

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences et Technologie
Département de Génie des Procédés

Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie des Chimique

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

=====

*Efficacité des produits chimiques dans le traitement des
eaux de rejet de la Raffinerie*

=====

Par :
TRENE Aymen
MENIGHED Sid ali

Sous la direction :
PR. LAHIOUEL Yasmina

Septembre 2020

Remerciements.

Ce travail de recherche a été mené à la raffinerie de SKIKDA à la station de traitements des effluents ETP2, au laboratoire centrale de la raffinerie de SKIKDA RA1K.

Madame Yasmina LAHIOUEL, professeur à l'université de GUELMA, On la remercie d'avoir accepté notre projet et de nous avoir prodigué tous les conseils indispensables. On la remercie aussi d'avoir suivi, guidé soutenu et fait confiance à notre travail.

On tient a remercié Monsieur Messaoud BOUFLIGHA, chef de service à la station de traitement des effluents, pour sa disponibilité et de nous avoir facilité l'accès aux différents bassins et composants de la station.

On tient a exprimé en particulier notre profonde reconnaissance à Monsieur Oussama BOUGUERBA, exerçant au niveau de la station ETP2 de nous avoir guidés et montrés tous les processus de travaille de la station.

On adresse nos sincères remerciements à Messieurs Ilyes GAS ingénieur au Laboratoire central de la raffinerie de SKIKDA et Fayçal AOUD, responsable de la cellule d'environnement de la raffinerie de SKIKDA, pour nous avoir appris les tests simples de terrain.

On tient également à remercier Monsieur Kamel KORAICHI directeur générale de la raffinerie de SKIKDA, de nous avoir donné son accord pour faire ce stage de pratique au sein de la raffinerie de SKIKDA.

Les remerciements ne seraient rien sans une mention particulière pour nos professeurs du département de la génie des procédés de l'université de Guelma qui nous ont guidés tout au long de notre parcours universitaire, nos collègues de la promotion «Master 2 en Génie Chimique » et pour nos amis de longue date.

Dédicaces.

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents. Ma mère qui m'a mise au monde et de m'avoir accompagné tout le long de ma vie. Je lui dois une fière chandelle. Mon père qui sans lui je ne serai pas arrivé jusqu'ici. A mes chères deux petites sœurs et à tous mes amis, j'espère toujours être à la hauteur de leur espérance.

A madame Y.Lahiouel qui a guidé mes travaux avec patience et sérieux tout le long de la préparation de ce mémoire.

N'oubliant pas ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Sid Ali.

Dédicaces.

A mes parents, pour leurs sacrifices, leurs soutiens et leurs prières tout au long de mes études.

A ma sœur IBTISSEM et mon frère OUSSAMA sans oublier ma nièce Eline pour leurs encouragements permanents, et leurs précieux soutiens.

A mon binôme MENIGADE SID ALI et toute sa famille.

A mon professeur encadreur Madame LAHIOUEL Yasmina

Aux personnes qui m'ont toujours aidées et encouragées, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnées durant mon chemin d'études supérieurs, mes aimables amis, collègues d'études.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant souhaités, et le fruit de votre soutien infallible.

MERCI, à tous !

Aymen.

Résumé.

Ce travail a été réalisé durant un stage pratique à la station d'épuration de la raffinerie de SKIKDA, et a porté sur la mise en place au laboratoire de la raffinerie d'un essai de simulation par l'ingénieur d'analyse chargé de l'optimisation des processus, de traitement dans la station d'épuration de la raffinerie.

L'eau brute obtenue à l'entrée et à la sortie des six bassins a été analysée et utilisée comme référentielle dans notre étude.

Le traitement d'épuration des effluents liquides au niveau de la station n'était pas assez efficace pour avoir une eau traitée qui répond aux normes internationales. Ces résultats ont été comparés à ceux obtenus lors de l'essai de simulation lesquels sont dans les normes, et montrent clairement un dysfonctionnement dans quelques équipements de la station.

Liste des abréviations.

API: American Petroleum Institut

B1 : Bassin de collecte de la charge hydraulique des eaux accidentellement polluées

B2 : Bassin de déshuilage qui contient deux types de déshuileur type API.

B3 : Bain de recueil d'huile et mousse.

B5 : Bassin de floculation.

B6 : Bassin de flottation.

B18 : Bassin de correction du PH.

B13 : Bassin d'aération

B15 : Bassin d'alimentation des filtres à sable.

B14 : Bassin de décantation avant l'alimentation de filtres.

B17 : Bassin d'eau traitée.

B7 : Bassin de boues.

B19 : Bassin d'épaississement et centrifugation.

CAG : Charbon actif granulé

CE: Conductivité

COT: Carbone organique total.

DBO5: demande biologique en oxygène pendant cinq jours.

DCO: demande chimique en oxygène.

ERI: eaux résiduaires industrielles

HC: hydrocarbures.

MES: matières en suspension.

NT: Azote total

pH: potentiel d'hydrogène

PT: Phosphore total.

SLOP : Mélange d'hydrocarbure récupéré, généralement injecté dans le fuel à condition de ne pas altérer les spécifications du produit.

S8 : Réservoir de décantation

STEP: station de traitement des eaux polluées.

UTE : Unité de transport Est.

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I	3
I.1 Pollution des eaux.....	3
I.2 Définition des eaux résiduaires industrielles.....	3
I.3 Provenances des eaux usées	3
I.4 Origine des polluants et types de pollutions industrielles	4
I.4.1 Pollution physique.....	4
I.4.2 Pollution chimique.....	4
I.4.3 Pollution microbologique.....	6
I.5 Différentes propriétés de l'eau.....	6
I.5.1 Propriétés physiques	6
I.5.2 Propriétés chimiques de l'eau.....	7
I.5.3 Propriétés biologiques de l'eau.....	7
I.6 Paramètres de mesure de la pollution.....	7
I.6.1 Paramètres organoleptiques.....	7
I.6.2 Paramètres physiques	8
I.6.3 Paramètres chimiques.....	8
I.7 Influence de la pollution sur l'environnement.....	9
I.7.1 Température.....	10
I.7.2 PH.....	10
I.7.3 Turbidité.....	11
I.7.4 Consommation d'oxygène.....	11
I.7.5 Azote.....	12
I.7.6 Phosphore.....	13
I.7.7 Hydrocarbures.....	13
Chapitre II	18
II.1 Description de la raffinerie de Skikda.....	18
II.1.1 Historique de la SONATRACH.....	18
II.2.1 Les différentes Raffineries en Algérie.....	18
II.3 Présentation de la Raffinerie de Skikda.....	19
II.4 Présentation et description des unités de production.....	19
II.5 Présentation de la station de traitement des eaux (ETP2).....	22
Chapitre III	24
III. Traitement des eaux résiduelles industrielles	24
III.1 Les prétraitements.....	24
III.1.2 Le dessablage.....	24
III.1.3 Déshuilage dégraissage.....	25
III.2 Les traitements physico-chimique.....	25
III.2.1 Phase chimique.....	26
III.2.1.1 les colloïdes.....	26
III.2.1.2 Déstabilisation des colloïdes.....	27
III.2.1.3 la coagulation.....	27
III.2.1.4 Paramètres influençant le bon fonctionnement du procédé de coagulation...	28
III.2.2 Phase physique.....	29
III.2.2.1 La floculation.....	30
III.2.2.2 la séparation des floes	30
III.3 Les traitements biologiques	31

III.3.1 Les procédés biologiques extensifs.....	31
III.3.2 Les procédés biologiques intensifs	31
III.3.3 Facteurs limitant le traitement biologique.....	32
III.4 Traitements tertiaires.....	33
III.4.1 La filtration.....	33
III.4.2 Filtre à sable.....	33
III.4.3 Caractéristiques des matériaux filtrants.....	33
III.4.4 Adsorption sur charbon actif.....	33
III.4.5 Caractéristiques du charbon actif.....	34
III.4.6 Facteurs influençant l'adsorption.....	34
III.4.7 Lavage des filtres.....	34
Chapitre IV	35
IV.1 Description du procédé de traitement de l'unité.....	35
IV.2 l'actualité du travail	42
IV.2.1 buts et objectifs du travail	42
IV.2.2 Impact Pratique.....	42
IV.3 protocole expérimental.....	43
IV.3.1 Prélèvement d'échantillons.....	43
IV.3.2 Etude de différents paramètres physico-chimiques.....	43
VI.4 Essai de simulation au laboratoire de différentes phases de la station de traitement de la raffinerie.....	45
Chapitre V	49
V.1 Résultats et discussion.....	50
V.1.1 variation du PH.....	50
V.1.2 variation de la T° en (°C).....	51
V.1.3 variation de la DCO (en ppm).....	52
V.1.4 variation de la DBO (en ppm).....	53
V.1.5 Variation de la teneur en phosphates (ppm).....	54
V.1.6 Variation des hydrocarbures (ppm).....	55
V.1.7 Variation des matières en suspension (ppm).....	56
V.1.8 Variation du FER (ppm).....	57
V.1.9 Variation de la conductivité (µs/cm).....	58
Conclusion générale	60
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	62

Listes des figures.

Figure 1 : Représente la capacité de production en tonne/an.....	20
Figure 2 : Descriptif de raffinerie de Skikda.....	21
Figure 3 : Schéma de circulation ETP2.....	23
Figure 4 : Dégrillage et dessablage.....	25
Figure 5 : Pré-déshuilage.....	25
Figure 6 : Structure des colloïdes.....	26
Figure 7 : La coagulation des colloïdes dans l'eau à l'aide d'aluminium.....	27
Figure 8 : La flottation.....	30
Figure 9 : Bassin de déshuilage (API).....	36
Figure 10 : Bassin de coagulation (Mixage rapide des eaux).....	36
Figure 11 : Contrôle du PH.....	37
Figure 12 : Bassin de floculation.....	37
Figure 13 : Bassin de flottation a air dissout.....	38
Figure 14 : Bassin du traitement biologique.....	39
Figure 15 : Les filtre a charbons et a sable.....	40
Figure 16 : Schéma des différentes étapes de l'essai de simulation.....	46
Figure 17 : Variation du PH au niveau des différents bassins.....	50
Figure 18 : Variation de la température (°C) au niveau des différents bassins.....	51
Figure 19 : Variation du DCO (ppm) au niveau des différents bassins.....	52
Figure 20 : Variation de la DBO (ppm) au niveau des différents bassins.....	53
Figure 21 : Variation du Phosphate (ppm) au niveau des différents bassins.....	54
Figure 22 : Variation des hydrocarbures (ppm) au niveau des différents bassins.....	55
Figure 23 : Variation des matières en suspension (ppm) au niveau des différents bassins.....	56
Figure 24 : Variation du FER (ppm) au niveau des différents bas.....	57
Figure 25 : Variation de la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) au niveau des différents bassins.....	58

Liste des tableaux.

Tableau 01 : Les sels d'aluminium et de fer.....	27
Tableau 02 : Les réactifs et leurs quantités.....	47
Tableau 03 : Variation du PH au niveau des différents bassins.....	50
Tableau 04 : Variation de la T° (°C) au niveau de différents bassins.....	51
Tableau 05 : Variation de la DCO (ppm) au niveau des différents bassins.....	52
Tableau 06 : Variation de la DBO (ppm) au niveau des différents bassins.....	53
Tableau 07 : Variation des phosphates (ppm).....	54
Tableau 08 : Variation des HC (ppm).....	55
Tableau 09 : Variation de MES (ppm).....	56
Tableau 10 : Variation du FER (ppm).....	57
Tableau 11 : Variation de la conductivité (µs/cm).....	58
Tableau 12 : Caractéristiques des eaux traitées.....	59

Introduction générale

Introduction

A cette époque où le développement démographique et la croissance industrielle conditionne notre environnement et notre mode de vie, il est important plus que jamais de nous préoccuper de tous les facteurs qui peuvent déstabiliser l'équilibre de nos conditions de vie et notre bien-être ainsi que notre écosystème.

En vérité le développement industriel nous apporte d'immenses bénéfices sur le plan économique et social, et apporte une nette amélioration au niveau vie.

Cependant, le revers de ce succès fait que cette grande évolution industrielle soit accompagnée d'une nuisance de nature chimique, physique et biologique : (Pesticides, additifs alimentaires, hydrocarbures, etc...), qui a de multiples conséquences à court ou à long terme sur notre organisme et l'équilibre de notre écosystème.

Parallèlement, la population active s'est déplacée et s'est développée autour des grandes industries, créant ainsi de grands rassemblements de populations, qui déversent chaque jour leurs flux polluants, dans les milieux récepteurs pouvant être un lac, une mer ou un océan.

Cette double pollution industrielle et urbaine engendrera une limitation de nos ressources en eau, si de sérieuses mesures préventives ne sont pas prises.

Il existe, de nos jours une vaste gamme de technologies de traitement des eaux, pouvant servir à la récupération et la réutilisation des eaux usées (industrielles et urbaines). Un grand nombre de ces technologies ont été mises au point et en service au sein des stations d'épuration afin d'obtenir une qualité d'eau épurée dans les normes de l'usage souhaité.

Dans cette étude, nous avons tenté de s'enquérir de la situation actuelle de la pollution des eaux. Pour cela, nous avons procédé à l'analyse comparative des données obtenues à l'échelle naturelle de la station et des données obtenues à l'échelle du laboratoire de notre essai de simulation d'une station de traitement semblable.

Cette démarche comparative des données, s'est faite dans un but :

- de vérifier l'efficacité de la station de traitement d'eau de la raffinerie ;
- de comprendre pour arriver à améliorer et à optimiser les méthodes (processus) classiques de traitements des eaux ;
- d'arriver éventuellement à des propositions donnant de meilleurs résultats.

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

Le premier chapitre parle des principaux polluants des eaux et leurs influences sur l'environnement.

Introduction

Dans le deuxième chapitre, on a essayé de faire une présentation générale de la raffinerie de Skikda et l'unité de traitement des eaux ETP2.

Au troisième chapitre, nous présenterons les procédés utilisés pour le traitement des eaux usées.

Le quatrième chapitre est consacré à l'étude expérimentale, qui est constitué de deux parties :

- La présentation de la station de traitements des effluents de la raffinerie de Skikda.
- Notre étude expérimentale sur l'unité.

Le cinquième chapitre a porté sur les résultats et leurs interprétations.

Notre mémoire se termine par une conclusion, ainsi que par des recommandations pour une amélioration dans la qualité de l'eau rejeté à la fin du traitement.

Chapitre I: Propriété et pollution des eaux

1.1 Pollution des eaux

La pollution de l'eau ou bien sa contamination est définie comme la dégradation de cette dernière, provoquant la modification de ses propriétés : physiques, chimiques et biologiques. Causée par des déversements de rejets et de dépôts directs ou indirects (produits toxiques, microorganismes, déchets industriels). L'agent polluant peut être d'origine :

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

Nous nous intéressons aux rejets liquides, appelés couramment les eaux résiduaires industrielles transportant en général divers produits hautement toxiques avec des taux très élevés [1-2].

1.2 Définition des eaux résiduaires industrielles

Les eaux résiduaires industrielles varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elle peut également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées [1,3].

1.3 Provenances des eaux usées

Les eaux résiduaires proviennent principalement de l'eau consommée dans de nombreuses opérations de fabrication par voie humide dans la raffinerie. Les eaux usées de cette dernière comprennent :

Les eaux de procédés :

- Eaux de condensation des vapeurs des unités de traitement.
- des éjecteurs d'extraction, des strippers, du dessaleur.
- eaux de purges des ballons de reflux et de vidange des réservoirs de stockage.
- Eaux de lavage et de conditionnement des produits fractionnels alcalins ou acides, eau de déshuilage.
- Les eaux huileuses de nettoyage ou de ruissellement.
- Eaux provenant des aires dallées, des stations de chargement, des airs de stockage.

Pour épurer l'eau, il faut généralement combiner plusieurs traitements dont les bases peuvent être : physiques, chimiques ou biologiques, et dont l'effet est d'éliminer tout d'abord les matières en suspension, ensuite les substances colloïdales, puis les substances dissoutes (minérales et organiques).

A la fin Il faut corriger certaines caractéristiques [17,18].

1.4 Origine des polluants et types de pollutions industrielles

Les eaux résiduaires industrielles sont les déchets liquides résultant en fonction des activités exercées. On trouve trois types de pollution :

1.4.1 Pollution physique : elle est généralement due à tous les éléments solides entraînés par l'eau. On peut la répartir en trois classes : (mécanique, thermique et radioactive) [1,5].

a. Pollution mécanique : c'est à cause des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux de résidus industriels ou des eaux pluviales. Ces polluants sont soit des éléments grossiers (sable, matière plastique, morceau de bois) ou bien des matières en suspension.

b. Pollution thermique : Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, ...) ; ont une température de l'ordre de 70 à 80°C. Elle diminue jusqu'à 40 à 45°C lorsqu'elle entre en contact avec les eaux des milieux aquatiques provoquant un réchauffement de l'eau, qui agit sur la solubilité de l'oxygène. En outre tout changement de température cause des effets négatifs sur la survie des organismes aquatiques. Un abaissement important de température ralentit la plupart des réactions chimiques vitales, voir les arrête. Les augmentations de température peuvent tuer certaines espèces, provoquant ainsi un déséquilibre écologique[1-2].

c. Pollution radioactive C'est les substances radioactive qui sont introduites par l'activité humaine dans l'environnement que ce soit direct ou indirect, qui peuvent présenté un danger pour la santé humaine ou des dégradations aux ressources biologiques, aux écosystèmes ou aux biens matériels [4].

