

جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة		جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة
Faculté des Sciences		كلية العلوم
Departement de sciences de la vie et de la nature		قسم علوم الطبيعة والحياة

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences biologiques

Option: Biochimie appliquée

Thème

**Etude et suivi des effluents liquides
dans l'unité de traitement du complexe
RA2K**

Réalisé par :

- BENREDOUANE MERIEM
- BERDOUDI MOUNA
- BOURRICH HADYL
- BOUDJELIDA CHAHINEZ

Devant le jury :

Président : Belhadj Mohamed Zine
Examinateur : Bouhayane Salah
Promoteur : Mezedjri Lyamine

Jun 2024

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers le bon Dieu, très clément, pour sa sainte miséricorde. Sa guidance, sa force et sa patience nous ont accompagnés tout au long de cette aventure, nous permettant ainsi de réaliser et d'accomplir ce travail.

*Nous souhaitons adresser un remerciement du fond du coeur à notre encadrant, Mr le Professeur **Mezedjri Lyamine**. Son soutien indéfectible, ses précieux conseils et son expertise ont été essentiels durant l'élaboration de ce mémoire. Sa patience, son encouragement et sa disponibilité ont été des sources d'inspiration et d'aide inestimables. Nous tenons également à exprimer notre gratitude la plus chaleureuse à monsieur le chef service **Bouchama Fatah** et tous les membres du laboratoire de chimie du Topping de SKIKDA. Leur collaboration et leur soutien ont été précieux pour mener à bien ce projet. Nos sincères remerciements vont également à nos familles et à nos amis. Leur soutien constant, leur amour et leur compréhension tout au long de cette aventure ont été une source de motivation incommensurable. Leur présence à nos côtés, même dans les moments les plus difficiles, nous a donné la force de persévérer.*

Enfin, nous sommes profondément reconnaissants envers toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

A ma merveilleuse mère

À celle que Dieu a placé le paradis sous ses pieds, dont le coeur m'a accueilli avant ma naissance et a facilité mes épreuves par ses prières, au coeur tendre et à la bougie qui ont été le secret de ma force et de mon succès dans les nuits sombres, **mon paradis..... Qu'Allah ait son âme.**"

A mon cher père

Que Dieu le protège. "À celui qui m'a soutenu sans limites et donné sans attendre en retour, à celui qui m'a appris que la vie est un combat dont l'arme est le savoir et la connaissance, mon premier soutien dans mon parcours, mon pilier, ma force et mon refuge après Dieu, ma fierté et mon honneur."

À celui que Dieu a soutenu avec mes bras et qui a été le meilleur soutien." mes frères **Oussama, Haitem** et ma soeur **Asma**.

A tous mes amis

Qui sont comme des bougies éclairant mon chemin.

À ma tante (Samira)

Qui m'a soutenu, je la remercie beaucoup pour ses conseils.

Je vous remercie énormément, Monsieur « **Salah Dine Nakab** », pour votre précieuse contribution à l'achèvement de ce travail.

Enfin, j'offre mes bénédictions à tous ma seur qui m'ant soutenu dans l'accomplissement de ce travail.

CHAHINEZ BOUDJELIDA

Dédicace

Après avoir exprimé ma sincère gratitude envers Dieu, je dédie humblement ce travail à :

À la personne la plus chère à mon coeur, celle qui m'a donné la vie, qui m'a accompagnée tout au long de mon chemin, et qui m'a encouragée à avancer avec patience et sacrifice... Un immense merci à toi, ma **chère maman**.

À mon **cher papa**, dont la chaleur paternelle m'a toujours réconfortée, je lui suis reconnaissante pour ses sacrifices et ses encouragements qui ont contribué à ma réussite.

À mon unique et précieux frère **Islam**, qui a toujours été un exemple de persévérance, de courage et de générosité pour moi.

À ma soeur de coeur, **Aridje**, pour sa présence et son soutien constants.

À toute ma grande famille et à mes chères amies **Ikram, Amani, Houda, Safa, Ghada** que j'aime.

À toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, en particulier **Salah Nakkab**.

Et à toutes les personnes que j'aime et qui m'aiment.

Hadil

Dédicace

Du profond de mon cœur je dédie ce travail à toute personne chère pour moi,

À mes chers parents

Qui m'ont toujours encouragés à poursuivre ce parcours et m'ont soutenus de manière inconditionnelle, je vous remercie pour l'amour et le soutien que vous me portés, et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Qu'Allah

vous accorde la santé, le bonheur et longue vie

À mes chers frères

Hamza et Zakaria qui ont été toujours présents pour moi, merci pour votre présence dans ma vie

À mes amis précieux

Amani, Nina, Hadjer, Chaima, Roukia pour votre soutien constant et vos encouragements tout au long de ce parcours. Vos conversations inspirantes et votre fierté à chaque étape de ma vie universitaire ont renforcé ma détermination à réussir.

À mes chers Quadrinôme

Meriem mon amie, **Hadil**, **Chahinez** qui ont partagé avec moi les moments de réussite de ce parcours académique. Merci pour votre engagement et votre collaboration sans faille.

À toutes les personnes qui ont apporté leur contribution à la réalisation de ce travail, notamment **Salah Nakkab et Haroun Meziani**

Mouna.

Dédicace

Je dédie ce travail modeste à toute personnes chères pour moi, à mon **papa**, mon pilier, et **mama** ma constellation dans le ciel obscur, à mes deux soeurs **Mounia** notre future médecin, **Chiraz** ma cavalière, mon petit frère d'amour

Abd El Baki et à mon chat tout mignon **Léo**.

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude à mon âme soeur "**Nawras**", à "**Nadine**" mon petit packet de joie, à mon amie "**Amira**" et à **Dajlil** qui m'a écouté me plaindre de ce mémoire toute l'année, votre présence dans ma viesignifie pour moi bien plus que ce que les mots peuvent exprimer.

Je suis également reconnaissante envers mon groupe « **Mouna** mon amie d'adolescence, **Hadil** et **chahinez** » merci d'avoir partagé ce travail avec moi.

Je remercie au fond de mon cŒur chaque personne qui m'a aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce mémoire, en particulier **Dr. Boudinar Yamina**,

Ali Fares et Mohamed Labeled.

Et finalement je me remercier moi-même de ne pas avoir abandonné et de continuer tout le long de ce chemin.

« **Long story short, i survived** »

Meriem.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 : GENERALITES	
1.1. Introduction.....	3
1.2. Définition scientifique des effluents industriels	3
1.3. Types des effluents industriels	3
1.4. Composition des eaux usées	4
1.5. Caractéristiques des eaux usées	4
1.5.1. Paramètres physico-chimiques	5
a Température.....	5
b Conductivité	5
c Potentiel hydrogène «pH »	5
d MES.....	5
e TDS.....	5
f Oxygène dissous	6
g DBO5 (Demande biochimique on oxygène)	6
h DCO (Demande chimique en oxygène)	6
i Rapport DBO5/DCO	6
1.5.2. micro –polluants.....	6
a ChromeCuivre Zinc.....	6
b Hydrocarbures	7
1.5.3. Paramètres biologiques	7
a L'activité des microorganismes.....	7
b Présence des micro-organismes indicateurs de pollutions fécales.....	8
1.6. Stations d'épuration des eaux résiduaires industriels.....	8
1.6.1. Procédés de traitement des eaux des effluents	8
1.6.1.1. Prétraitement	8
a. Dégrillage.....	9
b. Déssablage	9
c. Dégraissage-déshuilage	9
1.6.1.2. Traitement primaire.....	9
a. Les particules colloïdales	9
b. Coagulation-floculation	9

c.	Décantation	11
1.6.1.3.	Traitement secondaire (biologique)	12
1.6.1.4.	Traitement tertiaire	12
1.7.	Conformité aux normes environnementales.....	13
1.7.1.	Normes de rejets des effluents industriels	13
1.7.2.	Impacts de rejets des effluents industriels.....	13
1.8.	Conclusion	15

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1.	Introduction	17
2.2.	Présentation de la zone d'étude	17
2.2.1.	Le complexe Topping du condensat RA2K.....	17
2.2.1.1.	Description des installations du complexe Topping Condensat	18
2.2.1.1.1.	Philosophie d'exploitation.....	18
2.2.1.1.2.	Conception générale du complexe.....	19
2.2.1.1.3.	Déscription de l'unité 500	19
2.2.1.1.4.	Traitement des eaux des effluents.....	20
a.	Prétraitement	22
b.	Traitement primaire.....	22
c.	Traitement secondaire.....	24
d.	Traitement tertiaire	24
2.3.	Zone d'échantillonnage	26
2.4.	Stratégie d'échantillonnage.....	26
2.5.	Matériels et méthodes.....	27
2.5.1.	Méthodes d'analyses physico-chimiques	28
2.5.1.1.	Détermination du pH, CE, TDS, T°	28
2.5.1.2.	Mesure de l'O ₂ dissous.....	29
2.5.2.	Méthodes d'analyses des paramètres de pollution.....	30
2.5.2.1.	Mesure de MES.....	30
2.5.2.2.	Mesure de DBO ₅	31
2.5.2.3.	Mesure des hydrocarbures	32
2.5.2.4.	Mesure de DCO.....	35
2.5.2.5.	Dosage de zinc	37

2.5.2.6. Dosage de cuivre.....	39
2.5.2.7. Dosage de chrome	40
2.5.2. Donnés et méthodes de collecte.....	40
2.5.3. Méthodes d'analyses statistiques	41
2.5.3.1. Introduction	41
2.5.3.2. Description des donnés	41
2.5.3.3. Test de l'analyse de variance.....	41
2.6. Conclusion	42

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Introduction	44
3.2. Résultats des analyses statistiques	44
3.2.1. Description des donnés	44
3.2.2. Analyse de la variance ANOVA : résultats statistiques	50
CONCLUSION GENERALE	55

Résumé :

L'augmentation de la pollution des eaux par diverses substances organiques et non organiques, issues des eaux usées industrielles rejetées en mer, pose une véritable menace pour la biodiversité aquatique et crée de sérieux problèmes pour l'humanité.

L'objectif de cette étude vise à évaluer la qualité des eaux rejetées et l'efficacité de leur traitement à la station d'épuration. On a effectué des analyses sur plusieurs paramètres de pollution, tels que la température, le pH, la conductivité électrique, les solides dissous totaux, l'oxygène dissous, les matières en suspension, ainsi que divers ions métalliques et les charges organiques, pendant 8 jours au niveau de laboratoire du complexe RA2K Skikda.

On a utilisé des méthodes d'analyses statistiques pour interpréter les résultats. La description des données récoltées montre une diminution de la pollution après le traitement des effluents industriels pour tous les paramètres de rejet du complexe.

Les résultats obtenus à partir des analyses statistiques, incluant l'analyse de la variance (ANOVA), indiquent qu'il n'y a pas eu d'amélioration significative de la qualité des eaux après traitement au sein du complexe.

Ces conclusions soulignent une préoccupation sérieuse quant à l'impact environnemental et mettent en lumière la nécessité d'améliorer les méthodes de traitement des eaux usées industrielles.

Mots clés : pollution, eaux usées, traitement, effluents, Anova

Abstract:

The increasing pollution of water by various organic and inorganic substances from industrial wastewater discharged into the sea poses a significant threat to aquatic biodiversity and creates serious issues for humanity.

The objective of this study was to assess the quality of discharged water and the effectiveness of its treatment at the purification plant. Analyses were conducted on several pollution parameters such as temperature, pH, electrical conductivity, total dissolved solids, dissolved oxygen, suspended solids, as well as various metal ions and organic charges, over 8 days at the laboratory level of the RA2K Skikda complex.

Statistical analysis methods were employed to interpret the results. The data description indicates a reduction in pollution after treatment of industrial effluents for all discharge parameters of the complex.

However, the results from statistical analyses, including Analysis of Variance (ANOVA), suggest there was no significant improvement in water quality after treatment within the complex.

These conclusions highlight serious concerns regarding environmental impact and underscore the need to improve methods for treating industrial wastewater.

Keywords: pollution, wastewater, treatment, effluents, ANOVA

ملخص:

زيادة تلوث المياه بمختلف المواد العضوية وغير العضوية، المنبثقة عن مياه الصرف الصناعي التي تُفرغ في البحر، تشكل تهديداً حقيقياً للتنوع البيولوجي في المياه وتسبب مشاكل خطيرة للبشرية.

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم جودة مياه الصرف وفعالية معالجتها في محطة التنقية. تم إجراء تحاليل على عدة معايير للتلوث، مثل درجة الحرارة، والرقم الهيدروجيني، والتوصيلية الكهربائية، والمواد الصلبة المذابة الكلية، والأوكسجين المذاب، والمواد العالقة، وكذلك مختلف أيونات المعادن والشحوم العضوية، على مدار 8 أيام على مستوى مختبر مجمع تكرير النفط المكثف بسكيكدة.

تم استخدام أساليب التحليل الإحصائي لتفسير النتائج. وتُظهر وصف البيانات المجمعة انخفاضاً في التلوث بعد معالجة مياه الصرف الصناعي لجميع معايير إخراج المجمع.

ومع ذلك، تشير نتائج التحاليل الإحصائية، بما في ذلك تحليل الانحدار التحليلي (انوفا)، إلى عدم وجود تحسن كبير في جودة المياه بعد المعالجة داخل المجمع.

تؤكد هذه الاستنتاجات قلقاً جدياً بشأن الأثر البيئي وتسلط الضوء على ضرورة تحسين طرق معالجة مياه الصرف الصناعي.

الكلمات الرئيسية: تلوث، مياه صرف، معالجة، ناتج الصرف، انوفا.

