respirometric measurements. Water Research, 20, 2,137-144.
- [13] **Metahri, M.S. (2012)**. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes : cas de la STEP est de la ville de Tizi Ouzou (Thèse doctorat). Université Mouloud Mammeri, Algérie.

- [14] **Ouali, M.S. (2001)**. Cours de procédés unitaires biologique et traitement des eaux, édition : OPU, Ben Aknoun, Alger(Algérie).
- [15] **Tardt -Henry, M., Beaudry, J.P. (1984)**. Chimie des eaux. Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada.
- [16] **Martin. (1979)**. Rapport Le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris.
- [17] **Fao. (2003)**. L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper, 65p
- [18] **Asano, T. (1998)**. Irrigation with Reclaimed municipal wastewater : California Expériences. Options Méditerranéennes. Série A. Séminaire Méditerranéen 1. Reuse of Low, Quality Water for Irrigation in Mediterranean Countries. Vol 10. United States of America.1475p.
- [19] **Faby, J.A., Brissaud, F. (1997)**. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, documentation technique FNDAEN° 11.
- [20] **Mekhalif .F. (2009)**, « réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de magister.03P.
- [21] **Belakeb.H et Ladjam.A.**«Suivi des analyses des rejets liquides au niveau du complexe GP2/Z» mémoire d'ingénieur d'état en Chimie, USTO-Oran, 2007-2008
- [22] **Castillo.S de Campins Ingénieur Chimiste-Venezuela**. « Etude d'un procédé compact de traitement biologique aérobie d'effluents », Thèse de doctorat en Microbiologie et Biocatalyse industrielles,14 décembre 2005, N° d'ordre :818.
- [23] **Techniques de l'Ingénieur**, traité Environnement G 1270.
- [24] **Claude Cardot**. Génie de l'environnement, les traitements de l'eau, Edition Ellipses. Paris. 1999.
- [25] **Souilah. K** suivi de la nouvelle unité de traitement des effluents ETP II de la raffinerie de Skikda. Mémoire de master. Université de Skikda. 2014
- [25] **Bouziane .M. (2000)**. L'eau de la pénurie aux maladies.
- [26] **Galaf, Fet Ghannam S. (2003)**, Contribution a' l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire d'ingénieur d'état. Université Hassan II. Rabat Royaume du Maroc.
- [27] **Dekhil.S, W et Zaibet.M. (2013)**, Traitement des eaux usées urbaines boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA.

- [28] **Encyclopedia. (1995)**, Industrial chemistry, Water in Ull man's, Wiley – VCH Verlags, val.8.1 épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2 :81-118p.
- [29] **Mayet J. (1994)**, La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation, 2éne Edition, Paris, pp382.
- [30] **Keck G.et Vernus E. (2000)**, Déchets et risques pour la santé », Techniques de l'Ingénieur, Paris, 2450p.
- [31] **Ben Chikh .O, Kharmi.B. (2010)**. « Etude De fonctionnement et suivi de la qualité des eaux de la station d'épuration de Baraki », Mémoire D'ingénieur d'état en génie biologique, U.S.T.H.B.
- [32] **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.
- [33] **Mathieu, et Pieltain, (2003)**, Analyses chimiques des sols : Méthodes choisies. Tec et Doc. Lavoisier. Paris.
- [34] **Bengouga, K. (2010)**. Contribution à l'étude du rôle de la végétation dans l'épuration des eaux usées dans la région aride. Mémoire de Magister (Spécialité : Sciences agronomiques). Université Mohamed Khider, Biskra.
- [35] **Boutaui. F Z**: Étude de l'efficacité de traitement des eaux huileuses au niveau de la station de déshuilage du centre industriel nord CINA - Hassi Messaoud. Mémoire de Master en Analyse et contrôle de qualité, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2017, pp 6-10.
- [36] (**Beadry, 1984 ; Klimpel et Isherwood, 1991**).
- [37] **Latreche .M Set Zerrouki .A** : Traitement des eaux huileuses de l'unité de déshuilage de Hassi R'mel. Mémoire de Master en Chimie de l'environnement, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2019, pp 12-13.
- [38] **Bouzaine.A** : Choix d'une méthode de traitement des eaux usées de l'industrie pétrolière cas station de déshuilage HBK Ouargla. Mémoire de Master en Génie de l'environnement, 1 Université M'Hamed Bougara de Boumerdes, 2016, pp12-14.
- [39] **Kherifi.W** : Étude de la cinétique de sédimentation des matières en suspension dans le calcul des décanteurs. Mémoire de Magister Hydraulique Urbaine et Construction Hydraulique, Université badji-mokhtar-Annaba, 2009, pp 16-53.
- [40] **Larkam F et Bacel S. 2005**. Traitement des eaux « effluent ». Mémoire d'ingénieur d'état en chimie industrielle, option : Génie de l'environnement. Université de CONSTANTINE.75 p.

- [41] **Latrache.F et B.S. 2006.** Traitement des eaux usées industrielle dans la raffinerie de Skikda. Mémoire d'ingénieur d'état en chimie industriel, option Génie de l'environnement. Université de CONSTANTINE. 104 p.
- [42] **H. H et S.A. 2008.** Mélange et stockage de gas-oil dans bac à toit fixe. Mémoire de technicien supérieur en exploitation, IAP. 44p.
- [43] **Sonatrach, 1** La semaine de l'énergie en Algérie : une manifestation de dimension internationale.
- [44] **Messaib et Djebaili M. 2005.** Etude des pertes de charge dans un tronçon de train de préchauffage du TOPPING U11 de la RA1K. Mémoire d'ingénieur d'état en génie des procédés chimiques et pharmaceutiques. Université de BOUMERDES.8 p.
- [45] **G.S et A.L et B.S.1998.** Tentative d'expertise de la STEP de la raffinerie de SKIKDA. 45 p.
- [46] **Mechati F. 2006.** Etude des paramètres physico-chimiques avant et après traitement des rejets liquide de (RA1K). Mémoire de magister en chimie, option : pollution chimique et environnement. Université de SKIKDA. 87 p.