1.4.2 Pollution chimique : elle provient généralement des rejets d'eaux usées contenant des produits chimiques, des hydrocarbures et des métaux lourds. Elle est regroupée dans deux catégories :

-Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols, ...);

-Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore, ...)

a. Pollution organique : Dans ce cas, les polluants peuvent augmenter la turbidité des eaux et créer un phénomène d'eutrophisation avec une diminution de la quantité d'oxygène dissous. Ces modifications environnementales ont de profondes conséquences, cela provoquera la disparition d'espèces et la prolifération d'autres [2,6].

b. Pollution minérale : c'est à dire l'excès d'ions minéraux de l'eau peut également avoir des conséquences sur les êtres vivants. Les principaux polluants sont :

➤ **Métaux lourds :** On appelle métaux lourds les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse 5g/cm^3 . On les trouve le plus souvent sous forme de traces dans l'environnement : mercure, plomb, cadmium, cuivre, arsenic, nickel, zinc, cobalt, manganèse.

Les industries situées à proximité de cours d'eau (pour des raisons de refroidissement, de transport) y ont rejeté leurs effluents, en ajoutant à cela l'érosion et le ruissellement de l'eau sur les sols et chaussées. L'eau constitue un élément fondamental en matière de pollution, puisque dans le cas des métaux, comme pour d'autres composés, celle-ci va favoriser de nombreuses réactions chimiques. L'eau transporte les métaux lourds, et les insère dans les chaînes alimentaires (algues, poisson, etc.). Même si les métaux lourds sont le plus souvent présents à l'état de traces, mais ils restent très dangereux, car leur toxicité se développe par accumulation dans les organismes [5].

➤ **Cyanure :** C'est un poison à action rapide qui peut se rencontrer sous plusieurs formes (gaz, liquide et solide). Même si les cyanures se rencontrent naturellement dans beaucoup d'aliments et de plantes. L'industrie rejette d'autres composés cyanogènes (installation de cyanuration, galvanoplastie, traitement de minerais, ...). L'ion CN^- est toxique en raison de l'acide cyanhydrique qui se produit en présence d'eau [5,7].

➤ **Pollution d'azote :** c'est une pollution causée par les rejets des activités industrielles (chimiques, agroalimentaires, ...) riches en azote qui est nocive pour l'eau, l'air, les sols ou les écosystèmes. Elle se manifeste principalement par l'eutrophisation, ou la dystrophisation lorsqu'il y a surabondance d'azote principalement dans le milieu liquide, suite à la bonne solubilité des nitrates (NO_x) dans l'eau [7].

- **Pollution par le phosphore** : le phosphore est un élément non renouvelable fondamental du vivant. Comme l'azote, le phosphore est indispensable aux écosystèmes naturels comme à la production agricole. Les activités humaines (agriculture, eaux usées, expansion urbaine, industries) modifient cependant profondément son cycle. Parmi les conséquences, les écosystèmes aquatiques se dérèglent, des algues prolifèrent puis se décomposent en consommant l'oxygène nécessaire à de nombreuses espèces [8].

I.4.3 Pollution microbiologique : La pollution microbiologique est due aux bactéries d'origine fécale et provient principalement des eaux usées et des élevages agricoles. Elle entraîne des conséquences pour la qualité des eaux.

La contamination microbiologique a des conséquences plus importantes sur la santé humaine que sur les espèces marines (faune et flore) [9,10].

1.5 Différentes propriétés de l'eau

Comme pour la plupart des corps, l'eau peut se présenter sous trois états : solide (glace), liquide, et gazeux (vapeur d'eau).

1.5.1 Propriétés physiques :

Le caractère polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'associations possibles entre les molécules d'eau ; il donnera lieu à plusieurs anomalies physiques, telles que :

a. La température d'ébullition : anormalement élevée, si on la compare avec celle des composés de masse moléculaire du même ordre et possédant plusieurs atomes d'hydrogène. Dans les conditions normales elle est de 100°C.

b. La masse volumique : elle change en fonction de la température et la pression. L'eau a une masse volumique de 1g/cm³.

c. La viscosité : elle diminue lorsque la température croît. Contrairement aux autres liquides, une pression modérée, rend l'eau moins visqueuse aux basses températures. Elle est exprimée en (Pa.s).

d. La tension superficielle : c'est un phénomène physico-chimique lié aux interactions moléculaires d'un fluide. Pour l'eau elle est égale à 73×10^{-3} N/m à 18°C.

e. La conductivité électrique : l'eau est légèrement conductrice. Cette conductivité très faible, mais jamais nulle est expliquée par une légère dissolution de la molécule d'eau selon l'équation chimique. Elle est exprimée en $\mu\text{s/cm}$:



1.5.2 Propriétés chimiques de l'eau :

L'eau possède des propriétés physiques et chimiques uniques : on peut la faire geler, fondre, évaporer ou chauffer et la mélanger.

Dans des conditions normales, l'eau est un liquide composé de molécules faites d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (H_2O). À l'état pur, l'eau est incolore, insipide et inodore ; elle gèle à 0°C et s'évapore à 100°C. Elle a une densité de 1 g/cm^3 et elle est considérée parmi les meilleurs solvants qui soient.

1.5.3 Propriétés biologiques de l'eau :

L'eau est un constituant biologique important. Avec l'oxygène et le dioxyde de carbone, elle contribue à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants. Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges ; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants.

1.6 Paramètres de mesure de la pollution

Pour savoir si une eau est polluée et connaître son degré de pollution, les organismes de contrôle effectuent des prélèvements d'eau et les étudient. Plusieurs paramètres sont des indicateurs de la présence de polluants dans l'eau ainsi que leur quantité. Parmi ces paramètres on cite les plus importants:

1.6.1 Paramètres organoleptiques :

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

b. Odeur : Les ERI se caractérisent par une odeur de moisi. Toute odeur est signe de pollution est due à la présence de matières organiques en décomposition [12].

1.6.2 Paramètres physiques

a. Température : Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier l'Oxygène) dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau.

b. Potentiel d'hydrogène : Sa valeur caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique. La valeur du pH altère la croissance des microorganismes existant dans l'eau (leur gamme de croissance est comprise entre 5 et 9).

c. Turbidité : Elle caractérise le degré de non transparence de l'eau, elle traduit la présence de MES.

d. Matières en suspension : Ce paramètre exprimé en mg/l correspond à la pollution insoluble particulaire, c'est-à-dire la totalité des particules solides véhiculées par les ERI. Mesuré par pesée après filtration ou centrifugation et séchage à 105°C. Les procédés de séparation par filtration font appel, soit à des disques en fibres de verre, soit à des couches d'amiante. La méthode par centrifugation est plus particulièrement réservée au cas où les méthodes par filtration ne sont pas applicables par suite d'un risque élevé de colmatage des filtres.

1.6.3 Paramètres chimiques

a. Demande chimique en oxygène (DCO) : est un moyen d'estimer la quantité de matières organiques présente dans l'eau. Cette DCO est exprimée en milligrammes d'oxygène par litre d'eau et représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toute la matière organique. Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de potassium en milieu sulfurique en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure II (complexant des chlorures), à chaud pendant 2 heures [8,13,14].

b. Demande biologique en oxygène (DBO5) : Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. Elle est mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C, à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé. Le temps assure l'oxydation

biologique des matières organiques carbonées. L'épuration biologique en aérobie complète d'une ERI exige en fait un temps de 21 jours (DBO 21 dit ultime) nécessaire pour l'oxydation des composés azotés biodégradables, ou de 28 jours sinon 35 jours, qui représentent le temps de dégradation de certaines familles d'hydrocarbures. Le rapport DCO/DBO5 est l'indice de la biodégradabilité d'une eau. Pour qu'une pollution soit dégradable le rapport est inférieur à 2,5.

La moyenne pondérée de la DCO et la DBO mesurée après décantation pendant 2 heures suivant la formule : $(DCO + 2 \times DBO5) / 3$ correspond aux matières existantes MOX [13,14].

c. Carbone organique total (COT) : Détermine des propriétés variables du carbone organique dissout et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatils et du carbone minéral dissout.

Sa mesure est réalisée par un analyseur de CO₂ à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon [7,11].

d. Azote total (NT) : Exprimé en mg/l, ce paramètre devient de plus en plus important. Sa valeur globale dans les ERI recouvre toutes les formes déjà citées. C'est la somme d'azote des formes réduites (organiques et ammoniacales) et appelé azote de KJELDAL et l'azote des formes oxydées (NO₂ -, NO₃ -) [1].

e. Phosphore total (PT) : Le phosphore se trouve dans les ERI sous formes:

- D'orthophosphate soluble PO₄H₂⁻ ;
- De polyphosphate qui a tendance à s'hydrolyser en orthophosphate ;
- De phosphore non dissout.

La somme de ces diverses formes constitue le phosphore total, dont chaque forme peut être mesurée indépendamment des autres par spectrométrie [3-4].

1.7 Influence de la pollution sur l'environnement,

Les rejets d'eau industriels sans traitement dans la nature ont des conséquences très négatifs .Il peut engendrer des élévations de température des modifications de pH, des modifications de turbidité et des consommations d'oxygène, qu'ils peuvent induire dans le

milieu naturel, ainsi que des effets spécifiques inhérents à chaque polluant ou groupe de polluants [15, 16, 17,18].

1.7.1 Température [15, 16, 17,18].

La température est l'un des facteurs écologiques les plus importants parmi tous ceux qui agissent sur les organismes aquatiques. Elle joue un rôle important dans la distribution des espèces, aussi bien par ses niveaux extrêmes que par ses variations saisonnières.

En général la température de l'eau diminue avec la profondeur, car plus la profondeur est importante moins les rayons du soleil pourront pénétrer. La plupart des organismes aquatiques ont une tolérance limitée au changement de température, mais ils n'ont pas besoin de plus car la température ne subit pas de grand changement sous la surface de l'eau. Cependant lorsqu'un changement soudain de température arrive, cela a des effets remarquables sur la survie des organismes aquatiques (plantes aquatique, poissons et mammifère marin).

La plupart des réactions chimiques vitales sont ralenties voire arrêtées par un changement important de température (abaissement). Par contre, des augmentations de température peuvent avoir pour effet d'éliminer certaines espèces, mais également de favoriser le développement d'autres espèces en entraînant ainsi un déséquilibre écologique.

1.7.2 pH [15, 16, 17,18].

Les eaux superficielles constituent un système physico-chimique complexe tamponné par les divers équilibres entre les espèces moléculaires ou ionisées présentes.

Des pH compris entre 5 et 9 constituent les limites dans lesquelles un développement quasi-normal de la faune et la flore aquatique semble être permis. Par ailleurs, il est souvent difficile d'établir des critères précis en ce qui concerne la vie et la reproduction des poissons (on retient parfois comme zone optimale celle délimitée par les pH extrêmes de 6,5 et 8,5).

En général, les effets du pH se font surtout sentir par l'influence qu'exerce ce paramètre sur les équilibres entre les autres composés chimiques du milieu (azote ammoniacal, sulfure de sodium, acide cyanhydrique.... etc.) lorsqu'ils ont une toxicité variable selon qu'ils se trouvent ou non sous forme ionisée.

1.7.3 Turbidité [15, 16, 17,18].

La lumière du soleil ne pénètre dans l'eau que jusqu'à une profondeur d'environ 30 mètres sous la surface. Les producteurs (plantes aquatique) ont besoin de la lumière du soleil pour produire de l'oxygène et les autres substances nécessaires à la survie des consommateurs. La production ne peut donc se faire que dans la zone où les rayons du soleil peuvent pénétrer. La matière en suspension peut interférer avec la pénétration de la lumière, ce qui peut diminuer la taille de cette zone où la production a lieu. L'oxygène de l'écosystème aquatique provient de l'atmosphère et de la production du phytoplancton. Le taux de présence des matières en suspension dans l'eau réduit la luminosité et diminue la productivité du milieu récepteur du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse.

Les effets mécaniques des matières en suspension sont également importants. Les matières en suspension sont de nature à engendrer des maladies chez le poisson et même l'asphyxie par colmatage des branchies

1.7.4 Consommation d'oxygène [15, 16, 17,18].

Le pouvoir d'inhibition de la vie piscicole par consommation de l'oxygène du milieu peut être valablement estimé au vu des valeurs de la demande biochimique en oxygène, de la demande chimique en oxygène et de la teneur en azote réduit des eaux résiduaires rejetées.

En particulier, on rappellera que la consommation d'oxygène consécutive à la minéralisation de l'azote ammoniacal par les bactéries nitrifiantes du milieu (non prise en compte ni dans l'expression de la demande biochimique en oxygène sur cinq jours, ni dans celle de la demande chimique en oxygène) est très importante puisque l'oxydation de 1 mg d'azote ammoniacal en nitrates s'accompagne d'une consommation de l'ordre de 4,5 mg d'oxygène.

Dans ces conditions, des rejets présentant une charge élevée en azote réduit peuvent engendrer des phases d'asphyxie du milieu lorsque la dilution est insuffisante. Enfin, par l'intermédiaire du phénomène d'eutrophisation, les rejets d'azote et de phosphore sont indirectement de nature à entraîner de fortes variations journalières du taux d'oxygène du milieu aquatique : en effet, ce taux peut significativement chuter la nuit, où une consommation élevée d'oxygène due à une biomasse surabondante se substitue à sa

production photosynthétique diurne. En plus le rejet d'eau plus ou moins chaude diminue la solubilité de l'oxygène dans l'eau et elle pousse aussi les organismes vivants dans l'eau à respirer plus rapidement. Beaucoup d'organismes meurent par manque d'oxygène, ou deviennent plus sensibles aux maladies.

I.7.5 Azote [15, 16, 17,18].

Les nitrates en eux-mêmes semblent peu toxiques vis-à-vis de la faune aquatique. L'azote des nitrates avec, dans une moindre mesure, celui des nitrites et de l'ammoniaque, est l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux, dans lesquels il est métabolisé pour fournir essentiellement des protéines, des acides nucléiques et les polymères des parois cellulaires. Les nitrates constituent un facteur d'eutrophisation mais, pratiquement, on estime qu'ils n'induisent pas de développement d'algues gênantes en dessous d'une teneur de 2 à 5 mg/l dans le milieu récepteur.

Les nitrites peuvent être présents dans l'eau sous forme non ionisée d'acide nitreux (HNO_2) ou ionisée (NO_2^-). La première forme, qui apparaît dans certaines conditions de température et de pH, est la plus toxique pour les organismes vivants. Dans le milieu naturel, sa toxicité se manifeste à faible dose.

L'azote ammoniacal se trouve dans les eaux sous forme ionisée (NH_4^+), peu néfaste vis-à-vis de la faune aquatique, ou sous forme hydratée (NH_3) qui, en revanche, peut entraîner de graves conséquences sur les milieux récepteurs du fait de sa toxicité. L'ammoniaque provoque, même à de faibles concentrations, des lésions branchiales qui limitent les échanges entre le sang et le milieu extérieur. Souvent, on admet comme teneur maximale en azote ammoniacal non dissocié la valeur de 0,025mg/l, voire 0,005 mg/l afin d'écartier tout risque d'effet toxique à long terme.

Le rapport $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ décroît lorsque le pH et la température augmentent. Dans la plupart des eaux superficielles, dont le pH est compris entre 6,5 et 8,5, la plus grande partie de l'azote ammoniacal se trouve sous forme ionisée, donc peu toxique.

1.7.6 Phosphore

Les ortho-phosphates présentent rarement une toxicité vis-à-vis du poisson et sont d'ailleurs utilisés en pisciculture pour augmenter la biomasse planctonique. Cependant, en trop grandes quantités, ils favorisent l'eutrophisation.

A ce titre, la réduction du taux d'oxygène du milieu aquatique la nuit, on rappellera que les principales nuisances liées à l'eutrophisation sont :

- une modification de l'équilibre carbonique et une élévation du PH le jour par accroissement de la photosynthèse, ce qui peut provoquer des phénomènes de toxicité aiguë de l'ammoniac;
- une gêne pour la production d'eau potable du fait de la prolifération de phytoplancton, qui perturbe la décantation et la filtration, et du fait de la sécrétion de substances toxiques par certaines algues, qui confèrent un goût désagréable à l'eau ;
- un risque de relargage de substances indésirables ou toxiques (hydrogène sulfuré, métaux lourds, ...) par le dépôt de matière organique dans le lit des cours d'eau et le fond des lacs;
- une toxicité pour le poisson dans les cas extrêmes, soit par colmatage direct des branchies, soit en raison des sécrétions des algues.

Pour les eaux douces, le phosphore est généralement considéré comme le facteur limitant sur lequel il est possible d'agir efficacement pour combattre l'eutrophisation, tandis que l'azote serait limitant pour l'eutrophisation des eaux marines [18].

1.7.7 Hydrocarbures

L'impact écologique de la pollution par les hydrocarbures se traduit par trois grands types de phénomènes :

- Régions des peuplements par mortalité et dégénérescence.
- Mise en place d'une succession secondaire à la suite de l'apparition d'espaces non occupés et la modification de certains paramètres écologiques.
- Perturbations de paramètres biologiques (taux de fécondité, croissance).

Ces trois phénomènes ne se mettent pas en place simultanément mais apparaissent successivement dans le temps .cette échelle temporelle peut se doubler d'échelle spatiale, encore faut-il distinguer le type d'organisme auquel on à faire (GLEMAREC, 1981).

Le risque dû aux hydrocarbures est plus ressenti par l'écosystème aquatique que tout autre .En effet, une fois étalés à la surface ou en émulsion dans l'eau, les hydrocarbures occasionnent diverses nuisances :

- Une modification des échanges gazeux entre l'air et l'eau, d'où une diminution de la quantité d'oxygène dissous.
- Une réduction de la photosynthèse due à une augmentation de la réflexion des rayons solaires à la surface de l'eau, provoquant à moyen et long terme la destruction de l'habitat sous-marin, par la mort de la flore marine.

A leur tour les hydrocarbures volatils sont fortement impliqués dans les phénomènes perturbants des équilibres terrestres. Avec le NO_x et le CO ,les hydrocarbures volatils évoluent chimiquement dans la troposphère sous l'effet du rayonnement solaire et sont à l'origine d'une pollution photochimique caractérisée en particulier par une production d'ozone troposphérique qui entre dans la formation du smog .Ils interviennent également dans le processus de l'effet serre ,la formation des pluies acides et la destruction de la couche d'ozone , qui sont des problèmes difficiles à résoudre et pourraient même être irrécupérables .