Liste d'abréviations

- PH** : potentiel hydrogène
- DBO5** : Demande biologique en oxygène pendant cinq jours.
- DCO** : Demande chimique en oxygène
- MES** : Matière en suspension
- TDS** : Totale des sels dissous
- CE** : Conductivité électrique
- uS/cm** : Micro siemens par centimètre
- °C**: degrés Celsius
- TH** : Titre Hydrotimétrique
- nm** : nanomètre
- µm** : micromètre
- TA** : titre alcalimétrique
- TAC** : titre alcalimétrique complet
- THCa²⁺** : dureté calcique
- THMg²⁺** : dureté magnésien
- Cu⁺²** : Cuivre
- Zn⁺²** : Zinc
- Cr⁺⁶** : Chrome
- RA2K** : Complexe Topping du condensat
- RA1K** : Raffinerie de Skikda
- SAA** : spectroscopie d'absorption atomique
- UV** : Ultra-violet.
- EDTA** : acide éthylène diamine tétracétique
- Ppm** : partie par million.
- x**: moyenne arithmétique
- S** : écart-type
- ddl** : degrés de libertés
- Fobs** : valeur F de Fisher
- SCE** : somme carré des écarts
- CM** : carré moyen
- Xmax** : Valeur maximale
- Xmin** : Valeur minimale

Listes des tableaux

Tableau 1 : Dérivés des Sels d'Aluminium Et de Fer

Tableau 2 : Normes Algériennes des rejets des effluents liquides

Tableau 3 : Physiopathologie (aigüe et chronique) et effets sur la santé associés aux microbiens pathogènes dans l'eau

Tableau 4: Instrument utilisé dans les analyses

Tableau5: Paramètres statistiques de la description des données avant traitement

Tableau6 : Paramètres statistiques de la description des données après traitement.

Tableau7 : Température en fonction de station

Tableau8 : pH en fonction de station

Tableau9: Conductivité en fonction de station

Tableau10: TDS en fonction de station

Tableau11: MES en fonction de station

Tableau12 : O2 en fonction de station

Tableau13 :Zinc en fonction de station

Tableau14 : Cuivre en fonction de station

Tableau15 : COD en fonction de station

Tableau16:Hydrocarbures en fonction de station

Listes des figures

Figure 1: Coagulation-Floculation

Figure 2: Plan de situation du complexe RA2K

Figure 3: Principe de fonctionnement de l'unité traitement des effluents

Figure 4: Procédés du traitement des eaux des effluents

Figure 5: Bassin dégrilleur

Figure 6 : Bacs d'injection chimique

Figure 7: Bassins de flottation:

Figure 8: Bassin CASS

Figure 9: Bassin BAF

Figure 10: Entrée/Sortie rejet

Figure 11 : pH mètre

Figure 12: Capteur d'oxygène dissous

Figure 13: mesure de MES

Figure 14: Incubateur DBO5

Figure 15: Porte ampoule

Figure 16: Filtration de la phase organique

Figure 17: Cellule de l'analyseur de l'hydrocarbure

Figure 18 : Analyseur OCMA-350

Figure 19: Préparation de l'échantillon

Figure 20 : DRB200

Figure 21: Préparation de la solution

Figure 22: Spectrophotomètre UV visible

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Le monde est confronté à des problèmes liés à la gestion des eaux usées. Ceci est dû à une forte industrialisation, à une augmentation de la densité de population et à des sociétés fortement urbanisées. Les effluents produits par les activités domestiques et industrielles constituent les principales sources de charge de contamination de l'eau naturelle. Il s'agit d'un poids considérable en termes de gestion des eaux usées et peut ainsi entraîner un problème de contamination ponctuelle, ce qui augmente considérablement les coûts de traitement, mais présente également une large gamme de polluants chimiques et de substances étrangères microbiennes aux sources d'eau. [1]

Les eaux des effluents sont des contributeurs majeurs à divers problèmes de pollution de l'eau. La plupart des villes des pays en développement génèrent en moyenne de 30 à 70 m³ d'eaux usées par personne et par an. En raison du manque ou de l'insuffisance des installations de traitement des eaux usées, les effluents sont souvent rejetés dans les sources d'eau de surface, qui sont des réceptacles pour les déchets domestiques et industriels, entraînant ainsi une pollution. La mauvaise qualité des effluents des eaux usées est responsable de la dégradation du corps récepteur d'eau de surface. [2]

L'Algérie est en train de mener à bien des efforts à investir des sommes colossales pour gagner la bataille de la disponibilité de la ressource hydrique et s'engage avec la même détermination dans sa gestion, de sa protection, de sa préservation et son recyclage sur tout le territoire. Mais la qualité de celle-ci fait référence aux caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.

La région de Skikda a toujours des problèmes liés à la qualité des eaux. Cette situation est le résultat de l'accroissement démographique, de l'extension des tissus Industriels et du développement agricole. Cette situation est surtout observée dans les pays les moins développés là où les problèmes techniques liés au traitement sont les plus aggravés [3]

L'objectif de notre travail consiste à vérifier l'efficacité du traitement des effluents de la raffinerie (RA2K) Skikda et à nous assurer que les eaux rejetées ne dépassent pas certaines teneurs en paramètres, telles que celles établies par les normes algériennes requises pour les eaux usées industrielles. Ces seuils sont conçus pour protéger l'environnement et la santé publique en régulant la concentration des substances dans les eaux rejetées.

CHAPITRE I: GENERALITES

Chapitre I : Généralités

1.1. Introduction

L'eau est un des éléments essentiels pour la plupart des grandes entreprises industrielles.

Après avoir été utilisée, la plus grande partie de cette eau usée est retournée à l'environnement. Comme elle est habituellement chargée en matière organique, elle devient une source de pollution importante pour le milieu qui la reçoit. L'impact des effluents industriels est aujourd'hui une réalité manifeste, et une menace sérieuse à moyen terme pour la qualité des eaux de surface et des nappes souterraines. [4]

Dans ce premier chapitre intitulé "Généralités", nous aborderons initialement une définition des eaux résiduaires industrielles ainsi que leurs principaux paramètres de pollution. Ensuite, nous examinerons l'impact de certains composants les plus dangereux des effluents sur l'environnement et la santé, ainsi que leurs traitements au niveau des stations d'épuration. Enfin, nous étudierons les réglementations qui imposent des normes de rejet des effluents dans les eaux superficielles.

1.2. Définition scientifique des effluents industriels

Les eaux résiduaires industrielles sont les eaux rejetées ou générées lors des processus de production industrielle et qui ne sont pas utilisées immédiatement dans ces processus. Ces eaux sont issues des installations commerciales ou industrielles, à l'exception des eaux usées domestiques et des eaux de ruissellement. Souvent, leur diversité et la présence de substances inappropriées ou dangereuses, comme les hydrocarbures, les graisses, les détergents ou les micropolluants, exigent un traitement spécifique. Avant leur rejet dans les égouts, les normes de rejet établissent des limites strictes sur les concentrations de substances polluantes présentes dans ces eaux. [5]

1.3. Les types des effluents industriels

Les rejets industriels peuvent être classés en fonction du domaine d'activité de l'industrie qui les produit

Les effluents colorés : les colorants sont largement utilisés, que ce soit dans l'industrie textile et du cuir pour teinter les tissus et les peaux, dans l'agroalimentaire pour donner de la couleur aux gâteaux, aux bonbons et aux boissons, ou encore dans les papeteries, le traitement de surface, ainsi que la fabrication d'encre et de peintures.

- Les effluents de l'industrie laitière : ils sont principalement constitués des eaux utilisées pour le pré-rinçage, le rinçage intermédiaire et le nettoyage en place, Ces effluents contiennent également des pertes de matières premières, équivalant à 1 à 3% du lait traité. [6]

Chapitre I : Généralités

- les effluents issus des industries agroalimentaire y compris les produits agricoles (pesticides, insecticides, engrais...), les produits alimentaires, les produits de valorisation.
- les effluents de la galvanoplastie qui sont chargés de métaux lourds ;
- les effluents issus de l'industrie pharmaceutique, cosmétique, pétrochimique chimique ;
- l'industrie des hydrocarbures, raffineries unités pétrochimiques ;
- les effluents urbains non traités.
- les effluents qui proviennent des machines, de tuyauterie, des cuves, des canalisations publiques.
- les effluents qui proviennent des accidents des camions de transport des liquides (hydrocarbures, substances chimiques...), écoulement des bateaux de transport. [7]

Ces effluents engendrent des matières polluantes, des substances toxiques, qui doivent être traitées rigoureusement et régulièrement [7]

1.4. Composition des eaux usées

Les eaux usées présentent une grande variabilité de débits et de composition. Leur contenu peut inclure, à des concentrations variables :

- Des matières en suspension, pouvant être plus ou moins facilement décantables ou coagulables ;
- Des matières colloïdales ou émulsionnées telles que des argiles, des microorganismes, des macromolécules hydrophobes comme les huiles, les graisses, les hydrocarbures, etc. ;
- Des matières en solution d'origine organique ou minérale, ainsi que sous forme de gaz dissous ;
- Des microorganismes, qu'ils soient végétaux (algues, plancton) ou animaux (protozoaires, bactéries, etc.) [8]

1.5. Caractéristiques des eaux résiduaires industrielles

Les plus importants paramètres de pollution des effluents tirés du décret exécutif algérien n°06-141 du 23 avril 2006, qui déterminent la qualité des eaux de rejet sont : la température, le potentiel d'hydrogène pH, la demande chimique en oxygène DCO, la demande biologique en oxygène DBO5, les matières en suspension MES, les éléments fertilisants, les métaux lourds, les huiles et graisses, et hydrocarbures.

Chapitre I : Généralités

1.5.1 Paramètres physico-chimiques

a. Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂), la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. Elle agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de la croissance des microorganismes vivant dans l'eau. [9]

b. Conductivité électrique (CE)

Par définition, la conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. La conductivité électrique (en $\Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ ou S m^{-1}) est l'inverse de la résistivité électrique (en $\Omega \text{ m}$). [10]

c. Potentiel hydrogène

Le potentiel hydrogène ou pH est un paramètre général important de l'eau, qui dépend de la température. À l'équilibre, le pH est relié à l'activité des protons a_H par la relation $\text{pH} = -\log_{10} a_{\text{H}}$. Sa mesure est considérée comme la résultante de tous les couples acido-basiques présents dans l'eau (c'est un paramètre de somme). [10]

d. MES

Les MES comprennent les matières décantables qui correspondent à celles qui se déposent au repos pendant une durée fixée conventionnellement à 2 heures (détermination par volumétrie) et les matières colloïdales qui représentent les autres matières en suspension de diamètre inférieur à 1 μm . La mesure de la MES permet ainsi de connaître la quantité de matières particulières décantables et colloïdales, organiques et/ou minérales, présentes dans l'eau. [10]

e. TDS

TDS (de l'anglais *Total Dissolved Solids*) ou « Total des Solides Dissous » est une valeur utilisée pour évaluer la qualité de l'eau. L'unité de mesure pour le TDS est exprimée en mg/l ou encore en ppm (parts per millions). Elle détermine la quantité totale des substances organiques et inorganiques dissoutes dans un liquide. [11]

Chapitre I : Généralités

f. Oxygène dissous

L'oxygène dissous dans l'eau est indispensable à toute forme de vie aquatique. Il provient principalement de l'atmosphère et de la photosynthèse des algues. La teneur s'exprime en mg L⁻¹ ou en pourcentage de saturation en oxygène. [10]

g. La demande biochimique en Oxygène en 5 jours DBO5

La demande biochimique en oxygène sur cinq jours, également connue sous le nom de DBO5, est le paramètre le plus largement utilisé pour évaluer la pollution organique dans les eaux usées.

Elle permet d'évaluer la fraction biodégradable de la charge polluante carbonée des eaux usées car elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes (bactéries) pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement en CO₂. Cette mesure est réalisée après cinq jours d'incubation à l'obscurité à 20 °C. [10]

h. La demande chimique en oxygène DCO

La demande chimique en oxygène DCO évalue la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement les fractions de matière organique présentes dans les eaux usées, en utilisant du dichromate de potassium dans une solution acide. Cette méthode analytique est très utile car il a la capacité d'exécuter le test rapidement. Cette méthode analytique est considérée non seulement comme simple, rapide, sûre, économique, fiable et efficace mais également peu polluante. [12]

i. Rapport DBO5/DCO

Le rapport entre la DBO5 et la DCO permet alors d'évaluer la dégradation biochimique des substances dans l'eau. On définit ainsi un degré de dégradation biochimique noté α dont la valeur est comprise entre 0 et 1. Plus α est proche de 1, plus la quantité de substances dégradables biochimiquement est élevée. $\alpha = \text{DCO}/\text{DBO}$ [10]

1.5.2. Les micros polluants

a. Chrome

Le chrome élémentaire est un métal gris lustré qui résiste très bien aux agents corrodants ordinaires. Bien qu'on ait identifié plus de 40 minéraux contenant du chrome, et que le chrome soit parmi

Chapitre I : Généralités

les éléments les plus abondants sur terre, il ne se rencontre généralement qu'à l'état de traces (à des concentrations inférieures à 1 000 µg/g) dans le sol et les roches de surface (croûte terrestre). Presque tout le chrome trouvé dans les roches formant la croûte terrestre est trivalent; le minéral le plus important renfermant ce métal est la chromite, FeCr_2O_4 . Le chrome est présent sous forme de métal mais aussi sous forme d'alliages et minerais (ferrochrome ; Chromel ; Minerai de chromite) ; de cations (Cr^{2+} ; Cr^{3+} ; Cr^{6+}), d'anhydrides de l'acide chromique. Le chrome a d'autres composés tels que le chromate de zinc, le chromate de plomb, le sulfochromate de plomb, le rouge de chromate et de molybdate. [13]

b. Cuivre

Le cuivre est un oligo-élément essentiel. C'est un métal rouge ou orangé, ductile, malléable et conducteur. Il a été le premier métal travaillé par l'Homme et il est présent dans de nombreux alliages et composés.

