

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE de BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Spécialité : Génie Chimique

Intitulé du mémoire

**TRAITEMENT DES EAUX DE REJET DE LA RAFFINERIE DE
SIDI REZZINE EN VUE DE LEUR REUTILISATION DANS LE
REFROIDISSEMENT DES TOURS**

Présenté par :

**Melle GUECHTOULI Chahinez
Melle SID Nouhaila**

Encadré par :

**M. BOURAS Omar
M. REBIHA HADJ Messaoud**

Année Universitaire 2020/2021

Remerciements

En préambule de ce mémoire, nous remercions ALLAH le tout puissant, qui nous a aidé et donné la patience et le courage durant toutes ces longues années d'étude.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de ces inoubliables années universitaires

Nous tenons à témoigner toute notre reconnaissance à notre promoteur, M. BOURAS Omar, Professeur au département de Génie des Procédés de l'Université Blida 1.

Nous exprimons notre gratitude à M. REBIHA Hadj Messaoud, pour l'aide et l'assistance qui nous a procuré tout au long de la période de notre stage.

Nous remercions également toute l'équipe de la section ETP de SONATRACH pour leur accueil et leur gentillesse.

Que le président et les membres du jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail trouveront ici l'expression de notre parfaite considération.

Enfin, nous ne pouvons oublier nos chers parents pour tout ce qui ont fait pour nous. Leurs soutiens permanents et constants ainsi que leurs encouragements nous a été très utiles durant toutes ces longues années d'études.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mon cher père qui a toujours su me soutenir, me conseiller, m'assister et m'indiquer le bon chemin. L'amour qu'il me voue est irremplaçable, ses sacrifices pour mon éducation et mes études sont énormes. Je lui dois beaucoup.

A ma chère mère, toujours serviable et dévouée, tout mon amour sans limites, pour sa douceur, sa tendresse et toute l'affection qu'elle m'a donnée tout au long de ma vie. Je lui dois beaucoup.

C'est à mes parents qui n'ont cessé de me soutenir et de m'encourager que je dédie ce travail. Je leur exprimer ma gratitude tout en leur promettant de demeurer toujours à la hauteur des espoirs qu'ils placent en moi et de toujours honorer la famille...

*A mon cousin **BELLIL SALIM** .*

*A tous mes collègues de **GENIE DES PROCÉDES**.*

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

Chahinez

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mon cher père qui a toujours su me soutenir, me conseiller, m'assister et m'indiquer le bon chemin. L'amour qu'il me voue est irremplaçable, ses sacrifices pour mon éducation et mes études sont énormes. Je lui dois beaucoup.

A ma chère mère, toujours serviable et dévouée, tout mon amour sans limites, pour sa douceur, sa tendresse et toute l'affection qu'elle m'a donnée tout au long de ma vie. Je lui dois beaucoup.

C'est à mes parents qui n'ont cessé de me soutenir et de m'encourager que je dédie ce travail. Je leur exprimer ma gratitude tout en leur promettant de demeurer toujours à la hauteur des espoirs qu'ils placent en moi et de toujours honorer la famille...

A ma grand-mère Saliha et mon grand-père Slimane.

A mon plus cher frère Amro.

A mes plus chères tantes Rafika, Zakia et Sihem.

A la plus proche sœur et mon bras droit Zineb.

A mes plus chers oncles Ismail, Oussama, Karim, Chaker, Mohcin et Archad.

A tous mes cousins, Mohamed, Abdallah, Louai, Hcen, Houcin et Adlen. A ma plus chère cousine Alaa

A mon amie et binôme Chahinez. C'était agréable de travailler avec elle et de partager les bons moments ainsi que les différentes difficultés rencontrées durant la préparation de ce mémoire.

A tous mes cousins, tantes et oncles ainsi qu'aux les deux familles SID et MEDJBOUR.

A mes proches amis, en particulier : Nesrine, Rahma, Fatma zohra et Nazili.

*A tous mes collègues de **GENIE DES PROCÉDES**.*

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

Nouhaila

ملخص

تتكون هذه الدراسة من إجراء دراسة مقارنة للمعايير الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف من مصفاة سيدي رزين في بداية من مصفاة الجزائر U711 وU710 وإمكانية إعادة استخدام تبريد أبراج U850 عملية معالجة وحدة

المياه المعالجة في الموقع في محطة المعالجة تفي بمعايير التفريغ الصناعي ولكنها لا تتوافق مع تلك الموصى بها لأبراج التبريد. ولذلك فإن العمل المقترح يستجيب لهذه المشكلة الرئيسية من خلال تقديم معالجة إضافية في نهاية سلسلة المعالجة. من أجل تحسين جودة هذه المياه عن طريق إزالة الشوائب غير القابلة للذوبان والملوثات الهيدروكربونية المذابة

أثبتت المعالجة الإضافية عن طريق الامتصاص الديناميكي على حبيبات الكربون المنشط فعاليتها وتوفر كميات كبيرة من مياه الشرب الخام عن طريق استبدالها بالمياه المعالجة

Abstract

This study consists in carrying out a comparative study of the physico-chemical parameters of the wastewater from the Sidi Rezine refinery upstream and downstream of the treatment process of the U850 unit for a possible reuse of the cooling of the U710, U711 towers of the Algiers refinery.