Sur le littoral, des écosystèmes entiers sont vulnérables à la pollution pétrolière à commencer par le réactif corallien, les marais salants et les mangroves .Les hydrocarbures qui s'infiltrent dans les sédiments peuvent réduire considérablement la capacité de production des habitats de poissons pendant des années, voire des décennies.

Il faut noter que sur le plan économique, la pollution pétrolière peut également endommager les élevages piscicoles du littoral (notamment les élevages de saumons et les parcs à huîtres, ainsi que souiller les marinas et les plages des balnéaires).

La contamination des sols par les hydrocarbures peut également causer de nombreux problèmes en raison de leurs mobilités et de leurs persistances dans l'environnement, parmi lesquels :

- La réactivité chimique et la volatilité des hydrocarbures peuvent entraîner un danger d'incendie, ou d'explosion. Ce danger est d'autant plus important que si les vapeurs pénètrent dans un espace clos.
- Les hydrocarbures légers sont mobiles, et peuvent être transportés sur de grandes distances, dans les nappes d'eau souterraine ou dans l'air.
- Les hydrocarbures lourds persistent longtemps dans le sol, et provoquent une toxicité certaine pour la santé humaine, et pour l'environnement.
- Les hydrocarbures peuvent dégrader la qualité du sol, en perturbant la rétention et la transmission de l'eau ou le cycle des substances nutritives des plantes, ils peuvent aussi affecter le degré d'aération du sol.
- Les hydrocarbures présents sur, ou dans le sol peuvent causer des problèmes d'ordre esthétique, notamment une odeur, un goût, ou une apparence désagréable.

Enfin, on retiendra que les effets de toxicité des hydrocarbures, outre leur origine intrinsèque, sont souvent en grande partie liés aux additifs qui ont été incorporés au stade de leur fabrication industrielle (phénols, amines aromatiques,) [20].

➤ *Influence des hydrocarbures sur les biocénoses*

Les échanges des organismes vivants avec leur environnement sont complexes. Leurs réactions en présence des hydrocarbures déversés le sont également, ceci fait que les effets peuvent être subtils chez certains êtres vivants et mortels chez d'autres.

Des études ont montré que les effets des hydrocarbures sur les organismes vivants, dépendent aussi de la nature des hydrocarbures. Il est généralement admis que les hydrocarbures aromatiques sont les plus toxiques, suivis les séries oléfiniques et paraffiniques.

Il a été constaté que les doses allant de 80 à 90 ppm pour le benzène et le toluène, et de 4 à 5 ppm pour le naphthalène et l'anthracène, sont toxiques pour les poissons. Alors que les hydrocarbures aliphatiques moins toxiques, provoquent des perturbations de certains mécanismes biologiques par blocage et saturation des organes récepteurs [19].

➤ *Effets des hydrocarbures sur les organismes planctoniques*

Le plancton est particulièrement vulnérable aux hydrocarbures, car il ne peut éviter les zones contaminées et toute altération l'affectant, se répercutera sur les niveaux trophiques plus élevés. CONOVER (1971) indique chez les phytoplancton une variation de la dose létale

allant de 0.1 à 1000 ppm selon les espèces, avec des réductions de croissance notées à partir de 0.01 ppm (MICHEL, 1976).

L'incorporation des hydrocarbures dans les cellules des algues planctoniques atteint, directement les herbivores et peut même, atteindre tous les niveaux des chaînes alimentaires.

Le zooplancton est aussi un maillon critique de la chaîne trophique, puisqu'il alimente les poissons, les mammifères marins et les oiseaux. Dans ce contexte CONOVER (1971), indique aussi que toutes les espèces zoo planctoniques testées, meurent en 24 heures avec des doses de 100 ppm d'hydrocarbures .avec 1 ppm d'hydrocarbures les adultes survivent la plus part du temps, mais leurs larves meurent après deux ou trois jours (MICHEL.1976) [19].

➤ *Effets des hydrocarbures sur les plantes marines*

Toutes les plantes aquatiques et principalement les algues benthiques, sont considérées comme un arbi naturel nécessaire à un équilibre écologique normal. Or de nombreuses d'entre elles, comme le varech, la mangrove, les mousses de mer et les algues sont affectées par les déversements d'hydrocarbures.

Les mécanismes de toxicité vis-à-vis de ces derniers, mettent en jeu une altération de la perméabilité de la membrane cellulaire, bloquant les échanges vitaux et allant jusqu'à la destruction des cellules.

Il faut noter aussi que les espèces supportent très différemment l'action des hydrocarbures, et il a souvent été constaté que les algues vertes résistent mieux que les autres, et profitent de l'élimination de ces derniers pour proliférer [19].

➤ *Effets des hydrocarbures sur les poissons*

Les poissons peuvent être atteints par la pollution pétrolière en consommant des organismes contaminés ou en cherchant leur nourriture dans des zones polluées. Ainsi les hydrocarbures dissous ou dispersés dans l'eau peuvent être ingérés ou absorbés par les branchies et s'accumulent dans le foie, la vésicule biliaire et l'estomac. Il peut en résulter une contamination de la chair qui rend le poisson impropre à la consommation.

Recouverts de mucus, les poissons présentent en engluement plus éventuel que les oiseaux marins. Toutefois, leurs muqueuses branchiales étant particulièrement sensibles, des troubles respiratoires peuvent se présenter en cas de pollution due aux hydrocarbures .d'autres effets subtotaux apparaissent par altération des fonctions vitales : inhibition de croissance, modification des comportements (migration, fécondation). Les poissons présentent une plus grande sensibilité dans les premiers stades de leur vie .BUTTLER, BERKERS et POWLES

(1974) rapporte que dans la zone polluée par le Torrey Canyon, les œufs de sardine étaient morts dans une proportion de 50 à 90% et que les larves étaient absentes ou peu nombreuses dans les prélèvements de plancton.

Des anomalies ultra-structurales dans les tissus ovariens , en plus des anomalies cellulaires dans les tissus branchiales , ont été décrites chez le saumon et dans les poissons plats vivant au-dessus de sédiments pollués [19].

Chapitre II : Description de la raffinerie et l'ETP2

II.1 Description de la raffinerie de Skikda

II.1.1 Historique de la SONATRACH

La SONATRACH a été créé le 31/12/1963, pour assurer la responsabilité du transport et la commercialisation des hydrocarbures en Algérie.

La SONATRACH s'est vite élargie par le décret N° 66-296 du 22/09/1966, pour devenir une société nationale pour la recherche, la production, le transport, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures [25].

II.2.1 Les différentes Raffineries en Algérie

a. Raffinerie d'Arzew :

C'est une raffinerie spécifié dans la production du :

- les GPL ;
- Les carburants ;
- les lubrifiants ;
- les bitumes.

Sa mise en service remonte à 1973, assurant une capacité de traitement de pétrole brut de 2500000t/an et de 320000 t/an de brut réduit importé (Bri) [29].

b. Raffinerie de Skikda

Sa mise en service était en 1980 sa capacité de raffinage du pétrole brut est plus importante autour de 27700 t/an de Bri.

Avec près de 80% de sa production totale, qui est destinée à l'exportation : il s'agit des bitumes, des GPL et des carburants [29].

c. Raffinerie de Hassi Messaoud

Il existe une ancienne raffinerie (RHM1) datant de 1960.

En 1979, une nouvelle raffinerie (RHM2) traitant 1116500 t/an, de pétrole a été mise en service [29].

d. Raffinerie d'Ain Amenas

Elle est mise en service en 1980 pour traiter 300000 t/an de brut afin de produire les GPL, les carburants (essence, kérosène) et le gas-oil.

e. Raffinerie d'Adrar

Elle est en construction par une société chinoise (CNPC) [29].

II.3 Présentation de la Raffinerie de Skikda

La raffinerie de Skikda est une raffinerie de pétrole située à Skikda en Algérie, elle a été construite en 1979.

Située au bord de la mer, elle bénéficie du trafic maritime du port de Skikda et peut ainsi accueillir des pétroliers à fort tonnage. Elle a une capacité de traitement d'environ 16,5 millions tonnes/an, ce qui en fait la plus grande raffinerie d'Algérie¹, cette raffinerie est actuellement exploitée par Sonatrach .

Elle est située dans la zone industrielle à 7Km à l'est de la ville Skikda et à 2Km de la mer .Elle couvre une superficie de 190 ha avec un effectif à l'heure actuelle de 1280 travailleurs.

Elle est alimentée en brut algérien par l'unité de transport Est (U.T.E) de Skikda qui est une station intermédiaire de Hassi Messaoud.

Le transport du pétrole brut est réalisé à l'aide d'un pipeline de 27 pouces de diamètre ; la distance entre les champs pétroliers et la raffinerie de Skikda est de 640 K

Missions et objectifs : plusieurs objectifs, parmi lesquels

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

II.4 Présentation et description des unités de production (voir figure 1)

Le but des unités de la raffinerie de SKIKDA c'est de transformer : d'une part le pétrole brut provenant de HASSI MESSAOUD et d'autres parts le brut réduit importé de l'étranger.

La capacité totale de transformation est de 15000000T/AN de pétrole brut et 277000T/AN de (BRI) [3].

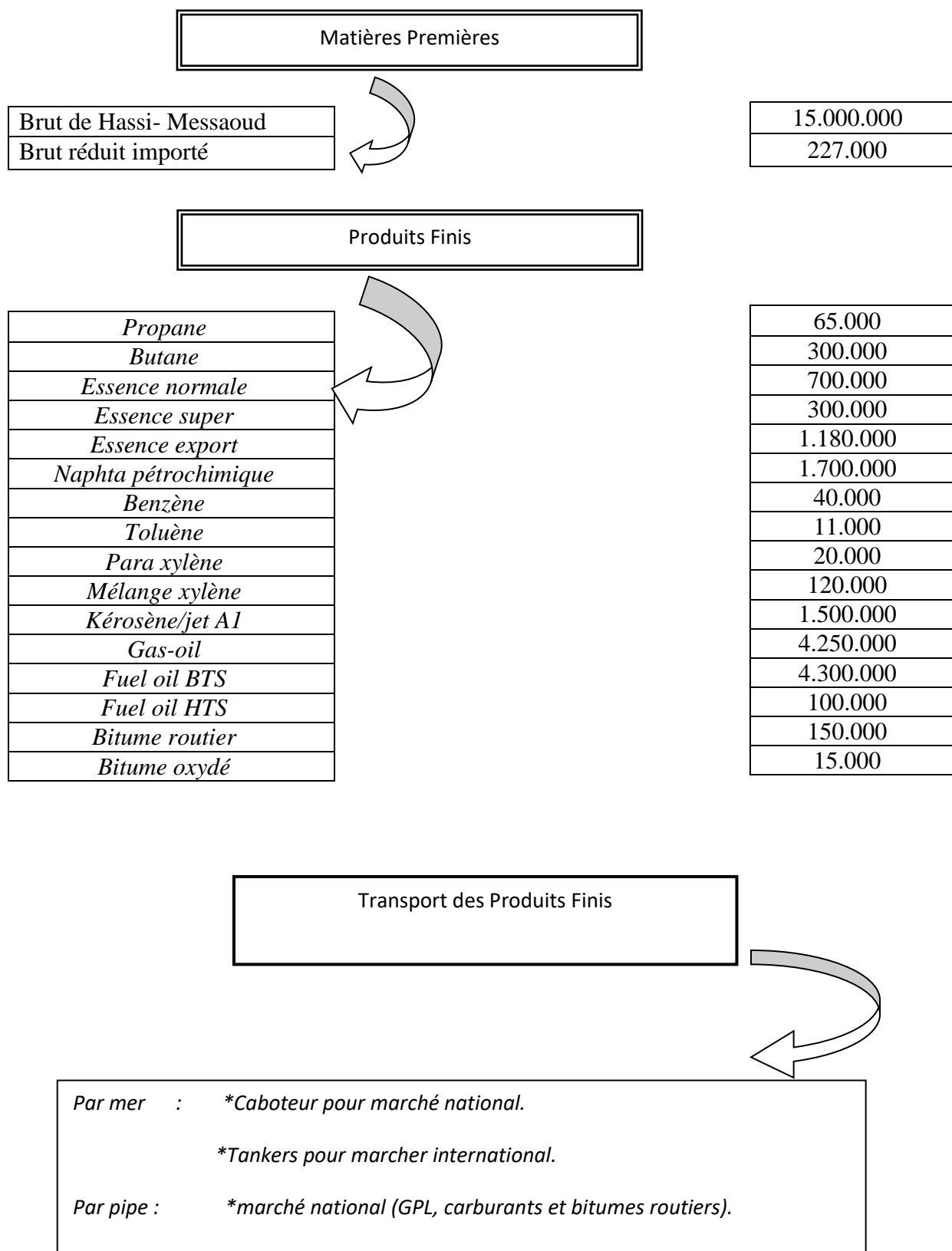


Figure 1 : Représente la capacité de production en tonne/an [3].

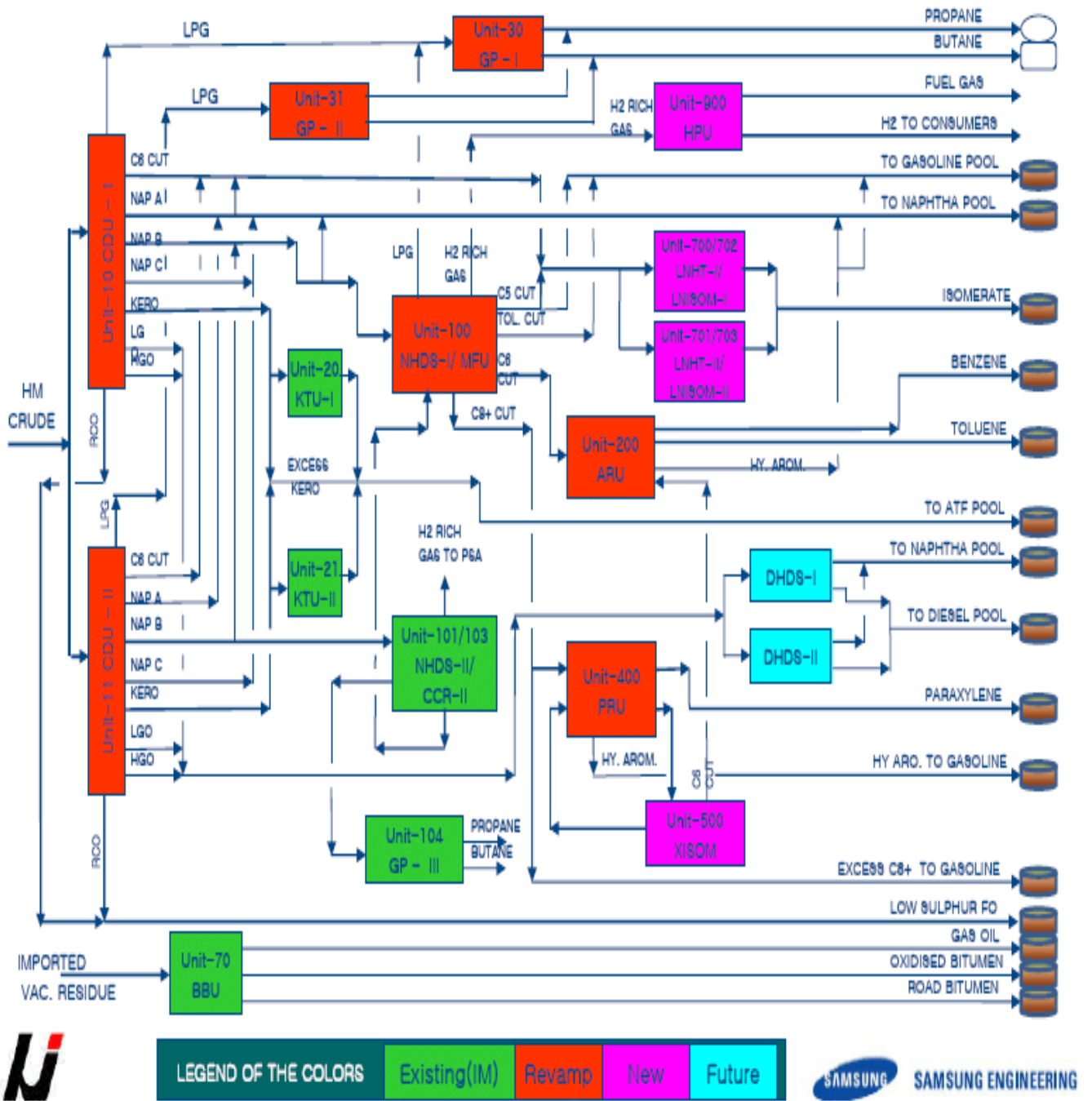


Figure 2 : Descriptif de raffinerie de Skikda [4].

II.5 Présentation de la station de traitement des eaux (ETP2) :

Cette station se trouve au sein de la raffinerie (SKIKDA), mise en service en 2013 par la compagnie sud-coréenne de SAMSUNG ENGINEERING, elle permet un meilleur traitement des eaux résiduelles industrielles ERI issues de la raffinerie par rapport à l'ancienne station (ETP1) .

Composé de plusieurs bassins avec différentes fonctionnalités qui permettent d'avoir différents types de traitement.

- traitement physique.
- traitement chimique.
- traitement biologique.

Les bassins de la station ETP :

- Bassin de déshuilage (API).
- Mixage rapide des eaux (bassin de coagulation).
- Contrôle du PH.
- Flocculation.
- Flottation à l'air dissout.