Il possède une très grande conductivité électrique et présente une certaine résistance à la corrosion. Le cuivre présente aussi des propriétés antisalissure. [14]

c. Zinc

Le zinc est un métal blanc bleuâtre brillant, est situé dans le groupe IIB du tableau périodique.

À température ambiante, il présente une structure cassante et cristalline, mais il devient ductile et malléable lorsqu'il est chauffé entre 110°C et 150°C. Le zinc émis par les industries contribue en grande quantité aux eaux usées et doit être traité ou récupéré. [15]

En raison de sa toxicité, il est inacceptable de rejeter les eaux usées non traitées contenant du zinc, car cela entraîne la bioaccumulation de ce métal dans l'écosystème [16]

d. Les Hydrocarbures

Nommés aussi pétroles bruts, ils sont formés de trois catégories de composés alcanes, aromatique légers, aromatiques lourds. Ces composants se caractérisent par une hydrophobie élevée, une faible solubilité dans l'eau, une capacité d'adsorption élevée et une solubilité aliphatique élevée. [17]

1.5.3. Paramètres biologiques :

1.5.3.1. L'activité des microorganismes :

Les principaux types de micro-organismes présents dans les effluents des eaux usées sont des virus, des bactéries, des champignons, protozoaires et helminthes, ils jouent de nombreux rôles bénéfiques

Chapitre I : Généralités

- Les micro –organismes sont également impliqués dans le recyclage des nutriments tels que le phosphate ,l'azote, et les métaux lourds .En décomposant les matières organiques mortes ils libèrent ces nutriments pour soutenir la vie d' autres organismes
- Ils sont essentiels ourdétoxifier les eaux usées contenant des substances toxiques tes que de drainage acide des mines.
- Leur présence lors des différentes phases de traitement peut accroître la dégradation des solides, entraînant moins de production des boues.

Ils peuvent être utilisés comme indicateurs de la qualité de l'eau, permettant d'évaluer le risque de présence de pathogène spécifique dans les eaux usées. [1]

1.5.3.2. Présence des micros –organismes indicateurs de pollution fécale:

Les effluents des stations d'épuration des eaux usées et les ruissellements agricoles sont des sources majeures de contamination de l'environnement marin, introduisant des matières organiques, des nutriments, des polluants et des microorganismes pathogènes. Outre leur impact sur la santé des océans, ils posent des risques pour les usagers récréatifs des plages et peuvent contribuer à la propagation de gènes de résistance aux antibiotiques. Les eaux usées contiennent divers agents pathogènes présentant un risque significatif pour la santé humaine, notamment des bactéries entériquestelles que Salmonella et Brucella, des protistes parasites comme Giardia et Cryptosporidium, ainsi quedes virus tels que Les Adénovirus et Les Hépatovirus. Des cas de maladies gastro-intestinales et respiratoires, causées par ces agents pathogènes, surviennent fréquemment suite à une exposition à deseaux marines contaminées par des déchets fécaux. [18]

1.6 . Les Stations d'Épuration des eaux résiduaires industrielle

L'épuration des Eaux Résiduaires Industrielles vise à diminuer la quantité de polluants qu'elles contiennent, pour garantir que l'eau rejetée dans le milieu aquatique respecte les équilibres naturels et puisse être utilisée de manière sûre dans le futur. Dans une Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP), ce processusimplique plusieurs étapes distinctes. [19] On va les présenter ci- dessous :

1.6.1. Les Procédés de traitement des eaux des effluents

1.6.1.1. Prétraitement

Les prétraitements comprennent différentes opérations physiques et mécaniques comme le dégrillage, le tamisage, le dessablage et le déshuilage-dégraissage, dont la réalisation est fortement influencée par les caractéristiques des déchets industriels à traiter et le plan de traitement adéquat prévu. [20]

Chapitre I : Généralités

a. Le Dégrillage

Les eaux usées passent à travers les barreaux métalliques d'une grille (ou d'un tamis) pour retenir les déchets de grande taille telque (feuille, matières plastiques et divers objets). [21]

b. Le Dessablage

Implique la collecte des sables et des graviers qui pourraient endommager les équipements en aval, tels que les conduites et les pompes, en les déposants dans des bassins conçus à cet effet. Ces matériaux sont ensuite récupérés de diverses manières, notamment par raclage vers une fosse de collecte ou par l'utilisation de pompes suceuses. [21]

c. Dégraissage- déshuilage

Introduire de petites bulles d'air dans un bassin fait remonter les huiles et les graisses à la surface, où elles sont ensuite collectées en utilisant le procédé d'écumage. [21]

1.6.1.2. Le Traitement Primaire (Les procédés physico-chimiques) :

La décantation primaire se déroule généralement dans des bassins, souvent de forme cyclonique, bien que d'autres types de bassins existent également. Ce processus élimine environ 70% des matières minérales et organiques en suspension, lesquelles se déposent au fond du bassin sous forme de boues primaires. Ces boues sont récupérées par raclage et dirigées vers des installations de traitement.

L'efficacité de la décantation peut être améliorée par l'ajout de produits chimiques tels que le sulfate d'aluminium, le chlorure ferrique et les agents de coagulation. Ce processus, connu sous le nom de floculation, permet de capturer environ 90% des matières en suspension. [21]

a. Les Particules Colloïdes :

Effectivement, les particules colloïdales ont un diamètre très faible, généralement de l'ordre de 1 μm à 1 nm, et sont chargées électro négativement, ce qui entraîne des forces de répulsion inter colloïdales. Ces caractéristiques confèrent aux colloïdes une vitesse de sédimentation très faible, voire nulle dans le contexte du traitement de l'eau.[22]

b. Coagulation-floculation :

Le procédé de coagulation-floculation est souvent employé pour accroître l'efficacité des stations

Chapitre I : Généralités

d'épuration des eaux usées en favorisant l'élimination des particules en suspension, des colloïdes et de certains composés organiques dissous qui ne se déposent pas naturellement. [23]

L'objectif de l'opération de coagulation-floculation est de favoriser la croissance des particules, principalement colloïdales, en déstabilisant les particules en suspension, puis en formant des floccs par adsorption et agrégation. Ces floccs formés seront ensuite décantés et filtrés. [22]

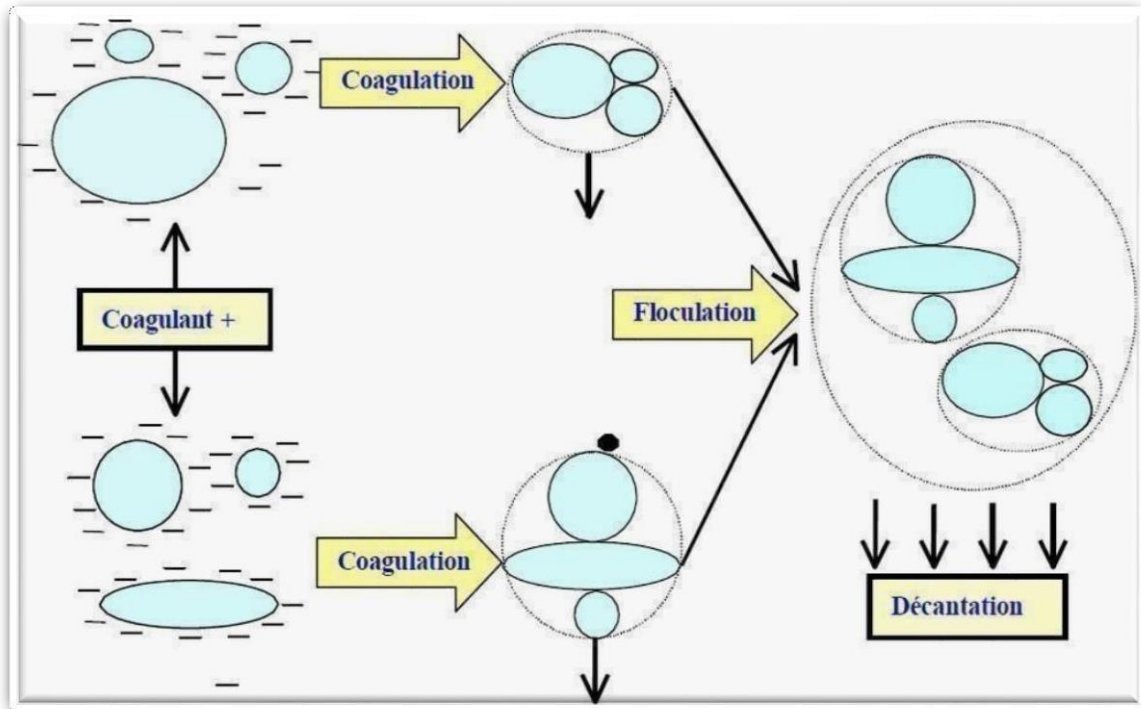


Figure 1 : Coagulation-Floculation

Chapitre I : Généralités

Coagulants utilisés :

L'efficacité de la clarification est principalement déterminée par le choix du coagulant, les sels de métaux tels que ceux à base d'aluminium ou de fer étant les plus efficaces. Ces coagulants sont répertoriés dans le tableau [9] :

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

Tableau 1 : Dérivés des Sels d'Aluminium Et de Fer

1. Coagulation

La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles tendent à éloigner les particules les unes des autres et par conséquent, à les stabiliser dans la solution.

Le but principal de la coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération. [24]

Selon le type de coagulant, comme le sulfate d'aluminium, le sulfate ferreux et le chlorure ferrique, la plage de pH optimale pour la coagulation varie de 4,0 à 8,5. Pour les coagulants polymériques, le groupe actif (carboxyle, groupe amino, etc.) présent sur le polymère influence le changement de charge en fonction du pH. [23]

1. Flocculation

La flocculation implique l'agglomération et l'uniformisation des petits flocons formés après l'addition du coagulant, ce qui favorise les contacts entre les particules colloïdales déstabilisées, augmentant ainsi leur volume, leur masse et leur cohésion. Une flocculation efficace est encouragée par :

- Une coagulation préalable aussi parfaite que possible;
- Une augmentation de la quantité du floc dans l'eau;
- Un brassage homogène et lent pour tout le volume d'eau;
- L'emploi de certains produits appelés flocculant ou adjuvants de coagulation. [9]

Chapitre I : Généralités

c. Décantation

La décantation est un procédé largement utilisé dans la plupart des installations de traitement des eaux. C'est la méthode de séparation la plus courante pour éliminer les matières en suspension (MES) et les colloïdes (ressemblés sous forme de floc après l'étape de coagulation –floculation). en raison de leur densité supérieure à celle de l'eau.

C'est un processus de séparation solide/liquide qui repose sur la gravité. Les particules se déposent au fond du bassin de décantation, d'où elles sont périodiquement extraites, tandis que l'eau clarifiée, près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration. [25] [26]

1.6.1.3. Traitement Secondaire (Biologique)

Le traitement secondaire consiste à traiter davantage les effluents primaires afin d'éliminer les résidus de matières organiques et de matières en suspension. De plus, la matière organique biodégradable, dissoute et colloïdale, est éliminée grâce à des procédés de traitement biologique aérobie. Cette élimination de la matière organique intervient lors de l'élimination des composés azotés, des composés du phosphore et des micro-organismes pathogènes. Ce traitement peut être réalisé de manière mécanique, par exemple avec des filtres en ruissellement, des méthodes à boues activées, ou par des méthodes non mécaniques, comme le traitement anaérobie, les fossés d'oxydation, ou les étangs de stabilisation. [27]

1.6.1.1. Traitement Tertiaire

Le traitement tertiaire ou avancé des eaux usées est un processus de purification supplémentaire qui suit le traitement secondaire, visant à éliminer les constituants spécifiques des eaux usées, tels que l'azote, le phosphore, les métaux lourds, les matières organiques biodégradables, les bactéries et les virus, qui ne sont pas entièrement retirés par les traitements primaire et secondaire. Ce traitement utilise des méthodes technologiquement avancées comme la filtration sur membrane, la filtration sur sable, l'irradiation UV, l'ozonation, et l'osmose inverse pour atteindre des standards élevés de pureté de l'eau, permettant sa réutilisation dans des applications agricoles et urbaines. [27]

Chapitre I : Généralités

1.7. Conformité aux normes environnementales

la conformité environnementale est le résultat de la complémentarité entre la réglementation environnementale, qui établit les normes et les obligations légales, et la régulation environnementale, qui englobe les mécanismes de contrôle, de suivi et d'application de ces normes pour assurer leur respect par les entreprises tout à fait, la réglementation environnementale joue un rôle crucial en imposant des normes et des pratiques visant à protéger l'environnement. Elle encadre divers aspects des activités des entreprises [28]

1.7.1. Norme de rejets des effluents industriels

Une norme est un critère réglementaire qui définit une valeur maximale à ne pas dépasser ou une limite minimale à respecter. Cette valeur est établie par une directive, une loi ou un décret-loi.

Le décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006, qui définit les valeurs limites des composants des rejets d'effluents liquides industriels, est le seul texte de la réglementation algérienne qui définit les normes de rejets pour les effluents liquides industriels. [29]

Paramètre	Unité	Norme
Température	°C	30
pH	-	6.5-8.5
MES	mg/l	35
DCO	mg/l	120
DBO5	mg/l	35
Chrome totale	mg/l	0.5
Cuivre totale	mg/l	0.5
Hydrocarbure totaux	mg/l	10
Zinc totale	mg/l	3
Azote totale	mg/l	30

Tableau 2 : Normes Algériennes des rejets des effluents liquides.

