الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارةالتعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت1955- سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA

Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité: Protection des écosystèmes

Intitulé :

Impact de la pollution industrielle sur l'environnement et Evaluation de la qualité physico-chimique des rejets de la raffinerie RA1K

Présenté Par :

Kaddachi Amani

Soltane Meriem

Hendei Chahinez

Siab Ines

Membre de Jury:

Dr. Zaoui Lilia (MCA)	Président	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda
Dr. Hadjoudja Nawel (MCB)	Promoteur	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda
Dr. Boudefa Khaled (MCA)	Examinateur	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire 2022/2023

Remerciement

Je remercie tout d'abord le bon dieu qui m'a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail,

Nous tenons à remercier infiniment **Nawel HADJOUDJA** pour la qualité de son encadrement exceptionnel, sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire. Nous sommes extrêmement fiers d'avoir travaillé avec lui.

Je remercie également les membres de jury d'avoir accepté d’examiner notre travail.

Nous tenons aussi à remercier **Doctorants M Aouzal Badis** pour les nombreuses discussions scientifiques et les conseils qu'il nous a prodigués. Avoir travaillé avec lui nous amène à lui exprimer notre profonde gratitude, tant pour sa compétence scientifique que pour ses qualités humaines. Nous remercions également toute l'équipe du laboratoire pour leur aide, leur disponibilité, leur compréhension et leur patience tout au long de notre stage.

Par la même occasion je remercie : Mes enseignants de filière de protection des écosystèmes.

Je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

"DEDICACE "

Je remercie tout d'abord, Allah, le tout Puissant et Clément, de m'avoir aidé À réaliser ce travail.

Je le dédie aux êtres les plus exceptionnels qui existent dans le monde, Mes parents " Madjid & Siham ", qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout Au long de mes études qu'Allah me les garde.

Mes pensées vont également à tous ceux qui m'aiment et spécialement À mes adorables Frères et Sœurs "Sarsour et Hanen et mon frère Oussama " .

A toute la famille SOLTANE & TAMALOUSSI sans exception, surtout ma grande père Sobhi et ma grande mère malika et zohra ' allah yarhamhoum ' .

A ma promotion de M2 Protection des écosystèmes.

A tous mes amis surtout Sassa , Wafa ,Soumia , Maissun, Chaima, Sarah , Aya , Halima , Hadjer et tout la famille Infaa Club "ICS" .

A mes belles binômes Amani ,Chahinez , ines.

Enfin, je dédie cet humble travail à toute personne qui m'a aidé De près ou de loin sans exception, à le réaliser.

M.SOLTANE

"DEDICACE "

Avec tous mes sentiments de respect, avec l'expérience de ma reconnaissance, je dédie ma remise de diplôme et ma joie
À mon paradis, à la prunelle de mes yeux à la source de ma joie et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin, ma moitié maman .

À celui qui m'a fait une femme, ma source de vie, d'Amour et d'affection. A mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenu, m'encourager. A qui n'as pas pu voir mon travail, mon cher papa

Sans oublier mes sœurs de âme « HOMIES « pour leur soutien moral, patience et compréhension tout au long de ce projet.

À tous mes collègues de la promo M2 protection des écosystèmes

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui m'ont soutenu, que ce soi près ou de loin, tout au long de mon parcours. Je vous remercie infiniment.

A.KADDACHI

"DEDICACE "

Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur

A mon chère père Madjid Aucune dédicace ne serait exprimer mon respect , mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez

A ma chère mère Noura la lumière de mes jours .la source de mes effort la flamme de mon coeur , mon bonheur Maman je t'adore.

Aux boujies de ma vie mon grande père Ahcen , Ma grande mère Hadaa

A mes chers sœurs Fatima ,Farah et mon frère Mehdi qui n'ont pas cessée de me conseiller ,encourager , et soutenir tout au long de mes études ,que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur

A mes belles binômes Meriem,Amani ,ines.

A Tous mes amies tout au long de ma carrière universitaire et au-delà .A tous ceux que j'aimais et qui m'aiment .Á tous ceux qui ont un souvenir cher dans mon coeur .

CH.HENDEI

"DEDICACE "

Je dédie cet ouvrage

A ma maman qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'études.

Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A mes frères, mes grands-parents et Ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

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

A tous ceux que j'aime.

Merci !

I.SIAB

Table des matières

Remercîment

Liste des figures

Liste des Tableaux

Liste abréviations

Introduction 1

Chapitre I : Bibliographie

1 Définition de la pollution 3

2 Définition de pollution industrielle 3

3 Les principaux types de pollution industrielle 4

3.1 La pollution physique 4

3.2 La pollution chimique 5

3.3 La pollution minérale 5

3.4 La pollution microbiologique 5

4 Définition de l'impact environnemental 5

5 Les traitements des eaux 8

5.1 Le prétraitement 8

5.2 Les traitements primaires (procédé de décantation) 9

5.3 Traitement secondaire 9

5.4 Traitement complémentaire 10

Chapitre 02 : Matérielle et Méthode

I. Matériel

1 Présentation SONATRACH 12

1.1 historique et mission 12

2	Présentation Du lieux de stage	12
2.1	Présentation raffinerie	12
2.2	Présentation laboratoire	13
3	Description du processus de l'unité ETPII	13
3.1	Présentation de ETPII	13
3.2	Traitement primaire	13
3.3	Traitement Secondaire	15
3.4	Traitement de polissage	16
3.5	Traitement des Rejets et des boues	18
3.6	Traitement Des Produits Chimiques	18
II	**Méthode**	
1	Méthode et normes d'analyses	19
2	Échantillon à analyser et les points d'échantillonnage	20
2.1	Les échantillons à analyser	20
2.2	2.2 Les protocoles d'échantillonnage	20
3	Mode d'opératoire des analyses effectuées	21
3.1	Détermination de température	21
3.2	Détermination du potentiel d'hydrogène pH	21
3.3	Détermination de la conductivité	22
3.4	Le titre alcalinétrique Ta /titre alcalinétrique complet Tac	23
3.5	Titre hydrométrique (dureté totale) TH	24
3.6	Détermination des ions chlorures (Cl-)	26
3.7	Détermination des ions phosphates	26
3.8	Détermination du calcium et du Magnésium	27

3.9 Demande chimique en oxygène DCO 28
3.10 Demande biologique en oxygène DBO5 28
4 Traitement statistique des résultats 29
4.1 L'analyse de la variance 29

Chapitre 03 : Résultat et discutions

I. Résultat 30
I.1 La température 30
I.2 Potentiel d'hydrogène pH 30
I.3 La Conductivité 31
I.4 Le titre alcalinétrique complet TAC 31
I.5 Le Titre hydrométrique TH 32
I.6 Chlorure CL- 33
I.7 Phosphate $P0_4^{3-}$ 34
I.8 Calcium Ca^{2+} 35
I.9 Magnésium Mg^{2+} 36
I.10 Demande Chimique en Oxygène DCO 36
I.11 Demande biologiques en oxygène DBO5 37
II. Analyse statistique 38
II.1 La température 38
II.2 Potentiel d'hydrogène pH 38
II.3 La Conductivité 39
II.4 Le titre alcalinétrique complet TAC 39
II.5 Le Titre hydrométrique TH 40
II.6 Chlorure CL^- 40

II.7 Phosphate PO_4^{3-} 40

II.8 Calcium Ca^{2+} 41

II.9 Magnésium Mg^{2+} 41

II.10 Demande Chimique en Oxygène DCO 42

II.11 Demande biologiques en oxygène DBO_5 42

Conclusion 44

Référence bibliographique 46

Annexes

	Titre de Tableaux	Page
Tableau 01	Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de la température durant une période de 3 mois (Décember2022 à février 2023).	**38**
Tableau 02	Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de PH durant une période de 3 mois (Décember2022 à février 2023).	**38**
Tableau 03	Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de conductivité durant une période de 3 mois (Décember2022 à février 2023).	**39**
Tableau 04	Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de TAC durant une période de 3 mois (Décember2022 à février 2023).	**39**
Tableau 05	Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de la TH durant une période de 3 mois (Décember2022 à février 2023).	**40**
Tableau 06	Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de CL durant une période de 3 mois (Décember2022 à février 2023).	**40**
Tableau 07	Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de PO4 durant une période de 3 mois (Décember2022 à février 2023).	**41**
Tableau 08	Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de Ca^{2+}durant une période de 3 mois (Décember2022 à février 2023).	**41**
Tableau 09	Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de Mg^{2+} durant une période de 3 mois (Décembre 2022 à février 2023).	**42**
Tableau 10	Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de DCO durant une période de 3 mois (Décember2022 à février 2023).	**42**
Tableau 11	Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de BDO5 durant une période de 3 mois (Décember2022 à février 2023).	**43**

	Titre de figure	Pages
Figure01	Étapes de prétraitement.	**08**
Figure02	Étapes d'épuration.	**11**
Figure03	Situation géographique de la RA1/k dans la zone industrielle de Skikda.	**13**
Figure 04	Schéma de circulation ETP	**14**
Figure05	Traitement primaire ETP.	**14**
Figure06	Traitement secondaire ETP.	**15**
Figure07	Traitement Biologique.	**16**
Figure08	Schéma Traitement de polissage	**17**
Figure09	schéma traitement des boues.	**18**
Figure10	chaîne de traitement de CRW (temps humide).	**19**
Figure11	'échantillonnage sur site : a) : la vanne, b) : des bassins.	**20**
Figure12	Les points d'échantillonnage sur site.	**21**
Figure13	Mesure de PH et de Conductivité.	**22**
Figure14	Déterminations de TA.	**24**
Figure15	Détermination de TH.	**25**
Figure16	Détermination du CL-.	**26**
Figure17	Déterminations du calcium et du Magnésium.	**27**
Figure18	Variation de la température pendant une période de 3 mois.	**30**
Figure19	Variation de PH pendant une période de 3 mois.	**31**
Figure20	Variation de la conductivité pendant une période de 3 mois.	**32**
Figure21	Variation de TAC pendant une période de 3 mois.	**32**
Figure22	Variation de TH pendant une période de 3 mois.	**33**
Figure23	Variation de CL^- pendant une période de 3 mois	**34**
Figure24	Variation de PO_4^{3-} pendant une période de 3 mois.	**35**
Figure25	Variation de Ca^{2+} pendant une période de 3 mois.	**35**
Figure26	Variation de Mg^{2+} pendant une période de 3 mois.	**36**
Figure27	Variation de DCO pendant une période de 3 mois.	**37**
Figure28	Variation de DBO_5 pendant une période de 3 mois.	**37**

Liste des abréviations :

ACF : les filtres à charbon activé

$AgNO_3$: La solution de nitrate d'argent

Al: L'Aluminium

C° : degrés Celsius

Ca^{2+} : Calcium

CaC12 : calcium chloride

$Caco_3$: carbonate de calcium

Cl^- : Chlorures

cm : centimètre

CO_2 : Dioxyde de carbone

CO_3^- : Carbonates

COD : carbone organique dissous

CRW : contamined Rainy Water sewer: égout des eaux pluviales contaminées

CRWs : contaminated rain water sewer (au tempe sec)

DAF : Dissolved Air Flottation : Flottation à air dissous

DBO_5 : Demande Biologique en Oxygène en cinq jours

DCO : demande chimique en oxygèn

ETP Ⅱ:Effeluent Traitement plant :Unité de traitement des effluents Ⅱ : la nouvelle unité 1001

H_2SO^4 : L'acide sulfurique

H_3O^+ : L'ion hydronium

H_3PO_4: acide phosphorique

$K_2Cr_2O_4$: bichromate de potassium

$KMno_4$: permanganate de potassium

KOH : L'hydroxyde potassium

m : Mètre.

m^3 : Mètre cube.

MBBT: Moving Bed Biofilm Treatment : traitement biologique a lit fluidisé

MES : Les matières en suspension

Mg : magnésium

$MgSO_4$: sulfate de magnésium

ml : millilitre

Mn : Manganèse

Mn^{+2}: Manganèse

NO_2^- : Nitrite

NO_3^- : Nitrate

Noah : hydroxyde de sodium

O_2: Oxygène

OH^- : hydroxyle

OWS: les effluents bruts des eaux usées huileuses

PG : pont garde : Bassin de protection

PG1 : pont garde de mois janvier.

PG12 : pont garde de mois décembre.

PG2 : pont garde de mois février.

pH : potentiel Hydrogène

PO_4^{-3} : Phosphate

PPM : partie par million

PSF : Les filtres à sable de pression

RA1K : Direction régionale de la zone industrielle de Skikda

SO_4^- : Sulfate

SONATRACH : société National de transport et Canalisation des Hydrocarbures

T° : Température.

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

TC : Temps de Contacte.

TH : Dureté totale

TP: phosphor Totale

TP1 : Intercepteurs à plaques inclines.

N : Normalité.
M : Moralité.

Résumé

Notre étude vise à comprendre l'impact de la qualité de l'eau provenant de l'usine industrielle RA1K, une raffinerie de pétrole située dans la région de Skikda. Cette usine utilise de l'eau de mer traitée. Nous avons examiné la pollution de l'eau, ses différents types ainsi que les techniques de traitement associées. Nous avons également comparé nos résultats aux normes spécifiées dans le décret présidentiel concernant la qualité de l'eau des installations industrielles.

Les paramètres étudiés comprennent la conductivité, la température, les ions chlorure (Cl^-), magnésium (Mg2+), calcium (Ca^{2+}), les acides totaux (Tac, Ta), la dureté totale (TH), la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biochimique en oxygène (DBO_5). Nous avons constaté que ces eaux présentent des concentrations élevées de magnésium et de chlorure, dépassant les normes algériennes de potabilité de l'eau. Les valeurs maximales recommandées sont respectivement de 1 mg/l (Mg^{2+}) et 500 mg/l (Cl^-).

Nos résultats ont révélé que le rejet d'eau polluée provenant de l'usine RA1K a un impact négatif sur l'environnement.

MOTS clés :

Chlorure Cl^- ; impact environnemental ; Industrielle Normes ; Magnésium Mg^2 ; Paramètres Raffinerie ; Traitement des eaux.

الملخص:

تهدف دراستنا الى فهم اثر جودة المياه المتدفقة من مصنع RA1K الصناعي و هو مصفاة نفط تقع في منطقة سكيكدة. يستخدم هدا المصنع مياه البحر المعالجة. لقد درسنا تلوث المياه وانواع التلوث المختلفة والتقنيات المرتبطة بمعالجة المياه. كما بمقارنة نتائجنا بالمعايير المحددة في المرسوم الرئاسي المتعلق بجودة مياه المرافق الصناعية.

تشمل المعايير المدروسة التوصيلية و درجة الحرارة و ايونات الكلوريد و المغنيزيوم و الكالسيوم و الاحماض الكلية (TA , TAC) والصلادة الكلية و الطلب الحيوي للأكسجين .لاحظنا ان هده المياه تحتوي على تراكيز مرتفعة من المغنيسيوم و الكلوريد تتجاوز المعايير الجزائرية لمياه الشرب. القيم الموصي بها الحد الاقصى هي على التوالي 1ملغ/لتر (Mg^{2+}) و 500 ملغ/لتر (Cl^-) .

كشفت نتائجنا ان تصريف المياه الملوثة من مصنع RA1K له تأثير سلبي على البيئة.

الكلمات المفتاحية :

مغنيسيومMg^{2+} ;كلوريد -Cl ; الصناعية التأثير البيئي;المعلمات المعايير ;معالجة المياه ;مصفاة

Abstract :

Our study aims to understand the impact of water quality from the industrial plant RA1K, an oil refinery located in the Skikda region. This plant uses treated seawater. We have examined water pollution, its different types, and associated treatment techniques. We have also compared our results to the standards specified in the presidential decree regarding the water quality of industrial facilities.
The parameters studied include conductivity, temperature, chloride ions (Cl^-), magnesium (Mg^{2+}), calcium (Ca^{2+}), total acids (TAC, TA), total hardness (TH), chemical oxygen demand (DCO), and biochemical oxygen demand (DBO_5). We found that these waters have high concentrations of magnesium and chloride, exceeding the Algerian drinking water standards. The recommended maximum values are 1 mg/l (Mg^{2+}) and 500 mg/l (Cl^-), respectively.
Our results have revealed that the discharge of polluted water from the RA1K plant has a negative impact on the environment.

Key words:

Chloride Cl^-; Environmental impact; Industrial; Standards; Magnesium Mg2+ Parameters Refinery; Water treatment

Introduction

Introduction

L’eau est d’une importance biologique et économique capitale. L’hydrosphère est le fondement de la vie et des équilibres écologiques. L’eau est à la fois un aliment, éventuellement un médicament, une matière première industrielle, énergétique et agricole, et un moyen de transport. [1]

Ces derniers tels que les mers, sont extrêmement complexes et en constante évolution, soumis à divers facteurs influençant leur équilibre. Parmi ces facteurs, on peut citer les courants océaniques, la température de l'eau, la salinité, la pression et la lumière.