The water treated in situ in the treatment station meets industrial discharge standards but does not comply with those recommended for cooling towers. The proposed work therefore responds to this major problem by offering additional treatment at the end of the treatment chain in order to improve the quality of this water by eliminating insoluble impurities and dissolved HC pollutants.

Additional treatment by dynamic adsorption on activated carbon grains has proven to be effective and saves large amounts of raw drinking water by replacing them with treated water.

Résumé

Cette étude consiste à effectuer une étude comparative des paramètres physico-chimiques des eaux de rejets de la raffinerie de Sidi Rezine en amont et en aval du processus de traitement de l'unité U850 pour une éventuelle réutilisation le refroidissement des tours U710, U711 de la raffinerie d'Alger.

Les eaux traitées in situ dans la station de traitement répondent aux normes de rejet industriel mais ne sont pas conformes à celles recommandées dans le refroidissement des tours. Le travail proposé et donc de répondre à cette grande problématique en proposant un traitement complémentaire à la fin de la chaîne de traitement afin d'améliorer la qualité de ces eaux en éliminant les impuretés insolubles (MES) et les polluants dissous HC.

Le traitement complémentaire par adsorption dynamique sur des grains de charbon actif c'est avéré efficace et permet d'économiser de grandes quantités d'eau brute potable en les remplaçant par les eaux traitées.

Sommaire

Remercîments	
dédicaces	
Résumé	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	1

Chapitre I : Partie bibliographique

I. Partie théorique	2
Introduction	3
I.1. Présentation de la raffinerie d'Alger.....	3
I.1.1. Historique de la raffinerie	3
I.1.2. Capacité de production	4
I.2. Description des principales installations	5
I.3. Nouvelles installations et réhabilitation de la raffinerie d'Alger.....	6
I.4. Objectifs du programme de réhabilitation et d'adaptation	7
I.5. Traitement du pétrole	8
I.5.1. Prétraitement et distillation atmosphérique du pétrole brut, topping (unité 100) ..	9
I.5.2. Dessaleur.....	10
I.5.3. réformage catalytique (unité 200).....	14
I.5.4. Traitement et séparation des gaz (unité 300).....	15
I.5.5. Hydrotraitement (unité 500)	17
I.6. Isomérisation (unité 510)	18
I.7. Traitement des eaux usées issus des exploitations de la raffinerie	19
I.7.1. Pollution des eaux	20
I.7.2. Définition des eaux résiduaires industrielles.....	20

I.7.3. Unité de traitement des effluents (unité 850)	20
I.7.4 Traitement des eaux usées	22
I.8. Les tours de refroidissements (unité 710 et 711)	26
I.9 Charbon actif.....	27
I.9.1 Charbon actif poudre (CAP).....	27
I.9.2 Charbon actif en grain (CAG)	28
I.9.3 Régénération du charbon actif	29
synthèses bibliographiques.....	31

Chapitre II : Partie expérimentale

II.1 Matériels et méthodes	35
II.1.1. Situation géographique de la raffinerie.....	35
II.1.2. Qualité des eaux avant traitement.....	36
II.1.3. traitement par adsorption dynamique sur un lit de CAG.....	37
II.2 Résultat et discussion.....	38
II.2.1. Etude comparative eaux usées après traitement	38
II.2.2. Comparaison des eaux usées traitées avec les normes de refroidissement	41
II.3 Contribution au dimensionnements du filtre a charbon actif.....	45

Liste des Figures

Chapitre I : Partie théorique

Figure I. 1 Schéma synoptique de la raffinerie d'Alger.	5
Figure I. 2 Organigramme montrant la configuration future de la raffinerie	8
Figure I. 3 Photo numérique de l'industrie pétrolière SONATRACH.....	9
Figure I. 4 Schéma d'un dessaleur	12
Figure I. 5 Séparation des composants principaux par distillation.....	13
Figure I. 6 Schéma complet de traitement du pétrole brut	19
Figure I. 7 Photo numérique qui représente un bassin de décantation	22
Figure I.8 Scéma représentant l'opération par coagulation-floculation.....	23

Chapitre II : PARTIE EXPERIMENTALE

Figure II.1 Photographie montrant la situation géographique de la raffinerie d'Alger SONATRACH	35
Figure II. 2 Photo numérique montrant la qualité des eaux avant traitement	36
Figure II.3 Photo numérique montrant le procédé de traitement utilisé adsorption des eaux usées sur charbon actif en grain	37
Figure II. 4 comparaison des résultats d'analyse avec les normes de rejet MES.....	39
Figure II. 5 Evolution de la concentration des HC en fonction du temps de traitement	39
Figure II. 6 Evolution du pH des différents échantillons en fonction de la durée de traitement	40
Figure II. 7 étude comparative entre les résultats d'analyse des MES avec les normes autorisées pour les tours de refroidissement de MES	42
Figure II. 8 étude comparative entre les résultats d'analyse des HC avec les normes autorisées pour les tours de refroidissement de HC	42
Figure II. 9 étude comparative entre les résultats d'analyse des pH avec les normes autorisées pour les tours de refroidissement de pH.....	43
Figure II.10 Schéma de lits fixes en série	46
Figure II.11 Comparaison des principaux types de filtres à milieu granulaire	47
Figure II.12 Courbe de percée représentant l'évolution de C/C0 en fonction du temps d'écoulement.....	49



Liste des Tableaux

Chapitre I : Partie théorique

Tableau I. 1 Liste des produits et leurs destinations [15].....	14
-----------------------------------------------------------------	----

Chapitre II : Partie expérimentale

Tableau II.1 Normes liées aux eaux de refroidissement	41
Tableau II.2 Caractéristiques physico-chimiques des prélèvements après adsorption	44
Tableau II.3 Valeurs de conception typiques pour les entrepreneurs GAC	46
Tableau II.4 Valeurs de conception du filtre du CAG	48



Liste des abréviations

SONATRACH : Société nationale pour la recherche, la production, le transport, la transformation, et la commercialisation des hydrocarbures

GPL : Ga de pétrole liquéfié

DCO : Demande chimique en oxygène.