1.7.2. Impacts de rejet des effluents industriels sur

1. L'environnement

Les eaux usées mal traitées ont un impact significatif sur l'environnement, en particulier sur les bassins versants récepteurs.

Chapitre I : Généralités

Impact sur la demande en oxygène (DO) dans les eaux réceptrices

Les effluents des installations de traitement des eaux usées augmentent la demande en oxygène dans les eaux réceptrices.

Les niveaux bas d'oxygène dissous incluent une augmentation de la susceptibilité des poissons aux maladies, un retard de croissance, dans les cas extrêmes, peuvent mener à une mort rapide. Des réductions à long terme des concentrations en oxygène dissous peuvent entraîner des changements dans la composition des espèces.

Mesures de la pollution organique : DBO et DCO

La DBO et la DCO sont des mesures de la pollution organique dans l'eau et les eaux usées.

Des niveaux élevés de DBO/DCO ont un impact négatif sur la vie aquatique en raison de la consommation d'oxygène dissous par les bactéries.

Effets des composés azotés

Les composés azotés maltraités peuvent introduire des nutriments comme les nitrites, nitrates et phosphore dans les plans d'eau, favorisant l'eutrophisation. [2]

Effet d'hydrocarbures

Les hydrocarbures peuvent flotter à la surface de l'eau, réduisant la pénétration de la lumière et la photosynthèse. Ils peuvent aussi s'infiltrer dans les sédiments, contaminant ainsi tout l'écosystème aquatique. Leur exposition est néfaste pour la reproduction et la croissance des poissons, et peut entraîner la mort du zooplancton. [30]

1. Sur la santé

La contamination des eaux de surface par des micro-organismes nocifs présents dans les eaux usées représente un grave risque pour la santé des populations en aval, qui dépendent de ces ressources pour divers usages domestiques et autres. Les effets néfastes des agents pathogènes sont immédiats et peuvent entraîner des dommages chez les personnes utilisant des eaux de surface contaminées à des fins domestiques, agricoles et récréatives. [2]

Les types courants d'agents pathogènes trouvés dans les eaux usées maltraitées sont répertoriés dans le tableau :

Chapitre I : Généralités

Pathogene	Agent	Effet aigu	Effet chronique
Bacteries	E.coli O157 : H7 Legionella Pneumonia Helicobacter pylori	Diarrhée Pneumonie Gastrite Diarrhée Diarrhée	Adultes : décès (thrombocytopenie) Enfants: décès insuffisance rénale) Personnes âgées , mort Ulcères et estomaccancer
Parasites	Giardia lamblia Cryptosporidium Acanthamoeba	Diarrhée Diarrhée Infections oculaire	Intolérance au lactose , Retard de croissance , hypothyroïdie sévère La mort dans une hôte immunodéprimé
Virus	Virus de l'hépatite Adenovirus Encho Virus	infection du Foie infections oculaire Méningite	Insuffisance hépatique

Tableau 3 : Physiopathologie (aigue et chronique) et effets sur la santé associés aux microbiens pathogènes dans l'eau [31]

1.8. Conclusion :

Les eaux usées résultent de l'utilisation humaine, qu'elle soit domestique, industrielle ou agricole. Elles contiennent souvent des substances polluantes, telles que des particules qui limitent la vie des organismes photosynthétiques et provoquent des dépôts dans les cours d'eau. La matière organique présente dans les eaux usées réduit le niveau d'oxygène dissous, ce qui peut affecter la faune aquatique. La pollution azotée et phosphorée peut causer des problèmes tels que l'eutrophisation. Dans un souci de protéger les milieux récepteurs, des traitements sont réalisés sur ces effluents collectés par le réseau d'assainissement urbain, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases d'épuration.

CHAPITRE II :
MATERIELS ET
METHODES

Chapitre II : Matériels et Méthodes

2.1. Introduction

L'objectif de ce deuxième chapitre est de détailler les diverses analyses expérimentales réalisées en laboratoire pour évaluer la qualité des eaux de procédé avant et après traitement. Nous commencerons par présenter la zone d'étude et décrire la stratégie ainsi que la zone d'échantillonnage. Ensuite, nous aborderons les méthodes d'analyse des paramètres physico- chimiques et de pollution. Enfin, nous discuterons des approches statistiques employées dans cette étude.

2.2. Présentation de la zone d'étude

La zone industrielle de Skikda

La zone industrielle de Skikda a été établie par le décret 84/35 du 3 mars 1984, qui régit l'administration des zones industrielles. Localisée à l'est de la ville de Skikda, à une distance d'environ 4 km, elle s'étend sur une superficie totale de 1200 hectares. Cette zone accueille diverses installations industrielles opérant dans le domaine des hydrocarbures, notamment le transport, le raffinage, la production d'énergie et la transformation.

2.2.1. Le complexe Topping du condensat RA2K

Le complexe Topping de condensat RA2K est conçu pour une capacité de traitement de cinq millions (5.000.000) de tonnes métriques pendant une période continue de 330 jours par an de Condensât provenant du Terminal de la Direction Région Transport Est de Skikda.

Le Complexe fonctionne selon trois (03) cas de marche définis ci-après :

- **Cas A** : Production maximale de Naphta et production maximale Gasoil(cas de base).
- **Cas B** : Production maximale du Kérosène Jet A1.
- **Cas C** : Production maximale de Naphta et production minimale du Gasoil.

Ce complexe est conçu pour le traitement de cinq (05) différentes charges de Condensât :

- 1- OB#1
- 2- D'ALRAR
- 3- BEJAIA
- 4- RHOURE-NOUSS
- 5- New OB#1 [34]

Chapitre II : Matériels et Méthodes

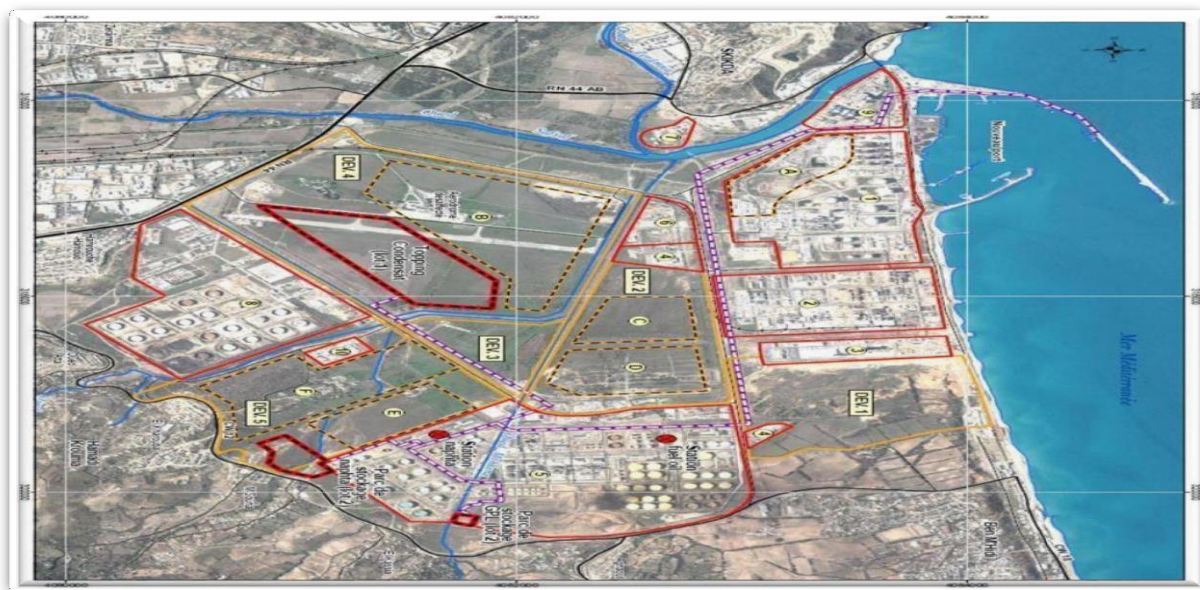


Figure 2 : Plan de situation du complexe RA2K [34]

2.2.1.1. Description des installations du complexe Topping condensât

2.2.1.1.1. Philosophie d'exploitation

- ✚ L'autonomie de stockage pour le Condensât est de trois (03) Jours environ.
- ✚ Les Produits Finis "Naphta, Jet A1, Gasoil Léger et Gasoil Lourd" sont stockés dans des bacs de stockage intermédiaire correspondant à une autonomie d'exploitation de quatre (04) Jours environ. Ces Produits Finis sont transférés par pipelines vers les installations de stockage correspondantes de la Raffinerie RA1K.
- ✚ Le Produit Fini "Butane" est stocké dans 3 sphères de stockage correspondant à une autonomie d'exploitation de quatre (04) Jours environ ; une sphère est destinée pour le stockage du off-spec Butane. Le Butane est expédié par un pipeline vers les installations de stockage correspondantes de la Raffinerie RA1K.
- ✚ Les produits hors spécifications sont recyclés vers les bacs de charge de Condensât du Complexe à l'exception du Butane hors spécifications qui est envoyé vers la section séchage de butane et le Off-spec Kérosène sera transféré directement vers les bacs de stockage de off-spec kérosène au niveau de la Raffinerie RA1K.
- ✚ Le contrôle/commande des installations du complexe est du type DCS (Distributed Control System) qui se fait à partir d'une salle de contrôle centralisée.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

- ✚ Toutes les motopompes sont doublées, soit une (01) en service et une (01) en réserve (stand-by).
- ✚ Les compresseurs et les sècheurs d'air sont doublés avec un ballon de stockage d'air instrument d'une autonomie d'exploitation de trente (30) minutes.
- ✚ La lutte contre l'incendie en cas de sinistre est assurée par de l'eau industrielle; il y a un (01) bac de stockage de l'eau industrielle d'une capacité de 12.000 m³ et 6 pompes d'eau dans deux (02) pompes électriques, deux (02) pompes Diesel et deux (02) pompes jockey pour le maintien de pression du réseau d'eau incendie. [32]

2.2.1.1.2. Conception générale du complexe

Le complexe est constitué principalement de :

- ✚ Une Unité de Topping de condensât (U100).
- ✚ Une Unité de purification et traitement de Kérosène (U200).
- ✚ Des installations de stockage et transfert des Produits Finis (U300). ✚
- ✚ Système de torche (U400).
- ✚ Des installations de production et de distribution des Utilités (U500). [32]

2.2.1.1.3. Description de l'unité 500

Les principales utilités requises pour la mise en exploitation du complexe sont le gaz naturel, l'azote, l'électricité, l'eau industrielle, la vapeur et l'air comprimé.

a. L'eau :

L'alimentation du complexe par l'eau est assurée par l'entreprise ADE (EPDEMIA); L'eau est utilisée pour les besoins suivants :

- ✓ les appoints du système d'eau de refroidissement des installations,
- ✓ la consommation domestique du personnel,
- ✓ l'appoint du système du réseau d'eau de lutte contre l'incendie,
- ✓ la maintenance et l'exploitation des installations.

Le complexe dispose d'un système de traitement et de distribution en eau potable pour assurer les besoins requis pour le personnel du complexe en eau potable, l'unité comporte un bac de stockage, deux pompes (une en service, l'autre en secours), une unité de traitement et de potabilisation de l'eau et un réseau pour la distribution de l'eau pour alimenter les différents consommateurs.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

b. Unité traitement des effluents :

Les eaux huileuses et les rejets chimiques et les eaux pluviales et les eaux sanitaires sont collectées et traitées dans la section traitement des eaux usée du complexe Topping de condensât avant d'être évacuées vers le réseau approprié de la zone industrielle de Skikda. [10]

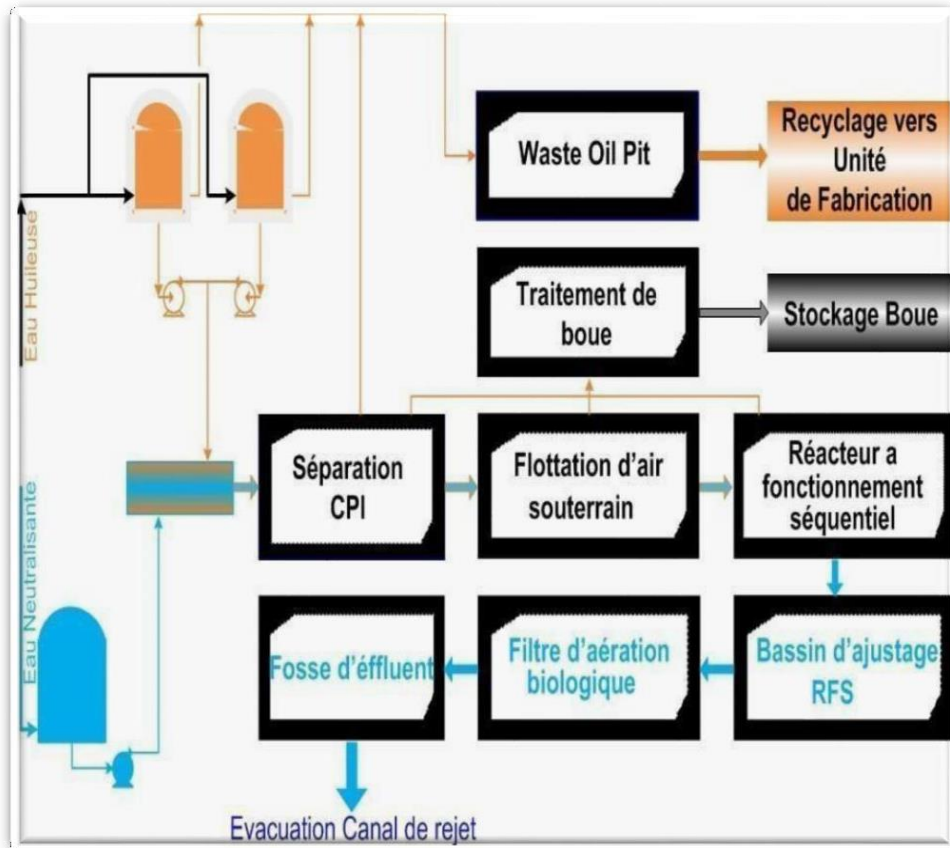


Figure 3 : Principe de fonctionnement de l'unité de traitement des effluents [32]