Malheureusement, ces écosystèmes sont également vulnérables aux perturbations causées par les activités humaines, et plus particulièrement par la pollution, la surpêche et le changement climatique.

Les produits chimiques cela peut par exemple aboutir à une modification des espèces dominantes ou à une diminution, voire une perte, de la biodiversité. Les produits chimiques impactent également tous les maillons de la chaîne alimentaire, du plus petit (plancton) au plus gros (baleine). [2]

De plus, les installations pétrochimiques peuvent libérer des produits chimiques toxiques qui ont un impact préjudiciable sur les écosystèmes marins et sur la santé humaine.

Enfin, cette industrie peut contribuer également au changement climatique, ce qui a des répercussions dévastatrices sur les écosystèmes marins, notamment l'acidification des océans et la montée du niveau de la mer.

Les rejets provenant de cette dernière peuvent être classés en deux catégories principales : les rejets ponctuels et les rejets chroniques. Les rejets ponctuels, représentant des événements isolés, peuvent causer d'importants dommages immédiats à la vie marine et aux écosystèmes marins. En revanche, les rejets chroniques sont des déversements réguliers et continus de produits chimiques toxiques qui engendrent des dommages à long terme pour la vie marine et les écosystèmes marins.

La raffinerie de Skikda (RA1K) en Algérie est une importante installation industrielle dans le domaine du pétrole. Cependant, ses activités ont un impact sur l'environnement. La problématique consiste à recenser ces impacts afin de les comprendre davantage et de mettre en place des mesures de gestion environnementale. Les différents aspects à examiner incluent les rejets atmosphériques, les déchets produits, les risques de fuites ou de déversements, la consommation d'eau, les effets sur la biodiversité et les mesures de gestion environnementale mises en place. Une meilleure compréhension de ces impacts permettra de promouvoir une production plus durable et respectueuse de l'environnement.

L'objectif du recensement des différents impacts sur l'environnement de la raffinerie de Skikda RA1K est d'évaluer les effets de l'activité de la raffinerie sur l'environnement et de déterminer les mesures à prendre pour minimiser ces effets. Le recensement permet de mesurer les

niveaux de pollution et de déterminer les zones touchées par les émissions de la raffinerie. Les résultats du recensement permettent de mettre en place des mesures de protection de l'environnement et de réduire les impacts négatifs de l'activité de la raffinerie sur les écosystèmes marins et la santé humaine.

Notre étude s'articule sur 3 chapitres, le premier chapitre est une synthèse bibliographique qui retrace d'une manière récapitulative les informations essentielles sur notre thème.

Le second chapitre représente le matériel et les méthodes utilisées pour la mise en place des expérimentations.

Le troisième chapitre est consacré à la description des principaux résultats obtenus et leurs discussions.

Enfin, une conclusion est donnée à la fin du présent travail en tirant les principaux résultats obtenus et les perspectives qui pourraient initier d'autres travaux de recherche.

.

Chapitre I : Généralités

Chapitre I : Généralités.

1- Définition de la pollution :

La pollution se réfère à des altérations défavorables de l'environnement naturel, en tout ou en partie, qui résultent des actions humaines. Ces altérations peuvent affecter les flux d'énergie, les niveaux de rayonnement, la composition physico-chimique de l'environnement naturel et l'abondance des espèces vivantes, que ce soit directement sur l'homme lui-même ou indirectement à travers les ressources agricoles, les sources d'eau et les produits biologiques. La pollution peut également avoir un impact en altérant les objets physiques détenus par l'homme ou en perturbant les activités récréatives dans l'environnement. Une définition plus restreinte du terme considère comme pollution toute modification du flux d'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la concentration des composés chimiques naturels, ou encore l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles produites par l'homme.[3]

2- Définition de pollution industrielle :

La pollution industrielle se réfère à la pollution de l'environnement causée directement par l'activité industrielle. Elle résulte de l'introduction de substances biologiques, physiques (comme les radiations, y compris la radioactivité, ou la perturbation de l'environnement nocturne par la lumière artificielle), chimiques ou organiques, qui perturbent le fonctionnement de l'écosystème de différentes manières. Cette forme de pollution engendre une contamination variable (selon la dégradabilité des polluants, qu'ils soient dégradables, biodégradables ou non biodégradables) des éléments clés des écosystèmes, tels que l'air, l'eau, le sol, le réseau alimentaire et même les êtres humains. Elle est souvent mesurée en fonction de seuils ou de normes, bien que les interactions entre les différents polluants doivent également être prises en compte. Les sites industriels et les terrains contaminés (y compris les anciens sites industriels) peuvent être à l'origine d'une contamination qui se propage ou évolue par diffusion passive dans l'environnement ou par le biais du réseau alimentaire (par bio concentration, bioturbation et métabolisation, notamment) .[5]

3- les principaux types de pollution industrielle :

3.1 La pollution physique :

La pollution physique englobe tous les phénomènes physiques ayant un impact sur l'environnement. Elle peut se présenter sous forme de pollution mécanique, thermique ou radioactive.

a. La pollution mécanique :

La pollution mécanique se produit lorsque des particules de diverses origines sont mises en suspension dans l'eau. Ces particules peuvent être des éléments grossiers tels que du sable, ou des matières en suspension apportées par les eaux industrielles et les eaux de ruissellement.[6]

b. La pollution thermique :

La pollution thermique est le résultat de l'élévation ou de la baisse de la température de l'eau par rapport à sa normale, causée par l'activité humaine, et ayant un impact sur la vie aquatique. Cette forme de pollution est souvent diffuse et invisible, ce qui la rend parfois négligée. Elle est principalement causée par le rejet d'eaux chaudes provenant de systèmes de refroidissement, de centrales électriques conventionnelles ou nucléaires. Toutefois, les variations de température ont des effets significatifs sur les caractéristiques physiques, chimiques (tels que la DBO, l'oxygène dissous et le pH) et biologiques (toxicité) de l'eau [7] .

c. La pollution radioactive :

La pollution radioactive se réfère à la présence de substances radioactives dans les déchets ou les effluents rejetés dans l'environnement, qui émettent des rayonnements capables d'interagir avec la matière ou les tissus vivants. Cette forme de pollution provoque directement ou indirectement l'ionisation, c'est-à-dire la formation d'atomes ou de fragments de molécules chargés, qui se libèrent dans l'environnement. Les substances radioactives sont donc des sources de rayonnement susceptibles de provoquer une irradiation externe des êtres vivants [8].

3.2 La pollution chimique :

La pollution chimique se produit essentiellement en raison des rejets industriels contenant des substances chimiques toxiques et dangereuses pour l'environnement. On distingue deux types de pollution chimique :

a. Pollution organique

La pollution par les matières organiques est l'un des problèmes les plus importants et répandus. Elle est caractérisée par la présence de substances biodégradables plus ou moins, comme le sucre et les protéinessus [7].

b. Pollution inorganique

Cette forme de pollution est causée par la présence de polluants inorganiques et se divise en deux catégories :

- Composés métalliques tels que les métaux lourds : aluminium, zinc, argent, fer, cuivre, plomb, mercure, nickel... Et les cyanures : CN- ;
- Composés non métalliques tels que les nitrates, nitrites, phosphates...

3.3 Pollution microbiologique :

La pollution microbiologique de l'eau se produit lorsque des microorganismes pathogènes, tels que des virus, des parasites et des bactéries, sont présents en quantités excessives [10].

4- Définition de l'impact environnemental :

Le terme "impact environnemental" fait référence aux conséquences d'une activité humaine sur l'environnement dans un certain espace et sur une période de temps donnée. [11]. Ces conséquences impliquent des changements par rapport à l'état initial de l'écosystème, résultant en des perturbations des dynamiques naturelles d'évolution. [10]

4.1 L'impact mondial de pollution industrielle :

L'industrie moderne, qui est apparue il y a environ deux siècles, a entraîné une augmentation des déchets solides et liquides. Cela a eu des impacts négatifs sur l'environnement et l'économie de nombreux pays. [12] . Les métaux lourds présents dans les sols peuvent être toxiques, et leur présence dans les phases liquide et solide ainsi que parmi les composants de la phase solide détermine leur biodisponibilité et leur mobilité. On peut mesurer les différentes fractions de la phase solide contenant des métaux lourds par dissolution séquentielle sélecpropagent [13]. Les activités humaines, telles que les effluents industriels et municipaux, augmentent le flux de métaux lourds dans les eaux souterraines et de surface. En l'absence de normes de rejet, les rejets industriels sont souvent déversés dans le milieu naturel sans traitement préalable, y compris dans les eaux marines. [14] Par exemple, au Maroc, les rejets industriels riches en chrome ont un impact sur les mollusques, les poissons, les algues et les sédiments le long de huit stations de prélèvement sur le littoral entre Casablanca et Mohammadia. Une étude réalisée sur une période de cinq ans (été 1998 - printemps 2002) visait à évaluer l'espèce la plus indicative de la pollution par le chrome. Les moules ont accumulé les concentrations les plus élevées de chrome le long de l'Oued El Malleh (S2) et du site S6 de Oukacha (respectivement 18,7 et 14,4 mg/kg de poids sec), qui reçoivent la majorité des eaux usées des unités industrielles de Mohammadia et de Ain Sebâa [15]

4.2 L'impact de pollution industrielle en Algérie :

L'essor de l'industrie a eu un impact significatif sur l'activité économique, en transformant les matières premières en produits, sans se préoccuper des conséquences polluantes pour l'environnement. Cela se traduit par la présence de déchets dangereux pour la santé publique, surtout à proximité des zones industrielles [16].

L'industrie et ses produits ont des répercussions sur les ressources naturelles tout au long du cycle de vie : de l'extraction des matières premières à leur transformation en produits, en passant par la consommation d'énergie, la production de déchets, l'utilisation et l'élimination par les consommateurs. Cette exposition humaine entraîne notamment la pollution de l'eau potable, due aux rejets de déchets dans les rivières, les lacs et les eaux marines côtières. Cela entraîne l'accumulation de certains polluants

chimiques dans les organismes aquatiques, en particulier les poissons et les crustacés. Si ces organismes sont consommés, cela présente divers risques pour la santé des personnes contaminées [17].

La pollution chimique provient principalement des engrais de synthèse, des pesticides utilisés en agriculture et des rejets toxiques issus des activités industrielles et minières. Ces polluants se propagent dans les cours d'eau et les océans par le biais des ruissellements et des infiltrations dans le sol. Même les nappes phréatiques, normalement moins vulnérables que les eaux de surface, sont de plus en plus contaminées, ce qui entraîne une pollution à long terme en raison de leur renouvellement lent. Dans certaines régions, comme celle autour de l'oued Meboudja, la contamination due à l'utilisation intensive d'engrais chimiques en agriculture et aux rejets industriels et urbains a atteint un niveau tel que l'environnement est devenu dangereux pour la santé humaine, la faune et la flore. Les rejets d'eaux usées de l'usine sidérurgique dans l'oued sont caractérisés par une grande diversité de produits chimiques. [18]De plus, les sous-produits de la production sidérurgique tels que les scories, calamines, briques réfractaires usées et poussières d'aciérie sont souvent stockés à même le sol au niveau de l'usine. [19]

4.3 L'impact de l'activité de l'industrie pétrochimique sur l'environnement :

L'activité de l'industrie pétrochimique a un impact significatif sur l'environnement, notamment en ce qui concerne les effets néfastes des produits chimiques. Ces effets sont regroupés sous le terme d'écotoxicité, qui peut se manifester de manière directe ou indirecte. Les produits chimiques utilisés peuvent perturber les écosystèmes, entraînant des changements dans la structure et la productivité des populations animales et végétales. Cela peut conduire à des modifications des espèces dominantes, une diminution de la biodiversité, voire même une perte totale de certaines espèces. De plus, ces produits chimiques peuvent affecter tous les niveaux de la chaîne alimentaire, des plus petits organismes comme le plancton jusqu'aux plus grands comme les baleines. [16]

5. Traitement des Eaux :

5.1 Les prétraitements :

Le prétraitement est une étape qui consiste en un certain nombre d'opérations physiques ou mécaniques destinés à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne ultérieurement. Ces opérations sont : le dégrillage, le dessablage et le déshuilage (voir la figure 01). [17]

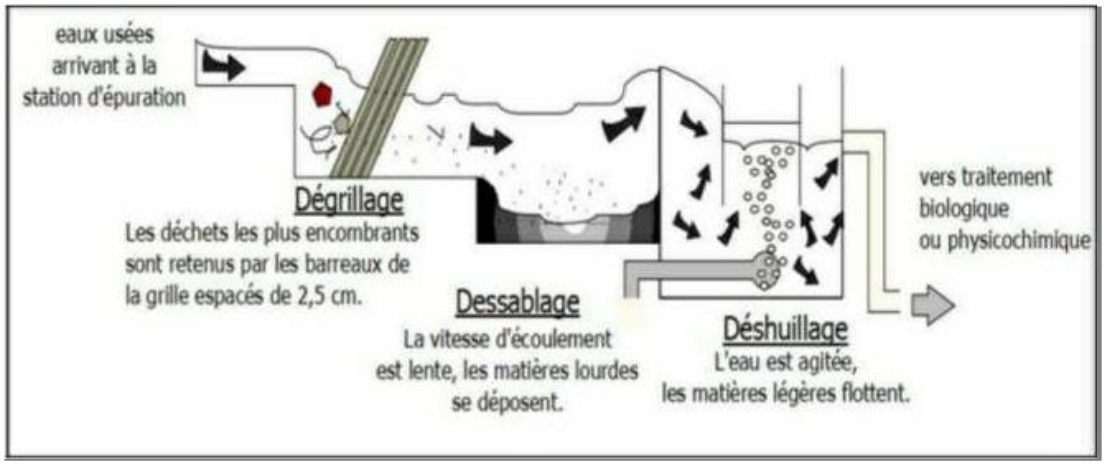

Figure 01 Étapes de prétraitement **(Libes ., 2010).**

a. Le dégrillage :

Il Le dégrillage est une méthode utilisée pour filtrer les gros objets ou détritus présents dans les eaux usées. Elle fonctionne en faisant passer l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés entre 60° et 80° par rapport à l'horizontale. L'espacement entre les barreaux peut varier en fonction des besoins, avec un maximum de 10 mm pour protéger les installations de traitement des eaux ou des boues spécifiques, et plus communément entre 2,0 et 2,50 cm pour les d'aiguilleurs mécaniques et entre 3 et 4 cm pour les d'aiguilleurs manuels. La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux se situe généralement entre 0,6 et 1 m/s. Les déchets collectés sont ensuite comprimés pour réduire leur volume, puis stockés dans une benne avant d'être envoyés vers une filière de traitement appropriée. [20]

b. Le déssablage :

Le dessablage consiste à éliminer les particules minérales grossières en suspension, telles que le sable et les graviers, qui pourraient endommager les installations en aval.[21]Ces particules se déposent au fond d'un dessableur par décantation. [22] L'eau met environ 60 secondes pour traverser le dessableur et éliminer 90% du sable, qui est ensuite récupéré à l'aide d'un râteau mécanique et poussé vers un système d'évacuation. [23]

c. Déshuilage et dégraissage :

Le déshuilage est une méthode d'extraction liquide-liquide, tandis que le dégraissage est une méthode d'extraction solide-liquide. [19] [21]Ces processus visent à éliminer toutes les substances flottantes ayant une densité inférieure à celle de l'eau. Ces substances peuvent être très variées, comme les huiles, les hydrocarbures et les graisses. [23]

5.2 Les traitements primaires (procédés de décantation) :

Les traitements primaires, tels que la décantation ou les procédés physico-chimiques, sont utilisés pour réduire la charge polluante dissoute et éliminer une partie des matières en suspension présentes dans les effluents après les prétraitements. Environ 50 à 60 % des matières en suspension peuvent être éliminées grâce à ces procédés. [23]

5.3 Traitements secondaires :

a. Traitement biologique :

Le traitement biologique est une méthode utilisée pour éliminer les polluants dissous en utilisant des micro-organismes capables de les dégrader. Il existe deux types de processus de biodégradation. Le premier implique des bactéries qui utilisent les micropolluants comme source de carbone et d'énergie. Le deuxième processus implique la dégradation totale ou partielle des polluants par les bactéries en utilisant le cométabolisme, où les polluants ne servent pas de source de carbone. Ces méthodes permettent d'éliminer efficacement les polluants présents dans l'eau.

• les bactéries utilisant les micropolluants comme source de carbone et d’énergie.