DBO : Demande biologique en oxygène.

DBO5 : Demande biologique en oxygène pendant cinq jours.

HC : Hydrocarbures.

MES : Matières en suspension.

pH : Potentiel d'hydrogène.

BTS : Basse teneur en soufre.

RFCC : Residual catalytic cracking

HTS : Haute teneur en soufre

Jet A1 : Kérosène

ETP : Effluent treatment plant

HG : Huile et graisse

DAF : Dissolved air flotation

850-cc-001 : Puisard de récupération des effluents prévenants des unités existantes

850-cc-016 : Puisard de récupération des effluents prévenants des nouvelles unités

CAP : Charbon actif poudre

CAG : Charbon actif grain

SEAAL : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger

CE: Conductivité.

EBCT: Empty bed contact time.

Introduction

L'eau est un élément essentiel dans notre quotidien, mais aussi aux industries notamment à l'industrie pétrolière. En effet, elle compte parmi les plus grandes consommatrices d'eau en vue de ses nombreux procédés de traitement du pétrole brut qui exige d'énormes quantités pour le dessalage du brut, production de la vapeur, refroidissement de quelques procédés sans oublier son utilisation par le personnel (sanitaire, eau potable ...etc).

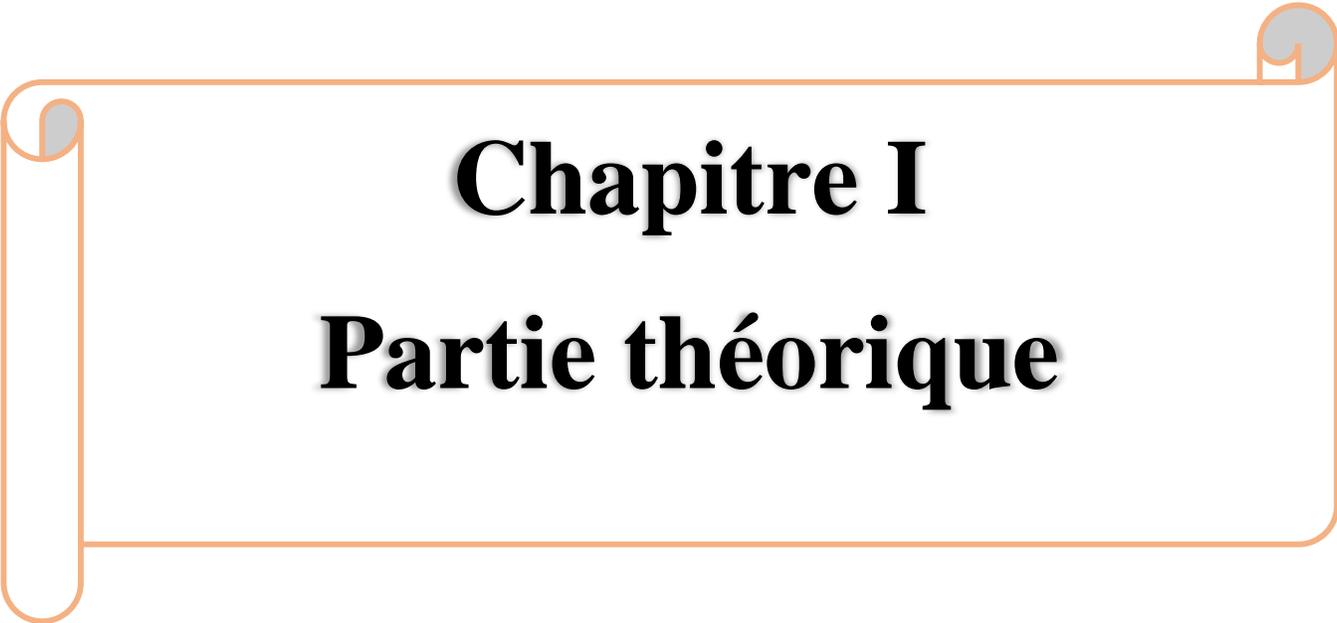
Les eaux usées issues de la raffinerie sont très souvent déversées, sans aucun traitement préalable, directement dans le milieu naturel (rivières, mer, sol,...). La pollution des eaux et de l'environnement qui pourrait en résulter est donc considérable et il est logique que des dispositions législatives soient actuellement à l'étude pour obliger les industriels à épurer leurs effluents à l'amont avant de les déverser dans le milieu naturel.

Vu l'augmentation exponentielle de la population mondiale, le manque de sources d'eau potable et les grandes quantités d'eaux résiduares industrielles, de nombreux pays s'orientent aujourd'hui vers la réutilisation de ces eaux de rejets.