On compte aussi plusieurs bassins annexes tels que :

- Epuration
- Neutralisation
- Traitement des huiles
- Traitement des boues

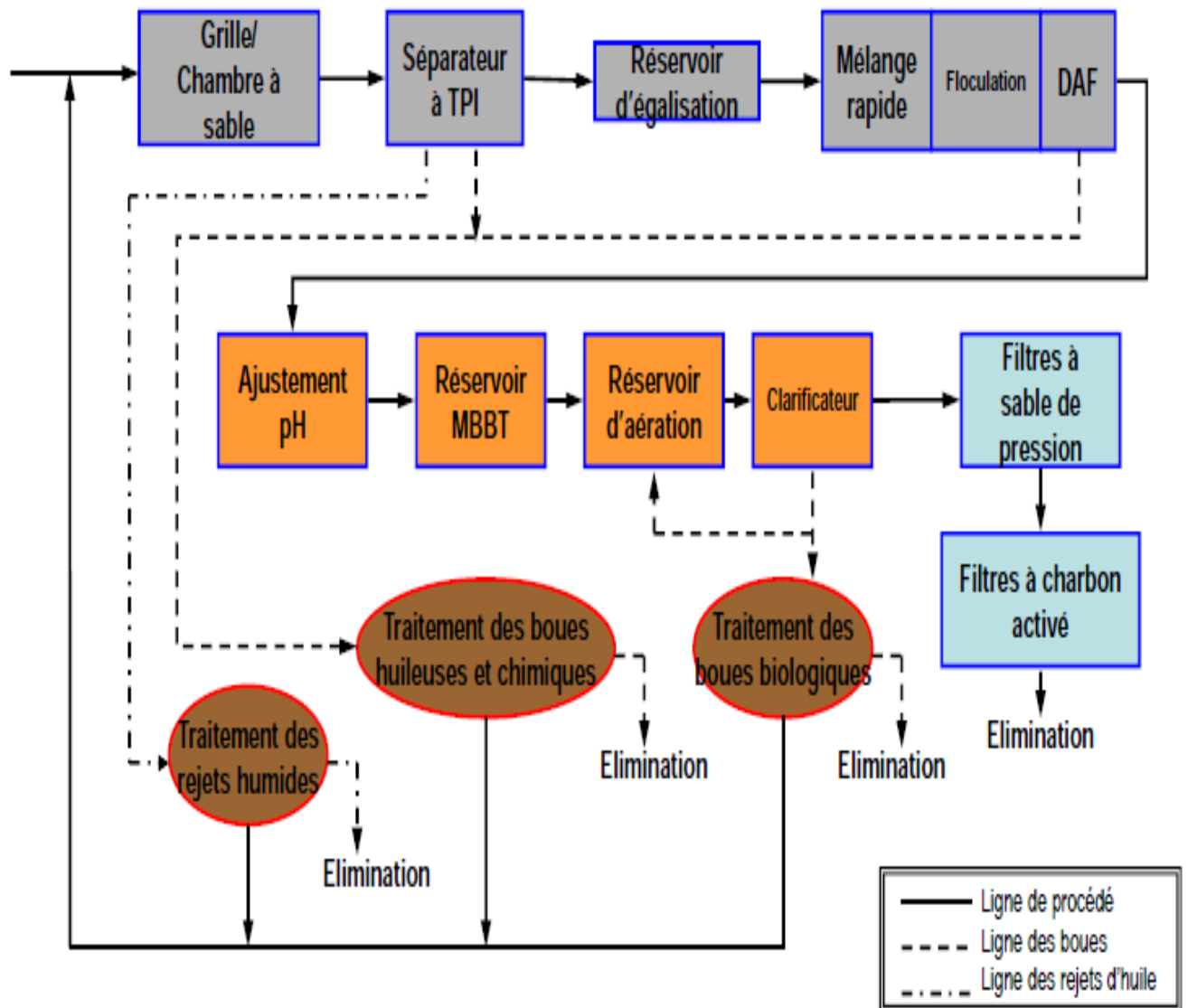


Figure 3 : Schéma de circulation ETP2.

Chapitre III : Traitement des eaux résiduaires industrielles

III. Traitement des eaux résiduelles industrielles

Le traitement des ERI a pour objectif de réduire la quantité des polluants qu'elles véhiculent, car lorsqu'elle sera rejetée dans le milieu aquatique qui est le milieu récepteur doit être une eau de qualité, qui respecte l'équilibre naturel et qu'on peut la réutiliser lors de futures utilisations. Dans une STEP l'épuration des eaux passe par différentes étapes : (prétraitements suivis des traitements physico-chimiques puis des traitements biologiques et enfin les traitements d'affinage) [30].

III.1 Les prétraitements

Les ERI subissent généralement un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physiques ou mécaniques [31].

Le but de ce prétraitement des ERI est d'extraire la plus grande partie d'éléments qui gênent les traitements ultérieurs par leur nature et leurs dimensions. Les opérations de prétraitements sont les suivantes :

- Dégrillage
- Dessablage
- Déshuilage

III.1.1 Dégrillage

Le dégrillage est la première étape du prétraitement qui permet de :

- Piéger et enlever les gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les tuyauteries de liaison et par conséquent causer des problèmes dans les différentes unités de l'installation ;
- Séparer et évacuer facilement les matières volumineuses charriées par les ERI qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements d'eau, ou au moins compliquer leur exécution [31] ;

On distingue 3 types de dégrillage suivant l'écartement entre barreaux de grille:

- le pré-dégrillage, pour écartement supérieur à 40 mm ;
- le dégrillage moyen, pour écartement de 40 à 10 mm ;
- le dégrillage fin, pour écartement de 10 à 6 mm ;

III.1.2 Le dessablage

L'opération de dessablage a pour fonction d'enlever les gravies, sables et autres particules plus ou moins fines, qui pourraient endommager les équipements mécaniques de traitement

des eaux et embourber les canaux et les bassins. La séparation se fait par décantation dans une eau relativement calme donc les particules vont se déposer au fond du bassin, qui sera ensuite raclé pour extraire le sable [31-32].

III.1.3 Déshuilage dégraissage

Le déshuilage (dégraissage) est une opération qui consiste à extraire la présence des huiles dans les eaux. Cette opération ne traite que les huiles et hydrocarbures présents à l'état libre ou à l'état d'émulsions mécaniques où ils ont une densité inférieure à celle de l'eau [32].

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

- Pré-déshuilage : par opération physique gravitaire sans adjonction de réactifs, réduisant la teneur en HC à environ 15 à 100 mg/l, il s'effectue par flottation naturelle des vésicules huileuses émulsionnées si l'émulsion n'est pas trop fine (particules supérieurs à 50 μm).
- Déshuilage final (flottation par air dissout, filtration) avec utilisation de réactifs (coagulation par sels métalliques ou par poly-électrolyte) permettant d'obtenir l'épuration complète [14].



Figure 4 : Dégrillage et dessablage



Figure 5 : Pré-déshuilage

III.2 Les traitements physico-chimique

Si on ne se fie qu'à la décantation, il y aura un problème de temps car si le temps de décantation d'un gravier dans 1 m³ d'eau serait d'une seconde, on passerait à 2 minutes pour le

sable fin, à 2 heures pour l'argile, à 8 jours pour une bactérie et de 2 à 200 ans pour un colloïde. Pour remédier à ce problème, l'industrie utilise le traitement physico-chimique qui se divise en deux phases :

- Phase chimique (ajout des réactifs) ;
- Phase physique (séparation des solides de l'eau à traiter) [16,33] ;

III.2.1 Phase chimique

III.2.1.1 les colloïdes:

Les colloïdes sont des macromolécules organiques ou minérales qui placées dans l'eau ne forment pas une solution mais forment une suspension colloïdale, qui sont la principale cause de la turbidité et la couleur d'une eau [16].

Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin [31].

➤ Structure des colloïdes

Les colloïdes portent des charges négatives situées à leur surface. Ces charges négatives attirent les ions positifs en solution dans l'eau. Ceux-ci sont étroitement collés au colloïde et forment la couche liée ou de STERN. Elle attire à son tour des anions accompagnés d'une faible quantité de cations : c'est la couche diffuse ou de GOUY. Il y a donc formation d'une double couche ionique, l'un accompagnant la particule lors de ses déplacements (couche liée), l'autre se déplaçant indépendamment ou avec un certain retard [34,35].

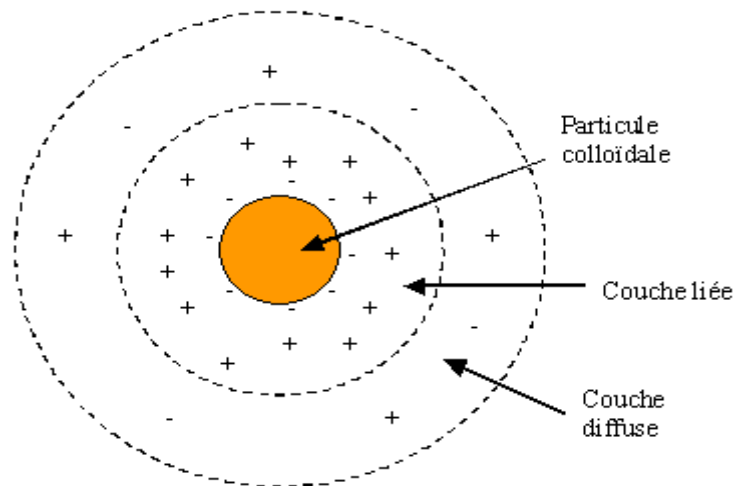


Figure 6: Structure des colloïdes

III.2.1.2 Déstabilisation des colloïdes:

Les colloïdes prennent beaucoup de temps pour se décanter (plusieurs semaines, voire plusieurs mois) c'est pour ça qu'il faut recourir à leur déstabilisation. Cette opération est appelée aussi coagulation, et consiste à ajouter un coagulant, qui va provoquer la compression de la double couche. L'énergie de répulsion sera neutralisée et les particules pourront alors s'agglomérer sous l'influence des interactions de Van der Waals [36].

III.2.1.3 la coagulation:

Une bonne coagulation dépend du coagulant utilisé. Généralement, les coagulants les plus utilisés sont de nature de sels des métaux à base d'aluminium ou de fer. Ils sont cités dans le tableau suivant [35] :

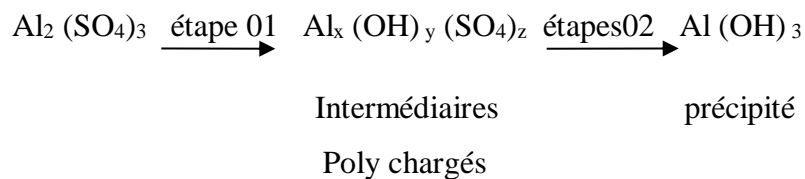
Tableau 1: Les sels d'aluminium et de fer

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



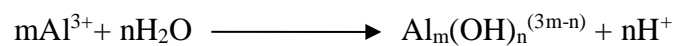
Figure 7 : La coagulation des colloïdes dans l'eau à l'aide d'aluminium.

La coagulation se déroule en deux étapes (dans le cas du sulfate d'aluminium qui est utilisé dans les raffineries d'Algérie). La réaction est présentée de la façon suivante :



L'étape 01: représente la phase d'hydrolyse. Le coagulant ajouté dans l'eau s'hydrolyse pour former des intermédiaires poly chargés positifs qui servent à la neutralisation des charges primaires négatives des colloïdes.

L'étape 02 : il y aura formation du précipité $\text{Al}(\text{OH})_3$ sous l'influence de l'agitation du milieu. Ce précipité est l'élément qui assure la formation des floccs grâce à l'agglomération [37,38].



III.2.1.4 Paramètres influençant le bon fonctionnement du procédé de coagulation:

a. Influence du pH : Généralement, le coagulant influence sur le pH de l'eau. En effet, une augmentation ou diminution du pH peut entraîner une variation significative du temps de coagulation [39,40].

b. Influence de la dose du coagulant : le dosage du coagulant influence aussi sur la coagulation s'il y a une exagération dans le dosage elle engendrera un coût d'exploitation élevé, tandis qu'un dosage insuffisant conduit à une qualité de l'eau traitée insuffisante [39].

c. Influence de la température : la coagulation, dépend fortement de la température car si la température augmente le pH optimale diminue, mais si elle diminue alors la viscosité de l'eau augmente de là les floc se décantent plus difficilement et ont tendance à pénétrer plus profondément dans les filtres. Pour mettre fin à ces problèmes, une solution consiste à changer de coagulant en fonction des saisons [41,39].

d. Influence de la turbidité : la relation entre la turbidité et le dosage du coagulant est proportionnelle c'est à dire que, plus la concentration des particules est élevée, plus il faut augmenter le dosage du coagulant. Mais si la turbidité de l'eau est trop faible alors il faut augmenter la concentration en particules par addition d'argile ou de la silice activée [39].

e. Influence des sels dissouts : Dans la coagulation et la floculation, les sels dissouts dans une eau modifient la plage de pH optimale, le temps requis pour la floculation, la quantité de coagulant requis et la quantité résiduelle de coagulant dans l'effluent [41, 9].

f. Influence du mélange : le mélange des produits chimiques lors de la coagulation et floculation se fait par un mélange rapide de courte durée (120 s) qui sert à disperser les produits dans la totalité du volume d'eau. Et aussi par un mélange lent qui favorise le contact et l'agrégation des colloïdes. Tout cela se fait sans détruire les floes déjà formés [41].

g. Influence de l'alcalinité : l'alcalinité de l'eau est due à la présence de certains ions: carbonates, bicarbonates, et hydroxydes (souvent désignés sous le nom des sels alcalins). Si l'alcalinité est trop basse alors la capacité de l'eau de résister à des changements de pH diminue. Cela signifie que le pH de l'eau change d'acide en base assez rapidement. L'eau avec une basse alcalinité peut également être corrosive [35].

III.2.2 Phase physique:

Elle consiste à favoriser l'agglomération des matières coagulées ou précipitées pour former des floes plus ou moins gros qui seront éliminés de l'eau.

III.2.2.1 La floculation :

Le but de la floculation est de favoriser le grossissement et l'uniformisation des petits floes formés après l'ajout du coagulant. Elle consiste à favoriser la probabilité des contacts entre les particules colloïdales déstabilisées sans briser les floes qui sont assez fragiles car les relations entre ces derniers sont les relations de Van der Waals. Une bonne floculation est favorisée par:

- Une bonne coagulation ;
- Une augmentation de la quantité des floes dans l'eau ;
- Un mélange homogène et lent pour tout le volume d'eau ;
- L'ajout de certains floeulants ou adjuvants de coagulation [36,42].

L'emploi de ces floeulants sert à améliorer l'agglomération de ces particules. Les floeulants les plus utilisés sont les floeulants de nature minérale (la silice active) ou de nature organique (polymères), naturels comme l'alginate à base des algues marines ou synthétiques (poly-électrolytes anioniques, cationiques ou non ioniques). Ils se distinguent par leur poids moléculaire qui est caractéristique de polymères à longue chaîne, et également par leur densité de charge [36,27,42,43].

III.2.2.2 la séparation des floes :

a. Par la décantation : La décantation est la méthode la plus fréquente de séparation des MES et des colloïdes. C'est un procédé physique qui consiste à séparer les particules de densité plus lourde que l'eau. Les particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée [32].

b. par flottation a air dissout : La flottation est un procédé de séparation solide-liquide qui sert à la clarification des eaux en rassemblant les floes ou les particules de faible densité à la surface des eaux d'où elles seront raclées [31].

La flottation à air dissout consiste à produire des microbulles au sein du liquide de 40 à 70 microns de diamètre en pressant l'eau par l'air pour ensuite la détendre brutalement, par retour à la pression atmosphérique pour provoquer l'apparition spontanée d'un lait de micro bulle, qui est mélangé aux floes provoquant leur flottation [44].

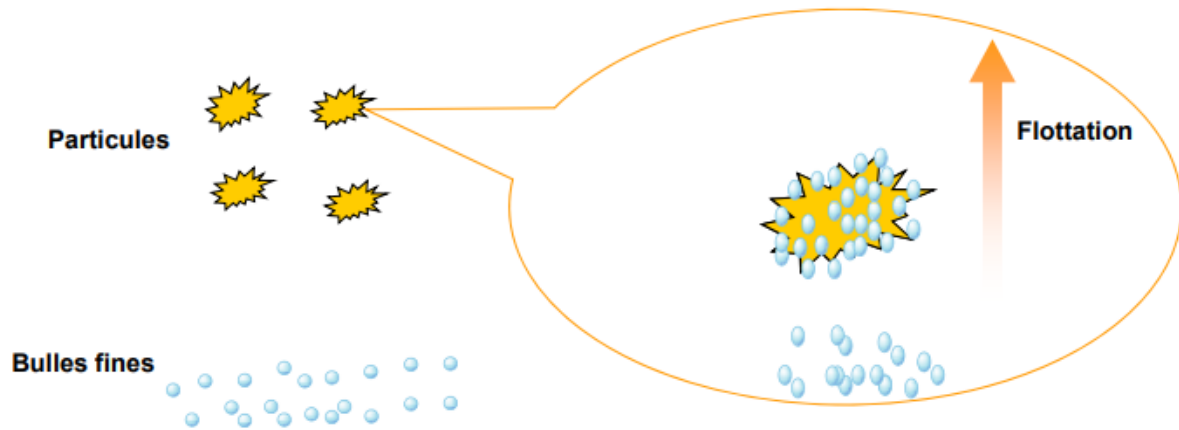


Figure 8 : La flottation

III.3 Les traitements biologiques :

Le traitement biologique des eaux usées est effectué grâce à une série de processus importants qui ont en commun l'utilisation de microorganismes pour effectuer l'élimination des composants solubles dans l'eau. Ces processus mettent à profit la capacité des microorganismes à consommer la matière organique et les nutriments (azote et phosphore) dissouts dans l'eau usée pour leur propre croissance. Lorsqu'ils se reproduisent, ils s'agrègent entre eux et forment des flocules macroscopiques avec suffisamment de masse critique pour se décanter en un temps raisonnable [45].