• la dégradation totalement ou partiellement des polluants par les bactéries en utilisant le cométabolisme qui ne s'en servent pas comme source de carbone. [24]

Il est possible d'utiliser des aérateurs pour agiter l'air et favoriser l'activité des bactéries. Ces processus entraînent la formation de boues au fond du bassin (clarificateur) qui peuvent être récupérées par la suite. Les polluants sont alors décomposés par ces micro-organismes vivants et transformés en boue Une partie de ces boues est renvoyée dans les bassins pour éviter une perte importante de bactéries. En effet, le traitement biologique reste le procédé le plus efficace pour rétablir la qualité de l'eau en éliminant les polluants, bien que l'élimination des phosphates, des éléments toxiques et des polluants non biodégradables soit difficile. Il est également crucial de maintenir la température au-dessus de 5°C, sinon l'activité bactérienne sera interrompue. [25]

b. Cultures libres : (boues actives)

Dans le premier cas, les cultures libres utilisent des supports tels que les disques biologiques et les lits bactériens pour fixer les micro-organismes. Par exemple, les disques biologiques permettent le contact entre les eaux à traiter et les cellules épuratrices fixées sur des disques partiellement immergés. Ces supports tournent lentement autour d'un axe horizontal dans le mélange pollué, assurant ainsi un mouillage constant de la biomasse par les eaux résiduaires et une aération par l'air ambiant.

Ces systèmes sont économes en énergie et permettent d'obtenir des concentrations élevées de biomasse (traitement intensif). Cependant, ils peuvent présenter des risques de colmatage ou d'émission d'odeurs désagréables. [26]

c. Culture fixée :

Dans le procédé de cultures libres, les micro-organismes sont maintenus en suspension dans le mélange à épurer. Ces dispositifs offrent l'avantage d'un traitement plus homogène et d'une meilleure maîtrise des facteurs d'épuration par rapport aux procédés à culture fixée, qui peuvent générer des odeurs [27]

5.4 Traitements complémentaires :

a. Traitement des boues :

Traitement de la boue passe par les étapes suivantes :

Les boues produites par les stations d'épuration sont essentiellement des particules solides non retenues ues par les prétraitements de l'eau en amont de la station d'épuration (dégrillage, dessablage, dégraissage) et par les procédés de traitements de l'eau en station (dégradation et séparation des polluantes de l'eau : particules solides et substances dissoutes par les procédés physico-chimiques et biologiques). Ces boues se composent de matières organiques non dégradées, de matières minérales, de micro-organismes et d'eau.

Deux types de boue sont traités : une boue primaire issue de la décantation primaire qui se caractérise par une densité très importante, elle a donc tendance à se décanter.

• une boue secondaire dite boue activée qui provient des clarificateurs qui est caractérisée par une faible densité qui lui confère un pouvoir de flottation (voir la figure 02). [28]

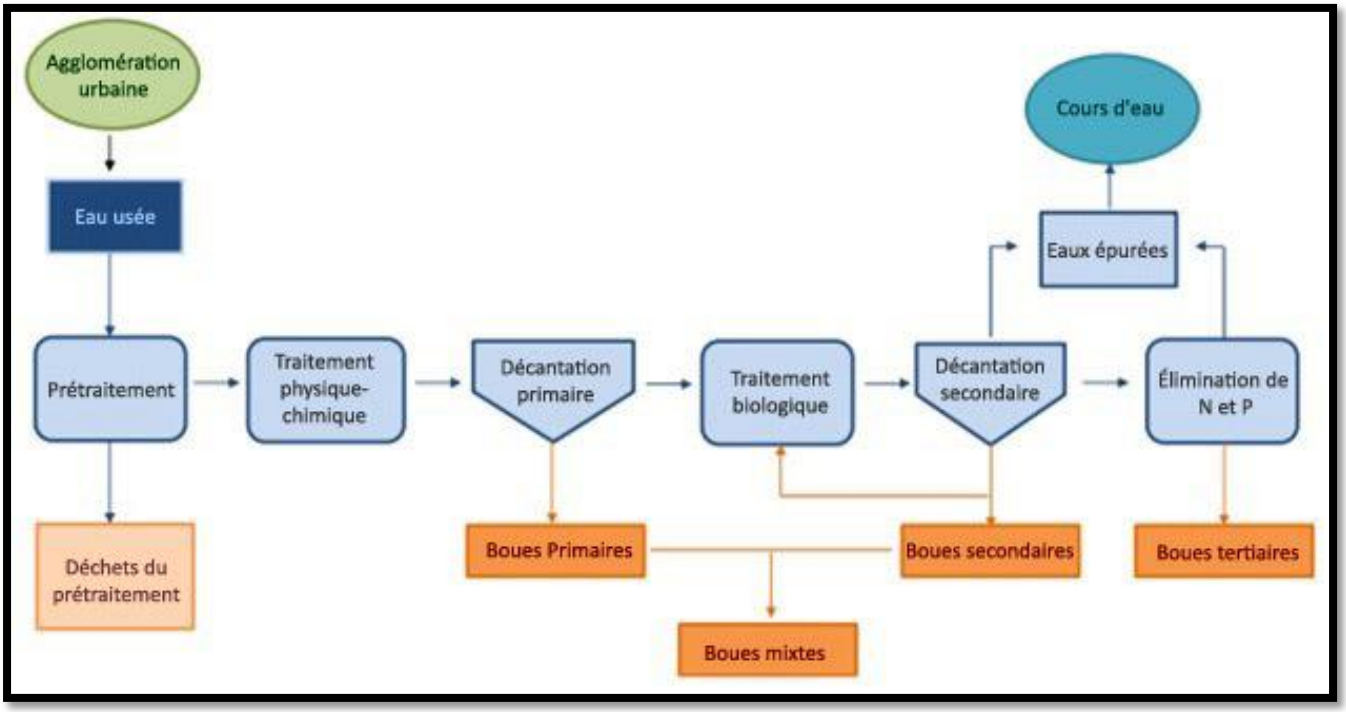

Figure 02 : Etapes d'épuration **(Tekfi, 2006).**

Chapitre II :

Matériel et Méthode

I. Matériel :

1-Présentation de SONATRACH :

1.1 Historique et mission :

SONATRACH, la Société Nationale pour le Transport et la Commercialisation des Hydrocarbures, est l'entreprise leader dans le secteur des hydrocarbures en Algérie et en Afrique. Fondée le 31 décembre 1963 par le décret n°63/491, elle a ensuite été modifiée par le décret n66°/292 du 22 septembre 1966, devenant ainsi la Société nationale pour la recherche, la production, le transport, la transformation et la commercialisation des Hydrocarbures. En plus de ses activités dans l'industrie pétrolière, SONATRACH est également active dans la pétrochimie, la production d'énergie électrique, de nouvelles énergies renouvelables, le dessalement de l'eau de mer et l'exploitation minière. Au cours de la dernière décennie, SONATRACH s'est internationalisée en opérant dans diverses régions du monde, notamment en Afrique, en Europe (Espagne, Italie, Portugal, Grande-Bretagne), en Amérique latine (Pérou) et aux États-Unis. [29]

2 Présentation du lieu de stage :

2.1 Présentation de la Raffinerie de Skikda :

La Raffinerie de Skikda, également connue sous le nom de RA1/K, est une installation industrielle chargée de convertir le pétrole brut provenant de Hassi Messaoud. Elle a une capacité de traitement de 15 millions de tonnes par an pour le brut domestique et importe également 277 000 tonnes de brut réduit chaque année. [29]

a. Situation Géographique :

La raffinerie est située dans la zone industrielle à 7 km à l'est de Skikda, à proximité de la mer. Elle occupe une superficie de 190 hectares et compte actuellement environ 1500 travailleurs. Pour approvisionner la raffinerie en brut, l'unité de transport UTE de Skikda achemine le pétrole algérien depuis Hassi Massoud. Le transport du pétrole brut se fait par un pipeline de 27 pouces de diamètre sur une distance de 760 km depuis les champs pétroliers jusqu'au complexe (voir la figure 03). [29]

Figure 03 : Situation géographique de la RA1k dans la zone industrielle de Skikda **(Google Earth 2023).**

2.2 Présentation du laboratoire :

Le laboratoire est un département technique au sein de la raffinerie, composé de deux sections :

- **La section contrôle**
- **La section analyse**

3 Description du processus de l'unité ETP II

3.1 Présentation de l'unité ETP II :

Suite à l'agrandissement de la raffinerie de Skikda et les dysfonctionnements de l'unité ETP II qui l'ont rendu incapables de traiter les effluents liquides, une nouvelle station d'épuration a été conçue et réalisée pour la remplacer et bien accomplir sa tâche(voir la figure 04). [30]

3.2 Traitement Primaire :

Cela inclut la réception des effluents avec installations nécessaires de puisard et de pompage pour les effluents reçus sous-gravité, le traitement physique pour criblage et dessablage, l'enlèvement d'huile libre, l'égalisation des effluents et traitement physicochimique pour enlèvement d'huile émulsionnée(voir la figure 05). [31]

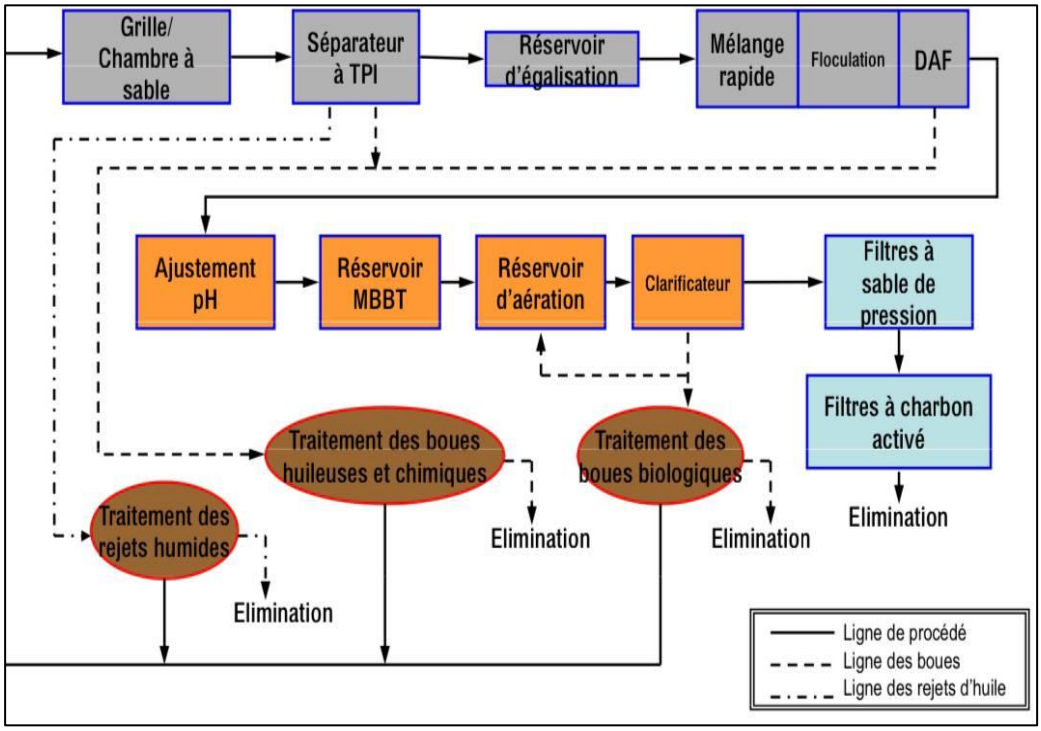

Figure 04 : Schéma de circulation ETP**(RA1K).**

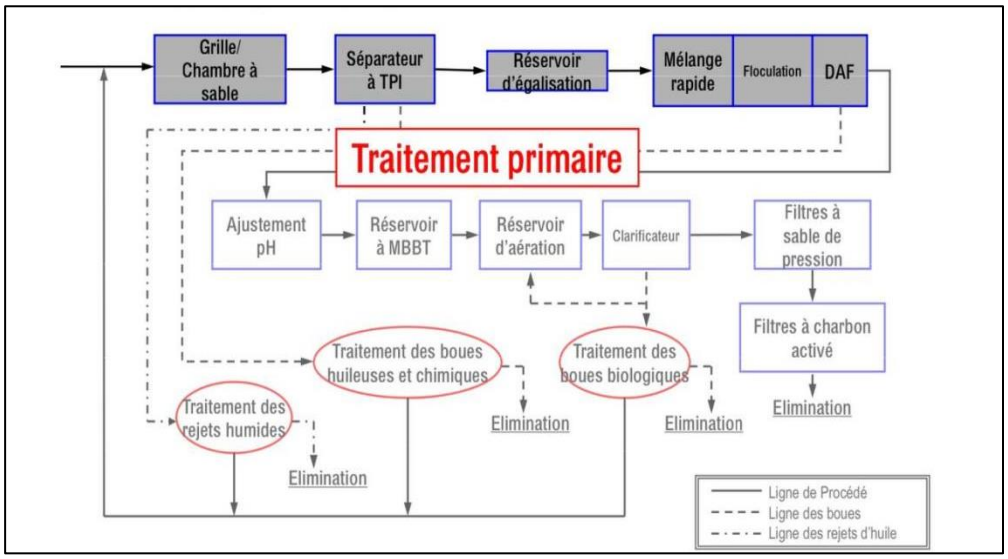

Figure 05 : Traitement primaire ETP**(RA1K).**

a. Criblage et dessablage :

Les effluents bruts des Eaux usées huileuses (OWS) sont dirigés vers la Grille et la Chambre à sable pour enlever des sables et des matières lourdes en suspension avant de les acheminer vers le système d'enlèvement d'huile [31]

b. Enlèvement d'huile libre au moyen de Séparateurs à TPI :

Le mélange est alimenté aux Séparateurs à intercepteurs à plaques inclinées (TPI) pour enlèvement d'huile libre et de solides en suspension. [31]

c. Égalisation :

Dû aux fluctuations de la charge hydraulique et polluante typiquement associées avec de différents courants d'effluents, comme effluents huileux, effluents de CRW, et courants de caustique épuisé, le réservoir d'égalisation est fourni en tenant les charges de pointe, en les égalisant, et en retirant les effluents à taux contrôlé. [31]

d. Enlèvement d'huile émulsionnée au moyen de Flottation à air dissous (DAF) :

Après l'enlèvement d'huile libre et l'égalisation, les courants sont dirigés vers le système d'enlèvement d'huile émulsionnée au moyen de flottation à air dissous (DAF) [31]

3.3 Traitement Secondaire

Les courants huileux traités principalement, qui passent par un ajustement pH, et les déchets sanitaires, qui sont reçus pour le MBBT par Tamis et Portes de distribution pour Réservoirs à MBBT, sont envoyés pour le traitement secondaire (traitement biologique).