Du point de vue traitement des eaux usées, les technologies ont évolué notamment avec le développement de la biofiltration et celui ; des membranes, de micro et ultrafiltration, et une meilleure maîtrise de l'osmose inverse et de l'électrodialyse.

Les raffineurs de pétrole ont toujours été conscients de l'importance de ce problème et c'est pourquoi les investissements réalisés dans les raffineries pour mettre en œuvre les techniques d'épuration des eaux polluées représentent plusieurs millions de dinars.

Dans ce contexte, la raffinerie de « Sidi Rezzine », qui est l'une de ces grandes industries qui consomme et rejette de grandes quantités d'eaux polluées, a aussi mis en œuvre tout un processus afin de les traiter et pour pouvoir à la fois économiser et préserver cette source on a eu pour objectif de proposer un traitement d'affinage pour les réutiliser dans les tours de refroidissement.



Chapitre I

Partie théorique

Introduction

Notre étude consiste à proposer un traitement complémentaire des eaux usées pour qu'elles puissent par la suite être utilisées dans les tours de refroidissement qui ont un débit journalier très élevé soit jusqu'à 500 m³/j pour l'ancienne tour et 2000 m³/j pour la nouvelle ; et cette consommation se traduit par un coût d'achat élevé de chez SEAL. Dans ce qui suit-on commencera par un essai à l'échelle laboratoire d'une filtration sur un lit de charbon actif granulé qui a pour principale phénomène « l'adsorption ».

Ce chapitre consiste à faire une présentation générale de la raffinerie et de ses différentes unités de traitement du pétrole.

I.1. Présentation de la raffinerie d'Alger

I.1.1. Historique de la raffinerie

La raffinerie d'Alger fut créée en décembre 1959 suite à la découverte du pétrole au sud algérien en septembre 1959, le chantier fut ouvert en janvier 1960, le démarrage de la raffinerie n'a eu lieu que le 19 janvier 1964 par un groupe de compagnies étrangères. Le coût de construction est estimé à 210 millions dinars dont 170 millions par les installations et 40 millions de frais établis et autres [1].

Avant 1971, l'alimentation de la raffinerie était par tankers du pétrole de Bejaia au port pétrolier d'Alger, en suite par pipe de 26 pouces, jusqu'au parc de stockage

Un piquage a eu lieu à Beni Mansour à partir de pipe reliant Hassi-Messaoud - Bejaia, un oléoduc de 18 pouces d'une longueur de 131 Km jusqu' à la raffinerie avec un débit de 500 m³/h, cette pipe qui a été refait en 20 pouces avec un débit atteignant jusqu'à 800 m³/h.

En ce qui concerne le choix de la région algéroise, elle se présente comme un pôle futur de développement industriel. En plus, elle a l'avantage d'être le plus grand centre de consommation avec une part de 40% à 50% de la demande intérieur.

Il apparait clairement que la production à partir de la raffinerie d'Alger sera moins coûteuse que celle venant des autres raffineries.

La raffinerie, sur le plan quantitatif, veut continuer à assurer la couverture des besoins en produits de première nécessité comme l'essence, gasoil, GPL, etc., ainsi que les produits qui servent de base pour l'industrie pétrochimique. Sur le plan qualitatif, un programme est mis en place, qui consiste en la suppression du plomb des essences avec une réduction actuelle de 0.4 g/L depuis le premier janvier 1999, jusqu'à 0.15 g/L à partir du premier janvier 2002 et la suppression totale du plomb prochainement.

I.1.2. Capacité de production

Le but primordial de la raffinerie est de continuer à assurer la couverture des besoins en produits de première nécessité, ainsi que les divers produits pour l'industrie pétrolière [1].

La raffinerie a une gamme variée de produits qui répondent aux normes nationales et internationales qui sont :

- Butane et propane commerciaux ;
- Naphta (30% essence SR+70% solvant total) ;
- Essences normale et super ;
- Jet (Kérosène) ;
- Gas-oil ;
- Fuel lourd.

Au démarrage de la raffinerie la capacité de production est de 1800 tonnes/an et par la suite a atteint le plafond en 1991 avec 3 millions de tonnes/an, et aujourd'hui est de 2 700 000 tonnes/an.