2.2.1.1.3.1. Traitement des eaux des effluents

L'installation du traitement des eaux usées est un système de protection d'environnement auxiliaire de l'usine Topping de Condensat. La capacité de traitement des eaux usées est de 60m³/h. [33]

Origine des eaux usées

Les provenances des eaux usées sont :

- Unité 100 (Unité Topping du Condensat)
- Unité 200 (Unité traitement de Kérosène)
- Unité 300 (Zone de stockage)
- Eaux usées de la maintenance du personnel [33]

Chapitre II : Matériels et Méthodes

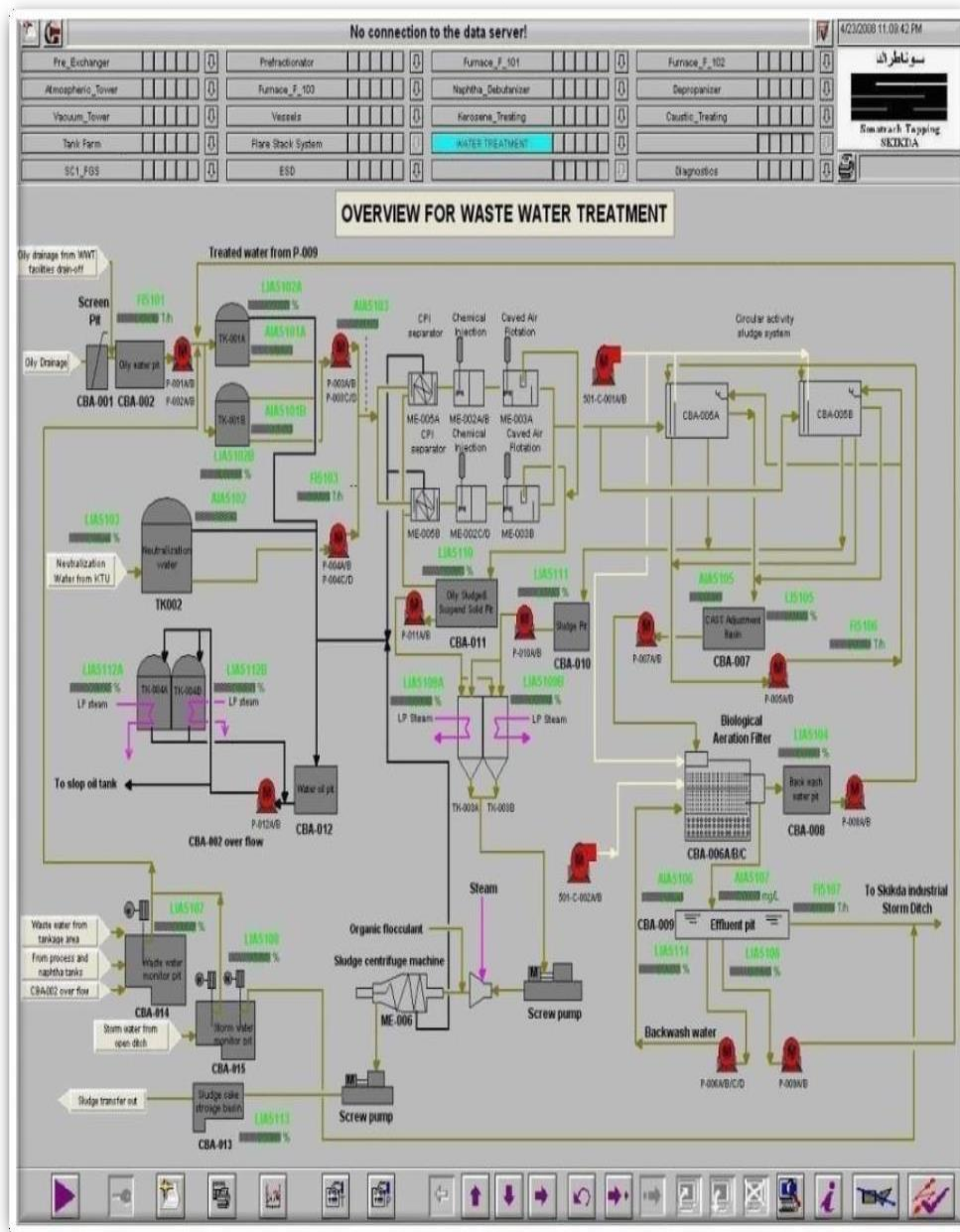


Figure 4 : Procédés du traitement des eauxdes effluents [33]

Chapitre II : Matériels et Méthodes

a. Prétraitement

Les principaux équipements du prétraitement sont :

- Bassin dégrilleur (501-CBA-001): avec une grille 501-ME-001 à type de rotation automatique pour éliminer des gros déchets.



Figure 5 : Bassin dégrilleur

Capacité: 60m³/h

Largeur de la grille: 500mm

Position de la grille: 75°

- Bassins des eaux huileuses (501-CBA-002): ils ont la fonction d'homogénéisation.
- Bacs de pré-déshuilage (501-TK-001A/B): les eaux huileuses stockent durant 30-40 heures, la couche d'huile en surface sera enlevée régulièrement vers le bassin d'huile.
- Bacs CPI (501-ME-005A/B): déshuileur à plaques ondulées. Cette étape peut éliminer des petites gouttes d'huile. Teneur d'huile dans l'eau peut diminuer à 50mg/l.

La capacité de traitement: 30m³/h X 2

b. Traitement primaire

- Bacs d'injection chimique (501-ME-002A/B/C/D): injection de désémulsifiant (dispersant) et de floculant. Chaque bac est équipé d'un agitateur pour accélérer la formation des substances solides.

Chapitre II : Matériels et Méthodes



Figure 6 : Bacs d'injection chimique

- Bassins de flottation (501-ME-003A/B): une machine de flottation produira des fines bulles d'air qui amènent des substances solides vers la surface des bassins. ces résidus flottants seront évacués dans le bassin des boues (CBA-011) par un écumeur. [33]



Figure 7 : Bassins de flottation

Chapitre II : Matériels et Méthodes

c. Traitement biologique

- Bassin CASS (Circular Activated Sludge System) 501-CBA-005A/B: système de traitement circulaire par des boues actives. Il est constitué en 3 parties: la zone de sélection de micro-organisme, la zone anoxique et la zone de réaction principale.

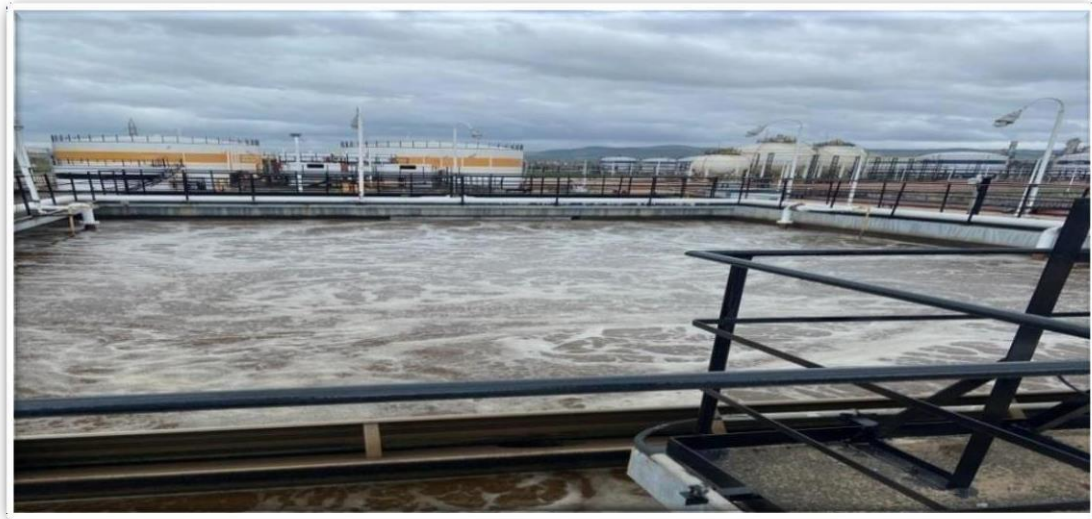


Figure8 : Bassin CASS

Et chaque cycle de traitement est divisé en 4 étapes:

- 1- introduit l'eau à traiter et l'air: durée 6h
- 2- sédimentation: durée 1h
- 3- évacuation d'eau: durée 0,5h
- 4- repos: durée 0,5h

- Bassin d'ajustement 501-CBA-007: un bassin intermédiaire

d. Traitement tertiaire

- Bassins BAF (Biological Aeration Filter) 501-CBA-006A/B/C: système de filtration à l'aération biologique. C'est un procédé d'oxydation biologique. On remplit des garnissages dans le bassin. Une filme biologique se forme sur les garnissages. L'aération se fait du bas vers le haut et l'eau coule du haut vers le bas pour favoriser la réaction biologique. Ce système a pour le rôle d'éliminer la substance organique et de filtrer des impuretés.
- **Proportion d'air et d'eau: 6:1 environ [33]**

Chapitre II : Matériels et Méthodes



Figure 9 : Bassin BAF

Qualité de l'eau traitée

- BOD (Biological Oxygen Demand): $\leq 40\text{mg/l}$
- COD (Chimical Oxygen Demand): $\leq 120\text{ mg/l}$
- pH: 5,5~8,5
- SS: $\leq 30\text{mg/l}$
- La qualité d'eau non satisfaisant sera renvoyée aux bacs 501-TK-001A/B [33]

Chapitre II : Matériels et Méthodes

2.3. Zone d'échantillonnage

Entrée rejet : Bacs 501 TKA 001A/B

Sortie rejet : CBA09



Figure 10 : Entrée/Sortie rejet

2.4. Stratégie d'échantillonnage

Le prélèvement est un paramètre essentiel dans la mesure de la pollution, déterminant la représentativité de l'échantillon par rapport au rejet.

La méthodologie adoptée consiste à collecter des échantillons à deux sites différents de la station d'épuration du complexe RA2K sur une période de 8 jours, en vue d'analyses physico-chimiques des eaux usées de la région (pH, température, conductivité, MES, DCO, ...)

Un litre a été prélevé à chaque site :

Prélèvement 1: l'entrée des eaux usées. (Avant traitement)

Chapitre II : Matériels et Méthodes

Prélèvement 2: sortie des eaux usées. (Après traitement)

Les échantillons ont été recueillis dans des flacons en plastique propre, hautement évasés, munis d'un bouchon. Après le remplissage, les flacons ont été soigneusement étiquetés (date et station.) La seule mesure effectuée in situ est la température.

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au laboratoire de chimie de la station RA2K.

2.5. Matériels et méthodes:

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

Tableau 4: Instrument utilisé dans les analyses

Chapitre II : Matériels et Méthodes

2.5.1. Méthode d'analyses physico-chimique

2.5.1.1. Détermination du PH, la conductivité, température, TDS « Total des solides dissous »

Principe pH:

Le pH c'est la Détermination potentiométrique de la concentration des ions hydrogène dans l'eau. Le principe est basé sur la différence de potentiel de l'électrode immergée par rapport à une référence et à une température donnée.[34]



Figure 11 : pH mètre

Principe conductivité:

La conductivité électrique offert d'une eau au passage du courant électrique est fonction directe de la concentration ionique de la solution .sa détermination donne donc une mesure indirect des substances dissoutes et cela se présente très bien pour un contrôle rapide du grade de pureté de l'eau.[34]

Principe TDS :

Détermination potentiométrique des ions des sels dans L'eau.[34]

1. Allumer l'appareil et laisser le jusqu'à la stabilisation
2. Rincer les électrodes avec l'eau distillée

Chapitre II : Matériels et Méthodes

3. Mettre l'échantillon dans un bécher approprié sur l'agitateur magnétique.
4. Immerger les électrodes dans l'échantillon sous agitation.
5. lire les résultats de PH, conductivité, température, et TDS

2.5.1.2. Mesure de l'O₂ Dissous

Principe : O₂ dissous est essentiel à la décomposition des matières organiques, la mesure de l'oxygène dissous dans l'eau usée utilise un capteur conçu pour détecter précisément sa concentration. [34]

Mode opératoire :

1. Laver soigneusement la sonde avec l'eau distillée.
2. Immerger la sonde dans l'échantillon agité.
3. Effectuer la lecture de l'oxygène dissous.



Figure 12 : Capteur d'oxygène dissous

Chapitre II : Matériels et Méthodes

2.5.2. Méthodes d'analyses des paramètres de pollution

2.5.2.1. Mesure de la MES :

Principe :

Les matières en suspension étant susceptibles de variations dans les 24 h suivant le prélèvement, il convient de pratiquer cette mesure très rapidement, dans les 6 h qui suivent. Les échantillons seront également transportés et conservés à 4 °C.

Mode opératoire :

1. Prenez 500 ml de l'échantillon à analyser.
2. Faire l'agitation pendant 2 min.
3. Sélectionner sur le spectrophotomètre le programme d'analyse MES.
4. Etalonner l'appareil avant de mesurer l'échantillon.
5. Prélever dans une cellule l'échantillon d'eau à analyser.