Cela inclut les procédés biologiques pour enlever BOD, COD, phénols, sulfures, ammoniac (voir la figure 06). [31]

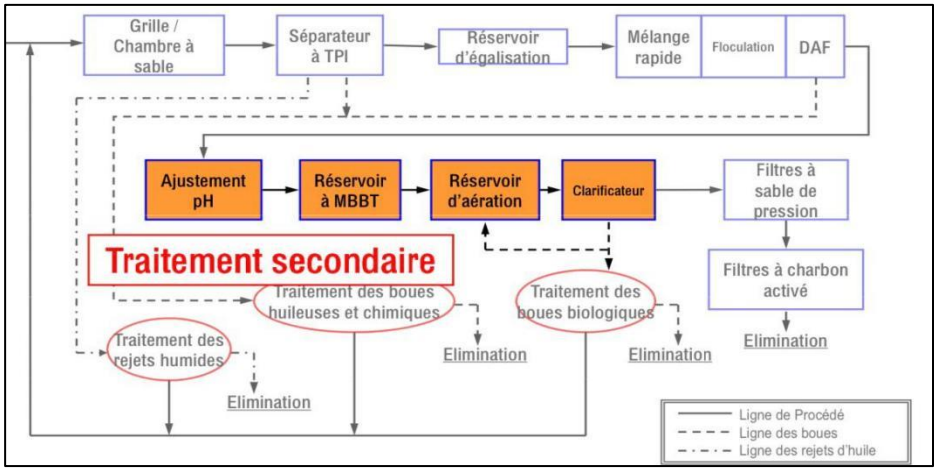

Figure 06 : Traitement secondaire ETP**(RA1K).**

a. Ajustement pH :

Installation de dosage du caustique et de la solution acide sont fournies avec dosage de nutriments. L'unité est également fournie d'un agitateur et de l'arrangement d'entrée en haut et de sortie en bas [31]

b. Bio-traitement à deux étages :

Cela inclut les procédés de traitement biologique pour enlever BOD avec COD correspondant, etc. des effluents principalement traités. Compte tenu les niveaux BOD/COD dans les effluents bruts et la limite de COD dans les effluents traités, les traitements aérobiologies à deux-étages sont employés pour efficacité maximale d'enlèvement des polluants (voir la figure 07). [31]

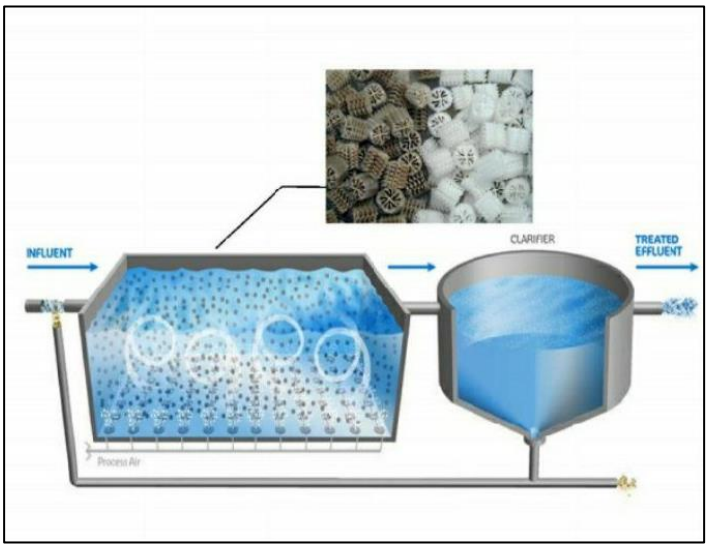

Figure 07 : Traitement Biologique **(RA1K).**

3.4 Traitement de polissage :

Traitement de polissage est employé pour les effluents d'OWS secondairement traités et les effluents de CRW principalement traités. Cela concerne la filtration à sable de pression, l'adsorption à charbon activé et le bassin de protection et les installations de pompage des effluents traités pour le maintien, et l'élimination des effluents traités sont fournis à la finales (voir la figure 08). [31]

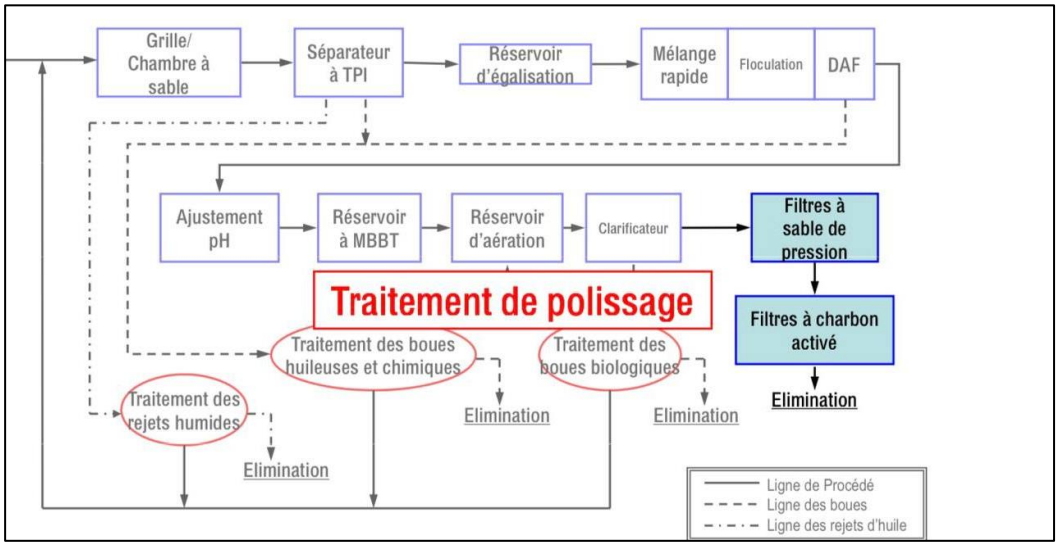

Figure 08 : Schéma Traitement de polissage **(RA1K)**.

a. Filtration et absorption :

Les filtres à sable de pression (PSF) sont employés pour enlèvement des solides en suspension. Les filtres à charbon activé (ACF) sont employés au moyen de charbon activé en grains Les effluents d'OWS après clarificateur sont acheminés vers le puisard d'alimentation de filtre et alimentés à PSF et ACF par les pompes d'alimentation de filtre. Les effluents de CRW dans le temps humide après traitement primaire sont acheminés vers le puisard d'alimentation de filtre CRW et alimentés à CRW PSF et CRW ACF par les pompes d'alimentation de filtre CRW [31]

b. Bassin de protection :

Les effluents traités d'OWS après PSF et ACF sont reçus dans le bassin de protection par les fontaines sous pression résiduelle. Le courant de Blow down de chaudière, l'effluent de régénération neutralisée de l'usine DM et CPU, et le courant de Blow down de la tour de refroidissement est acheminé vers l'entrée du bassin de protection dans les cas anomaux [31].

c. Transfert des effluents traités pour élimination :

Les effluents traités de CRW sont éliminés à l'extérieur de la limite de batterie d'ETP sous sa pression résiduelle[31].

3.5 Traitement des rejets et des boues

a. Traitement des rejets :

Des rejets humides, soit des rejets desquels l'huile écrémée/enlevée des différentes unités de traitement d'huile, par les écumoires d'huile appropriées, sont acheminés vers un puisard des rejets d'huile humides [31]

b. Traitement des boues :

Boues huileuses et chimiques sont collectées dans le puisard des boues huileuses et chimiques et ensuite pompées vers l'épaississeur des boues huileuses et chimiques au moyen des pompes des boues huileuses et chimiques.

Les boues épaissies sont collectées dans le puisard des boues huileuses épaissies et ensuite, elles sont acheminées vers le déshydrater centrifuge des boues huileuses au moyen des pompes des boues huileuses et chimiques épaissies pour déshydrater les boues. Boues biologiques générées dans le procédé de traitement biologique sont collectées et dirigées vers l'entrée de l'épaississeur des boues biologiques (voir la figure 09). [31]

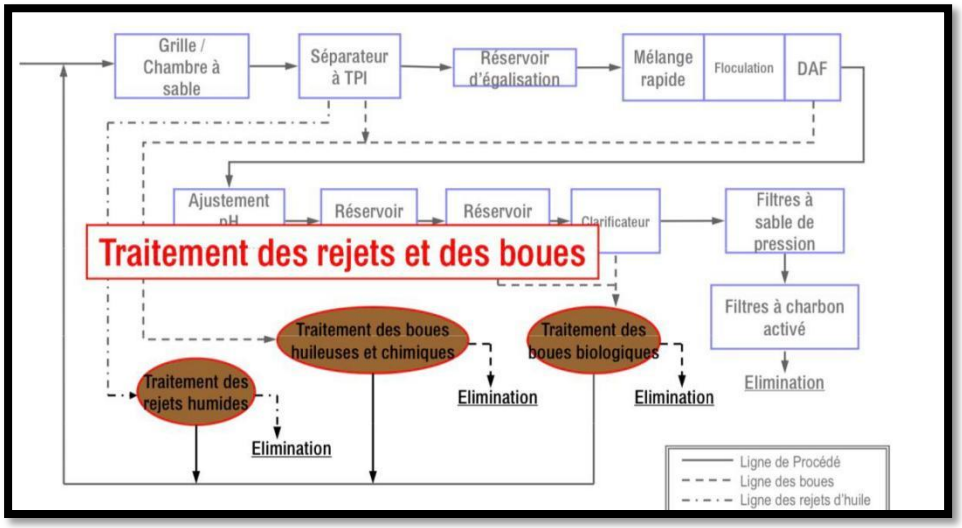

Figure 09 : Schéma traitement des boues **(RA1K).**

3.6 Traitement Des Produits Chimiques :

Un système intégré et centralisé est employé pour la préparation des Solutions chimiques dans le Local des Produits chimiques et le dosage aux différents points.

a. Traitement De CRWS :

Une chaîne séparée de traitement est fournie pour séparation et traitement de CRWS dans le temps humide (voir la figure 10). [31]

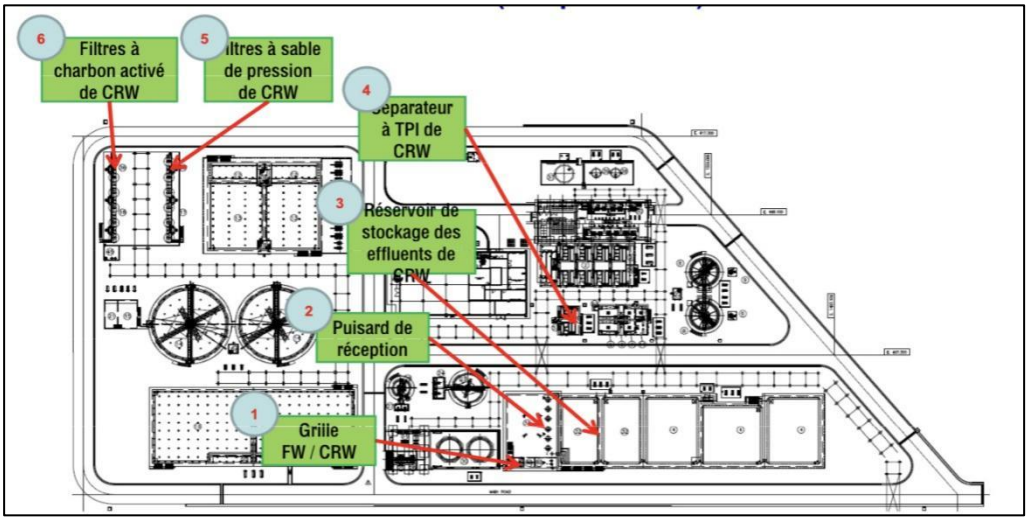

Figure 10 : chaine de traitement de CRW (temps humide) **(RA1K).**

II. Méthode

1. Méthode et normes d'analyses :

Il est clair que de nombreuses méthodes d'analyse utilisées pour les eaux naturelles et les eaux potables sont également applicables aux eaux résiduaires urbaines, industrielles et d'autres sources. Dans la salle des eaux du laboratoire de la raffinerie de RA1K, nous mettons en œuvre les méthodes décrites ultérieurement. [30]

Toutes les différentes analyses effectuées au laboratoire ont pour objectif d'évaluer les paramètres qui caractérisent la qualité des eaux usées avant et après leur traitement. Les paramètres à analyser :

- Température
- Potentiel d'hydrogène (pH)
- Conductivité
- Titre alcalimétrique (TA)
- Titre alcalimétrique complet (TAC)
- Titre hydrométrique (TH)
- Ions chlorures (Cl^-)
- Calcium (Ca^{2+}) et Magnésium (Mg^{2+})
- Phosphates (PO_4^{3-})
- Demande chimique en oxygène (DCO)
- Demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO_5)

2. Échantillon à analyser et les points d'échantillonnage :

2.1 Les échantillons à analyser (voir la figure 11). **:**

• Un échantillon d'eau épurée complètement.

• Un échantillon d'eau du bassin d'élevage biologique.

• Un échantillon d'eau du bassin d'aération biologique.

Figure 11 : L'échantillonnage sur site : a) : la vanne, b) : des bassins.

(Photo Originale 2023).

2.2 Les protocoles d'échantillonnage :

• Pour l'échantillon prélevé 'eau du bassin d'élevage biologique, on procède comme suit :

On utilise une bouteille en verre bien rincée avec de l'eau distillé. On ouvre la vanne, on purge la ligne pendant environ 5 min, après, on rince la bouteille avec l'eau à analyser et on la remplie.

Pour l'échantillon du bassin d'aération, on procède à l'échantillonnage comme suit À l'aide d'une tasse attachée par un câble au barreaudage, on la plonge dans le bassin vide et on la récupère pleine, le liquide récupéré sera transféré vers une autre bouteille en plastique qui a été bien rincé avec l'eau distillée au paravent [30]

• Pour l'échantillon de l'eau complètement épuré L'eau complétement épurée sort du bassin de protection par un petit canal de rejet. On remplit une bouteille en verre qui a été bien rincé avec l'eau distillée et on la déverse une ou deux fois puis on prend notre échantillon au laboratoire. (voir la figure 12).

- **Le point vert :** l'eau épurée complétement.
- **Le point jaune :** eau du bassin d'aération.

- **Le point rouge :** eau venant du bassin d'ajustement pH vers le bassin d'élevage.

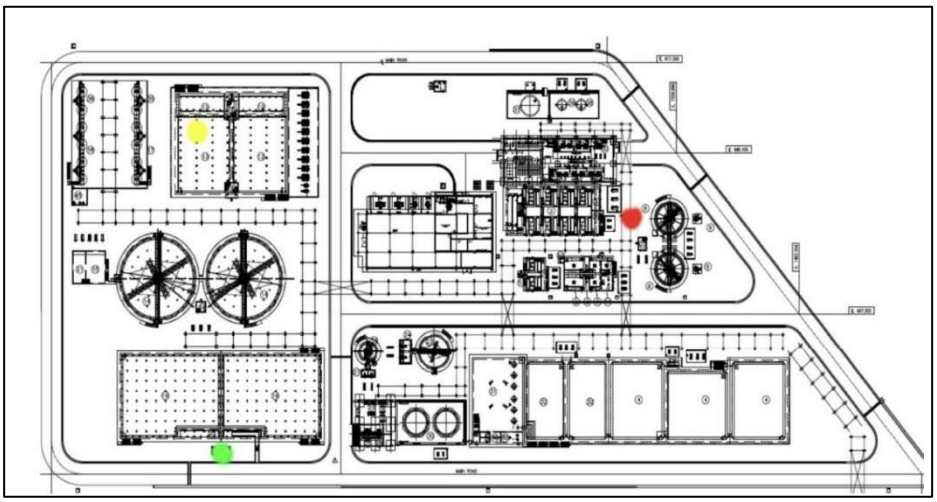

Figure 12 : Les points d'échantillonnage sur site **(RA1K).**

3. Mode d'opératoire des analyses effectuées :

3.1 Détermination de température :

a. Définition :

La température est un phénomène physique qui résulte de l'énergie cinétique et qui reflète le niveau d'agitation thermique des molécules d'un corps ou d'une substance. C'est une grandeur mesurable qui permet de quantifier ce phénomène [32]

b. Principe :

La température est mesurée à l'aide d'un instrument appelé thermomètre.

3.2 Détermination du potentiel d'hydrogène pH :

a. Définition :

pH est une mesure de l'acidité ou de la basicité de l'eau, exprimée sous la forme du logarithme négatif de l'activité des ions hydrogène [33]

b. Principe :

Le pH peut être déterminé en utilisant une méthode potentiométrique. Un pH-mètre mesure la différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de références immergées dans l'eau à analyser. Selon les lois de Nernst, cette différence de potentiel est linéairement liée au pH [34]

c. Mode opératoire :

1. Démarrez l'appareil et laissez-le se stabiliser.

2. Nettoyez soigneusement les électrodes en utilisant de l'eau distillée.

3. Remplissez le récipient avec l'eau que vous souhaitez analyser.

4. Plongez les électrodes dans l'échantillon.

5. Lisez la valeur du pH affichée sur l'écran du pH-mètre une fois qu'il est stabilisé.

3.3 Détermination de la conductivité :

a. Définition :

La conductivité électrique d'une eau est mesurée en évaluant la conductance d'une colonne d'eau située entre deux électrodes métalliques de surface égale à 1 cm^2, séparées d'une distance de 1cm. La conductivité électrique (exprimée en Ω-1 m-1 ou S m-1) est l'inverse de la résistivité électrique (exprimée en Ω m).[35]

b. Principe :

La conductivité électrique d'une eau est directement liée à la concentration ionique de la solution. Ainsi, sa détermination permet une évaluation indirecte des substances dissoutes et facilite le contrôle rapide du degré de pureté de l'eau (voir la figure 13). [36]

c. Mode opératoire :

- Nettoyer minutieusement les électrodes, puis les immerger dans l'échantillon et agiter.
- Mesurer la température de l'échantillon et la régler sur le compensateur de conductivité.
- Sélectionner la plage appropriée à l'aide du bouton correspondant.
- Lire la valeur de conductivité sur l'échelle.
- Le résultat est exprimé en µS/cm.

Figure 13 : mesure de pH et de Conductivité **(Photo Originale 2023).**

3.4 Le titre alcalinétrique Ta /titre alcalinétrique complet TAC :

a. Définition :

Le titre alcalimétrique (TA) est exprimé en millilitres (ml) d'acide à 0,02 mol/l d'ions H3O+ nécessaires pour doser 100 ml. [37]

Le titre alcalimétrique complet (Tac) correspond au volume d'acide nécessaire pour neutraliser à la fois les ions bicarbonates (HCO32-) et les ions carbonate (CO32-) présents dans 100 ml d'échantillon. [38]

b. Principe :

La méthode consiste à effectuer un titrage avec un acide fort en présence de phénolphtaléine comme indicateur pour déterminer le titre alcalimétrique simple (TA). Ensuite, dans la même solution et en présence de l'indicateur méthylorange, on poursuit le titrage pour obtenir le titre alcalimétrique complexe (TAC) (voir la figure 14). [39]

c. Mode opératoire :

1. Prélever 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 300 ml.

2. Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine. En présence d'alcalinité (TA), la solution prendra une couleur rose pâle.