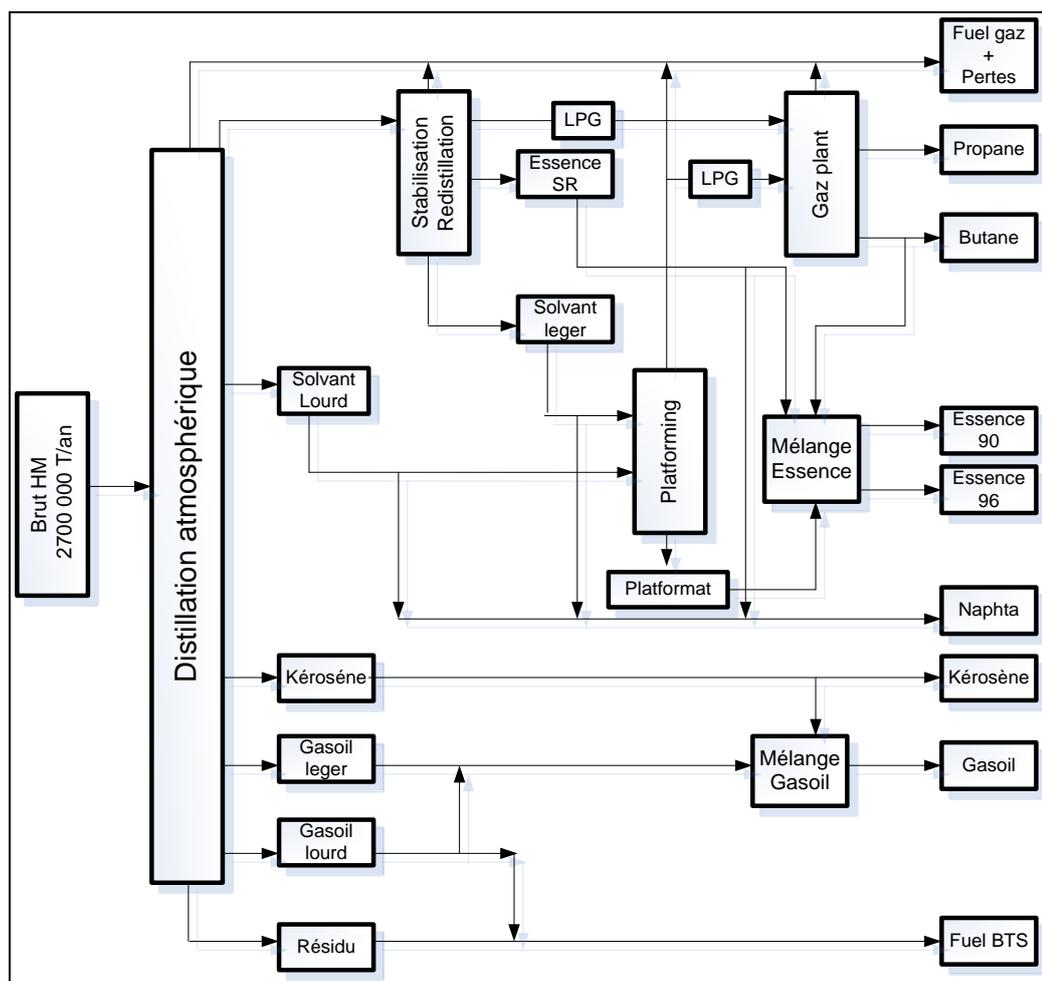


Figure I.1 : Organigramme montrant synoptique de la raffinerie d'Alger.

I.2. Description des principales installations

La raffinerie d'Alger est composée de plusieurs installations qui sont [1] :

- Une unité de distillation atmosphérique de 2 700 000 tonnes/an.
- Une unité de reforming catalytique de 2 500 m³/j dont le rôle est de transformer une coupe pétrolière à bas indice d'octane (mélange de solvant léger et de solvant lourd) provenant de l'unité de distillation en un reformat à haut indice d'octane qui est la base principale pour la fabrication des carburants automobiles (essence normale et essence super).
- Unité Gas-plant pour la séparation et traitement des GPL.
- Un parc de stockage pour le pétrole brut et pour les produits finis et semi-finis.

- Une unité de pomperie pour les expéditions de produits par pipes aux dépôts El-Harrach, Caroubier, du Port pétrolier, de l'Aéroport d'Alger au dépôt Chiffa (Blida).
- Unité de mélange (Ethylation) pour la fabrication des essences (Normal et Super).
- D'un port pétrolier équipé de trois postes de chargement et déchargement ainsi qu'une station de déballastage et d'écémage d'hydrocarbures.
- D'un laboratoire de contrôle de la qualité des produits.
- Une centrale thermoélectrique constituée d'un groupe turboalternateur qui développe 6MW d'énergie électrique, la centrale a pour but d'assurer les besoins énergétiques de la raffinerie (vapeur, eau, électricité, air).
- Deux chaudières à vapeur de 47 tonnes/h chacune.
- Deux stations de traitement des eaux.
- D'un poste de commandement d'intervention en 24/24h.
- Plusieurs ateliers de maintenance et de magasins.
- D'une rampe de chargement GPL alimentant les régions du centre du pays.

I.3. Nouvelles installations et réhabilitation de la raffinerie d'Alger

Le groupe Sonatrach conscient des défis majeurs auxquels il doit faire face à l'avenir, du fait de la demande croissante du marché en produits raffinés, de la sévèrisation progressive des spécifications des carburants (essences et diesel) ainsi que des exigences en termes de santé, de sécurité et de protection de l'environnement, un programme de réhabilitation, de remise à niveau et de modernisation de l'instrumentation des raffineries a été envisagé.

Ce programme de réhabilitation et adaptation des installations de production permettra à terme :

- D'assurer la continuité du niveau de production actuel sur les moyens et long terme, par un renouvellement et une mise à niveau des équipements,
- D'apporter sur les installations, les améliorations pour l'optimisation du fonctionnement des installations,
- De produire pour le marché national et l'exportation des carburants aux spécifications européennes, pour la préservation de l'environnement.

I.4 Objectifs du programme de réhabilitation et d'adaptation

La capacité de traitement actuelle est insuffisante pour la satisfaction de la demande de la région centre en produits raffinés, cette capacité de traitement sera augmentée de 35% c'est-à-dire 3.645.000 tonnes/an.