Figure 13: Mesure de la MES

Chapitre II : Matériels et Méthodes

2.5.2.2. Mesure de la DBO₅ :

Principe :

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) est définie comme la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, c'est-à-dire après incubation durant 5 jours, à 20 °C et dans l'obscurité, par certaines matières présentes dans l'eau, principalement pour assurer leur dégradation par voie biologique. La mesure de la quantité d'oxygène consommée est suivie dans une solutionensemencée ou non. [9]

Mode opératoire :

1. Allumer l'incubateur et régler sa température de service à 20°C
2. Rincer la bouteille d'incubation avec l'échantillon
3. Ajouter avec un entonnoir dans une fiole 428mlde l'échantillon
4. Ajouter le contenu de fiole dans la bouteille puis ajouter 10 goutte : inhibiteur de nitrification et 4 gout de solution d'hydroxydes de potassium.
5. Mettre dans la bouteille un barreau magnétique pour l'agitation
6. Fermer la bouteille avec un couvercle hermétique
7. Mettre la bouteilles sur le châssis du DBoTrak puis connectez le tube avec la bouteille échantillon correspondante et serrez le couvercle hermétique(ne pas serrer trop fort pour ne pas casser le bouchon) .
8. Mettre l'instrument dans l'incubateur.
9. Appuyer sur la touche du Canal 6 pour accéder au paramètre de durée du test. Utilisez les touches fléchées pour choisir un test de 5jours (existe 5, 7 ou 10 jours).
10. Appuyer sur OFF pour sauvegarder la sélections et quitter le menu.
11. Appuyer et continuez à appuyer sur la touche ON pour démarrer un test.
12. A la fin de la durée de la période choisie (5 jours) l'afficheur indique END. Pour afficher le résultat.

Chapitre II : Matériels et Méthodes



Figure 14 : Incubateur DBO5

2.5.2.3. Mesure des hydrocarbures

Principe :

Le principe de l'absorption dans l'infrarouge (IR) reflète bien la structure chimique des molécules, et les caractéristiques d'absorption des molécules d'IR sont indiquées par la structure chimique de la substance. Donc, l'absorption à différentes longueurs d'ondes dans le domaine de l'infrarouge est mesurée. La position de l'intensité des bandes d'absorption nous permet de faire une analyse quantitative et qualitative des substances [34]

Mode opératoire :

1. A l'aide d'une ampoule à décantation graduée de 100ml, prendre 30 ml D'échantillon (bien mélanger) ;
2. Ajouter 01 à 02 gouttes de l'acide chlorhydrique concentré (HCl) pour rendre le pH= 2 ;
3. Ajouter 30 ml du solvant d'extraction S-316.
4. Fermer l'ampoule à décanter, agiter rigoureusement et dégazer plusieurs fois.
5. Laisser le mélange se stabiliser sur une porte-ampoule jusqu'à la bonne séparation des 02 phases (environ 30 sec).

Chapitre II : Matériels et Méthodes



Figure 15 : Porte ampoule

6. Faire extraire le maximum de la phase organique (en bas) dans un bécher puis ajouter environ 1g de sulfate de sodium anhydre Na_2SO_4 et bien agiter.



7. A l'aide d'un papier filtre (WATMAN n° 40) et entonnoir en verre, faire filtrer la Phase organique ;

Figure 16 : Filtration de la phase organique

Chapitre II : Matériels et Méthodes

- Remplir la cellule avec 6.5 ml de la phase organique jusqu'à la limite indiquée par V.



Figure 17 : Cellule de l'analyseur de l'hydrocarbure

- Placer la cellule (sèche et propre) en positionnant le point blanc en face dans L'analyseur OCMA-350 et lire le résultat en mg/l (on appuie sur mesure pour vérifier la stabilité)



Figure 18 : Analyseur OCMA-350

- Enlever la cellule le et la nettoyer avec le solvant S-316.
- Récupérer le solvant dans le régénérateur de solvant SR-305.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

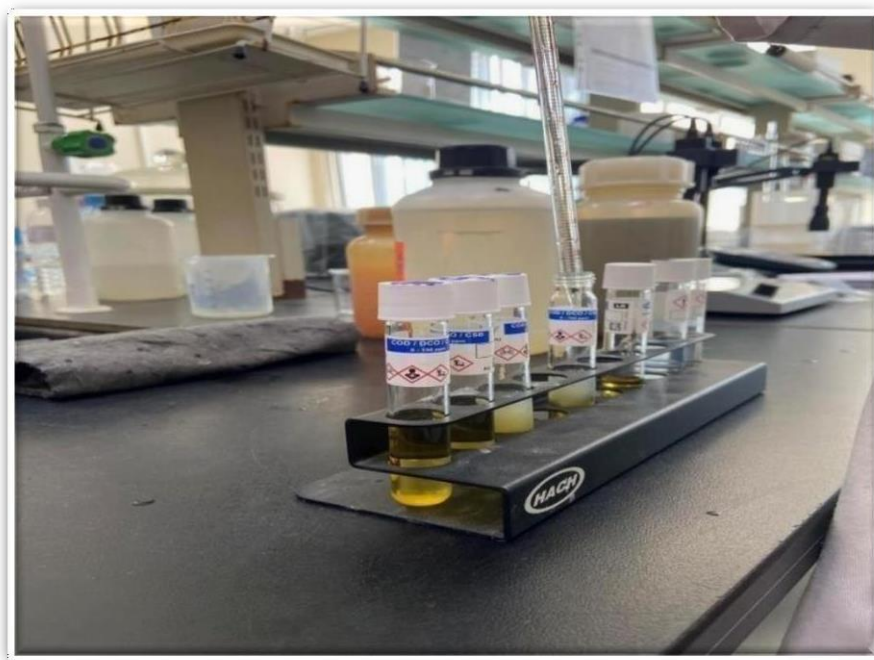
2.5.2.4. Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)

Principe:

La demande chimique en oxygène DCO est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique et inorganique oxydable contenue dans un échantillon. La matière oxydable contenue dans un échantillon est oxydable par un chauffage à reflux en milieu fortement acide avec une quantité connue de bichromate de potassium dans une fiole fermée. La consommation d'oxygène par échantillon provoque un changement de couleur dont l'absorbance est proportionnelle à la quantité de bichromate de potassium réduit et se mesure en équivalent d'oxygène.[34]

1. Préparation de l'échantillon

- ✓ Retirez le bouchon de la première fiole.
- ✓ Utilisez une pipette graduée pour prélever 2 ml de l'échantillon pour la plage de 200 à 1500 mg/l,



- ✓ versez-le dans la fiole. Refermez ensuite le bouchon.

Figure 19 : Préparation de l'échantillon

2. Préparation du blanc

- ✓ Enlever le bouchon de la 2ème fiole.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

- ✓ Prendre avec une pipette graduée 02 ml de l'eau distillé et le verser dans la 2ème fiole puis fermer le bouchon.
- ✓ Agiter doucement les deux préparations puis les insérés dans le DRB200 lorsque la température est de 150 °C.
- ✓ Appuyer sur START et attendre pendant 120 min le temps de réaction du contenu des deux fioles (oxydation) à une température de 150 °C.



Figure 20 : DRB200

- ✓ Après les 120 minutes, retirer les deux fioles, les faire retourner doucement plusieurs fois (agitation) puis les mettre sur des supports et les laissés refroidir à une température ambiante (dans un milieu obscur).

3. Méthode colorimétriques (méthode 8000)

- Allumer l'appareil DR2800 et attendre quelques secondes (autodiagnostic).
- Accéder programmes favoris pour choisir la méthode.
- Choisir la méthode appropriée exemple : DCO 1500 mg/l.
- Cliquer sur démarrer pour lancer la méthode.
- Essayer la fiole du blanc avec un torchon humide puis par un torchon sec.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

- Placer la fiole du blanc dans la cellule et cliquer sur ZERO pour afficher 0,0 mg/l.
- Essuyer la fiole de l'échantillon avec un torchon humide puis par un torchon sec.
- Insérer la fiole de l'échantillon dans la cellule et cliquer sur mesurer le résultat est en mg/l.

2.5.2.5. Dosage de Zinc :

Principe:

Le ferrocyanure réagit avec le zinc pour donner un précipité colloïdal de ferrocyanure de zinc susceptible d'un dosage colorimétrique.[34]

Mode opératoire :

1. Appuyer sur le programme enregistré
2. Sélectionner dans le test « Zinc »
3. Remplir une éprouvette graduée de 25 ml avec 20 ml d'échantillon.
4. Ajouter le contenu d'un sachet de poudre réactive Zinc Ver 5
5. Inverser plusieurs fois pour dissoudre complètement la poudre, l'échantillon devrait être Orange



Figure 21 : Préparation de la solution

Chapitre II : Matériels et Méthodes

5. Préparation du blanc : Verser 10 ml de la solution dans une cuve.
6. Préparer l'échantillon : utiliser une pipette en plastique pour ajouter 0,5 ml de cyclohexanone au reste de la solution dans l'éprouvette graduée et agiter pendant 30 secondes.
7. Laisser la réaction pendant 3 minutes
8. Verser la solution d'échantillon préparée dans une cuve.
9. Sélectionner sur l'écran de spectrophotométrie « Zéro ».
10. Essuyer la cuve et insérer-le dans le support de la cellule, Appuyer sur « Mesurer »



Figure 22 : Spectrophotomètre UV visible

Chapitre II : Matériels et Méthodes

2.5.2.6. Dosage de cuivre

Principe :

Le cuivre total contenu dans l'eau est converti au préalable à l'état d'ion Cu qui réagit ensuite avec le Zincon (2 carboxy-2'-hydroxy-5' sulformaazylbenzene) pour donner un composé chelate de couleur bleue. La mesure de l'absorption de la teinte donne la concentration du Cu Cette analyse est effectuée avec une cellule de 40 mm et est valable pour une gamme de teneur comprise entre 0.0005 et 0,01 mg avec une précision de 10 à 3% [34]

Mode opératoire :

1. Appuyer sur programme favoris
2. Sélectionner le programme d'analyse
3. Remplir une cuve carrée de 1 jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon (blanc)
4. Essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite
5. Sélectionner sur l'écran : Zéro
6. Transférer le contenu d'une pochette de réactif dans la cuve
7. Agiter la cuve pendant quelques secondes
8. Sélectionner sur l'écran « Mesurer », et lire les résultats.



Figure 23 : Spectrophotomètre UV visible

Chapitre II : Matériels et Méthodes

2.5.2.7. Dosage de chrome

Principe :

Le chrome (VI), s'il est présent, réagit avec le 1,5-diphenylcarbazide pour former un complexe rouge-violet de chrome-1,5-diphenylcarbazone. L'absorbance de ce complexe est mesurée à une longueur d'onde comprise entre 540 nm et 550 nm, la longueur d'onde exacte étant indiquée dans le rapport d'essai.[36]

2.5.2. Donnés et méthodes de collecte

Les données collectées concernent les caractéristiques physico-chimiques mesurées quotidiennement dans les échantillons d'eau résiduaire prélevés à la station d'épuration du complexe RA2K Topping de condensat. Les paramètres étudiés comprennent les aspects suivants :

- La Température en degrés Celsius (T°)
- Potentiel Hydrogène (pH)
- La Conductivité électrique (CE)
- Totale des sels dissous (TDS)
- Matière en suspension MES
- O₂ dissous
- Zinc (Zn⁺²)
- Cuivre (Cu⁺²)
- La demande chimique en oxygène (COD)
- Les Hydrocarbure totaux (HC)
- Le demande biochimique en oxygène en 5 jours (DBO5)

Chapitre II : Matériels et Méthodes

2.5.3. Méthodes d'analyse statistique

2.5.3.1. Introduction

Toute étude statistique peut être décomposée en deux phases au moins : le rassemblement ou la collecte des données, d'une part, et leur analyse ou leur interprétation, d'autre part.

La collecte des données a été traitée au paragraphe ci-dessus. Quant à l'analyse statistique, elle peut être décomposée en deux étapes, l'une déductive ou descriptive et l'autre inductive.

La statistique descriptive a pour but de mesurer et de présenter les données observées d'une manière telle qu'on puisse en prendre connaissance aisément, par exemple sous la forme de tableaux ou de graphiques.

L'inférence statistique permet d'étudier ou de généraliser dans certaines conditions les conclusions ainsi obtenues à l'aide de tests statistiques en prenant certains risques d'erreur qui sont mesurées en utilisant la théorie des probabilités.

Concernant notre travail, tous les calculs ont été réalisés pour chaque variable à l'aide d'un microordinateur et à l'aide du logiciel d'analyse et de traitement statistique des données Minitab version X. [37]

2.5.3.2. Description des données

Pour mieux décrire les différentes caractéristiques obtenues, ont été calculés certains paramètres statistiques de base tels que la moyenne arithmétique (\bar{x}), qui est un paramètre de position et de tendance centrale, l'écart-type (s) qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, les valeurs minimales (x_{\min}) et maximales (x_{\max}) qui donnent toutes les deux une idée sur l'étendue des données, et enfin l'effectif (n) qui nous renseigne sur l'importance des données traitées. [37]

2.5.3.3. Comparaison entre stations des caractéristiques moyennes : test de l'analyse de la variance

Pour comparer, entre les deux stations, les moyennes de chacune des 10 caractéristiques, nous avons utilisé le test d'analyse de la variance à un critère ou à un facteur de classification modèle fixe. Ce test consiste à comparer les moyennes de plusieurs populations à partir de données d'échantillons aléatoires, simples et indépendants.