3. Titrer avec de l'acide sulfurique (H_2SO_3) à 0,02 N jusqu'à ce que la couleur rose disparaisse, puis noter le volume (Va) en millilitres.

Expression du résultat :

TA en ppm de CaCo3 =Va × 10

Le titre alcalimétrique complexe TAC correspond au volume d'acide nécessaire pour neutraliser les ions bicarbonates HCO3- contenus dans 100 ml d'échantillon.

1_ A la même solution précédente, ajouter 2 à 3 gouttes d'indicateur mixte (couleur bleue)

2_ continué à titrer avec l'acide sulfurique (H_2SO_3) à 0.02 N jusqu'au virage du bleu à la couleur rose pâle et noter le volume (Vb) ml.

Expression du résultat :

TAC= en ppm de CaCo3 = V×10 avec V=Va + Vb

Figure 14 : Déterminations de TA **(Photo Originale 2023).**

3.5 Titre hydrométrique (dureté totale) TH :

a. Définition :

La dureté de l'eau désigne la concentration des ions alcalino-terreux, principalement le calcium et le magnésium, qu'ils soient présents sous forme de bicarbonates, carbonates, chlorures ou sulfates. La dureté est donc directement liée à la concentration individuelle des ions majeurs et à l'alcalité. [40]

b. Principe :

Il s'agit d'un titrage direct avec le sel bisodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) pour détecter les ions Ca^{2+}et Mg^{2+} en présence de l'indicateur ériochrome noir T. L'ériochrome noir T est un indicateur qui devient rouge en présence des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} et devient bleu lorsque la quantité d'acide éthylènediaminetétraacétique a complexé suffisamment de Ca^{2+} et Mg^{2+}, les éliminant du complexe avec l'ériochrome nol'usine(voir la figure 15). [41]

La solution doit être tamponnée à un pH de 10.

La formule de l'EDTA est C10H14N2Na2O8·2H2O, Masse molaire = 372,24.

L'ériochrome noir T a pour formule C20H12N3Na2O7S, Masse molaire = 461,39.

c. Mode opératoire :

1- prélever 100 ml d'échantillon dans le Matra de 500 ml, ajouter 10 ml de la solution tampon, une pincée de l'indicateur érionchrome noir T à l'aide d'une spatule (environ 0.2 gr).

2_ Mélanger la solution, en présence de dureté la solution se colore en rouge - Cerise.

3_ Titrer avec la solution à 0.01 M d'EDTA jusqu'au virage bleu de l'indicateur en utilisant une micro burette de 5 ml.

4_ En cas de basse teneur de dureté, prélever 250 ml d'échantillon et procéder de la même manière.

5_ avec un échantillon à haute teneur de dureté, titré avec la solution à 0.1 M d'EDTA.

Dureté totale en ppm de CaCo3 = A*F *1000

D'où :

A = ml EDTA utilisés lors du titrage

F= mg de CaCo3 correspond à 1 ml d'EDTA

V = Volume en ml de l'échantillon

Pour V= 100 ml et EDTA à 0.01 M on a :

Dureté totale en ppm de CaCo3 = A *10

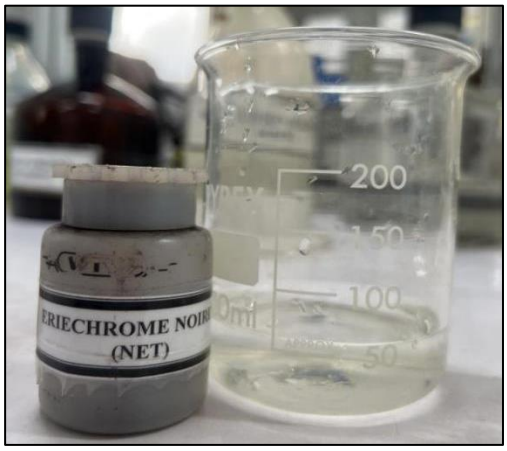

Figure 15 : détermination de **TH (Photo Originale 2023).**

3.6 Détermination des ions chlorures (Cl-) :

a. Définition :

Il s'agit de mesurer la concentration des ions chlorures Cl^- présents dans tous les chlorures dissous dans l'avons .[42]

b. Principe :

On ajoute une quantité connue de nitrate d'argent et on titre l'excès de nitrate d'argent avec l'ammonium sulfo-cyanure en présence de sel ferrique comme indicateur.

Le calcul de la concentration des chlorures est basé sur la quantité d'Ag NO3 consommée (voir la figure 16). .[43]

c. Mode opératoire :

1. Introduire un échantillon de 100 ml dans un erlenmeyer.

2. Ajouter quelques gouttes de chromate de potassium.

3. Titrer avec une solution de nitrate d'argent (Ag NO3) à 0.02 N jusqu'au changement de couleur du jaune à la brique rouge.

4. Exprimer le résultat comme [Cl^-] en ppm = (V _ blanc) * 7.1, avec blanc = 0.4.

Expression du résultat :

[Cl^-] en ppm = (V _ blanc) *7.1 avec blanc =0.4

Figure 16 : Détermination du Cl^- **(Photo Originale 2023).**

3.7 Détermination des ions phosphates :

a. Définition :

Les phosphates sont des sels de l'acide phosphorique (H3PO4) résultant de la réaction entre l'acide et une base. En chimie organique, on parle de phosphate organique, qui est un composé organophosphoré dérivé de l'acide phosphorique .[44]

b. Principe :

L'acide phosphorique réagit avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe phospho-molybdique jaune. Ce complexe est ensuite réduit avec de l'acide 1-amino-2-naphtol-4-sulfonique en solution acide, ce qui donne une couleur bleue par formation du bleu de molybdène. [45]

c. Mode opératoire :

1. Introduire 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 100 ml.

2. Ajouter 5 ml d'acide sulfurique (37 + 63).

3. Ajouter 5 ml de molybdate d'ammonium.

4. Ajouter 5 ml d'acide amino naphtol sulfonique.

5. Agiter et laisser reposer pendant cinq minutes.

6. Lire la solution au spectromètre à une longueur d'onde de 650 nm.

3.8 Le Détermination du calcium et du Magnésium :

a. Définition :

Le calcium ou dureté calcique, exprime la concentration globale d'une eau en sels de calcium, quel que soit l'anion associé .[46]

Le magnésium est un élément chimique de symbole Mg et de numéro atomique 12 . (voir la figure 17). [47]

b. Mode opératoire :

1. Prendre 100 ml d'échantillon ou une partie aliquotée diluée à 100 ml dans un erlenmeyer de 300 ml.

2. Ajouter 2 ml de solution de NaOH à 1 N.

3. Agiter et ajouter une pincée d'indicateur murexide (de couleur rose foncé).

4. Titrer avec l'EDTA à 0.01 M, en agitant continuellement jusqu'au virage mauve clair, et noter vEDTA le volume titré d'EDTA.[48]

Expression du résultat :

$[Ca^{2+}]$ en ppm de CaCO3 = VEDTA × 10

Par différence entre la dureté totale et la dureté calcique, on obtient la dureté du magnésium (Mg^{2+}) exprimée en ppm de CaCO3.

Dureté du $[Mg^{2+}]$ en ppm de CaCO3 = dureté totale (TH) - dureté du calcium (Ca^{2+}).

Figure 17 : Déterminations du calcium et du Magnésium **(Photo Originale 2023).**

3.9 Demande chimique en oxygène DCO :

a. Définition :

La demande chimique en oxygène (DCO) mesure la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader chimiquement toute la matière organique, qu'elle soit biodégradable ou non, présente dans l'eau. Cette mesure est effectuée à l'aide de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_4$) à une température de 150°C.La DCO est exprimée en mg O2/l (Suschka et Ferreira, 1986) .[49]

b. Principe :

L'eau est mise en contact avec une solution de permanganate de potassium titrée. Après 4 heures, l'excès de permanganate est dosé .[50]

c. Mode opératoire :

1. Introduire 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml.
2. Ajouter 5 ml d'acide sulfurique.
3. Ajouter 10 ml de permanganate de potassium KMnO4 (0,01 N).
4. Faire bouillir pendant 10 minutes au bain de sable.
5. Après chauffage, ajouter 10 ml d'acide oxalique 0,01 N.
6. Titrer la solution chaude avec du permanganate de potassium jusqu'à ce qu'elle prenne une couleur rose persistante.
7. Préparer un blanc en suivant les mêmes étapes que pour l'essai.

Expression des résultats :

Ppm O2 = 8000 (AB_CD) / E = Vt × 0,8

A : Volume total versé de KMnO4 en ml.

B : Normalité de KMnO4 (0,01 N).

C : Volume d'acide oxalique (0,01 N).

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

E : Volume de l'échantillon en ml.

3.10 Demande biologique en oxygène DBO5 :

a. Définition :

La demande biologique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour oxyder les matières organiques présentes dans l'eau usée. C'est un paramètre qui permet d'évaluer la fraction de pollution organique biodégradable .[51]

La demande biochimique en oxygène pendant cinq jours, ou DBO_5, est l'un des paramètres de la qualité de l'eau. Ce paramètre est exprimé en milligrammes d'oxygène nécessaires pour dégrader la matière organique contenue dans un litre d'eau sur une période de cinq jours .[52]

b. Mode opératoire :

1. Rincer la bouteille d'incubation avec l'échantillon.
2. Introduire 250 ml d'échantillon dans la bouteille.
3. Ajouter 1 ml de FeCl3.
4. Ajouter 1 ml de CaCl2.
5. Ajouter 1 ml de MgSO.
6. Ajouter 1 ml de solution tampon.
7. Introduire l'agitateur magnétique dans la bouteille.
8. Mettre quelques pastilles de KOH dans le bouchon en plastique.
9. Placer la bouteille dans son compartiment et visser la tête.
10. Régler le zéro sur la réglette. [53]

4. Traitement statistique des résultats :

Une expérience biologique est, peut-on dire, une action au moins partiellement contrôlée, Surtout ou une partie d'un matériel vivant, dont le résultat, décrit en terme quantitatifs ou numérique, fait l'objet d'une interprétation.

L'exploitation statistique des résultats de notre expérience biologique, pour ce faire

Nous avons utilisé les logicielles MINITAB 20® et Excel® qui ont pour rôle de traiter les résultats acquis durant l'étude afin d'obtenir une bonne interprétation et cela s'effectue garce a l'utilisation de l'analyse de la moyenne.

4.1. L'analyse de la variance :

C'est un test d'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe, basé sur le test de FISHER. Il permet de calculer la probabilité de mettre en évidence les différences significatives (P : Seuil de signification).

On compare la valeur de P avec $\alpha = 0.05$.

Si $P > \alpha$ alors il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes.

Si $P \leq \alpha$ il existe des différences significatives entre les moyennes.

Si $P \leq 0.01$ différences hautement significatives.

Si $P \leq 0.001$ différence très hautement significatives.

Chapitre III :
Résultat et Discussion

I. Résultat :

I.1 La température :

En examinant les résultats de la figure, on observe des variations des valeurs de température à la sortie de RA1K dans l'ETP II (PG). De plus, il est remarqué que les trois PG présentent des températures différentes, avec une moyenne de 22,3°C pour le PG du mois de janvier, 22,3°C pour le PG du mois de février, et enfin 23,1°C pour le PG du mois de décembre, ce qui est proche de la valeur des normes nationales algériennes fixée à 30 °C. Ces valeurs sont en accord avec les résultats obtenus par SOUILAH en 2014 et BENKHARRAT et GUERIREM en 2020, qui ont également obtenu des valeurs similaires. Cette similitude peut probablement être attribuée à l'efficacité des traitements appliqués dans les différents bassins de la zone industrielle (voir la figure 18). .

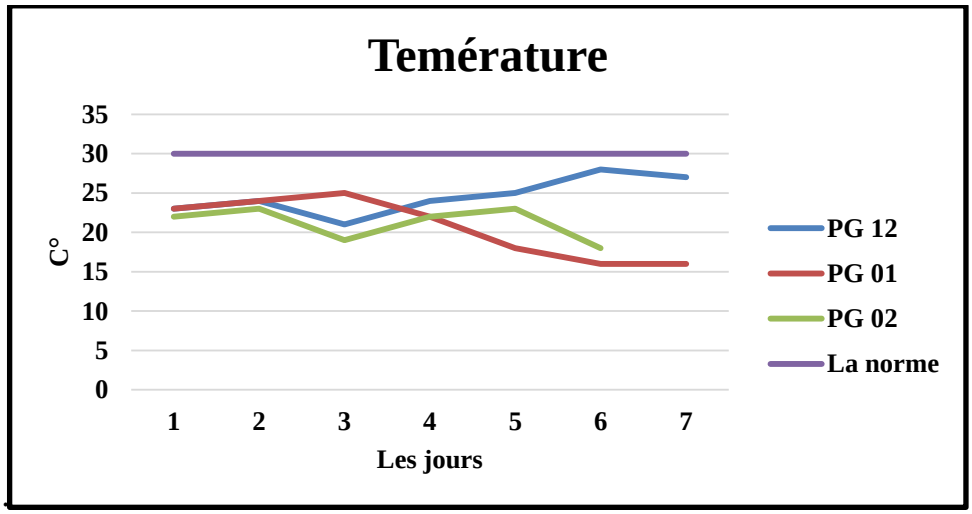

Figure 18 : Variation de la température pendant une période de 3 mois.

I.2 Potentiel d'hydrogène :

En analysant les résultats de la figure, nous pouvons observer des variations dans les valeurs de PH à la sortie de RA1K dans l'ETP II (PG). De plus, il est remarquable que les trois PG présentent des températures différentes, avec une moyenne de 22,3°C pour le PG du mois de janvier, 22,3°C pour le PG du mois de février, et enfin 23,1°C pour le PG du mois de décembre, ce qui se rapproche de la valeur fixée par les normes nationales algériennes à 30 °C. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par SOUILAH en 2014 et BENKHARRAT et GUERIREM en 2020, qui ont également obtenu des valeurs similaires. Cette constatation soulève la possibilité que les techniques de traitement mises en œuvre dans les différents bassins jouent un rôle déterminant dans la régulation et le maintien des températures à des niveaux comparables (voir la figure 19).

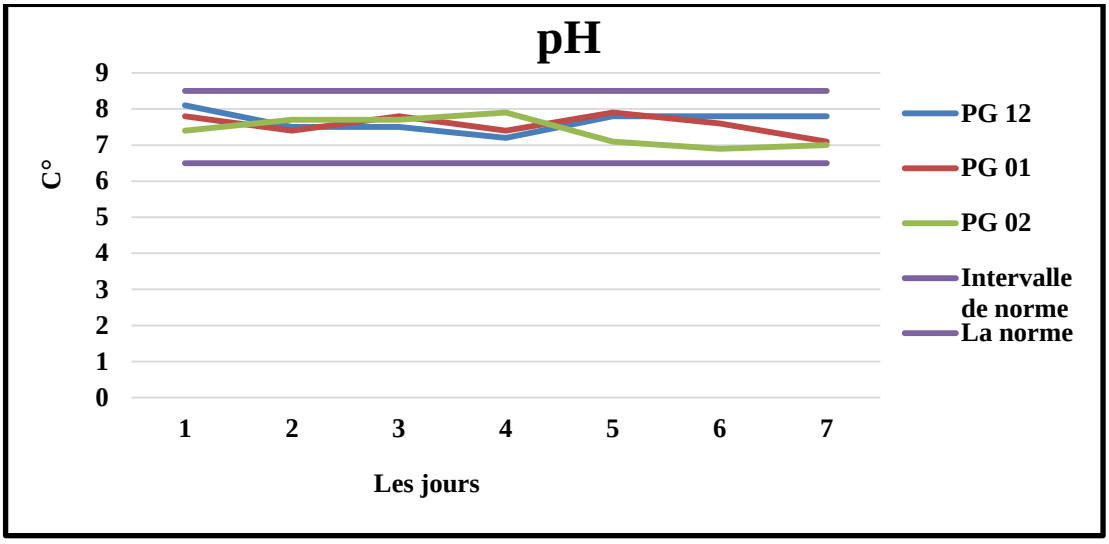

Figure 19 : Variation de pH pendant une période de 3 mois.

I.3 La Conductivité :

Les résultats présentés dans la figure révèlent des valeurs de conductivité distinctes au niveau de la sortie de RA1K dans l'ETP II (PG). Les mesures effectuées pour le mois de janvier varient de 562 à 3 696 µS/cm, tandis que celles du mois de février oscillent entre 1 843 et 2 055 µS/cm. Pour le mois de décembre, les mesures enregistrent une fourchette de 1 211 à 2 330 µS/cm. Ces valeurs sont considérées comme relativement proches de la norme nationale algérienne fixée à 2 800 µS/cm. Ces résultats concordent avec ceux obtenus précédemment par SOUILAH en 2014, qui ont également relevé des valeurs similaires pour la conductivité. Cette similitude peut vraisemblablement être attribuée à l'efficacité des traitements appliqués dans les différents bassins de l'installation. Elle démontre ainsi une corrélation probante qui découle probablement de l'efficacité des protocoles de traitement mis en œuvre dans les différentes zones concernées. (voir la figure 20).