L'opération de réhabilitation consiste à :

- Installation d'une unité d'isomérisation et d'un reforming à régénération continue CCR pour produire des essences sans plomb à haute indice d'octane.
- Modernisation de l'instrumentation, et notamment le passage de l'instrumentation actuelle (de type pneumatique) à un système de contrôle basé sur le DCS et évolutif vers le contrôle avancé et l'optimisation de la marche des installations.
- Modernisation des équipements électriques de distribution utilisant la technologie numérique à base de microprocesseur et informatisation du système de supervision du réseau électrique pour la simplicité d'exploitation utilisant.
- Suppression de l'utilisation du plomb dans la production des essences et adaptation des installations pour permettre la production des carburants aux normes Européennes 2009.
- Modernisation et la réhabilitation avec extension des facilités de production et de distribution des utilités (vapeur, air service, air instrument, azote, eau de refroidissement, eau de chaudière, gaz naturel, électricité).
- Réaménagement et extension des facilités de réception, de stockage, et de distribution des produits raffinés.
- Réhabilitation et modernisation des unités de traitements des effluents, ce programme permettra également pour la raffinerie d'Alger : la valorisation du Fuel-oil pour augmenter la production des carburants par l'installation d'une unité de RFCC.

TRAITEMENT DES EAUX DE REJET DE LA RAFFINERIE DE SIDI REZZINE EN VUE DE LEUR REUTILISATION DANS LE REFROIDISSEMENT DES TOURS

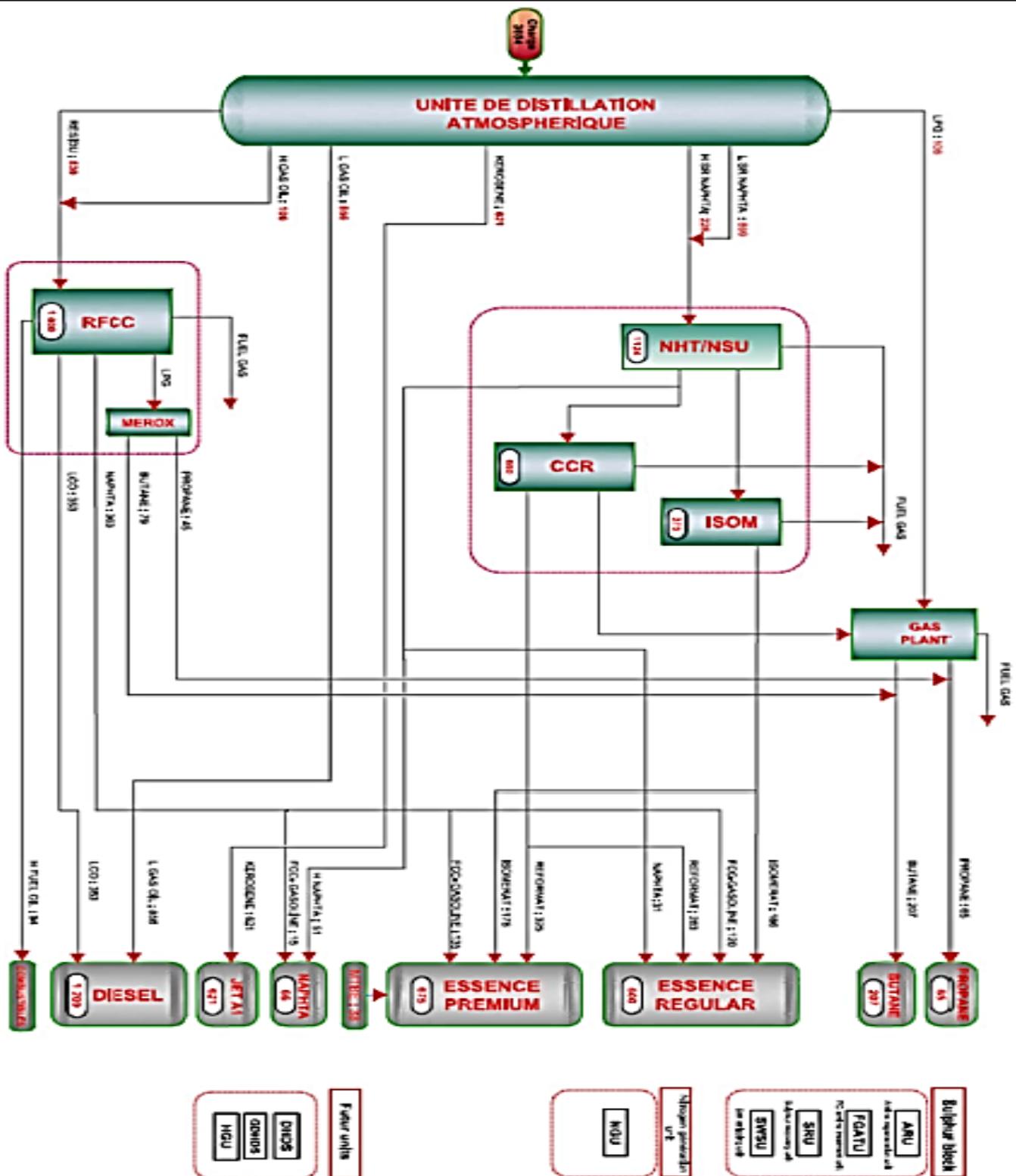


Figure I.2 : Organigramme montrant la configuration future de la raffinerie

I.5 Traitement du pétrole

Le pétrole joue un rôle important dans notre vie quotidienne, c'est un produit stratégique utilisé dans un grand nombre de secteurs, car il représente une grande source d'énergie.