La réalisation du test se fait, soit en comparant la valeur de F_{obs} avec la valeur théorique $F_{1-\alpha}$ correspondante, extraite à partir de la table F de Fisher pour un niveau de signification $\alpha=0,05$ ou $0,01$ ou $0,001$ et pour k_1 et k_2 degrés de liberté, soit en comparant la valeur de la probabilité p avec toujours les différentes valeurs $\alpha=5\%$ ou 1% ou $0,1\%$.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

Selon que cette hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée au niveau $\alpha=0,05$, $0,01$ ou $0,001$, on dit Conventionnellement que l'écart observé entre les moyennes est significatif, hautement significatif ou très hautement Significatif. [37]

2.1. Conclusion

Le matériel et les méthodes utilisées au niveau du laboratoire du complexe de condensat suivent la norme Américain (ASTM) pour les différents paramètres étudiés.

Les résultats seront analysés à l'aide de méthode statistiques descriptives et du test ANOVA.

Cette approche permettra d'évaluer l'efficacité du traitement élaboré et de démontrer la conformité des effluents aux normes en vigueur en Algérie

CHAPITRE III
RESULTATS ET
DISCUSSION

Chapitre III : Résultats et discussion

3.1. Introduction:

Dans ce dernier chapitre consacré aux résultats et à la discussion, nous examinerons et discuterons des principaux résultats obtenus à l'aide de différentes méthodes statistiques. Nous présenterons les résultats de l'analyse statistique univariée pour la description des données, ainsi que les résultats du test d'analyse de la variance effectué à l'aide de la commande ANOVA dans le logiciel Minitab.

3.2. Résultats des analyses statistiques

3.2.1. Description des données

Ce paragraphe est consacré à la présentation des résultats de la description des données obtenues pour chacune des variables mesurées avant et après traitement.

Variable	N	Moyenne	s	variance	X Max	X Min
Température	8	22,8	1,19044	1,41714	20	24
pH	8	6,91875	0,248621	0,0618125	6,43	7,22
Conductivité	8	664,5	27,1030	734,571	624	709
TDS	8	338,75	9,30054	86,5	329	358
MES	8	167,75	57,7303	3332,79	57	249
O ₂ dissous	8	49,94	137,003	18769,9	0,82	389
Zinc	8	0,255	0,402173	0,161743	0,1	1,25
Cuivre	8	0.04125	0,01552650	0,0002411	0,01	0,06
COD	8	123,25	26,0535	678,786	98	161
Hydrocarbure	8	5,4325	2,04838	4,19588	2,6	9,7
DBO5	2	46 ,5				
Chrome	4	0,014				

Tableau 5: Paramètres statistiques de la description des données avant traitement.

Chapitre III : Résultats et discussion

a. Température

La valeur moyenne des eaux des effluents du complexe RA2K avant traitement est de 22.8 °C avec un minimum de 20 et maximum 24.

b. pH

Les valeurs de PH des eaux des effluents du complexe RA2K varient entre 7.22 qui est un PH presque neutre et 6.43 qui est un PH acide avec une valeur moyenne de 6,91875 mg/l.

Les effluents traités avec un pH excessivement acide peuvent causer la corrosion des canalisations, le lessivage de métaux toxiques, ainsi que des dommages à la vie marine et aquatique. [38]

c. Conductivité Electrique (CE)

Les valeurs de conductivité des eaux des effluents du complexe RA2K varient entre 624 et 709 avec une moyenne de 664,5. Cette valeur est inférieure à la norme autorisée (2000 μ S /cm).

d. TDS

Les valeurs de TDS des eaux des effluents du complexe RA2K varient entre 329 et 358 mg/l avec une moyenne de 338.75.

a. MES

Les valeurs de MES des eaux des effluents du complexe RA2K varient entre 249 et 57 avec une moyenne de

167.75 mg /l .cette valeur est supérieur à la norme fixé par le décret 35 mg/l. et peut réduit par un traitement physique et biologique au niveau de la station d'épuration avant le rejet vers la mer.

La concentration élevée de matières en suspension peut diminuer les niveaux naturels d'oxygène dissous dans l'eau et augmenter sa température. Cela peut empêcher la survie des organismes vivant dans l'eau, tels que les petits poissons. Les MES peuvent également bloquer la lumière du soleil, ce qui peut interrompre la photosynthèse, réduisant ainsi la survie des plantes et diminuant davantage les niveaux d'oxygène dans l'eau". [39].

b. O₂ dissous

Les valeurs d'O₂ dissout des eaux des effluents du complexe RA2K varient entre 0,82 et 389 avec une valeur moyenne de 49,94mg/l.

Chapitre III : Résultats et discussion

Les teneurs faibles de l'oxygène dissous dues aux quantités excessives de nutriments, à la dégradation bactérienne des matières organiques présentes dans les eaux usées ainsi qu'à l'oxydation des produits chimiques qu'elles contiennent, peuvent entraîner une absorption importante de l'oxygène dissous dans les cours d'eau récepteurs. Cela peut entraîner l'eutrophisation des cours d'eau. [1]

c. Zinc

Les valeurs de Zinc des eaux des effluents du complexe RA2K varient entre 0,1 et 1,25 avec une valeur moyenne de 0,252 mg/l.

d. Cuivre

Les valeurs de Cuivre des eaux des effluents du complexe RA2K varient entre 0,01 et 0,06 avec une valeur moyenne de 0.04125mg/l.

a. COD

Les valeurs de COD des eaux des effluents du complexe RA2K varient entre 98 et 161 avec une valeur moyenne de 123, 25 mg/l. cette valeur dépasse la norme fixé par le décret 120 mg/l .

Des niveaux élevés de DCO des effluents indiquent des concentrations de matières organiques qui peuvent appauvrir l'oxygène dissous dans l'eau, entraînant des conséquences négatives sur l'environnement. [40]

b. Hydrocarbure

Les valeurs d'hydrocarbure des eaux des effluents du complexe RA2K varient entre 2,6 et 9,7 avec une valeur moyenne de 5,4325 mg/l.

c. DBO5

Les résultats indique que la moyenne de la DBO5 46,05 mg/l est légèrement supérieur à (35 mg/l) la limite de rejet d'effluents liquides industrielles.

La présence accrue de matières organiques dans l'eau entraîne un processus de décomposition microbiologique intense. Cette dégradation consomme de l'oxygène dissous dans l'eau. Par conséquent, les niveaux élevés de DBO peuvent diminuer la concentration d'oxygène dissous disponible, ce qui peut conduire à un appauvrissement en oxygène (eutrophisation) dans les écosystèmes aquatiques. [41]

d. Chrome

La valeur moyenne des eaux des effluents du complexe RA2K avant traitement est de 0,014 mg/l . Cette valeur est inférieur à (0.5mg/l) la limite de rejet d'effluents liquides industriel

Chapitre III : Résultats et discussion

Variable	N	\bar{X}	S	Variance	Xmax	Xmin
Température	8	22	1,11098	1,23429	20	23,6
pH	8	8,19375	0,1741870	0,0303411	8,01	8,51
Conductivité	8	650,125	26,3028	691,893	623	711
TDS	8	370,625	107,927	11648,3	326	637
MES	8	12,5	3,25137	10,5714	7	17
O2 dissous	8	9,73	0,953909	0,909943	8,56	11,45
Zinc	8	0,54875	0,831701	0,691727	0,08	2,42
Cuivre	8	0,01625	0,00744020	0,0000554	0,01	0,03
COD	8	29,375	7,57699	57,4107	20	39
Hydrocarbure	8	3,0625	1,09536	1,19982	1,2	4,3
DBO5	2	10				
Chrome	4	0,0458				

Tableau6: Paramètres statistiques de la description des données après traitement.

a. Température

Le suivi de la température du rejet de Topping montre que celle-ci reste en dessous de la norme autorisée de 30 °C. En pratique la température varie entre 20°C et 23,6°C avec une moyenne de 22°C

b. pH

Nous constatons que durant toute la période de notre étude les valeurs du potentiel d'hydrogène des eaux de rejet varient entre 8,01 et 8,51. Les valeurs obtenues sont conformes aux normes selon le JORA.

c. Conductivité

Elle permet d'évaluer rapidement mais approximativement la minéralisation global de l'eau. On peut admettre en particulière ou anormale au-delà de (2000 $\mu\text{S} / \text{cm}$) [8]

Les valeurs des conductivités enregistrées restent en dessous de la norme autorisées (2000 $\mu\text{S} / \text{cm}$), fluctuant entre 623 et 711 mg/l, une valeur moyenne 650,125 mg/l cette dernière est admis acceptable.

La conductivité des eaux usées est influencée par plusieurs facteurs clés : les solides dissous, tels que les sels

Chapitre III : Résultats et discussion

et les métaux provenant de diverses sources comme les rejets industriels. Les niveaux élevés de pH augmente la conductivité en raison de la présence accrue des ions d'hydroxyde. De plus les variations de température affectent la conductivité, une augmentation de 1°C entraînant généralement de 2 à 3% de la conductivité. [42]

d. TDS

Les résultats du tableau, nous informe que dans les eaux de rejets, les teneurs de TDS varient entre 326 et 637,et cela nous a permis de constater que les eaux de RA2K sont très dures.

Des variations significatives des TDS peuvent avoir des conséquences graves sur les espèces aquatiques, augmentant leur taux de mortalité. Les composants comme le calcium, le magnésium, les sulfates, les chlorures, les fluorures et d'autres substances influent sur ces effets, tels que l'encroûtement et la corrosion, aggravant les impacts sur l'écosystème aquatique. [43]

e. MES

La valeur limite donnée par la réglementation Algérienne (JORA 2006) est de 35 mg/L. les résultats obtenus pour notre analyse sont conformes aux normes prescrites. Ces derniers sont compris entre 7 mg/l et 17 mg/l avec une valeur moyenne 12.5 mg/l.

f. O₂ dissous

Les concentrations en oxygène dissous ont varié de 8,56 à 11,45, avec une moyenne de 9,73. À une température moyenne de 22°C, les effluents du complexe RA2K sont caractérisés par une richesse en oxygène [44]

g. Zinc

Les résultats de notre analyse respectent pleinement la réglementation algérienne qui fixe une limite de 3 mg/l pour le zinc.

Les valeurs obtenues se situent entre 0,08 et 2,42 mg/l, ce qui conforme aux normes prescrites.

Le zinc dans 99% des stations de traitement des eaux usées et est retrouvé également dans les boues de station d'épuration qui sont ensuite épandues sur les parcelles agricoles. [45]

Chapitre III : Résultats et discussion

h. Cuivre

La valeur limite donnée par la réglementation Algérienne est de 0.5 mg/L. les résultats obtenus pour notre analyse sont conformes aux normes prescrites. Ces derniers sont compris entre 0.01 et 0.03 mg/l.

La présence de cuivre est liée, d'une part à la corrosion des tuyaux et d'autre part au traitement par les sels de cuivre. [37]

a. COD

Les valeurs des COD dans les effluents du complexe RA2K varient entre 20 et 39 mg/l avec une moyenne 29,375 mg/l c'est valeurs sont conformes aux normes et ne dépassent pas ma valeur seuil limité qui est 120 mg/l.

b. L'hydrocarbure

Les résultats d'analyse montrent que les concentrations d'hydrocarbures dans les eaux rejetées par le RA2K varient de 1,2 à 4,3 mg/l, avec une moyenne de 3,0625 mg/l.

Ces valeurs respectent largement la limite réglementaire en vigueur dans notre pays qui est 10 mg/l.

c. DBO5

D'après les résultats obtenus durant notre stage, nous constatons que la moyenne 10 mg/l de la DBO5 est conforme aux normes fixées par le décret 06- 141(35 mg/l)

d. Chrome

La valeur moyenne du chrome après traitement est de 0,0458 mg/L, restant inférieure aux normes établies par le décret 06-141, mais elle a légèrement augmenté par rapport à celle avant le traitement.

Certains processus de traitement des eaux usées impliquent des réactions de précipitation pour éliminer les métaux lourds comme le chrome. Cependant, ces précipités peuvent être instables et se redissoudre dans l'eau, augmentant ainsi la concentration en chrome.[46]

e. Rapport DCO/ DBO5

Comme nous l'avons déjà décrit, on considère que la DCO représente l'ensemble des matières oxydables et la DBO5 la fraction ou part des matières organiques biodégradables. La différence entre ces deux paramètres représente alors la charge en matières peu ou pas biodégradables.

Chapitre III : Résultats et discussion

De plus, pour un type d'industrie ou d'effluent donné, le rapport DBO/DCO (ou DCO/DBO) est relativement constant. La valeur de ce rapport, appelé degré de dégradation biochimique ou indice de biodégradabilité. Le rapport de ces deux paramètres est donc des valeurs importantes pour connaître le devenir et les effets de la matière organique dans le milieu.[10]

Pour les effluents industriels, qui peuvent contenir une fraction notable de composés non biodégradables, on pourra considérer selon le rapport DCO/DBO5 que l'aptitude à la biodégradation est plus ou moins favorable à un traitement biologique, les règles suivantes étant généralement retenues :

- Si $DCO/DBO5 < 3$: l'effluent est facilement biodégradable.
- Si $3 < DCO/DBO5 < 5$: l'effluent est moyennement biodégradable.
- Si $DCO/DBO5 > 5$: l'effluent est difficilement biodégradable, voire non biodégradable.[8]

Le rapport DCO/DBO5 des effluents du complexe RA2K est de 2,9375. Cela signifie que la quantité de matière organique présente dans ces effluents peut être rapidement et efficacement dégradée par des micro-organismes dans un traitement biologique. Ces effluents sont généralement moins complexes et contiennent une grande proportion de composés organiques facilement assimilables par les bactéries et autres micro-organismes présents dans les systèmes de traitement des eaux usées.

Analyse de la variance univariée ANOVA : résultat statistique

Les résultats du test d'analyse de la variance univariée ANOVA modèle fixe appliquée à chacune des 10 variables mesurées, figurent dans les tableaux qui permettent de savoir s'il y a une amélioration ou non, c'est-à-dire que la charge polluante a diminué ou non.