I.4 TAC :

Les données illustrées dans la figure révèlent des variations significatives des valeurs de TAC (Titre Alcalimétrique Complet) au niveau de RA1K, à la sortie de l'ETP II (PG). Les mesures effectuées pour le mois de janvier montrent une gamme de 71 à 130 mg/L, tandis que celles pour le mois de février affichent une variation de 41 à 84 mg/L. Enfin, les mesures effectuées pour le mois de décembre présentent une plage allant de 64 à 127 mg/L (voir la figure 21).

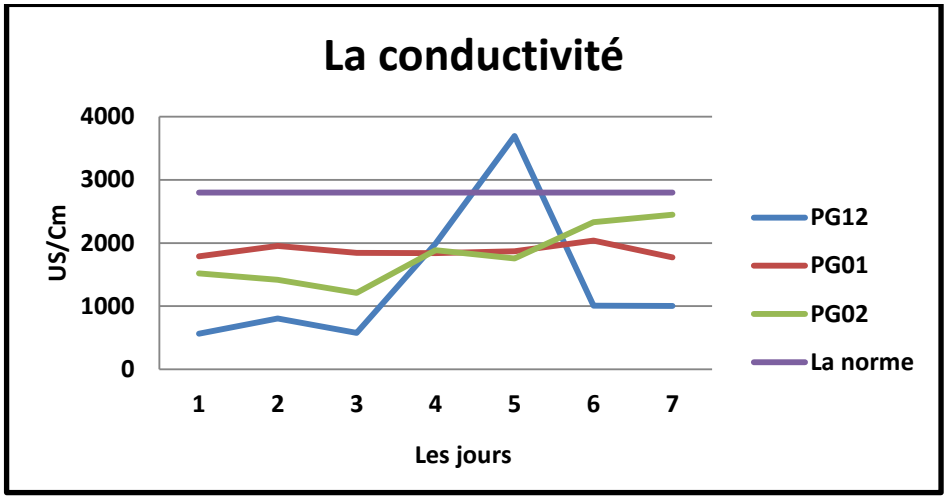

Figure 20 : Variation de la Conductivité pendant une période de 3 mois.

Ces résultats concordent étroitement avec les observations antérieures de SOUILAH en 2014, qui a également rapporté des valeurs similaires pour le TAC. Cette similitude probante peut être raisonnablement attribuée à l'efficacité des traitements appliqués dans les divers bassins d'étude. Ainsi, elle met en évidence une corrélation évidente, vraisemblablement due à l'efficacité des procédés de traitement déployés dans ces différentes installations.

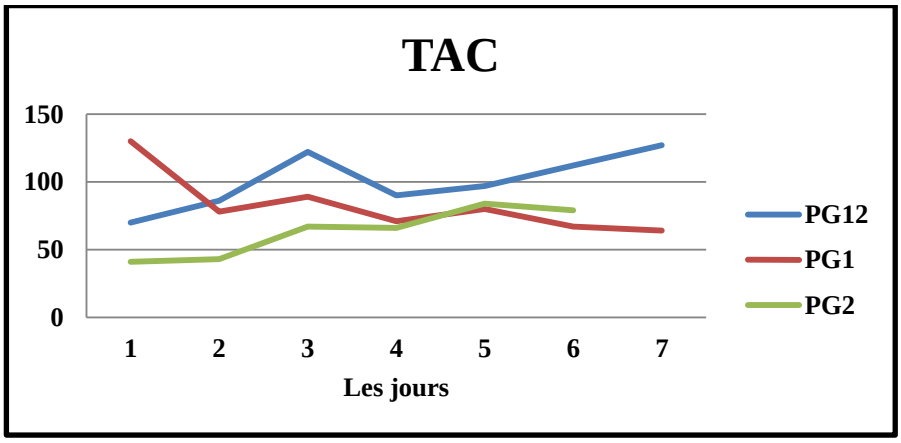

Figure 21 : Variation de TAC pendant une période de 3 mois.

I.5 Titre hydrométrique (TH) :

Les données présentées dans la figure indiquent des mesures distinctes du TH (titre hydrotimétrique) à la sortie de RA1K dans l'ETP II (PG) pour les trois PG. On observe une concentration relativement élevée pour le PG du mois de décembre, tandis que le PG du mois de février présente une concentration relativement faible en termes de TH. Ces résultats sont en accord

avec les constatations antérieures de SOUILAH en 2014, qui ont également révélé des valeurs équivalentes pour le TH. Ces constatations sont également en concordance avec les recherches menées par BENKHARRAT et GUERIREM en 2020, qui ont obtenu des résultats similaires. Cette convergence de résultats suggère probablement l'efficacité des traitements appliqués dans les différents bassins d'étude. Ainsi, elle témoigne d'une similitude qui peut être attribuée à l'efficacité des procédures de traitement mises en œuvre dans ces diverses installations (voir la figure 22).

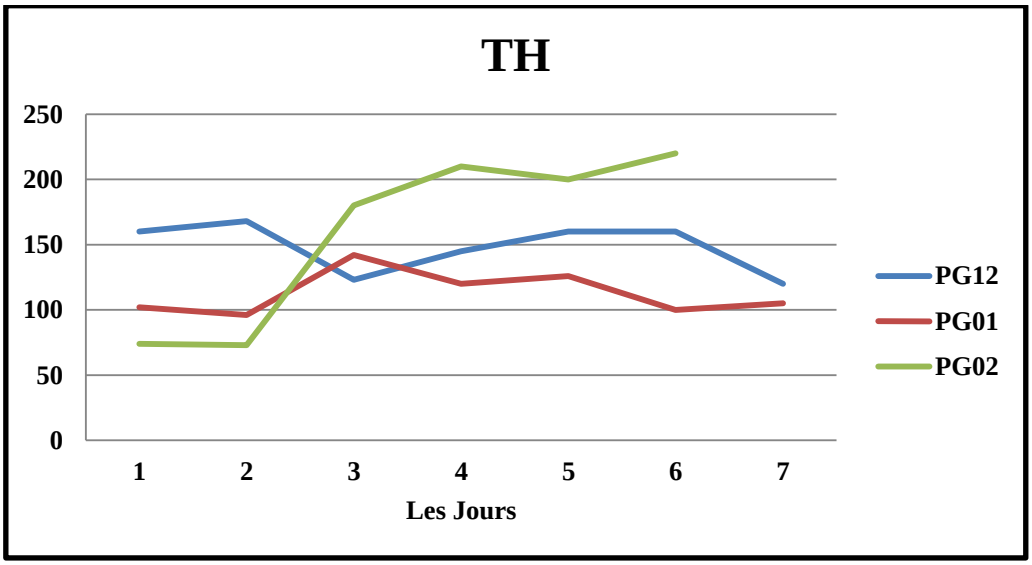

Figure 22 : Variation de TH pendant une période de 3 mois.

I.6 Chlorure (Cl^-) :

D'après les résultats présentés dans la figure, on remarque des variations des valeurs de Cl^- au niveau de RA1K dans la sortie d'ETPII (PG). Les données montrent que les trois échantillon sont des différentes, avec Cl^- de le mois de février ayant la plus grand valeur moyenne , suivie de Cl^- de le mois de janvier , puis de Cl^- de le mois de décembre Les données de Cl^- 02 montrent également la plus grande variabilité de valeur , allant de 374 à 958 mg/l , tandis que les données de Cl^- 01 ont la plus petite variabilité de valeur, allant de 360,7 à 653 mg/l. Ces valeur est considérée comme très éloignée de la valeur des normes nationales algériennes, qui est estimée à 500 mg/l Contrairement à nos résultats du Cl^-, ils ne concordent pas avec des études antérieures telles que celle de SOUILAH en 2014 et de BENKHARRAT et GUERIREM en 2020, qui ont trouvé des valeurs différentes des nôtres. Cela est probablement dû à l'inefficacité du traitement appliqué dans la zone industrielle, ce qui démontre la présence d'une dégradation. Au fil des années, nous constatons une pollution industrielle usée par cette zone industrielle (voir la figure 23).

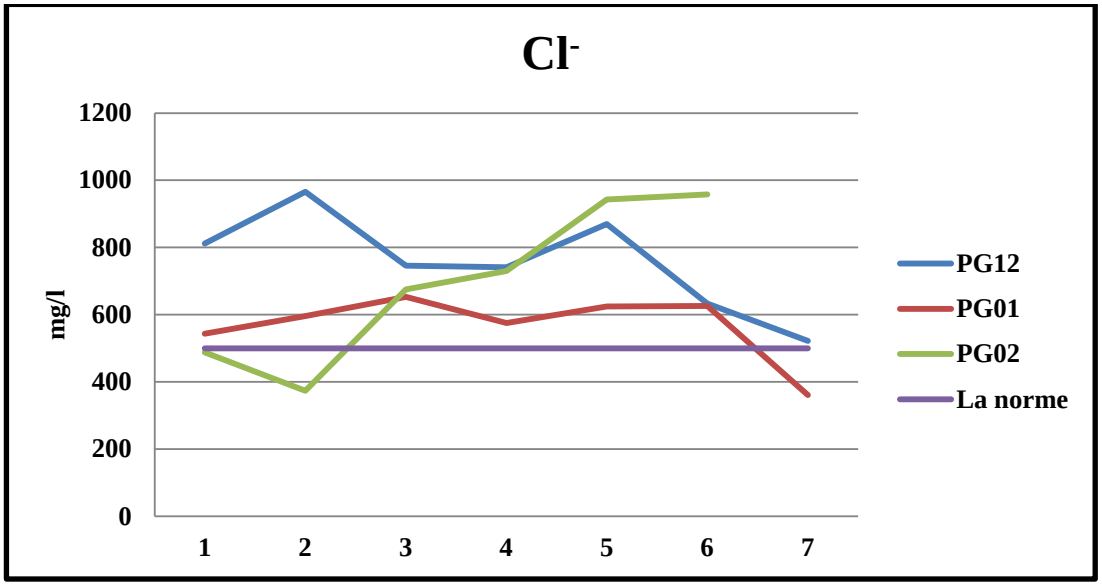

Figure 23 : Variation de Cl^- pendant une période de 3 mois.

I.7 Phosphate (PO_4^{3-}) :

Les résultats de la figure indiquent des valeurs de PO_4^{3-} différentes au niveau de RA1K dans la sortie de ETP II (PG). Les mesures pour PG de le mois de janvier varient de 0,05 à 0,80 mg/L, celles pour PG de le mois de février varient de 0,11 à 1,03 mg/L, et enfin les mesures pour PG de le mois de décembre varient de 0,12 à 0,75 mg/L. Ces valeur est considérée comme proche de la valeur des normes nationales algériennes, qui est estimée à 10 mg/l. On peut établi que ces résultats de concordent avec ceux de SOUILAH en 2014 et BENKHARRAT et GUERIREM en 2020 qui on PO_4^3 également obtenu des valeurs similaires. Cette similitude peut probablement être attribuée à l'efficacité du traitement utilisé dans les différents bassins. Démontre une similitude qui probablement due à l'efficacité des traitements appliqués dans les différents bassins de la zone industrielle (voir la figure 24).

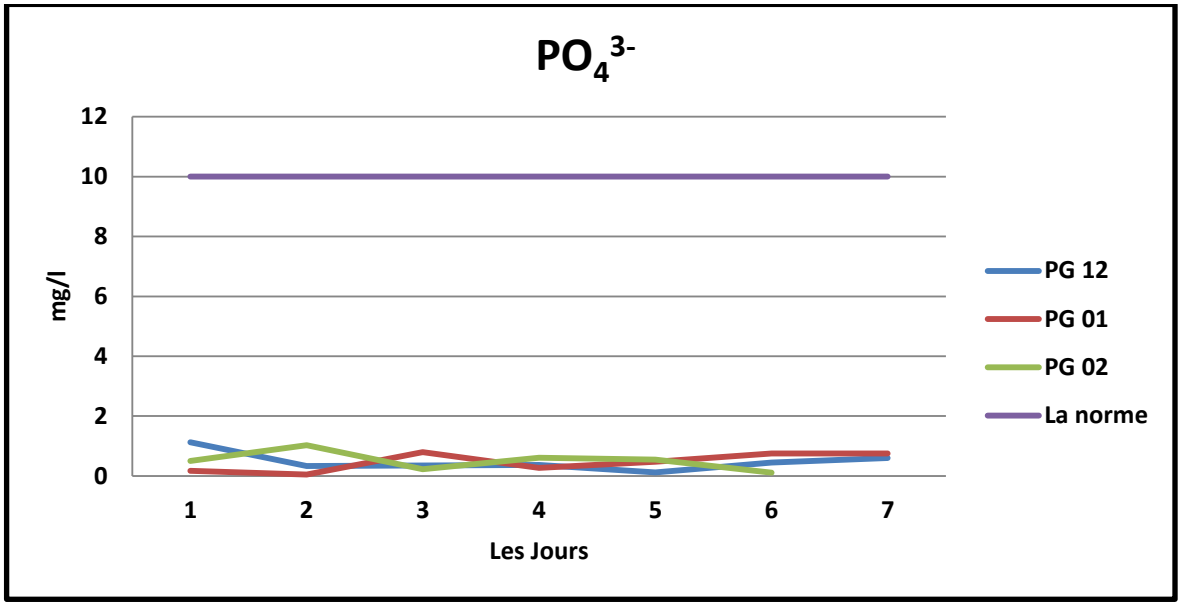

Figure 24 : Variation de PO_4^{3-} pendant une période de 3 mois.

I.8 Calcium Ca^{2+} :

Selon les résultats de la figure, les valeurs de Ca^{2+} au niveau de RA1K dans la sortie de ETP II (PG) varient pour 3 PG différents. Les mesures pour PG d le mois de janvier varient de 64 à 100, celles pour PG du mois de février varient de 45 à 130, et celles pour PG de le mois de décembre varient de 85 à 120. Ces valeur est considérée comme proche de la valeur des normes nationales algériennes, qui est estimée à 200 mg/l On peut établi que ces résultats de Ca^2 concordent avec ceux de SOUILAH en 2014 et BENKHARRAT et GUERIREM en 2020 qui on PO_4^3 également obtenu des valeurs similaires. Cette similitude peut probablement être attribuée à l'efficacité du traitement utilisé dans les différents bassins. Démontre une similitude qui probablement due à l'efficacité des traitements appliqués dans les différents bassins de la zone industrielle (voir la figure 25).

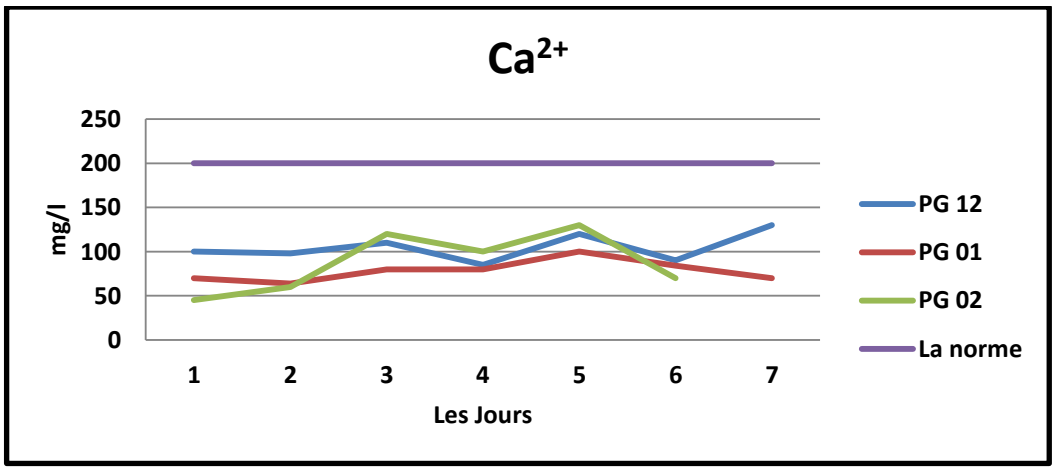

Figure 25 : Variation de Ca^{2+} pendant une période de 3 mois

I.9 Magnésium (Mg^{2+}) :

Selon les résultats de la figure, les valeurs de Ca^{2+} au niveau de RA1K dans la sortie de ETP II (PG) varient pour 3 PG différents. Les mesures pour PG de le mois de janvier varient de 64 à 100, celles pour PG de le mois de février varient de 45 à 130, et celles pour PG de le mois de décembre varient de 85 à 120. Ces valeur est considérée comme proche de la valeur des normes nationales algériennes, qui est estimée à 200 mg/l On peut établi que ces résultats de Ca^{2} concordent avec ceux de SOUILAH en 2014 et BENKHARRAT et GUERIREM en 2020 qui on PO_4^{3} également obtenu des valeurs similaires. Cette similitude peut probablement être attribuée à l'efficacité du traitement utilisé dans les différents bassins. Démontre une similitude qui probablement due à l'efficacité des traitements appliqués dans les différents bassins de la zone industrielle (voir la figure 26).