III.3.1 Les procédés biologiques extensifs : Ce procédé utilise la capacité épuratrice d'eau peu profonde. Les eaux usées sont envoyées dans une série de bassins où l'oxygène est apporté par les échanges avec l'atmosphère. Les matières organiques se dégradent sous l'action des bactéries présentes dans l'eau. Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 à 90 % de la DBO, 20 à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et prend beaucoup de temps car le temps de séjour des eaux usées dans les bassins peut atteindre 60 jours [45].

III.3.2 Les procédés biologiques intensifs : Ces procédés regroupent toute une série de techniques se basant sur le principe de consommer les matières polluantes en utilisant la culture des bactéries. Il existe deux grandes catégories de procédés biologiques artificiels.

- les installations à "boues activées" fonctionnent selon le principe des "cultures libres" ;

- les installations à "cultures fixées", peuvent recourir à différents types de supports pour les cultures bactériennes [45].

a. Les installations à « boues activées » : il s'agit d'un système d'épuration aérobie, c'est-à-dire la culture bactérienne en présence de l'oxygène transforme la matière organique en carbone sous forme de gaz (CO₂) et effluent. Sous l'action de cette dernière les résidus ainsi formés, contenant ce stock de bactéries, sont appelés « boues ». Après un temps de séjour dans un bassin d'aération, l'effluent est renvoyé dans un clarificateur. Ensuite, les boues sont soit envoyées dans une unité de traitement spécifique, en vue de leur utilisation agricole, soit réinjectées pour partie dans le bassin d'aération. On qualifie cette opération de « recirculation des boues ». Les traitements par boues activées éliminent de 85 à 95 % de la DBO₅ [31].

b. Les installations à « cultures fixes » : ces procédés consistent à faire traverser les eaux à traiter sur un support solide où les bactéries épurateurs sont cultivées. Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO [36].

III.3.3 Facteurs limitant le traitement biologique:

Le traitement biologique dépend de multiple facteurs dont :

- 1- Le pH et la température : Le pH compris entre 6 et 8 optimise le développement des bactéries. Tant que la température dépend de la nature des bactéries utilisées.
- 2- La variation en quantité et qualité de l'alimentation : l'aliment reçu par unité représente la quantité de pollution. Lorsqu'elle est élevée les micro-organismes se créent des réserves et ne consomment qu'une partie des matières oxydables. Lorsqu'elle est faible, les micro-organismes affamés s'auto-oxydent donc il y aura des pertes des bactéries cultivées, ce qui fait augmenter le coût de ce procédé.
- 3- La teneur en oxygène des bassins : l'oxygène est un facteur très important dans le traitement biologique car les bactéries actives utilisées sont essentiellement aérobies, elles utilisent l'oxygène pour l'assimilation du substrat, la synthèse cellulaire, et la respiration endogène [46].

III.4 Traitements tertiaires:**III.4.1 La filtration :**

C'est un procédé physique qui permet de retenir les matières en suspension qui n'ont pas été piégées lors des étapes précédentes ou qui ont été formées lors du traitement biologique. Elle permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur, de la turbidité et indirectement de certains goûts et odeurs. Elle est réalisée sur matériaux classiques (sable) ou sur membranes [46,34].

III.4.2 Filtre à sable :

La plus répandue est la filtration sur lit de sable (lit filtrant) : une couche de sable retient les particules et laisse passer l'eau filtrée. Le filtre à sable nécessite un nettoyage périodique afin d'éliminer les matières retenues entre les grains qui ralentissent le passage de l'eau. La filtration sur lit de sable, efficace, simple et peu coûteuse, s'est imposée, en raison des énormes volumes d'eau à filtrer [45].

III.4.3 Caractéristiques des matériaux filtrants :

Les matériaux utilisés doivent être des granulés libres non adhérents les uns aux autres, insolubles, chimiquement inertes par rapport aux eaux agressives et ne subissent aucune dégradation lors des frottements intenses que provoquent les lavages. Dans les cas des premiers étages de filtration, le choix se porte sur le sable quartz rond, la pierre ponce ou l'hydro anthracite pour les filtres bicouches. La pouzzolane est réservée à la défrisassions sous pression. Le charbon actif en grains est utilisé en deuxième étage afin d'améliorer les qualités organoleptiques ou d'éliminer les micropolluants [46].

III.4.4 Adsorption sur charbon actif :

L'adsorption est un processus où un solide est employé pour enlever une substance soluble de l'eau. Le charbon actif fait partie d'une gamme de substance présentant une très grande porosité et une surface spécifique importante de l'ordre de 500 à 1500 m²/g. Cette grande surface rend le charbon actif idéal pour l'adsorption.

Ce processus physico chimique est utilisé dans les filières d'eau pour fixer les substances difficile à éliminer par un traitement classique et pour éliminer les substances responsables de

la couleur, les goûts, les odeurs, les phénols, et les crésols, ainsi que d'autres substances toxiques non biodégradables [42].

III.4.5 Caractéristiques du charbon actif :

Le charbon actif est un adsorbant connu depuis longtemps se caractérisant par sa grande surface spécifique, sa structure poreuse et sa thermo stabilité. Il a une capacité adsorbant et catalysant très recherchée dans plusieurs domaines : pharmaceutique, agro-alimentaire et l'industrie de l'automobile. En particulier, le charbon actif est largement utilisé dans la purification des eaux. Il permet d'en éliminer les matières organiques et inorganiques [46].

III.4.6 Facteurs influençant l'adsorption :

Les principaux facteurs limitant l'adsorption entre un adsorbant et un adsorbât sont :

- **Température:** l'abaissement de température favorise l'adsorption car c'est un processus exothermique.
- **Concentration:** l'adsorption d'une substance croît avec l'augmentation de sa concentration dans la solution. Mais cet accroissement n'est pas proportionnel car il se produit lentement.
- **L'affinité** joue un grand rôle pour avoir une bonne adsorption, car en règle générale, les solides polaires adsorbent beaucoup plus d'autres corps polaires. Par contre les solides non polaires adsorbent pratiquement que des substances non polaires.
- **les dimensions des pores** de l'adsorbant est très importante pour l'adsorption car si les diamètres des pores sont inférieures aux diamètres des molécules de l'adsorbât, il n'y aura pas d'adsorption même si la surface de l'adsorbant et l'adsorbât ont une grande affinité.
- **Surface spécifique:** exprimée en m^2/g , la surface spécifique d'un adsorbant est fondée sur des mesures de la capacité d'adsorption de l'adsorbant en question [9,45].

III.4.7 Lavage des filtres :

Le lavage des filtres dépend des pertes de charge et de la turbidité, si l'un des deux atteint sa valeur maximale, il faut faire un lavage des filtres qui se fait en injectant l'eau (ou l'eau et l'air en même temps) à contrecourant c'est-à-dire si lors du traitement à filtres l'eau passe de bas en haut, donc le lavage s'effectue de haut en bas. [47,48].

Chapitre IV : Etude expérimentale

IV.1 Description du procédé de traitement de l'unité

Ces eaux polluées parviennent à l'unité de traitement au moyen d'un réseau de conduites déversant la charge hydraulique dans le bassin de collette B₁.

Le débit en période normale est de 200 m³/h, alors qu'il peut atteindre 2600 m³/h en période pluviale.

Deux stations de pompage sont installées au niveau du bassin B₁.

La première comprenant les pompes P₁ A/B/C/D conçues pour le transfert de l'eau en excès du débit nominal au réservoir S₈ pour décantation.

La seconde station comprenant les pompes P₂ A/B/C, qui transfèrent le débit nominal au traitement préliminaire. Cependant, on a le mode de fonctionnement pour le maintien du niveau dans le bassin B₁.

En période sèche (normale), les pompes P₂A/B sont mises en service manuellement suivant le débit d'arrivée, et le débit moyen sera fixé aux environs de 82 m³/h grâce à la capacité de B₁.

En période pluvieuse, le débit, à l'entrée de B₁, dépasse largement le débit d'aspiration des pompes P₂, alors le niveau dans le bassin monte, la vanne automatique SD1 se ferme et cette fois-ci les pompes P₁ A/B/C/D démarrent en séquence (intermittence) au fur et à mesure de l'augmentation du niveau dans le B₁, en transférant l'excès au réservoir S₈ [49].

➤ *Bassin de déshuilage (API)*

Le traitement des eaux à forte pollution en hydrocarbures est effectué dans les deux séparateurs B₂ A/B qui sont disposés en parallèle où a lieu la flottation spontanée des particules d'un chariot pont API, d'un racleur de fond et d'un écumeur de surface.

Ainsi, le racleur de fond rassemble les boues en les conduisant au puisard d'où elles sont extraites automatiquement à l'aide de clapets pneumatiques SD₂ et SD₃ et envoyées au bassin B₇ A mélangeur de boues. Tandis que l'écumeur de surface transporte les huiles et mousses qui surnagent aux goulottes d'extraction, puis passent par gravitation au bassin puisard B₃ [49].



Figure 9 : Bassin de déshuilage (API).

➤ *Mixage rapide des eaux (bassin de coagulation)*

L'eau ayant subi le premier traitement dans les deux séparateurs, arrive au bassin de mixage rapide B₅ A ; dans lequel on introduit le sulfate d'aluminium ($Al_2(SO_4)_3$) pour provoquer la coagulation. On soumet le contenu de ce bassin de mélange à une agitation mécanique intense, pour l'obtention d'un mélange parfait qui parviendra par la suite au bassin de contrôle de PH B₅B [49,53].



Figure 10 : Bassin de coagulation (Mixage rapide des eaux).

➤ *Contrôle du pH*

Le contrôle du pH consiste à le maintenir à sa valeur optimale 7 pour provoquer la floculation, suivant le cas, on ajoute soit HCl soit $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Dans ce bassin, l'agitation est réalisée par insufflation d'air avec un débit de $15 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ de la cuve.

Cette aération par l'air permet l'oxydation de l'aluminium de l'état bivalent à l'état trivalent ce qui provoque la coagulation et floculation et enfin une précipitation du $(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)$ [48].



Figure 11 : Contrôle du pH.

➤ *floculation*

La floculation a lieu dans le bassin B5B où par addition de poly électrolyte avec une légère agitation mécanique ($75 \text{ w}/\text{m}^3$) s'effectue la coalescence des flocons formés dans la cuve B5B ; ainsi on a pu remarquer que les huiles émulsionnées en très fines gouttelettes sont absorbées sur les flocons [49,53].



Figure 12 : Bassin de floculation.

➤ *Flottation à air dissous*

Les courants floculés passent au bassin circulaire B₆ où ils sont mélangés intimement à l'entrée avec l'air dissous. On obtient ainsi la flottation des matières en suspension contenues dans l'eau. Ce bassin de flottation B₆ équipé d'un système d'écumoire de surface transporte ce qui est flotté à l'entonnoir d'accumulation d'où il est transféré en continu par gravitation au bassin B_{7A}. Le racleur de fond quant à lui transporte le sédiment au puisard du flotteur d'où est effectué le transfert par gravité aussi grâce à l'ouverture automatique de la vanne SD₄ au même bassin B_{7A} [49,53].



Figure 13 : Bassin de flottation a air dissout

➤ *Correction du pH, addition de flocculant et dosage des nourrissant (éléments nutritifs)*

Généralement le pH optimal de floculation coïncide avec celui requis à l'entrée du traitement biologique à boues actives, compris entre (6-8) , à cet effet , un bassin B18 a été conçu pour le rapport du pH à sa valeur toujours à l'aide de HCl ou Ca(OH)₂ suivant le cas ; et enfin de s'assurer d'une nette amélioration de la qualité de l'eau, il est effectué un dosage de flocculant (Al₂(SO₄)₃) et de poly électrolyte au niveau du bassin B18 qui précède juste la phase biologique.

➤ *Traitement biologique à boues actives*

Le courant provenant de la cuve B₁₈ de correction de pH, arrive aux bassins de boue active B₁₃ A/B qui sont équipés de turbines d'aération superficielle ME 13 A/B livrant l'oxygène nécessaire au procédé. Ces deux bassins d'aération ont un volume de 1160 m³ avec une concentration prévue de boues de 3,5 Kg/m³. Les turbines ont une capacité d'oxygénation de 50 Kg/h.

Pour obtenir une concentration de boues égale à 3,5 Kg/m³, il est nécessaire de recycler environ

100 m³/h de boues mixtures du bassin B₁₄ vers les bassins d'aération.

Les boues en excès tirées par le courant, et décantées au fond du B₁₄, sont envoyées au bassin B₇B en continuité de 2 m³/h [53].



Figure 14 : Bassin du traitement biologique.

➤ *Filtration sur sable*

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

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

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

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

➤ **Filtration sur charbon actif**

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

La régénération doit se faire toutes les 72 heures (3jours) afin d'éviter l'empaquement du charbon actif.

Au cours du contre lavage trois filtres restent en service et le quatrième en régénération.

L'air et l'eau du contre lavage sont fournis par les mêmes machines prévus pour les filtres à sable. Tandis que l'effluent recueilli dans la zone d'épuisement sera envoyé au bassin B₁. Cette régénération des filtres est effectuée dans le but d'éliminer l'empaquement des grains de charbon et des matières en suspension, échappées aux filtres à sable. Le renouvellement de la charge du charbon actif est réalisé tous les (5 à 10 ans) [49,53].



Figure 15 : Les filtres à charbon et à sable.

➤ **Traitement des huiles :**

Les huiles séparées dans le réservoir d'accumulation S₈ et dans les deux déshuileurs B₂ A/B parviennent au puisard B₃ puis renvoyées par la pompe (MP₃) au traitement des huiles comme Slop à l'unité 600.

➤ **Traitement des boues**

Les boues issues généralement des séparateurs API, du flotteur B₆ et du fond du réservoir S₈, s'écoulent dans le bassin B₇A, équipé d'un agitateur racleur (ME₇).

Ainsi les boues mélangées, puis raclées et transférées au bassin B₇B où elles vont s'ajouter aux boues en excès provenant du traitement biologique.

Par suite, la pompe MP₇ alimente bassin B₁₉, où il y a une séparation de l'huile et l'eau de la boue.

L'émulsion eau huile est renvoyée au bassin B₁ et la boue épaissie est transférée à la centrifugeuse de déshydratation par une pompe d'Archimède excentrique, ou pompe à visse [MP₁₉] avec un débit allant de 0,5 à 3 m³/h.

Les boues sont séparées par la centrifugeuse en deux phases : le clair surnageant et le culot de sédimentation [54,55].

➤ **Épuration**

En générale, le procédé utilisé pour l'épuration consiste en une série d'opérations effectuées en chaînes ayant les buts suivants :

1. Neutralisation du pH
2. Élimination des matières dissoutes.
3. Séparation des substances en suspension.

➤ **Neutralisation**

Elle est effectuée pour rétablir la concentration des ions d'hydrogène correspondante à la neutralité ($\approx 10^{-7}$ mol H⁺/l) par ajout d'acide ou de base, car la floculation n'aura lieu que dans une zone de pH voisin de la neutralité.

➤ **Élimination des polluants dissous**

Parmi les matières polluantes dissoutes on distingue les matières organiques ; NH₄⁺ et S²⁻.

Ces matières sont éliminées par les traitements suivants :

- Flocculation ;
- Flottation ;
- Adsorption sur charbon actif.

IV.2 l'actualité du travail :

La pollution constitue un sujet majeur de santé publique et de politique de l'environnement.

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute un des problèmes les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel et donc de l'équilibre écologique.

Plusieurs événements graves de la pollution, survenus au cours du XX^{ème} siècle, ont suscité une attention particulière sur la nature et la qualité des déchets ainsi que leur impact sur la santé. Cette prise de conscience s'est traduite, par le recensement des différentes unités générant des matières polluantes, et par la mise en place de systèmes de gestion combinant rentabilité et qualité des déchets.

L'industrie en général et l'industrie pétrochimique pour notre étude, pose des problèmes sérieux sur la nature et la santé humaine. Les altérations de l'environnement pourraient être irréversibles. C'est pourquoi, les normes des rejets prévoient généralement des seuils à ne pas dépasser pour chaque polluant.

IV.2.1 Objectifs du travail :

C'est d'arriver par ce travail à :

- déterminer les différents polluants générés par la raffinerie au niveau des rejets Industriels ;
- vérifier l'efficacité des différentes phases de la station de traitement de ces effluents ;
- proposer quelques recommandations pour obtenir de meilleurs résultats d'épuration De l'eau.

IV.2.2 Impact Pratique :

C'est de montrer grâce, à un essai de simulation au laboratoire des différentes phases de la station de traitement et l'intérêt d'améliorer les méthodes classiques de traitement des effluents.

IV.3 protocole expérimental

IV.3.1 Prélèvement d'échantillons

Des prélèvements d'échantillons d'eau ont été opérés à des différents niveaux de la chaîne de traitement. Pour cela six (6) points ont été retenus et qu'on a appelé « Bassin »

Bassin 1 : représentant le point de prélèvement B1 (ou bassin de procédé).

Bassin 2 : ou bassin de décantation : B2.

Bassin 3 : ou bassin de floculation coagulation.

Bassin 4 : bassin de flottation à air dissous.

Bassin 5 : bassin de traitement biologique.

Bassin 6 : bassin de filtration (sur sable et sur charbon).

Les prélèvements d'échantillons d'eau concernant les six (6) points retenus (ou bassins) ont été effectués durant notre stage à l'unité : pour cela on a procédé à huit (8) prélèvements étalés dans le temps, dans le but d'avoir un échantillon final assez représentatif et pour chaque bassin.

Ces échantillons ont servi à l'étude des différents paramètres physico-chimiques qui ont été retenus [50].

IV.3.2 Etude de différents paramètres physico-chimiques

Notre étude a porté sur l'étude de différents paramètres physico-chimiques à effectuer sur les différents échantillons. De l'arrivée des effluents à la station de traitement tout au long de la chaîne jusqu'au rejet de l'eau traitée dans la mer, ces mêmes paramètres ont été étudiés.