Aujourd'hui le pétrole a permis de remplacer plus ou moins avantageusement d'anciennes solutions, par exemple dans le cas du chauffage domestique avec le fioul où il a parfois remplacé le charbon. Ensuite en ce qui concerne la mobilité, plus que tout, le pétrole est lié à l'aventure de l'automobile. Il s'est imposé au fil du temps comme le carburant privilégié. N'oublions pas non plus les transports aériens avec le kérosène.

Dans l'industrie, avec les matières plastiques, le pétrole a ouvert de nouvelles voies, dont le développement n'aurait jamais pu se faire aussi vite sans cet élément indispensable à leur production.

Enfin l'agriculture moderne, issue de la « révolution verte », est très dépendante du pétrole et du gaz naturel ; non seulement les camions, les tracteurs et les moissonneuses consomment des carburants à base de pétrole <diesel>, mais les engrais qui nourrissent les cultures et les pesticides qui les protègent sont issus de la chimie du pétrole et gaz naturel. Les utilisations du pétrole sont donc très nombreuses.



Figure I.3 : Photo numérique montrant de l'industrie pétrolière SONATRACH.

I.5.1 Prétraitement et distillation atmosphérique du pétrole brut, topping (Unité100)

Le pétrole une fois arrivé à la raffinerie est stocké dans des bacs très grands. En général, on stocke le pétrole à basse teneur en soufre (BTS) séparé de celui à haute teneur en soufre (HTS). Il en est de même dans le traitement.

La distillation a pour but de fractionner le brut en produits finis : Kérosène ; gas-oil moteur ; fuel et GPL (Butane et Propane) qui seront directement stockés avant d'être commercialisés, ainsi qu'en produits intermédiaires : solvants léger et lourds qui serviront de charge pour l'unité de reforming catalytique.

Le pétrole brut est reçu à la pression atmosphérique et à 27 °C au niveau de l'aspiration des pompes de charge de brut où il est pompé vers le dessaleur sous contrôle de la pression, cela permet de maintenir le pétrole brut avec l'eau libre en phase liquide à la température d'exploitation [2].

Le train de préchauffage du brut désigne la section avant le dessaleur. Il se compose d'échangeurs de tête brut/colonne de pré vaporisation et d'échangeurs brut/RC haut. Le flux de brut est préchauffé jusqu'à une température de 100-105 °C par les vapeurs de tête de pré vaporisation et le RC haut respectivement.

Le brut préchauffé est envoyé au dessaleur afin d'enlever des sels et de l'eau. Le but de l'échangeur de chaleur initial est de chauffer le flux de brut (afin de diminuer sa viscosité) jusqu'à la température d'entrée du dessaleur souhaitée de 101°C environ [2].

I.5.2. Dessaleur

I.5.2.1 Objectif et principe

Le pétrole brut et les résidus lourds peuvent contenir différentes quantités de composés organiques comme des sels solubles dans l'eau, du sable, de la rouille et d'autres extraits secs, l'ensemble est caractérisé comme des dépôts de fond.

Le sel dans le brut se présente principalement sous forme de cristaux de sels dissous en suspension ou dissous dans l'émulsion d'eau avec le brut. Ces impuretés (Na, Mg, C...), en particulier les sels, peuvent entraîner un encrassement et la corrosion des échangeurs de

chaleur (préchauffages de brut) et en particulier du système de distillat de tête de l'unité de distillation de brut.

Les sels sont préjudiciables à l'activité de plusieurs catalyseurs utilisés dans les procédés de conversion en aval et les sels de sodium stimulent la formation de coke (par exemple dans les fours).

Certaines impuretés inorganiques sont liées chimiquement, comme le vanadium et le nickel, il y est souvent fait référence comme sels soluble dans l'huile. Ceux-ci ne peuvent pas être éliminés dans un dessaleur.

De plus, l'eau devrait de préférence être retirée si la teneur en eau du brut est relativement élevée. Le dessalage du pétrole brut est donc généralement appliqué avant la séparation en fractions [3].

Le principe du dessalage est de nettoyer le pétrole brut ou les résidus lourds avec de l'eau à température élevée et sous haute pression pour dissoudre, séparer et retirer les sels et les solides.

Le dessalage comporte 3 phases :

- Lavage du brut
- Grossissement des gouttelettes d'eau par électrocoalescence
- Séparation eau-brut par décantation [4]

I.5.2.2 Processus de dessalage

Le principe de l'opération de dessalage nécessite de mélanger l'eau de lavage préchauffée et le brut préchauffé dans un robinet mélangeur (permettant d'émulsionner de manière homogène le mélange huile/eau) et d'extraire les impuretés.

Le degré d'émulsion est ajusté et contrôlé au moyen d'un contrôle de la pression différentiel.

Le mélange eau/brut est ensuite décomposé par coalescence dans un champ électrique haute tension, puis séparé dans le dessaleur.

Une pression suffisante est maintenue au niveau du dessaleur pour s'assurer que le pétrole brut reste en phase liquide et qu'aucune vaporisation n'a lieu.