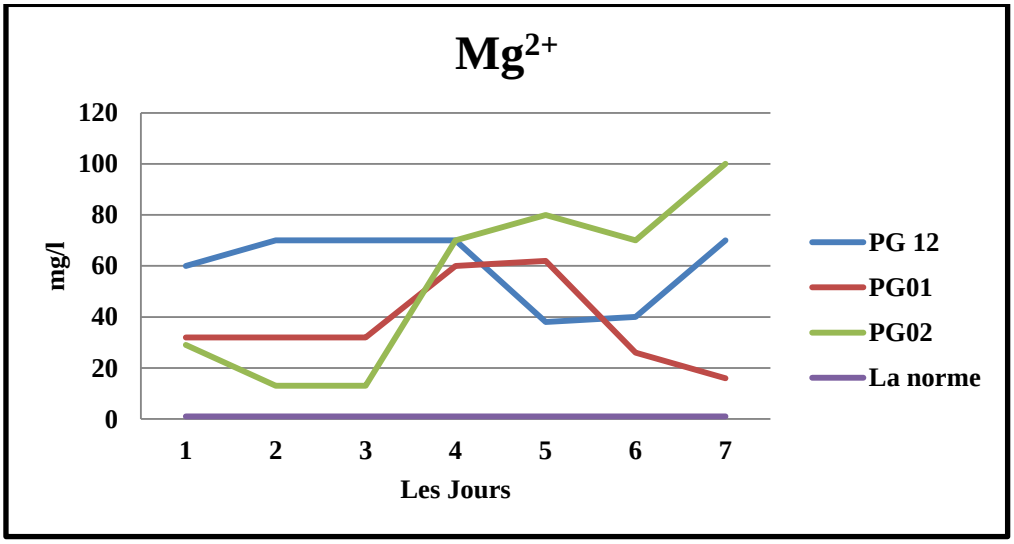

Figure 26 : Variation de Mg^{2+} pendant une période de 3 mois.

I.10 Demande Chimique d'oxygène (DCO) :

D'après les résultats de la figure, on remarque des variations des valeurs de DCO au niveau de RA1K dans la sortie d'ETP II (PG). Les données montrent que les trois PG ont des valeurs différentes, avec PG de le mois de janvier ayant la plus grande variabilité de valeurs, allant de 0,10 à 0,44, tandis que PG de le mois de février présente la plus petite variabilité de valeurs, allant de 0,13 à 0,56. PG du mois de décembre présente une variabilité de valeurs intermédiaire, allant de 0,31 à 0,71. Ces valeurs sont considérées comme proches de la valeur des normes nationales algériennes, qui est estimée à 12 (voir la figure 27).

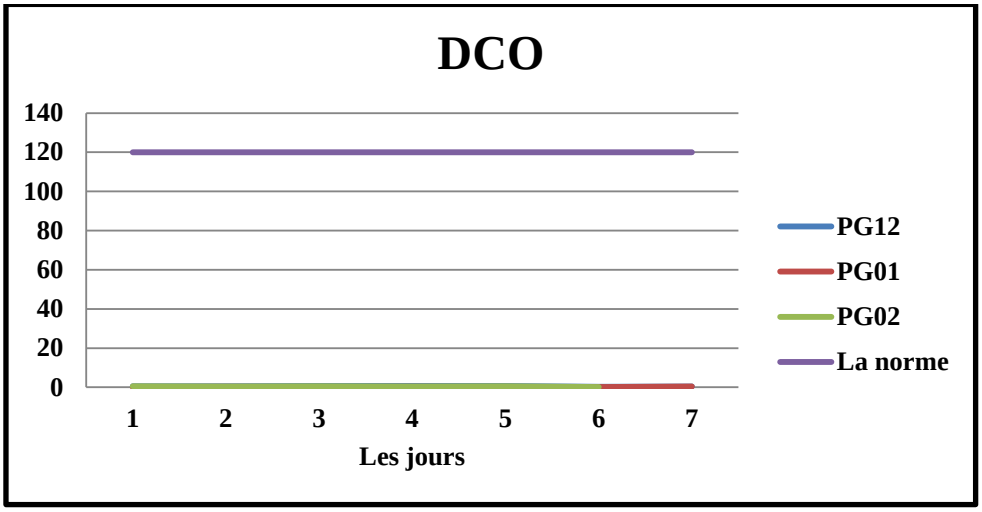

Figure 27 : Variation de DCO pendant une période de 3 mois.

I.11 Demande biologiques d'oxygène (DBO5) :

Selon les résultats obtenus lors de notre étude sur une période de trois mois, nous avons pu observer que la demande biochimique en oxygène sur une période de cinq jours (DBO5) à la sortie des eaux traitées, également désignée sous le terme de point de garde (PG), présente une moyenne de 35. Cette valeur se rapproche des normes nationales algériennes, qui sont établies à 35 g/t. Ces constatations sont en parfaite concordance avec les conclusions de SOUILAH en 2014, qui ont également abouti à des valeurs similaires pour la DBO5. De plus, elles convergent avec les résultats obtenus par BENKHARRAT et GUERIREM en 2020, qui ont également relevé des valeurs équivalentes. Cette similitude peut être attribuée probablement à l'efficacité des procédés de traitement mis en œuvre dans les différents bassins. Ainsi, elle témoigne d'une convergence qui peut être attribuée à l'efficacité des traitements appliqués dans ces différentes installations (voir la figure 28).

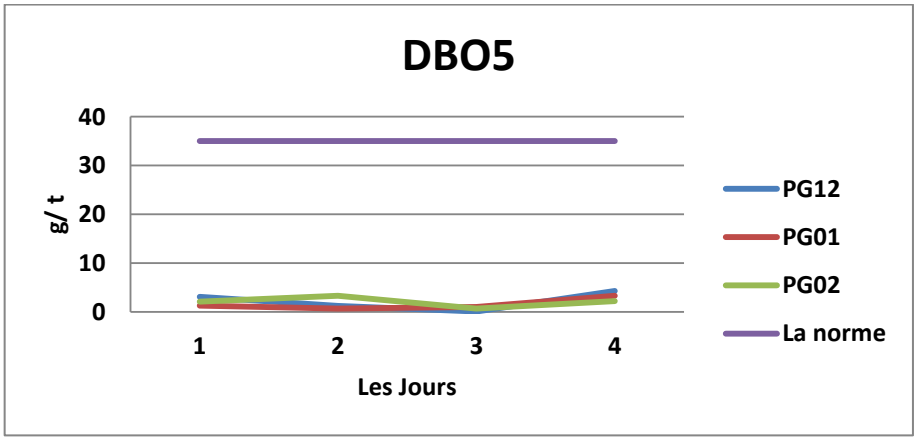

Figure 28 : Variation de DBO5 pendant une période de 3 mois.

II. Analyse statistique :

II.1 Température :

En se référant aux résultats dans le tableau ci-dessous qui reflète l'analyse descriptive entre les différents groupes de température. Au point de sortie des eaux traitées, également appelé point de garde, on constate une moyenne de 24,571 °C, contrairement aux autres colonnes qui ne présentent pas de valeurs élevées dans ce paramètre.

Tableau 01 : analyse de variance un facteur entre les différents groupes de la température durant une période de 3 mois (Décembres 2022 à février 2023).

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Colonne 1	**8**	**196,5714286**	**24,57142857**	**4,81632653**
Colonne 2	**8**	**164,5714286**	**20,57142857**	**12,5306122**
Colonne 3	**8**	**169,3333333**	**21,16666667**	**3,26190476**
Colonne 4	**8**	**240**	**30**	**0**

II.2 Potentiel d'hydrogène (pH) :

En se référant aux résultats dans le tableau ci-dessous qui reflète l'analyse descriptive entre les différents groupes de pH. Au point de sortie des eaux traitées, également appelé point de garde, on constate une moyenne de 7,67, contrairement aux autres colonnes qui ne présentent pas de valeurs élevées dans ce paramètre.

Tableau 02 : Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de PH durant une période de 3 mois (Décembres 2022 à février 2023).

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Colonne 1	**8**	**61,3714286**	**7,67142857**	**0,07346939**
Colonne 2	**8**	**60,5714286**	**7,57142857**	**0,07061224**
Colonne 3	**8**	**59,0857143**	**7,38571429**	**0,13265306**
Colonne 4	**8**	**52**	**6,5**	**0**
Colonne 5	**8**	**68**	**8,5**	**0**

II.3 Conductivité :

En se référant aux résultats dans le tableau ci-dessous qui reflète l'analyse descriptive entre les différents groupes de conductivité. Au point de sortie des eaux traitées, également appelé point de garde, on constate une moyenne de 2800 µS/cm, contrairement aux autres colonnes qui ne présentent pas de valeurs élevées dans ce paramètre.

Tableau 03 : Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de la Conductivité durant une période de 3 mois (Décembres 2022 à février 2023).

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Colonne 1	**8**	**11021,7143**	**1377,71429**	**1094331,35**
Colonne 2	**8**	**14982,8571**	**1872,85714**	**7671,55102**
Colonne 3	**8**	**14364,5714**	**1795,57143**	**183566,245**
Colonne 4	**8**	**22400**	**2800**	**0**

II.4 Titre alcalimétrique complet (TAC) :

En se référant aux résultats dans le tableau ci-dessous qui reflète l'analyse descriptive entre les différents groupes de TAC. Au point de sortie des eaux traitées, également appelé point de garde, on constate une moyenne de 100, contrairement aux autres colonnes qui ne présentent pas de valeurs élevées dans ce paramètre.

Tableau 04 : analyse de variance un facteur entre les différents groupes de TAC durant une période de 3 mois (Décembres 2022 à février 2023).

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Colonne 1	**8**	**804,571429**	**100,571429**	**365,673469**
Colonne 2	**8**	**661,714286**	**82,7142857**	**434,204082**
Colonne 3	**8**	**506,666667**	**63,3333333**	**229,333333**

II.5 Titre hydrométrique (TH) :

En se référant aux résultats dans le tableau ci-dessous qui reflète l'analyse descriptive entre les différents groupes de TH. Au point de sortie des eaux traitées, également appelé point de garde, on constate une moyenne de 159,5, contrairement aux autres colonnes qui ne présentent pas de valeurs élevées dans ce paramètre.

Tableau 05 : analyse de variance un facteur entre les différents groupes de TH durant une période de 3 mois (décembres 2022 à février 2023).

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Colonne 1	**8**	**1184**	**148**	**321,428571**
Colonne 2	**8**	**904**	**113**	**243,142857**
Colonne 3	**7**	**1116,5**	**159,5**	**3843,91667**

II.6 Ions chlorures (Cl^-) :

En se référant aux résultats dans le tableau ci-dessous qui reflète l'analyse descriptive entre les différents groupes de Cl-. Au point de sortie des eaux traitées, également appelé point de garde, on constate une moyenne de 755 mg/l, contrairement aux autres colonnes qui ne présentent pas de valeurs élevées dans ce paramètre.

Tableau 06 : analyse de variance un facteur entre les différents groupes de Cl^- durant une période de 3 mois (décembres 2022 à février 2023).

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Colonne 1	**8**	**6045,71429**	**755,714286**	**18634,4898**
Colonne 2	**8**	**4548,11429**	**568,514286**	**8317,67551**
Colonne 3	**8**	**5556,93333**	**694,616667**	**39758,7726**
Colonne 4	**8**	**4000**	**500**	**0**

II.7 Phosphates (PO_4^{3-})

En se référant aux résultats dans le tableau ci-dessous qui reflète l'analyse Descriptives entre les différents groupes de po43+Au point de sortie des eaux traitées également appelé

point de garde , on constater Une moyenne de 10 mg/l contrairement au autres collon qui ne présente pas un valeurs élevée présente dans ce paramètre.

Tableau 07 : analyse de variance un facteur entre les différents groupes de PO_4^{3-} durant une période de 3 mois (Décembres 2022 à février 2023).

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Colonne 1	**8**	**3,82857143**	**0,47857143**	**0,08841224**
Colonne 2	**8**	**3,73714286**	**0,46714286**	**0,08173469**
Colonne 3	**8**	**4,04**	**0,505**	**0,07433571**
Colonne 4	**8**	**80**	**10**	**0**

II.8 Calcium (Ca^{2+}) :

En se référant aux résultats dans le tableau ci-dessous qui reflète l'analyse descriptive entre les différents groupes de Ca2+. Au point de sortie des eaux traitées, également appelé point de garde, on constate une moyenne de 200 mg/l, contrairement aux autres colonnes qui ne présentent pas de valeurs élevées dans ce paramètre.

Tableau 08 : analyse de variance un facteur entre les différents groupes de Ca^{2+} durant une période de 3 mois (Décembres 2022 à février 2023).

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Colonne 1	**8**	**837,714286**	**104,714286**	**224,77551**
Colonne 2	**8**	**626,285714**	**78,2857143**	**121,632653**
Colonne 3	**8**	**700**	**87,5**	**841,071429**
Colonne 4	**8**	**1600**	**200**	**0**

II.9 Magnésium (Mg^{2+}) :

En se référant aux résultats dans le tableau ci-dessous qui reflète l'analyse Descriptives entre les différents groupes de Mg2+.Au point de sortie des eaux traitées également appelé point de garde ,

on constater Une moyenne de 59, 71 ųg /l contrairement au autres collon qui ne présente pas un valeurs élevée présente dans ce paramètre

Tableau 09 : Analyse de variance un facteur entre les différents groupes de Mg^{2+} durant une période de 3 mois (Décembres 2022 a février 2023).

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Colonne 1	**8**	**477,714286**	**59,7142857**	**183,346939**
Colonne 2	**8**	**297,142857**	**37,1428571**	**255,836735**
Colonne 3	**8**	**428,571429**	**53,5714286**	**1041,38776**
Colonne 4	**8**	**8**	**1**	**0**

II. 10 Demande chimique en oxygène (DCO) :

En se référant aux résultats dans le tableau ci-dessous qui reflète l'analyse Descriptives entre les différents groupes de DCO.Au point de sortie des eaux traitées également appelé point de garde , on constater Une moyenne de 120 mg/l contrairement au autres collon qui ne présente pas un valeurs élevée présente dans ce paramètre

Tableau 10 : analyse de variance un facteur entre les différents groupes de DCO durant une période de 3 mois (Décembres 2022 à février 2023).

Groupes	*Nombre d'échantillons*	*Somme*	*Moyenne*	*Variance*
Colonne 1	**8**	**4,43428571**	**0,55428571**	**0,01685306**
Colonne 2	**8**	**1,6**	**0,2**	**0,01231429**
Colonne 3	**8**	**3,2**	**0,4**	**0,0172**
Colonne 4	**8**	**960**	**120**	**0**

II. 11 Demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO_5) :

En se référant aux résultats dans le tableau ci-dessous qui reflète l'analyse Descriptives entre les différents groupes de DBO5.Au point de sortie des eaux traitées également appelé

point de garde , on constater Une moyenne de 35 contrairement au autres collons qui ne présente pas un valeurs élevée présente dans ce paramètre.

Tableau 11 : analyse de variance un facteur entre les différents groupes de DBO5 durant une période de 3 mois (Décembres 2022 à février 2023).

Groupes	*Nombre d'échantillons*	*Somme*	*Moyenne*	*Variance*
Colonne 1	**5**	**10,8625**	**2,1725**	**2,66726875**
Colonne 2	**5**	**7,875**	**1,575**	**1,036875**
Colonne 3	**5**	**10,375**	**2,075**	**0,851875**
Colonne 4	**5**	**175**	**35**	**0**

La conclusion

La conclusion

La conclusion :

Comme nous l'avons déjà mentionné au cours de cette étude, l'eau est une ressource naturelle essentielle à la vie. Il est donc crucial de la préserver, car sa consommation ne cesse d'augmenter en raison du développement économique. Cependant, l'eau est menacée par une pollution humaine et industrielle importante, dont l'origine, la composition et la quantité dépendent des modes de vie

Cette pollution a un effet néfaste sur l'environnement. L'objectif de notre étude était de comprendre l'impact de la qualité des eaux résiduaires industrielles rejetées par l'unité ETP II de la raffinerie de Skikda vers la mer. Nous avons tout d'abord exploité des données bibliographiques qui nous ont permis de comprendre les types et les origines de la pollution industrielle, ainsi que les principaux paramètres pouvant caractériser ces eaux résiduaires et leur impact sur l'environnement.