Ces paramètres physico-chimiques ont porté sur :

a. Le PH : la connaissance du pH à différents points de la chaîne est indispensable pour la suite des opérations. En effet en fonction de ce pH des corrections seront apportées afin de neutraliser ce milieu qui sera déversé dans la nature. L'évolution du potentiel d'hydrogène (pH) renseigne sur l'état de décomposition des matières organiques (matières en suspension). En plus le pH est un facteur de croissance concernant le traitement biologique et le développement de la faune et de la flore, ce dernier doit présenter des limites (pH compris entre 5 et 9) indispensables à l'activité aquatique et donc à l'équilibre de cet écosystème [51,52].

b. La température : exprimée en degré Celsius. Les différentes réactions chimiques dépendent de la température et notamment leur vitesse de réaction. Une température élevée en fin de chaîne est à déconseiller car ces eaux une fois traitées sont rejetées dans un milieu aquatique et il est plus que nécessaire que la température de ces effluents ne soit pas élevée, mais à une température ambiante. De plus le traitement biologique de la chaîne faisant intervenir des organismes vivants en l'occurrence des bactéries, est inhibé du fait d'une température trop élevée : la croissance bactérienne s'arrête ainsi que son métabolisme et par la même son rôle de dépollueur. L'augmentation de la température des eaux, qui suppose en même temps un accroissement de la consommation d'oxygène, peut menacer la vie aquatique. Il s'agit d'une pollution thermique ; un effluent à température trop élevée influe à la fois sur la solubilité de l'oxygène et sur l'équilibre biologique du milieu, les poissons les plus résistants meurent à 35°C [52,53].

c. La DBO (demande biologique en oxygène) : elle est exprimée en (ppm). Ce paramètre est une caractéristique des polluants organiques qui se trouvent dans les eaux. L'oxydation totale des polluants organiques est en relation directe avec la DBO. La détermination de ce paramètre nous renseigne non seulement sur la concentration en ces polluants organiques de l'eau brute mais également sur leur dégradation tout le long de la chaîne de traitement et en particulier sur leur biodégradabilité. Malgré ses limites la mesure de la DBO resta la technique analytique simulant de façon la plus fidèle la métabolisation des polluants organiques dans les milieux aquatiques, information sur les moyens de les réduire [52,53].

d. La DCO (demande chimique en oxygène) : exprimée également en ppm. Cette évaluation de la DCO quantifie non seulement la présence de matières organiques mais également la présence de matières inorganiques oxydables. Le but recherché est donc de déterminer la quantité de matières oxydables renfermées par un effluent.

En effet, ces matières aptes à être oxydables peuvent être d'origine organique (sucre, matières fécales...) ou d'origine minérale (sulfures...) [52,53].

e. Le phosphate : également exprimée en ppm. Il constitue un nutriment pour les bactéries. Sa présence est indispensable dans les traitements biologiques. Son apport à la DBO contenue dans l'eau à traiter de l'ordre de 1 à 100. Un défaut de phosphate influera

négalement sur le processus. Un excès de phosphate nécessite un traitement complémentaire de déphosphoration.

f. Les hydrocarbures : la teneur en hydrocarbures exprimée en ppm, est important à connaître, car, comme nous l'avons déjà signalé, ils constitueront un élément nocif pour les stations d'épuration, car de par leur hydrophobie, ils empêcheront une bonne dissolution de l'oxygène et inhiberont la croissance bactérienne dans les procédés biologiques. Leur élimination doit être prévue dans le stade des prétraitements [52].

g. Les matières en suspensions : elle est exprimée en ppm. L'importance des matières en suspension dans les eaux réduit la luminosité et abaisse la productivité du milieu récepteur du fait, une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse [52].

h. La conductivité : elle s'exprime en $\mu\text{S/cm}$. Elle reflète la capacité d'un liquide à transporter le courant électrique. La minéralisation de l'eau augmente sa conductivité donc diminue sa résistance au courant, la conductivité d'une eau reflète assez fidèlement sa minéralisation. La conductivité augmente avec la teneur en sels dissous et varie en fonction de la température. Il existe une relation simple qui permet de passer de la conductivité à la salinité de l'eau. $1 \text{ ppm} = 1.56 \mu\text{S/cm}$ [54].

VI.4 Essai de simulation au laboratoire des différentes phases de la station de traitement de la raffinerie

La seconde phase de la partie expérimentale concerne notre suivie de la mise en place au laboratoire de la raffinerie d'un essai de simulation par l'ingénieur d'analyse chargée de l'optimisation des processus, représentant à grande échelle la station d'épuration de notre étude sur le site (raffinerie).

Cette étude, à l'échelle du laboratoire est représentée par le schéma à la figure 16 Le but recherché dans cette seconde phase expérimentale est d'arriver à une optimisation et à une amélioration des méthodes classiques de traitements des effluents et en même temps d'arriver éventuellement après comparaison avec la station de traitement, à des propositions d'autres méthodes plus performantes de ces différents traitements.

Les mêmes prélèvements d'échantillon, que lors de la première phase expérimentale ont été analysés et étudiés. La démarche méthodologique arrêtée dans notre échelle du type laboratoire s'articule autour des étapes suivantes :

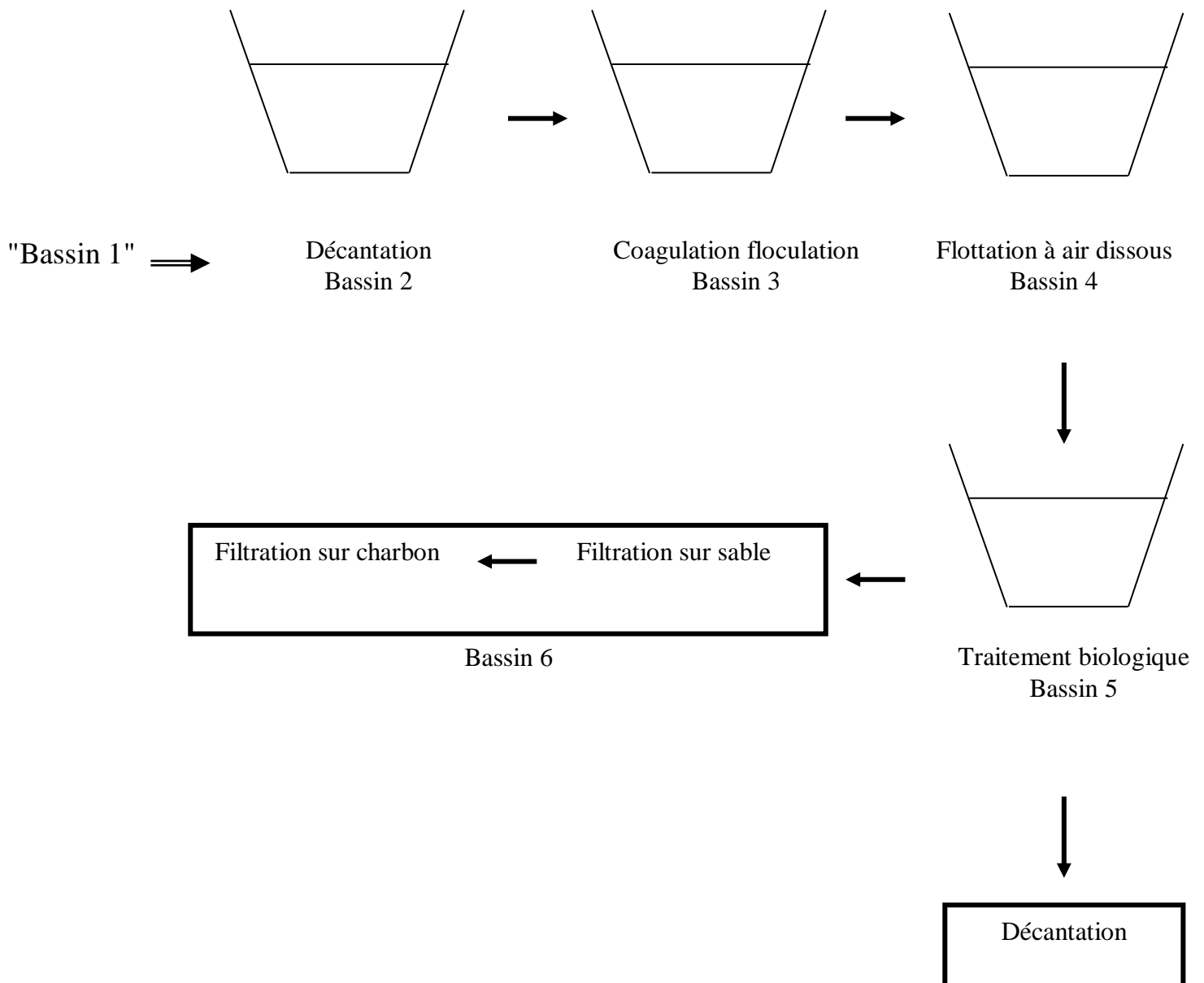


Figure 16 : Schéma des différentes étapes de l'essai de simulation [55].

Etape1 : *décantation* : ce qui a permis aux huiles d'être éliminés après décantation. Cette dernière s'est faite dans des ampoules à décanter, en recevant pendant une heure l'échantillon d'eau usée.

Les mêmes paramètres physico-chimiques ont été étudiés.

Etape2 : *floculation coagulation* : Dans le but d'éliminer les matières en suspension ; cette opération s'est faite dans un bassin en cristal de 15 L. La préparation d'un mélange de réactifs de HCl-NaOH-Ca(OH)₂- Al₂ (SO₄)₃, 7H₂O et un poly électrolyte et aux quantités suivantes :

Tableau 02 : les réactifs et leurs quantités

Réactifs	Quantités
HCl	1,9 ml
NaOH	1,9 ml
Ca (OH) ₂	2,5 g
Al ₂ (SO ₄) ₃ , 7H ₂ O	1,5 g
Poly électrolyte	1,5 g

Le mélange ainsi obtenu est soumis à une agitation pendant 6 heures ; après chaque quart d'heure on arrête l'agitation pendant 5 minutes. (Nous avons fait plusieurs essais 6 heures c'est le meilleurs temps pour la décantation).

Etape3 : *flottation à air dissous* : Afin de faire pousser les matières en suspension et les traces d'hydrocarbures on injecte de l'oxygène (O₂) dans l'eau et ce pendant une heure de temps.

Etape4 : *égalisation du pH* : On neutralise le pH à l'aide de deux réactifs : HCl et Ca (OH)₂.

Etape5 : *traitement biologique* : Cette étape consiste en l'introduction de bactéries aérobies dans le milieu qui est à un PH de 7.

On rajoute dans l'eau à traiter biologiquement du sulfate d'ammonium (NH₄) SO₄ (1.26 g), du phosphate tri-sodique NaPO₄, 12 H₂O (0.4). Le mélange ainsi obtenu subit une agitation pendant sept heures de façon à faire remonter les bactéries du fond pour qu'elles soient au contact de l'oxygène.

Le rôle de ces bactéries aérobies est de métaboliser les hydrocarbures existants dans l'eau.

A la fin de l'agitation et par manque d'air (oxygène) les bactéries aérobies meurent et constituent ainsi, après décantation au fond du bassin, une boue.

Etape6 : *filtration* Elle se fait au travers :

a) *le sable* :

On utilise du sable propre et sec et de granulométries différentes.

On a utilisé un tube en verre représentant trois (3) colonnes ; le filtre de sable est constitué par cinq (5) lits filtrants de sable, superposés de différentes granulométries se terminant par le lit de sable fin.

L'eau filtrée au travers ces différents lits est récupérée goutte à goutte.

Le but de cette opération de filtration est de retenir et d'éliminer les matières en suspension dans l'effluent.

b) *le charbon actif* :

La filtration au charbon actif a pour but d'adsorber les hydrocarbures.

L'opération étant identique à celle opérée pour la filtration au travers le sable. A la fin de la filtration l'eau récupérée goutte à goutte se caractérise par un aspect très clair et une absence d'odeur.

Les prélèvements d'échantillons de cet essai de simulation à l'échelle de laboratoire ont servi à l'analyse des paramètres physico-chimiques, en comparaison avec les prélèvements effectués dans les différents bassins de la station de traitement de l'unité (raffinerie) [49,50,51,52,53,54].

Chapitre V : Résultats et discussions

Dans ce chapitre, la discussion est portée sur les résultats obtenus après analyse des différents paramètres physico-chimiques de notre eau traitée dans les différents bassins.

Il faut se rendre compte que, dans un souci de présenter des données qui soient représentatives, nous avons effectué au niveau de chaque point de prélèvement dans nos bassins, huit (08) répétitions.

Les différents points ou les prélèvements d'échantillons ont été effectués et qui sont en nombre de six (6) correspondent dans notre protocole aux « bassins » numérotés de 1 à 6.

En parallèle, nous avons procédé à l'analyse comparative des données obtenues à l'échelle naturelle de la station et des données obtenues à l'échelle du laboratoire de l'essai de simulation d'une station de traitement semblable.

Cette démarche comparative des données, s'est faite dans un but :

- de vérifier l'efficacité de la station de traitement d'eau de la raffinerie ;
- de compréhension pour arriver à améliorer et à optimiser les méthodes (processus) classiques de traitements des eaux ;
- d'arriver éventuellement à des propositions donnant de meilleurs résultats.

Enfin, nous avons essayé, seulement pour le * bassin 6 * de comparer les résultats trouvés pour les différents paramètres physico-chimiques, avec les données répondant aux normes international.

Les eaux du (bassin 6) correspondent aux effluents après les différents traitements et avant être rejetés dans le milieu naturel (la mer et l'océan).

V.1 Résultats et discussion

V.1.1 variation du pH :

D'après les résultats du (tableau 03) sur le pH, on remarque que les valeurs dans les différents bassins pour les deux types de traitement ne montrent pas de grandes différences. Seulement au niveau du « bassin 6 » la valeur du pH est plus élevée pour l'essai de simulation que celle au niveau de la station. Cette augmentation du pH reste dans la norme internationale qui est de 8,5 et de même pour la variation du pH du « bassin 6 » de la station.

Tableau 03 : Variation du pH au niveau des différents bassins.

lieu de prélèvement	Résultats	
	station de traitement	Essai de simulation au laboratoire
<i>Bassin 1</i>	7,9	7,9
<i>Bassin 2</i>	7,9	7,7
<i>Bassin 3</i>	7,7	7,3
<i>Bassin 4</i>	7,7	7,3
<i>Bassin 5</i>	7,4	7
<i>Bassin 6</i>	7,7	8,3
N	8,5	

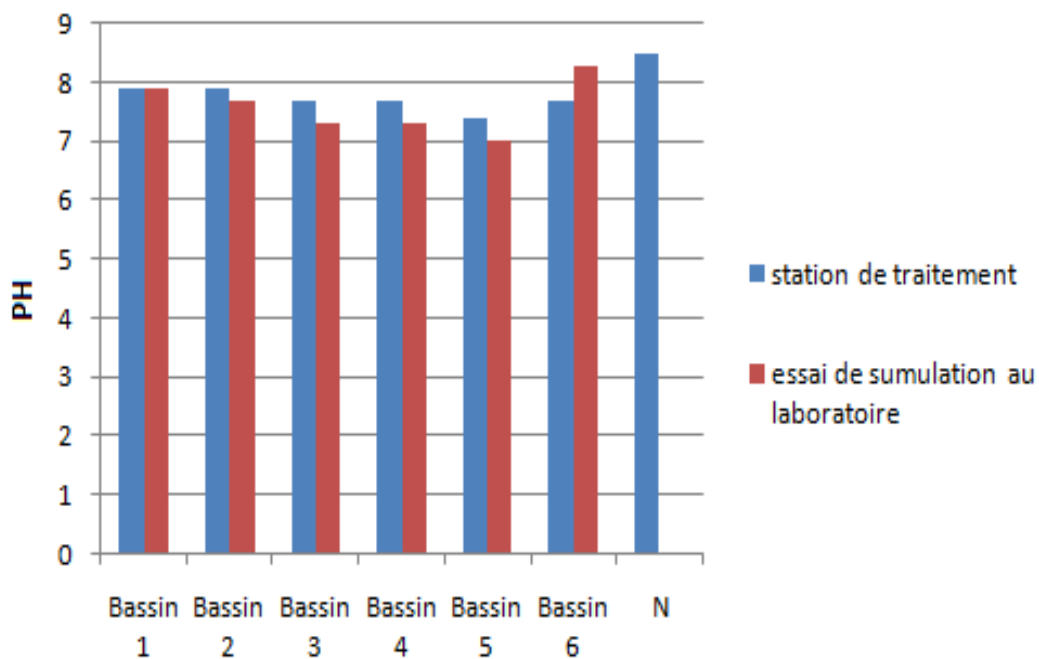


Figure 17 : Variation du pH au niveau des différents bassins

V.1.2 variation de la Température en (°C)

(Le tableau 04) et la (figure 18) nous renseignent sur la variation de la T° ; il est important de nous rappeler que la Température est un paramètre primordiale dans le bon fonctionnement d'une station de traitement et l'équilibre écologique.

La T° reste inférieur dans l'essai de simulation par rapport à la station d'épuration.

Par rapport à la norme la T° du « bassin 6 » est légèrement supérieure et il faudrait on tenir compte.