Il s'agit de comparer, entre avant et après traitement l'égalité des moyennes de chaque caractéristique mesurée, pendant les 8 jours de stage.

L'examen des résultats des tableaux montre l'existence de différences non significatives

entre les deux stations pour chacune de variables suivantes : Température, Conductivité, TDS, O₂ dissous, Zinc. Hydrocarbure.

Des différences très hautement significatives entre les stations pour le PH, MES, Cuivre, COD.

Chapitre III : Résultats et discussion

Source	Ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
Station	1	2,560	2,560	1,93	0,186 ns
Erreur	14	18,560	1,326		
Total	15	21,120			

Tableau 7: Température en fonction de station $p > \alpha = 0,05$: (ns) différences non significative.

Source	Ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
Station	1	6,050250	6,50250	141,12	0,000***
Erreur	14	0,6451	0,04608		
Total	15	7,1476			

Tableau8 : pH en fonction de station

$p \leq \alpha = 0,001$: (***) différences très hautement significatives

Source	Ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
Station	1	826,6	826,6	1,16	0,300 ns
Erreur	14	9984,9	713,2		
Total	15	10811,4			

Tableau9 : Conductivité en fonction de station $p > \alpha = 0,05$: (ns) différences non significative

Source	Ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
Station	1	4064	4064	0,69	0,419 ns
Erreur	14	82143	5867		
Total	15	86207			

Tableau10 : TDS en fonction de station $p > \alpha = 0,05$: (ns) différences non significative

Chapitre III : Résultats et discussion

Source	Ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
station	1	96410	96410	57,67	0,000***
Erreur	14	23404	1672		
Total	15	119814			

Tableau11 : MES en fonction de station

$p \leq \alpha = 0,001$: (***) différences très hautement significatives

Source	Ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
station	1	6467	6467	0,69	0,420 ns
Erreur	14	131395	9385		
Total	15	137863			

Tableau12 : O2 en fonction destination $p > \alpha = 0,05$: (ns) différences non significative

Source	Ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
station	1	0,3452	0,3452	0,81	0,384 ns
Erreur	14	5,9743	0,4267		
Total	15	6,3194			

Tableau13 : Zinc en fonction destination $p > \alpha = 0,05$: (ns) différences non significative

Source	Ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
station	1	0,002500	0,002500	16,87	0,001 ***
Erreur	14	0,002075	0,000148		
Total	15	0,004575			

Tableau14 : Cuivre en fonction de station

Chapitre III : Résultats et discussion

$p \leq \alpha = 0,001$: (***) différences très hautement significatives

Source	Ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
station	1	35250	35250,1	95,75	0,000 ***
Erreur	14	5153	368,1		
Total	15	40403			

Tableau15 : COD en fonction de station

$p \leq \alpha = 0,001$: (***) différences très hautement significatives

Source	Ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
station	1	22,47	22,468	8,33	0,012 ns
Erreur	14	37,77	2,698		
Total	15	60,24			

Tableau16 : Hydrocarbure en fonction de station $p > \alpha = 0,05$: (ns) différences non significatives
ddl: degrés de liberté

SCE : somme des carrés des écarts CM : carré moyen

Fobs : valeur F de Fisher.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Ce travail récent visait à évaluer la qualité des eaux usées liquides provenant du complexe RA2K Topping de condensat situé dans la zone industrielle de Skikda.

La description des données des eaux des effluents révèle que certaines variables étudiées étaient conformes aux normes réglementaires même avant traitement, telles que les hydrocarbures, le zinc, le cuivre et la température. Cependant, d'autres variables telles que la DCO, la DBO5, les MES les TDS et la Conductivité dépassaient les limites de rejet autorisées.

La description des données récoltées après traitement montre que les paramètres de rejet de ce complexe étaient conformes aux normes, à l'exception des TDS. Les TDS sont principalement de nature chimique, résultant de la présence de divers composés minéraux dissous dans l'eau.

Le rapport DCO/DBO5 montre que les eaux de rejet du complexe est facilement biodégradable par des micro-organismes dans un traitement biologique.

D'après l'analyse de la variance (ANOVA), les variations observées pour la température, la conductivité, les TDS, l'oxygène dissous, le zinc et les hydrocarbures ne sont pas statistiquement significatives, ce qui suggère que le traitement effectué par la station d'épuration n'est pas efficace.

En revanche, des différences très hautement significatives ont été observées pour le pH, les matières en suspension (MES), le carbone organique total (COD) et le cuivre, ce qui indique une efficacité notable du traitement pour ces composants spécifiques.

À la suite de cette étude sur le traitement des eaux provenant du complexe RA2K de Skikda, il est clair que les procédés de traitement actuels sont inefficaces. Bien que les analyses sur les échantillons d'eaux usées n'aient pas montré d'amélioration significative de la qualité de l'eau après traitement, elles ont tout de même révélé une réduction effective des concentrations de matières organiques et de substances toxiques, ce qui a contribué à la préservation des écosystèmes aquatiques et à l'amélioration de la qualité de l'eau potable.

Conclusion générale

Cette recherche souligne l'importance cruciale d'une gestion rigoureuse et continue de l'eau industrielle pour minimiser les impacts environnementaux et protéger la santé publique. L'intégration de technologies avancées de traitement des eaux dans les installations industrielles comme RA2K de Skikda montre qu'il est possible d'harmoniser les activités industrielles avec la préservation de l'environnement.

Cependant, il est essentiel de reconnaître les lacunes existantes qui nécessitent des améliorations. Une approche serait d'effectuer des analyses spécifiques des eaux rejetées en mer pour détecter d'éventuelles bactéries et virus peu connus. Cela fournirait une nouvelle perspective sur leurs impacts potentiels sur la santé publique et l'environnement marin, facilitant ainsi une gestion plus éclairée et durable des déchets liquides industriels.

En intégrant ces analyses dans des protocoles de surveillance réguliers, le complexe pourrait continuer à renforcer ses pratiques environnementales et sanitaires tout en s'assurant que ses performances répondent aux normes réglementaires.

Pour conclure, il est impératif de prendre des mesures décisives pour améliorer le traitement des effluents industriels. Une approche intégrée, combinant les efforts des chercheurs universitaires, des organismes de contrôle et des industriels, est essentielle. En investissant dans des technologies avancées et des pratiques de gestion durable, nous pouvons non seulement réduire l'impact environnemental des eaux résiduaires, mais aussi protéger la santé publique. La mise en place de protocoles de surveillance rigoureux et l'adoption de solutions innovantes permettront de garantir que les effluents sont traités de manière efficace, respectant ainsi les normes environnementales strictes et assurant un avenir plus sain pour notre écosystème marin.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Aleruchi Owonka, Egbono Frank Fubara, et Otto Buduka Justice "Wastewater Quality- It's Impact on the Environment and Human Physiology" (2021)
- [2] Joshua Nosa Edokpay, Olatunde Durowju et J.O.Odiya " Impact of Wastewater on Surface Water Quality in Developing Countries: A Case Study of South Africa , (2017).
- [3] Mouhamed Zine Belhadj Abderrahmane Boudiukha : "Avilissement des eaux de surface du barrage de Zit-Emba Wilaya de Skikda par une contamination des métaux lourds et une pollution anthropique " (2014)
- [4] BOUGUELMI AFFEF : Etude et suivi des effluents liquides dans l'unité de traitement du complexe RA1/K de la raffinerie de Skikda, 2015
- [5] Eau usée (en ligne) <https://glossaire.eauetbiodiversite.fr/concept/eaux-usees>
- [6] Hayat Djelal, Maité Rigail, Luc Boyer " LES EFFLUENTS INDUSTRIELS ET LEUR TRAITEMENT"2008/6 n° 20 | pages 275 à 288
- [7] Melle Fatiha Boumediene : Thèse de doctorat "Traitement des effluents industriels par adsorption sur différents matrices solides (biomasse) " (2022)
- [8] Jean Rodier ".L'analyse de l'eau" ,9ème édition, Paris : Dunod Paris 2009
- [9] MEKHALIF FAIZA: Mémoire de Magister, REUTILISATION DES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES EPUREES COMME EAU D'APPOINT DANS UN CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT, 2009
- [10] Morin-Crini, Nadia, et Grégorio Crini, éditeurs. Eaux industrielles contaminées. Presses universitaires de Franche-Comté, 2017
- [11] TDS-Total des solides dissous (en ligne) <https://www.merus.fr/tds-total-des-solides-dissous/>
- [12] Meshari Almutairi "Method development for evaluating the effectiveness of hydrocarbons on BOD, UBOD and COD removal in oily wastewater

[13] I N E R I S - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France - Agence de l'Eau Chrome ; Synthèse spécifique au secteur d'activité Agroalimentaire 2013. 8pages

[14] Cuivre : qu'est-ce que c'est?, 2022(en ligne)

<https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-cuivre-14798/>

[15] Maciej Thomas, Zuzana Melichová, Matej Šuránek, Angelika Więckol-Ryk, Paweł Lochyński et, Joanna Kuc , "Removal of Zinc from Concentrated Galvanic Wastewater by Sodium Trithiocarbonate: Process Optimization and Toxicity Assessment"(2023)

[16]M. Rajasimman;N. Rajamohan;S. Sujatha, "Recovery of zinc from electroplating wastewater using green emulsion liquid membrane" (2023)

[17] "Remediation of petroleum hydrocarbon contaminated soils by nZVI coupled with electrokinetic activation of persulfate" (2024)

[18] Andrea Bagi ^a, Geir Skogerbø "Tracking bacterial pollution at a marine wastewater outfallsite – A case study from Norway" (2022)

[19] CHELLE François et DELLALE Moustafa. Festival des sciences de la ville. Séminaire .France. 2005.

[20] Traitement physicochimique de la pollution insoluble. Technique de l'ingénieur. Volume G127

[21] Le point de connaissance sur les traitements des eaux usées I.N.R.S. document technique. 2004.

[22]W.KHREFI «Etude de la Cinétique de Sédimentation des Matières en Suspension dans le Calcul de Décanteur», Mémoire de magister, Université de Badji-mokhtar-Annaba, Algérie (2009)

[23] Robina Farooq Physico-Chemical Wastewater Treatment and Resource Recovery, (2017)

[24] Raymond Desjardins, Le traitement des eaux, Édition de l'École Polytechnique de Montréal, 317 pages, 1997.

[25] HEDDAM SALIM : thèse de doctorat Contribution à la modélisation de la qualité des eaux approche par les réseaux de neurones, les systèmes neuroflous et les méthodes de classification : Application à la station de traitement des eaux potables de BOUDOUAOU-ALGERIE, École nationale supérieure Agronomique.2012

- [26] R.SALGHI Différents Filières de Traitement des eaux. Cours .Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir, Université Ibn Zohir ROAUME du Maroc .2006
- [27] AleruchiOwhonka, Egbono Frank Fubara and Otto Buduka Justice, Wastewater Quality- It's Impact on the Environment and Human Physiology, 2021.
- [28] Romain vallier, La conformité environnementale, une politique juridique au service de la performance globale de l'entreprise. [thèse de doctorat], Université Côte d'Azur, 2018.Nice, France
- [29] Journal officiel de la République Algérienne N°26, décret exécutif n° 06-141 de 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquide industriels.23avril 2006
- [30] Shehla Sattar ,Rahib Hussain , Syed Mukarram Shah ,Zagid Rauf, Asma nohsad ,Laeiq Ahmed "Composition ,impact, and removal of liquid Petroleum waste through bioremedaiation as an alternative clean-up technology"(2022)
- [31] Aleruchi Owhonka .Buduka Justice Otto. Wastewater Quality-It's Impact on the Environment and Human Physiology. April 2023
- [32] Mémoire-Descriptif-des-installations-RA2K_Rev2, 2013
- [33] Manueldes utilités complexe Topping de Skikda RA2K –Unité 400 et 500-
- [34] Manueldes eaux complexe Topping de Skikda RA2K
- [35] ASTM, [1974]. AnalBookof American society for testing and material Standards. Water. Part 31.
- [36] PDF, Institut scientifique de service public ,Métrologie environnementale Recherche _analyses Essais Expertises ,Lyon. France.
- [37] Mezedjri Lyamine , Modélisation de l'impact de la Pollution Industrielle Hydrique dans le Golfe de Skikda (Littoral Est algérien), Thèse doctorat ,Annaba ,Université Badji Mokhtar Annaba , 2008,143 p
- [38] Sarah Jones "PH" 15 mars 2020
- [39] Brian Campbell "what is Total Suspendid Solids (TSS)"sep 20, 2021
- [40] Demande chimique en oxygène (DCO) , disponible sur <https://fr.hach.com/parameters/chemical-oxygen-demand> consulter le ,20/052024

- [41] Conception et fabrication de systèmes de flottation à air dissous pour le traitement des eaux usées industrielles , disponible sur <https://sigmadafclarifiers.com/fr/> consulter le 20/05/2024
- [42] JOANNE LING SOON NING " Comparative study of virgin and acid washed activated carbons for adsorption treatment of textiles wastewater" May 2023
- [43] N. Pushpalatha, V. Sreeja 1, R. Karthik ,G. Saravanan "Total Dissolved Solids and Their Removal Techniques" juin 30.2022
- [44] CRE LAURENTIDES 2009, L'oxygène dissous p.4 disponible sur <http://www.troussedeslacs.org/pdf/ficheoxygene.pdf> consulter le 25 /05/2024
- [45] Agence. Eau- loir-bretagne.fr "Diagnostic de la pollution par le Cuivre et le Zinc sur le bassin versant de l'Aber"
- [46] Mark M. Benjamin water Quality Engineering: Physical / Chemical Treatment Processes