Ensuite, nous avons décrit le processus de traitement (la station des effluents liquides), ses unités et le mode de traitement des eaux. Nous avons ensuite abordé les analyses et le mode opératoire, en décrivant le prétraitement, l'étiquetage et l'échantillonnage, puis en détaillant les étapes successives du protocole d'analyse permettant d'évaluer les paramètres physico-chimiques tels que la conductivité, la température, les ions chlorure (Cl-), magnésium (Mg2+), calcium (Ca2+), les acides totaux (TAC, TA) la dureté totale (TH), la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biochimique en oxygène (DBO5). Nous avons comparé les résultats de nos analyses aux normes spécifiées dans le décret présidentiel du journal officiel de la République algérienne N°26 concernant la qualité de l'eau de l'usine industrielle.

Nos résultats indiquent aussi que des paramètres tels que le magnésium (Mg2+) et les ions chlorure (Cl-) dépassent les normes. Il s'est avéré que les rejets d'eau polluée de l'usine RA1K ont un impact négatif sur l'environnement. Une carence en magnésium peut avoir des conséquences considérables sur l'écosystème marin, telles que le blanchiment des algues rouges, une diminution de leur croissance et une dégradation des tissus leur périphériques de plus, la chimie du chlore dans l'eau de mer a montré qu'elle peut affecter les espèces ou bien les organismes planctoniques présents dans l'eau de transit.

Il est donc crucial de mettre en place une réglementation plus stricte pour contrôler les paramètres tels que le magnésium et les ions chlorure dans les eaux rejetées par l'usine RA1K. Des actions supplémentaires sont nécessaires pour préserver l'équilibre de l'écosystème.

La conclusion

Notre étude a révélé que la majorité des boues issues du traitement des eaux résiduaires industrielles n'ont pas été suffisamment étudiées. Cependant, ces boues ont un potentiel important pour fournir des informations supplémentaires sur la qualité de la pollution émise par l'usine. Afin de mieux comprendre l'impact environnemental,

L’exploration approfondie des boues provenant du traitement revêt une importance cruciale pour une évaluation plus précise de la pollution générée par l'usine. En poursuivant ces recherches, nous pourrons mieux comprendre les impacts environnementaux associés et mettre en place des mesures efficaces de gestion et de prévention.

Référence

Référence Bibliographique :

1_Le droit à l'eau potable et à l'assainissement. 6ème Forum mondial de l'eau.

Edition Johanet.Paris.p- 518 .

2_OMI. Manuel sur la pollution chimique,Evaluation et intervention. Section 1. Edition de 1999. Londres : Organisation Maritime Internationale (OMI).2000.p- 123 .

3_Ramade F.Les polluants de l'environnement et de l'homme dictionnaire

encyclopédique des pollutions, Ediscience international.Paris:2000.pages 13- 33-424.

4_Adapté de la définition de l'OCDE, Transboundary transfer of potentially hazardous substances .1974.

5_Dictionnaire de l'environnement. Les termes normalisés. Lexique français-anglais, anglais-français : Paris. La Défense, AFNOR, 1994.p-307.

6_Mémoire de zerrouk abdelkrim .2012.

7_ Pesson P. Pollution des eaux continentales.Paris:édition bordas, paris:1976.P-285.

8_ G. Lacourly.Les pollutions radioactives que faut-il en penser. Revue Forestière Française [en ligne], N° 23, p. 331-343

9_Ramade . Dictionnaire encyclopédique de l'eau. Paris:Edition dunod .2008. p -760.

10_André et al.L'évaluation des impacts sur l'environnement, processus, acteurs et pratique, Presses internationales Polytechnique:Québec .1999.P-316 .

11_Plandin. Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques, Bull. Ecologie.1986.p. 215-306.

12_Peter Wathern.Environmental Impact Assessment: Theory and Practice, Routledge. 1988.

13_Han F.X, Hargreaves, J, Kingery, W.L,Huggett D.B &Schlenk, D.K.

Accumulation, distribution and toxicity of copper in soils of catfish pond receiving periodic copper sulfate applications.J. Environ. Qual.Vol. 30,912.2001.

14_Tessier.A. Campbell, P.G.C. & Bisson, M,1979.sequential extraction procédure for the speciation of particulate trace metals. Anal , chem ,vol .51 ,848_851

15_Davis A.P, Shokouhian M. & Ni, S.B.Loading estimates of lead, copper

, cadmium, and zinc in urban runoff from specific sources. Chemosphere,vol .44 ,997-1009.2001.

16_Benoit. G. et Comeau, A. Méditerranée : les perspectives du Plan Bleu sur l'environnement et le développement. La Tour d' Aigues ,France : Editions de l'Aube.2005.

17_Debièche, T.H. Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et Métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle.2002.

18_Kunwar P. Singh Dinesh M. Vinod K. Singh &Amrita M.Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti river sédiments -a tributary of the Ganges ,India J,Hyd 312, 14–27.2005.

Article Water Qual. Res. J. Canada, 2006 • Volume 41, No. 4, 418–426

19_Bekkoussa. B.Origine de la salinité et des principaux éléments majeurs des eaux de la nappe phréatique de la plaine de Ghriss, Nord-ouest Algérien. Hydrological Sciences Journal, 58 (5),1111-1112 .2013.

20_ CEDRE. Les Conteneurs. Bulletin d'information du Cedre [en ligne]. 2020, n°41, 35 p. Disponible sur : https://wwz.cedre.fr/Ressources/Publications/Bulletins-d-information/n-41.

21_CHLLLE français et DELLAL Moustafa. Festival des sciences de la ville. Séminaire France. 2005.

22_Jean Paul. BEADRY- traitement des eaux. Les Edition le griffon d'agrile. Québec canada. 1984.

23_Josef PRONOST, Rakha PRONOST .office internationle de l'eau. Décembre 2002.

24_Inauguration de la nouvelle station d'épuration des eaux usées de cités en citées de campangne.

25_23_Inauguration de la nouvelle station d'épuration des eaux usées de cités en citées de Compagne.

26_Optimisation de la filtration sur sable pour le traitement des eaux Mimoires , Marrakech ,Université Cadi Ayya.

27_A. Joss, H. Siegrist, T.A. Ternes, Water Science & Technology 57-2-2008 251-255.

28_H. Siegrist, A. Joss, A. Alder, C. M. Bürgisser, A. Göbel, E. Keller, T. Ternes,

29_Document Raffinerie 2023.

30_khaled Souilah suivi de la nouvelle unité de traitement des effluents ETP II de la Raffinerie de skikda 2014.

31_Projet Réhabilitation et Adaptation de la Raffinerie de Skikda

Usine de Traitement des Effluents II

32_Norman F. Ramsey, Spectroscopy with coherent radiation : selected papers of Norman F. Ramsey with commentary, t. 21, Singapore :River Edge, N.J. World Scientific, coll. « World Scientific series in 20th century physics ».1998.P- 417.

33_khaled Souilah suivi de la nouvelle unité de traitement des effluents ETP II de la Raffinerie de skikda 2014.

34_Speziali Pierre. Histoire générale des Sciences, publiée sous la direction de René Taton. Tome III. La Science contemporaine, vol. 1 : Le XIXe siècle. In : Revue d'histoire des sciences et de leurs applications, tome 18, n°4, 1965. pp. 397-406.

35_APHA, AWWA, WEF . Standard methods for the examination of water and wastewater, 22e édition. American Public Health Association, American Water Works Association et Water Environment Federation, Washington D.C.2012.

35_ Chapitre XIV. Procédés d'oxydation avancée pour le traitement des eaux in Eaux industrielles contaminées, Presses universitaires de Franche-Comté, 2017.

36_les Protocole suivant ont pour origine l'usine Sontrach et plus particulièrement le le laboratoire de la Raffinerie 1 .

37_Randy Homles.Farley, < Chemistry and the Aquarium: What is Alkalinity?>>,Advanced Aquarist .2002.

38_Document proposé sur le site <sciences physiques en BTS >.

39_les Protocole suivant ont pour origine l'usine Sontrach et plus particulièrement le le laboratoire de la Raffinerie 1(D1067).

40_informations construction et entretien du bassin chimie de l'eau .

41_les Protocole suivant ont pour origine l'usine Sontrach et plus particulièrement le le laboratoire de la Raffinerie 1 (ASTM D 1126).

42_RODIER J. L'analyse de l'eau. 7ème éd. Paris : Dunod, 1984.

43_les Protocole suivant ont pour origine l'usine Sontrach et plus particulièrement le le laboratoire de la Raffinerie 1 (ASTM D512).

44_Chapitre XIV. Procédés d'oxydation avancée pour le traitement des eaux in Eaux industrielles contaminées, Presses universitaires de Franche-Comté, 2017.

45_les Protocole suivant ont pour origine l'usine Sontrach et plus particulièrement le le laboratoire de la Raffinerie 1 (ASTM D 515-72).

46_Hard water Une eau fortement minéralisée est « dure à mousser » avec du savon, d'où le terme de dureté.

47_C. E. Housecroft et A. G. Sharpe, Inorganic Chemistry: solutions manual, Prentice Hall, 2008, 3e éd., 368 p.

48_Les Protocole suivant ont pour origine l'usine Sontrach et plus particulièrement le la laboratoire de la Raffinerie 1 (UOP 514)

49_ECKENFELDER W,W,(1982) Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Ed. Lavoisier. Paris,503p.

50_GOMELLA C, GUERREE H,(1978) « les eaux usées dans les agglomérations urbain u rurales :(2) le traitement », Edition Eyrolles , Parise, 277p,ce.

51_Les Protocole suivant ont pour origine l'usine Sontrach et plus particulièrement le laboratoire de la Raffinerie 1 (UOP 514).

52_Le droit à l'eau potable et à l'assainissement. 6ème Forum mondial de l'eau.

Edition Johanet, Paris, 518 p.

53_OMI. Manuel sur la pollution chimique,(2000)Evaluation et intervention. Section 1. Edition de 1999. Londres : Organisation Maritime Internationale (OMI), 123 p.

ANNEXE

A01 : Les résultats de la mesure de température.

La Date	PG12	PG01	PG02	La norme	Unité
1	23	23	22	30	°C
2	24	24	23	30	°C
3	21	25	19	30	°C
4	24	22	22	30	°C
5	15	18	23	30	°C
6	28	16	18	30	°C
7	27	16		30	°C

A02 : Les résultats de la mesure de pH.

La Date	PG12	PG01	PG02	Intervalle de norme	La norme
1	8,1	7,8	7,4	6,5	8,5
2	7,5	7,4	7,7	6,5	8,5
3	7,5	7,8	7,7	6,5	8,5
4	7,2	7,4	7,9	6,5	8,5
5	7,8	7,9	7,1	6,5	8,5
6	7,8	7,6	6,9	6,5	8,5
7	7,8	7,1	7	6,5	8,5

A03 : Les résultats de la mesure de Conductivité**.**

La Date	PG12	PG01	PG02	La norme	Unité
1	**562**	**1790**	**1518**	**2800**	**µS/cm**
2	**806**	**1955**	**1418**	**2800**	**µS/cm**
3	**577**	**1843**	**1211**	**2800**	**µS/cm**
4	**1991**	**1840**	**1886**	**2800**	**µS/cm**
5	**3969**	**1870**	**1756**	**2800**	**µS/cm**
6	**1009**	**2040**	**2330**	**2800**	**µS/cm**
7	**1003**	**1772**	**2450**	**2800**	**µS/cm**

A04 : Les résultats de la mesure de TA.

La Date	PG12	PG01	PG02
1	**<0 ,5**	**<0,5**	**<0,5**
2	**<0,5**	**<0,5**	**<0,5**
3	**<0,5**	**<0,5**	**<0,5**
4	**<0,5**	**<0,5**	**<0,5**
5	**<0,5**	**<0,5**	**<0,5**
6	**<0,5**	**<0,5**	**<0,5**
7	**<0,5**	**<0,5**	**<0,5**

A05 : Les résultats de la mesure de TAC

La Date	PG12	PG01	PG02
1	70	130	41
2	86	78	43
3	122	89	67
4	90	71	66
5	97	80	84
6	112	67	79
7	127	64	

A06 : Les résultats de la mesure de TH.

La date	PG12	PG01	PG02
01	160	102	74
02	168	96	73
03	123	142	180
04	145	120	210
05	160	126	200
06	160	100	220
07	120	105	

A07 : Les résultats de la mesure de Cl^-.

La date	PG12	PG01	PG02	La norme
01	812	543,9	487,7	500
02	966	596	374	500
03	746	653	675	500
04	741	575	730	500
05	870	624,8	943	500
06	633	626,2	958	500
07	522	360,7		500

A08 : Les résultats de la mesure de PO_4^{3-}.

La Date	PG 12	PG 01	PG 02	La norme	Unité
1	1,13	0,17	0,5	10	mg/l
2	0,33	0,05	1,03	10	mg/l
3	0,35	0,80	0,23	10	mg/l
4	0,37	0,27	0,61	10	mg/l
5	0,12	0,48	0,55	10	mg/l
6	0,45	0,75	0,11	10	mg/l
7	0,6	0,75		10	mg/l

A09 : Les résultats des mesures pour le Mg^{+2}.

La date	PG 12	PG 01	PG 02	La norme	Unité
1	**100**	**70**	**45**	**200**	**mg/l**
2	**98**	**64**	**60**	**200**	**mg/l**
3	**110**	**80**	**120**	**200**	**mg/l**
4	**85**	**80**	**100**	**200**	**mg/l**
5	**120**	**100**	**130**	**200**	**mg/l**
6	**90**	**84**	**70**	**200**	**mg/l**
7	**130**	**70**		**200**	**mg/l**

A10 : Les résultats des mesures pour le Ca^{2+}.

La date	PG	PG01	PG02	La norme	Unité
1	**60**	**32**	**29**	**1**	**mg/l**
2	**70**	**32**	**13**	**1**	**mg/l**
3	**70**	**32**	**13**	**1**	**mg/l**
4	**70**	**60**	**70**	**1**	**mg/l**
5	**38**	**62**	**80**	**1**	**mg/l**
6	**40**	**26**	**70**	**1**	**mg/l**
7	**70**	**16**	**100**	**1**	**mg/l**

A11 : Les résultats de la mesure de DCO.

La date	PG12	PG01	PG02	La norme
01	**0,54**	**0,14**	**0,56**	**120**
02	**0,58**	**0,26**	**0,40**	**120**
03	**0,68**	**0,10**	**0,47**	**120**
04	**0,62**	**0,21**	**0,33**	**120**
05	**0,71**	**0,13**	**0,51**	**120**
06	**0,31**	**0,12**	**0,13**	**120**
07	**0,44**	**0,44**		**120**

A12 : Les résultats de la mesure de DBO5.

La date	PG12	PG01	PG02	La norme	Unité
1	**3,1**	**1,3**	**2,1**	**35**	**g/t.**
2	**1,2**	**0,7**	**3,3**	**35**	**g/t.**
3	**0,09**	**1**	**0,7**	**35**	**g/t.**
4	**4,3**	**3,3**	**2,2**	**35**	g/t.

A13 : Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinÈes ‡ líalimentation en eau potable des populations

ANNEXE

Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Echelle Pt	200	20
	Odeur (taux dilution à 25°)	—	20	3
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l Ci	600	500
	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité	µS/cm à 20°C	2800	2800
	Demande biochimique en oxygène (DBO 5)	mg/l O2	7	< 3
	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O2	30	—
	Matières en suspension	mg/l	25	25
	Sulfates	mg/l SO4	400	400
	Taux de saturation en oxygène dissous	% O2	30	> 70
	Température	°C	25	25
	Ammonium	mg/l	4	0,5

ANNEXE (suite)

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres chimiques	Baryum	mg/l	1	0,7
	Bore	mg/l	1	1
	Fer dissous	mg/l	1	0,3
	Fluor	mg/l	2	1,5
	Manganèse	mg/l	1	0,05
	Nitrates	mg/l NO3	50	50
	Phosphore	mg/l	10	5
	Arsenic	µg/l	100	10
	Cadmium	µg/l	5	5
	Chrome	µg/l	100	50
	Cuivre	Mg/l	2	0,05
	Cyanures	µg/l	100	50
	Mercure	µg/l	10	6
	Plomb	µg/l	50	10
	Sélénium	µg/l	50	10
	Zinc	mg/l	5	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques	µg/l	1	0,2
	Hydrocarbures dissous	µg/l	1000	10
	Phénols	µg/l	2	0,5
	Agents de surface	mg/l	0,5	0,2
	Azote Kjeldhal	mg/l	3	1
	Pesticides	µg/l	1	0,5
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	20.000	20
	Entérocoques	n/100ml	10.000	20
	Salmonelles	—	Absence dans 1000 ml	Absence dans 5000 ml