Tableau 04 : Variation de la T° (°C) au niveau de différents bassins

lieu de prélèvement	Résultats	
	station de traitement	Essai de simulation au laboratoire
<i>Bassin 1</i>	33,3	33,3
<i>Bassin 2</i>	32,3	28,9
<i>Bassin 3</i>	31,4	25,6
<i>Bassin 4</i>	31,2	24,6
<i>Bassin 5</i>	20,9	24,4
<i>Bassin 6</i>	30,4	25,4
N	30	

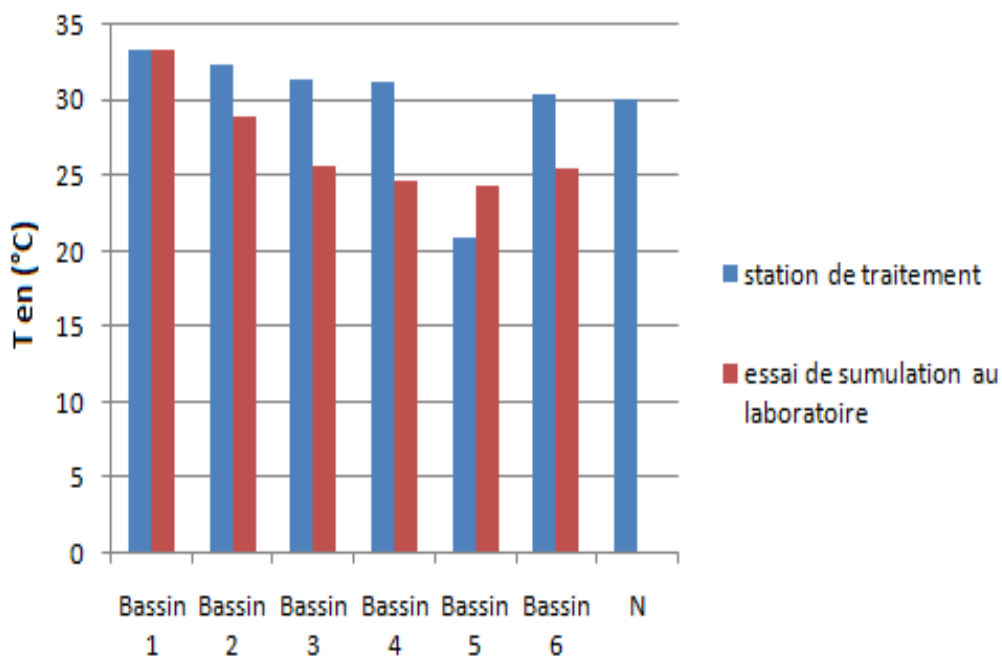


Figure 18 : Variation de la température (°C) au niveau des différents bassins

V.1.3 variation de la DCO (en ppm)

Les données de ce paramètre indiquent une différence remarquable à partir du « bassin 3 » ; (tableau 05) et (figure 19).

En générale les valeurs de l'échantillon final sont très en dessous de la norme. L'essai de simulation nous indique que les résultats sont de loin meilleurs et que la dépollution est excellente.

Tableau 05 : Variation de la DCO (ppm) au niveau des différents bassins.

lieu de prélèvement	Résultats	
	station de traitement	Essai de simulation au laboratoire
<i>Bassin 1</i>	14	14
<i>Bassin 2</i>	12,6	13,1
<i>Bassin 3</i>	11,5	8,1
<i>Bassin 4</i>	12,9	7,5
<i>Bassin 5</i>	8,7	4,9
<i>Bassin 6</i>	8,9	2,8
N	120	

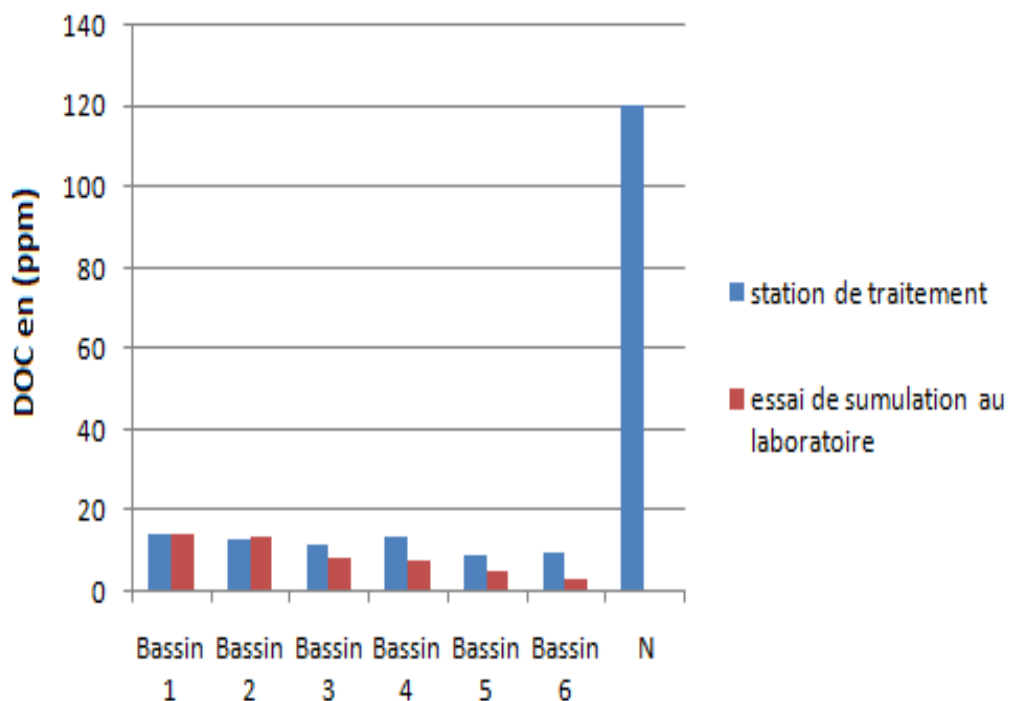


Figure 19 : Variation du DCO (ppm) au niveau des différents bassins

V.1.4 variation de la DBO (en ppm)

Le paramètre de ses résultats est un indice important de la concentration des polluants organique dans l'eau brut ainsi que de leur dégradation oxydative tout le long du traitement.

Les résultats (tableau 06) indiquent que la station de traitement rejette une eau qui contient encore des particules organiques mais qui reste très proche de la limite de la norme qui est de 40 ppm.

Entre le « bassin 5 » et le « bassin 6 », on remarque une nouvelle augmentation des polluants organiques, ceci serait dû un dysfonctionnement dans les filtres à sable et a charbon.

La comparaison avec notre essai de simulation au laboratoire qui comporte cette filtration, explique cette baisse dans la concentration de la DBO au départ la concentration était supérieur à 250 ppm, on termine par une eau dont sa concentration devient 8.1 ppm, très loin de la norme qui est de (40 ppm).

Tableau 06 : Variation de la DBO (ppm) au niveau des différents bassins.

lieu de prélèvement	Résultats	
	station de traitement	Essai de simulation au laboratoire
<i>Bassin 1</i>	>250	>250
<i>Bassin 2</i>	>250	>250
<i>Bassin 3</i>	16,3	61,2
<i>Bassin 4</i>	75,5	28,5
<i>Bassin 5</i>	24,6	9,2
<i>Bassin 6</i>	39	8,1
N	40	

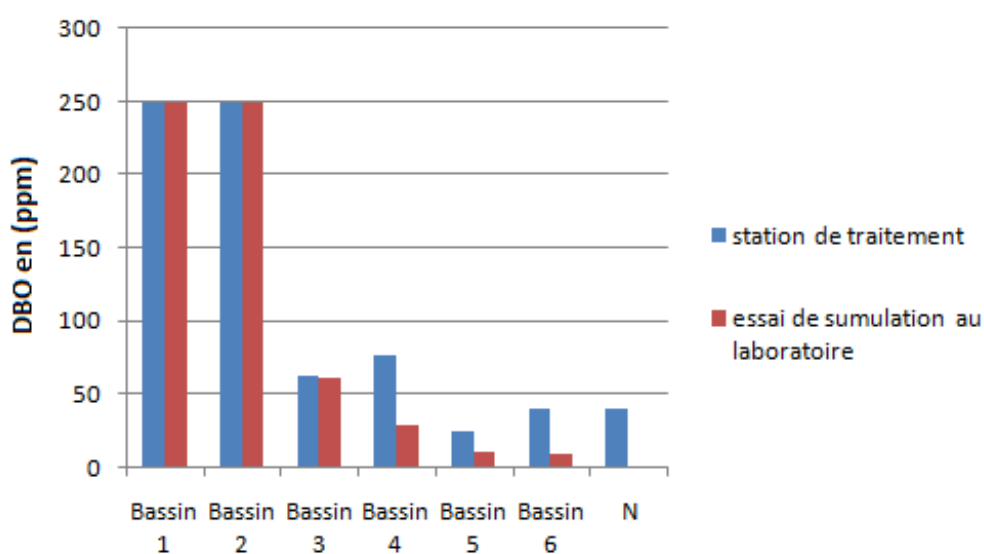


Figure 20 : variation de la DBO (ppm) au niveau des différents bassins

V.1.5 Variation de la teneur en phosphates (ppm)

La station de traitement libère dans la nature une eau qui comporte une forte concentration de phosphates, soit 3.73 ppm, une grande concentration par rapport à la norme.

Ceci s'expliquerait par le fait qu'au niveau du « bassin 3 » où on doit avoir une floculation coagulation de ces éléments, la teneur en phosphates ne varie pas grandement par rapport à l'eau du « bassin 1 » : un dysfonctionnement est à signaler au niveau « bassin 3 » et notamment au « bassin 5 » avec un défaut de la filtration en général, les résultats confirment la valeur de la DCO.

Par contre dans la simulation à l'échelle de laboratoire les résultats montrent une diminution remarquable de la concentration en phosphates et notamment à partir du « bassin 3 » et après le « bassin 5 » suite à une filtration. Ce qui explique que la teneur en phosphates dans l'effluent final est inférieure à la valeur de la norme.

Tableau 07 : variation des phosphates (ppm)

lieu de prélèvement	Résultats	
	station de traitement	Essai de simulation au laboratoire
<i>Bassin 1</i>	3,91	3,91
<i>Bassin 2</i>	3,58	3,67
<i>Bassin 3</i>	3,43	2,2
<i>Bassin 4</i>	3,32	3,26
<i>Bassin 5</i>	4,39	2
<i>Bassin 6</i>	3,73	1,3
N	2	

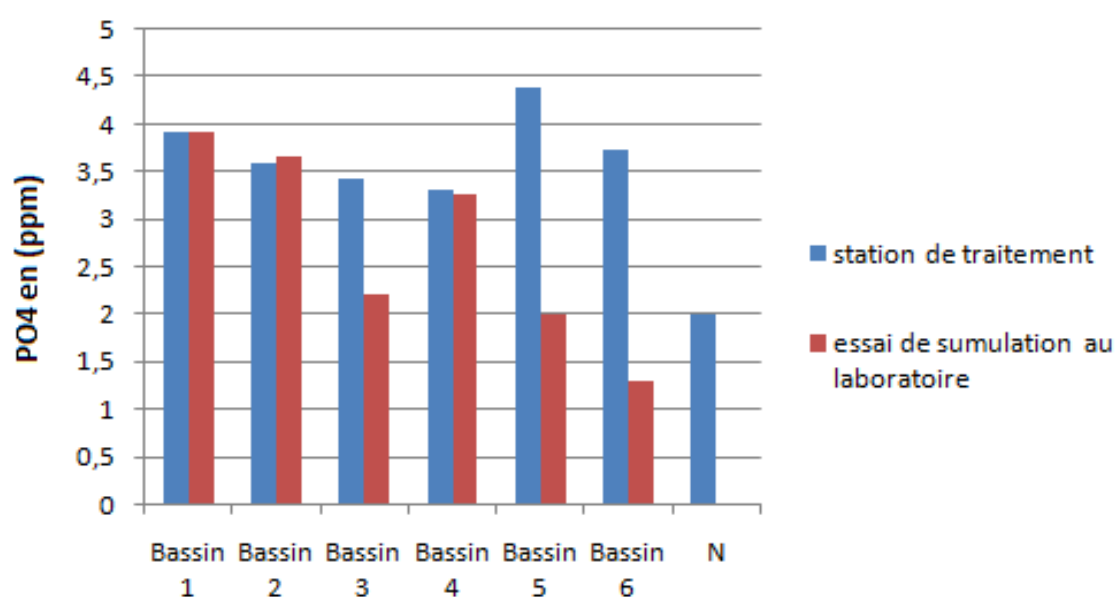


Figure 21 : Variation du Phosphate (ppm) au niveau des différents bassins

V.1.6 Variation des hydrocarbures (ppm)

Les résultats indiqués au (tableau 08) et (figure 22) montrent une très forte concentration des hydrocarbures dans l'eau brute de 15000 ppm, quand à la norme, elle est de 20 ppm.

C'est le polluant principal, mais sa dégradation est significative dans chaque bassin.

C'est au « bassin 5 » que leur concentration est la plus faible ce qui explique l'action des bactéries.

Néanmoins l'eau rejeté dans la nature contient encore une proportion assez élevée qui est de 26.7 ppm et donc supérieur à la norme (20 ppm) car comme il a été déjà signalé, « bassin 6 » les présences d'un dysfonctionnement dans le processus de filtration.

Tableau 08 : Variation des HC (ppm).

lieu de prélèvement	Résultats	
	station de traitement	Essai de simulation au laboratoire
<i>Bassin 1</i>	<i>15000</i>	<i>15000</i>
<i>Bassin 2</i>	<i>71,4</i>	<i>62,5</i>
<i>Bassin 3</i>	<i>56,8</i>	<i>24,6</i>
<i>Bassin 4</i>	<i>48,4</i>	<i>21,01</i>
<i>Bassin 5</i>	<i>6,6</i>	<i>11,7</i>
<i>Bassin 6</i>	<i>26,7</i>	<i>2,1</i>
N	20	

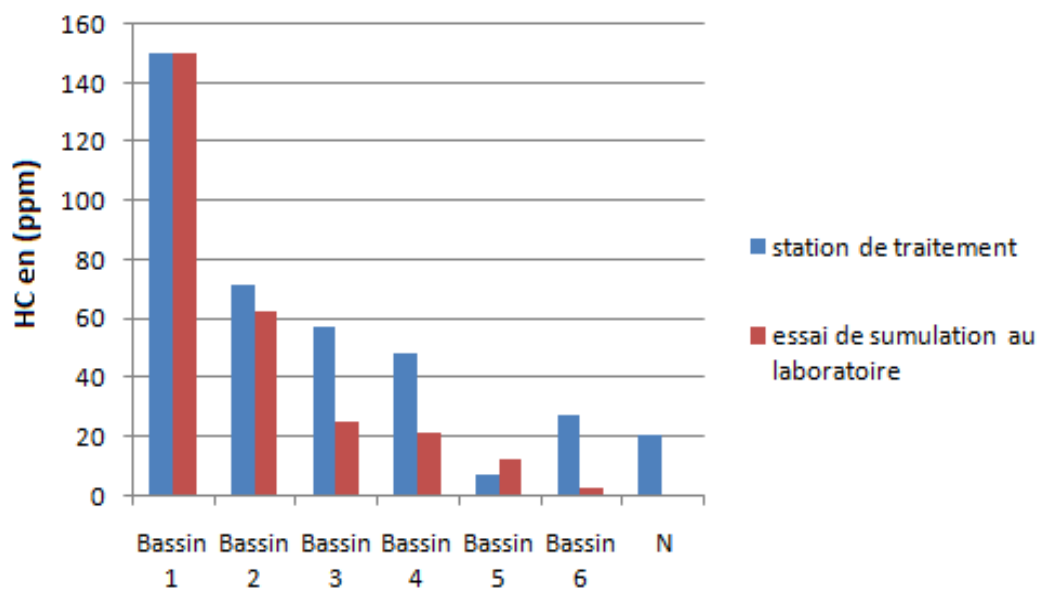


Figure 22 : Variation des hydrocarbures (ppm) au niveau des différents bassins.

V.1.7 Variation des matières en suspension (ppm)

D'après les données expérimentales reportées sur le tableau 09 (figure 23) la concentration finale des matières en suspension est acceptable, elle n'est que 10,2 ppm pour l'échantillon de la station. La norme étant de 30 ppm.

Tout le long des différents bassins, la dégradation de ces matières en suspension est observable : la teneur dans l'eau brut est de 18.4 ppm et après passage à la station elle termine à 10.2 ppm

La même observation est signaler pour notre essai à l'échelle de laboratoire ; mais cette dégradation est plus significative et en particulier à partir du« bassin 3» où la teneur passe de 12,7 ppm « bassin 2 » à 4,6 ppm, ceci grâce à un bon processus de floculation coagulation.

Tableau 09 : Variation de MES (ppm).

lieu de prélèvement	Résultats	
	station de traitement	Essai de simulation au laboratoire
<i>Bassin 1</i>	18,4	18,4
<i>Bassin 2</i>	15,6	12,7
<i>Bassin 3</i>	14,6	4,6
<i>Bassin 4</i>	12,5	3,1
<i>Bassin 5</i>	11,2	2,3
<i>Bassin 6</i>	10,2	0,5
N	30	

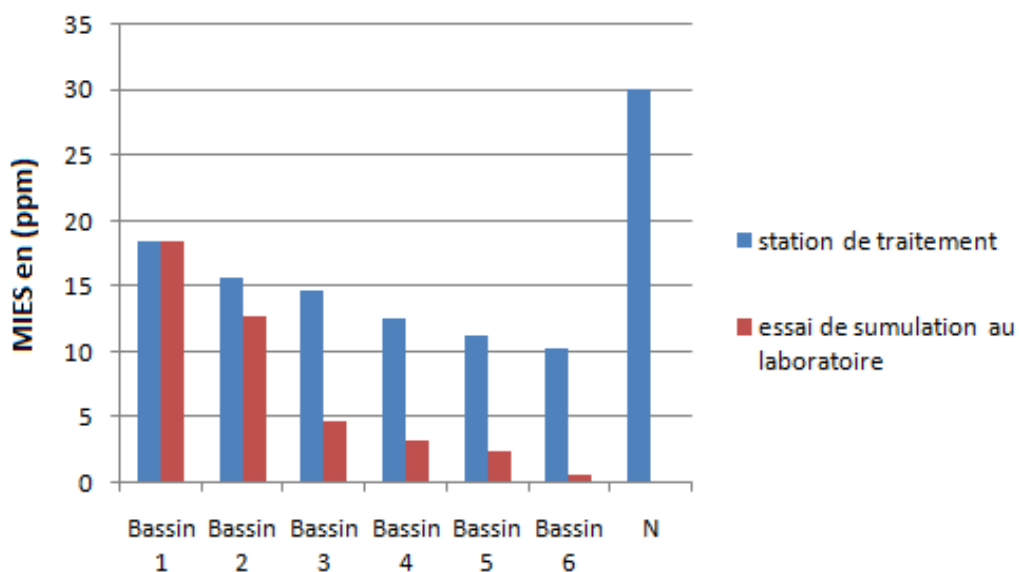


Figure 23 : Variation des matières en suspension (ppm) au niveau des différents bassins.

V.1.8 Variation du Fer (ppm)

Selon les résultats (tableau 10) la concentration du fer ne constitue pas enfin de traitement un polluant majeur.

En effet le Fer est retenu au passage des différents bassins pour arriver à une concentration finale de 0,99 ppm très basse par rapport à la norme de 5 ppm.

Les deux systèmes de traitement nous montrent la même dynamique d'élimination et rétention du Fer.

Tableau 10 : Variation du Fer (ppm).

lieu de prélèvement	Résultats	
	station de traitement	Essai de simulation au laboratoire
<i>Bassin 1</i>	1,15	1,15
<i>Bassin 2</i>	1,15	1,15
<i>Bassin 3</i>	1,07	1,38
<i>Bassin 4</i>	1,07	1,38
<i>Bassin 5</i>	0,86	1,28
<i>Bassin 6</i>	0,99	0,77
N	5	

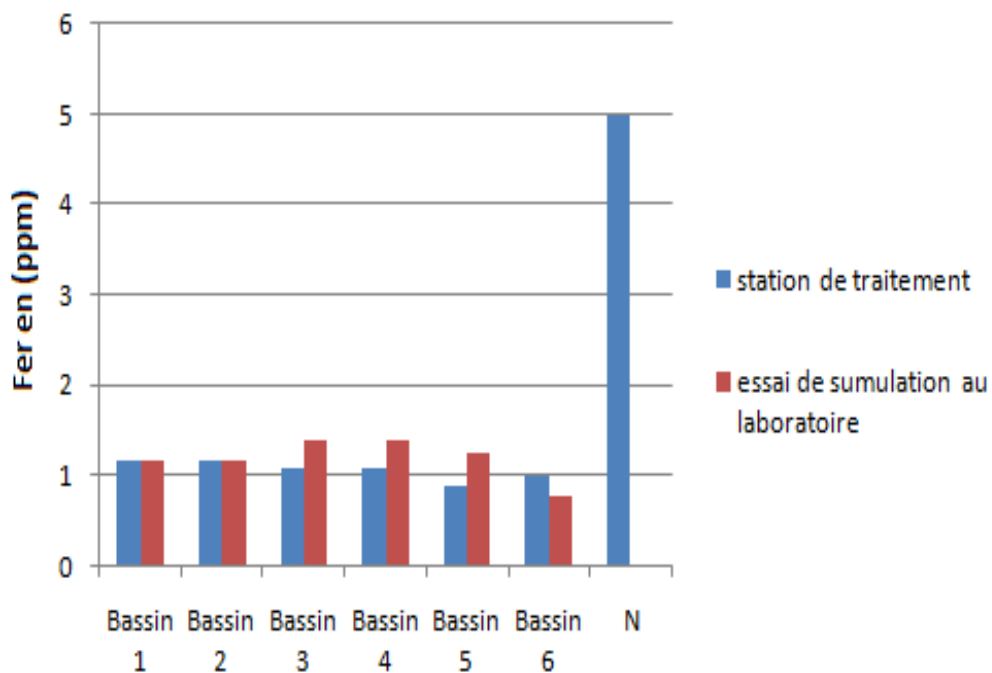


Figure 24 : Variation du Fer (ppm) au niveau des différents bas

V.1.9 Variation de la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

La valeur de la conductivité enregistré aux six bassins de la station de traitement est presque la même. Cependant, on remarque une augmentation de la conductivité qui débute du bassin 3 jusqu'au bassin 6 de l'essai de simulation qui est dû à l'ajout des réactifs tels que les solides (les sels minéraux).

Tableau 11 : Variation de la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

lieu de prélèvement	Résultats	
	station de traitement	Essai de simulation au laboratoire
<i>Bassin 1</i>	690	690
<i>Bassin 2</i>	699	689
<i>Bassin 3</i>	723	952
<i>Bassin 4</i>	886	971
<i>Bassin 5</i>	908	1117
<i>Bassin 6</i>	837	1043

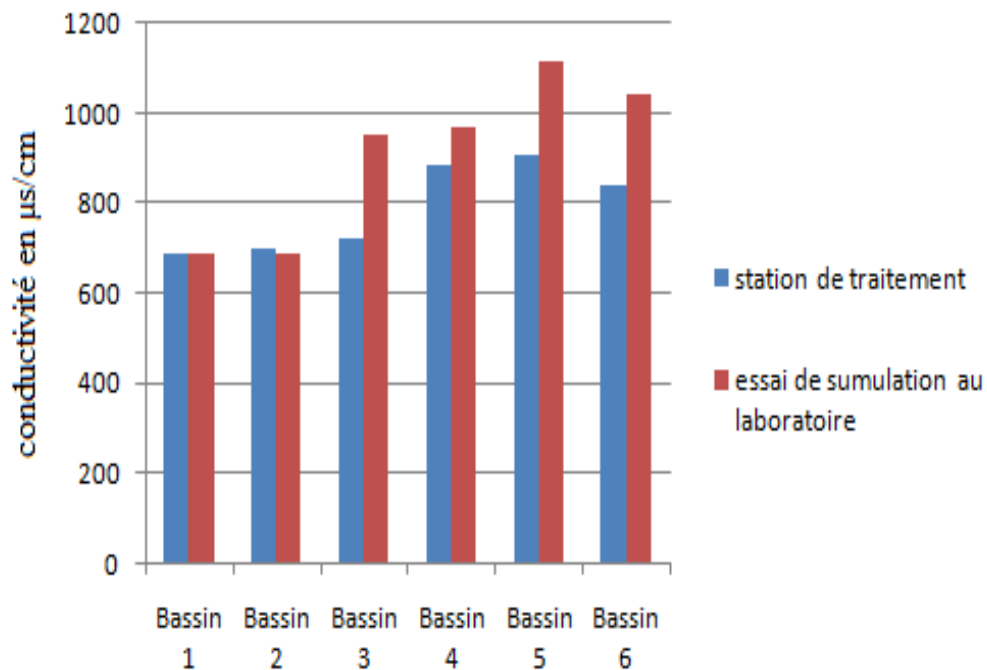


Figure 25 : Variation de la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) au niveau des différents bassins

D'après les résultats obtenus tels que le pH, DCO, DBO, SO₄, HC, MES, Fer et la température qui sont représentées dans les figures ci-dessus, on constate une variation de chaque résultat au niveau de laboratoire par rapport à ceux trouvés au niveau de l'unité.

Les valeurs de pH, PO₄, DCO, MES, Fer et la température, sont presque les mêmes au niveau de l'unité à cause de l'absence des traitements aux différents bassins sauf au bassin 5, car l'eau de l'unité ne passe pas à travers ce dernier, Tandis que ceux mesurés au niveau de laboratoire varient selon les traitements effectués dans chaque bassin.

Les valeurs de HC, au niveau de l'unité, diminuent malgré l'absence des traitements, qui est dû aux hydrocarbures qui restent en surface au cours de déroulement de l'eau.

Tableau 12 : Les normes des eaux traitées [19].

Paramètres	Normes mondiale
pH	[6.5-8.5]
Température	30°C
Hydrocarbures	20 ppm
Matière en suspension	30 ppm
DBO ₅	40 ppm
DCO	120 ppm
Phénols	0.5 ppm
Fer	5 ppm
Couleur	Claire
Métaux lourdes Toxiques Pb, Z, Cd	5 ppm

Conclusion générale

Conclusion générale.

L'eau est la vie, donc il est nécessaire de la préserver car, plus l'humanité se développe plus sa consommation ne cesse d'augmenter. De ce fait, l'eau est menacée, en origine, composition ou en quantité par la pollution humaine et industrielle en fonction des modes de vie.

Cette étude s'inscrit dans ce contexte et a pour objectif principal l'amélioration de la qualité des eaux usées traitées au niveau de la STEP de la raffinerie de Skikda dans le but de les réutiliser ou les rejeter dans la nature.

En effet, les effluents liquides contiennent différents types de polluants qui sont hétérogènes et se caractérisent par leur toxicité, leur solubilité, leur taille, leur nature inorganique ou organique et leur pouvoir de sédimentation. Ils doivent être éliminés par les différents processus mis en place dans la chaîne de traitement.

Lorsqu'on compare les résultats obtenus à l'unité de traitement des effluents liquides de la raffinerie et les analyse du laboratoire, on peut conclure que :

- la valeur du pH est dans la norme ;
- la température de l'eau rejetée est légèrement supérieure à la norme ;
- même si les valeurs de la DCO enregistrées au niveau de la station est satisfaisante, elles peuvent être améliorées en tenant compte des résultats de l'essai au laboratoire ;
- les résultats de la DBO, nous informent sur la présence des particules organiques dans les eaux rejetées. Ceci est dû à une déficience ou non fonctionnalité du processus de filtration ;
- pour la teneur des phosphates, les résultats enregistrés, que se soit dans la station ou le laboratoire dépassent la norme, cela est dû au mauvais fonctionnement du processus de floculation-coagulation au niveau du « bassin 3 ».
- Enfin, d'après les résultats enregistrés pour la teneur en hydrocarbures de l'eau brute montrent qu'une rétention de ce polluant est incomplète à cause du mauvais fonctionnement de l'action de filtration ;
- Les matières en suspension sont aux normes ;
- Il en est de même pour les autres paramètres, à savoir la teneur en fer, la conductivité et la teneur en sulfates.

Conclusion générale.

En conclusion générale, nous remarquons que l'analyse des échantillons prélevés avant et après chaque opération de traitement effectuée à l'échelle du laboratoire nous a permis de constater que la station d'épuration est en disfonctionnement. En effet, le diagnostic primaire de l'eau usée nous a amené à localiser les problèmes de la STEP pour mieux choisir les quantités des produits à injecter lors de la coagulation, afin d'assurer une bonne épuration avec le moindre coût. On peut alors dire que la coagulation-floculation est l'étape principale du processus de dépollution des eaux résiduaires industrielles et elle est plus efficace avec le sulfate d'aluminium, dont la concentration de ce dernier influe sur le pH et la turbidité ainsi que les autres paramètres analysés.

Au terme de cette étude, nous avons jugé bon de faire ces quelques recommandations pour améliorer le fonctionnement de la station de traitement, afin de réduire l'effet de la pollution par ces effluents liquides de la raffinerie :

- 1- Au « bassin 2 » ou bassin de décantation : il est nécessaire d'augmenter leur temps de séjours pour une meilleur élimination des hydrocarbures au niveau des effluents ;
- 2- Au « bassin 3 » ou bassin de floculation-coagulation : l'amélioration des traitements physico-chimiques par optimisation du dosage de coagulant floculant et leur temps de séjour ;
- 3- Au « bassin 5 » ou bassin biologique : améliorer le fonctionnement du mécanisme des micro-organismes ;
- 4- Au « bassin 6 » ou bassin de filtration : L'amélioration du niveau d'épuration par l'affinage des eaux épurées.

Enfin une modernisation du système par le remplacement des anciens équipements par d'autres plus modernes et le renforcement des moyens de contrôle et de mesure.

Références bibliographique.

- [1] A. MIZI. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. ANNABA. 2006.
- [2] Traité l'environnement. Technique de l'ingénieur. Volume G1210.
- [3] Emilian Koller. Traitement des pollutions industrielles: Eau, Air, Déchets, Sols, Boues. DUNOD. PARIS. Avril 2004.
- [4] F. LARKEM et S. BACEL. Traitements des eaux usées "effluents" de la raffinerie de SKIKDA. Mémoire d'ingénieur. Université de CONSTANTINE. 2005.
- [5] F. GALAF et S. GHANNAM. Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire d'ingénieur d'état. Université HASSAN II. RABAT. ROYAUME du MAROC. 2003.
- [6] Pollution des eaux. Dosage des nitrites. (Internet)
- [7] Brigitte DONNIER. La pollution chimique en méditerrané. Laboratoire. C. E. R. B. O. M. Nice. France.
- [8] Jean RODIER et all. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édition. DUNOD. PARIS. 1996
- [9] F.MEKHALIF. Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, Mémoire de magister, Université du 20 Août 1955. SKIKDA. 2009.
- [10] Alain BOTTA. Laurence BELLON. Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro-Méditerranée TEHYS. Avril 2001.
- [11] F. MECHATI. Etude des paramètres physico-chimique avant et après traitements des rejets liquides de la raffinerie de SKIKA. Mémoire de magister. 2006.
- [13] R. SALGHI. Différentes filières de traitements des eaux. Cours. Ecole nationale des sciences appliquées d'AGADIR. Université IBEN ZOHIR. ROAUME du MAROC. 2006.
- [14] F. BERNIE et J. CORDONNIER. Traitement des eaux. TCHNIP. France. Novembre 1991.
- [15] Dégremont, memento technique de l'eau, dégrement, huitième édition, 1978.
- [16] Dégrement, memento technique de l'eau, dégrement, 1998 "tome 1 et 2 "
- [14] Jean Rodier, Al, L'Analyse de l'eau "Eaux Naturelles-Eaux Résiduaires- Eaux de Mer", 8ème Edition, 1996.

- [17] Cartographie de la pollution par les hydrocarbures totaux au niveau de la plateforme industrielle de Skikda .En vue de l'obtention du diplôme de magister en écologie, Sonia Rouidi.
- [18] Le traitement des eaux dans l'industrie pétrolière, Edition technip, 1972.
- [19] Traitement des eaux résiduaires séminaire le 08-13 mai 2003 (LACHGAR M.S). Formation industrie, centre des techniques appliquées SKIKDA.
- [20] Les effluents : traitements des eaux usées. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention d'une maîtrise en chimie. : réalisé par M. BOUGHACHICH 1997/1998.
- [22] Eau résiduaire industrielle www.dictionnaire-environnement.com
- [23] Pollution radioactive www.wikipedia.org
- [24] Dessablage www.wikipedia.org
- [25] Raffinerie de Skikda www.wikipedia.org
- [26] www.researchgate.net
- [27] Manuel du traitement des effluents ETP Unité 1101- RA1K, Sonatrach.
- [28]SAMSUNG ENGINEERING Company.
- [29] www.energy.gov.dz
- [30] CHELLE François et DELLALE Moustafa. Festival des sciences de la ville. Séminaire. France.2005.
- [31] R. DESJARDINS. Le traitement des eaux. 2^{ème} édition revue. Ing. Professeur à l'école polytechnique de Montréal.
- [32] Traitements des eaux usées, épuration des eaux résiduaire de raffinage, F.BERNE 303 page
- [33] Le point de connaissances sur le traitement des eaux usées I.N.R.S. document technique. Novembre 2004. (Internet).
- [34] Traitement des eaux. www.univ-ubs.fr.
- [35] Laetitia CITEAU. Etude des colloïdes naturels présents dans les eaux gravitaires des sols contaminés. Unité de science du sol. Versailles et INA-PG. 2004.
- [36] Traitement physico-chimique des eaux usées, cours de génie de procédé.
- [37] Meghzili Bachir, Coagulation-Floculation. Notes de cours : Traitement des eaux 2004/2005.
- [38] SIGG. Luara. BEHRA. Philipe. STURMW. Werner. Chimie des milieux aquatiques « chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement ». 3eme édition DUNOD. Mars 2000.

- [39] M.H.ERNEST. Dans fundamental problems in statistical mechanics. Vol. VI. Edité par E. G. D. Cohen. Noeth Holland Publishing Company. Amsterdam. 1985
- [40] AMIRTHARAJAH, A.O'MELLA, C.R. Coagulation Processes: Destabilization, Mixing, and Flocculation. 1990
- [41] TCHOBANOGLOUS, G. S O E D E R, E.D. Water Quality. 1987.
- [42] R. C. KLIMPEL et R. OGG. Clloids surf. 1991
- [43] LENGU, K.M. Effets comparés de divers coagulants sur l'enlèvement de la matière organique des eaux à potabilité. École Polytechnique de Montréal. (1994).
- [44] F.BERNE.J.CORDONNIER .Traitement des eaux .Edition Technip, paris, 1991.
- [45] Traitement biologique des eaux usées www.condorchem.com
- [46] S.GHERROUI. L. AMAMAR. S. BOUDEN. Tentative d'expertise de la STEP de la Raffinerie de Skikda avec dimensionnement d'une unité d'osmose inverse en vue de réutilisation des eaux usées traitées .Mémoire d'ingénieur d'état en chimie industrielle. Université d'Annaba promotion 1997/1998.
- [74]A.BOUGHAAICHE. traitement des eaux .mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention d'une maîtrise en chimie .institut algérien de pétrole .promotion 1998.
- [48] S.BOULOUDNINE. Traitement des eaux usées « les effluents ». Mémoire d'un technicien supérieur en chimie industrielle .institut algérien du pétrole « centre de Skikda ». promotion 1994.
- [49] Activité LRP pole raffinage (Manuel opératoire traitement des effluents ETP2) Unité 1101-RA1K, Sonatrach.
- [50] Activité LRP pole raffinage, MO-LAB-4-10, mode opératoire pour la détermination de la demande du DCO
- [51] Activité LRP pole raffinage, MO-LAB-4-15, mode opératoire pour la détermination du fer totale.
- [52] Activité LRP pole raffinage, MO-LAB-4-2, MO-LAB-4-3, mode opératoire pour la détermination du contrôle pH, les hydrocarbures, phosphate et matière en suspensions
- [53] La filtration
- [54] LAROUSSE, encyclopédie de l'écologie, le présent en question, J-P CHARBONNEAU ,487 page
- [55]R. DESJARDINS. Le traitement des eaux. 2^{ème} édition revue. Ing. Professeur à l'école polytechnique de Montréal.