Pour cela, une vanne de contrôle de la pression est placée au niveau du refoulement de la pompe de charge de brut.

Le dessaleur est doté de réseaux électriques et d'électrodes créant un champ électrique à l'intérieur de la cuve.

Ce champ électrique provoque la coalescence des gouttelettes d'eau afin de créer des gouttelettes plus grandes, le pétrole brut dessalé flotte sur le haut de la cuve, tandis que l'eau salée décante vers le fond.

Le rendement de la séparation dépend du pH, de la densité et de la viscosité du pétrole brut, ainsi que du volume d'eau de nettoyage utilisé par volume de brut.

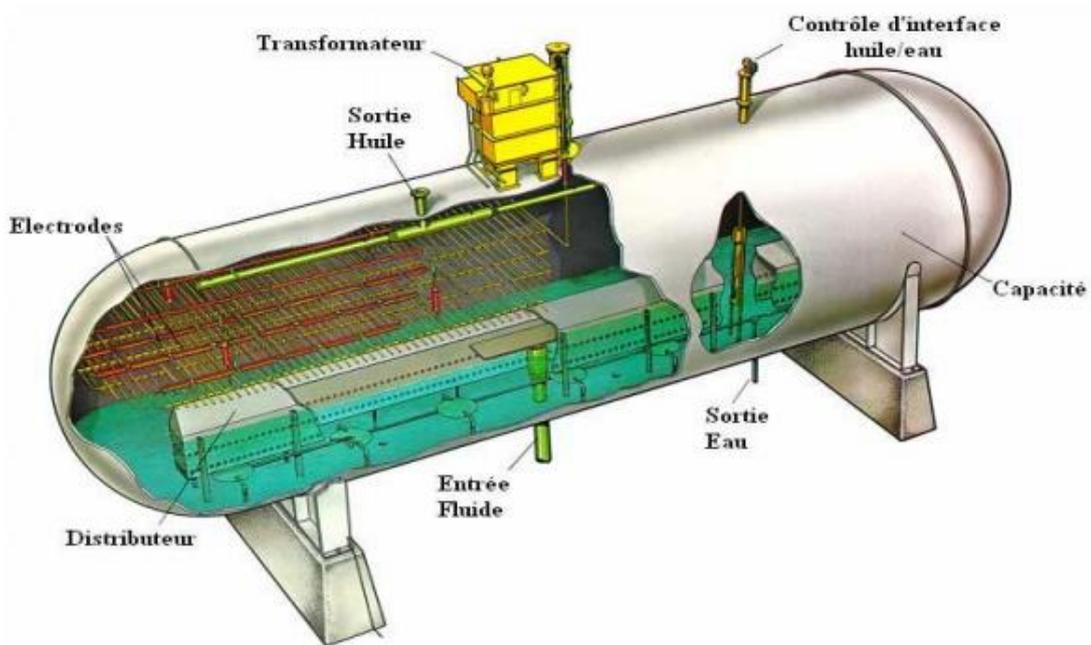


Figure I.4 : Schéma d'un dessaleur

Ensuite la colonne de distillation sépare les différents composés en plusieurs coupes selon la base des différences de température d'ébullition, ces derniers subissent à leurs tours des traitements secondaires.

La distillation du pétrole brut est réalisée en deux étapes complémentaires.

- Une première distillation, dite atmosphérique (réalisée à pression atmosphérique),

- Séparer des gaz, les essences et le naphta (coupes légères), le kérosène et le gazole (coupes moyennes) et les coupes lourdes.

a) Principe de distillation

On chauffe le pétrole dans une colonne fermée qu'on appelle la colonne de distillation atmosphérique et grâce à la différence de température d'ébullition des composants en présence et avec la vaporisation des fractions plus ou moins légères, on recueille à différents niveaux de la colonne des fractions de produits légers, intermédiaires, moyens et lourds.

La distillation atmosphérique se fait dans une colonne munie d'un certain nombre de plateaux perforés et munis de clapets, en général de 30 à 50 plateaux, conduisant à une distillation fractionnée [5].

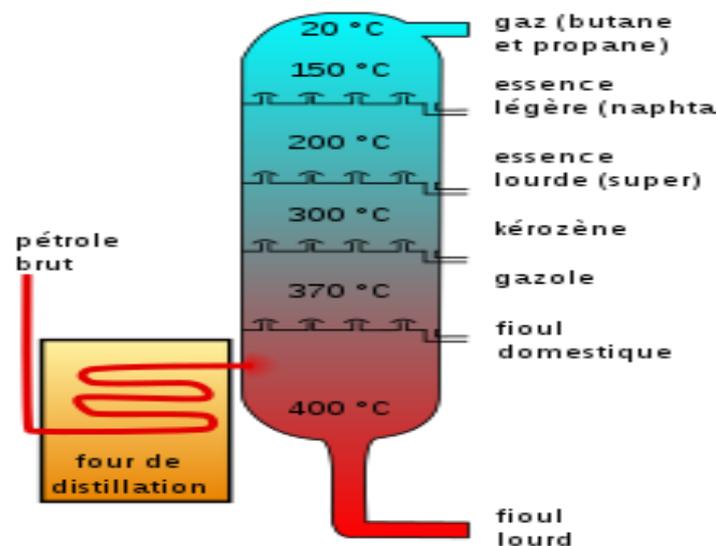


Figure I.5 : Schéma de séparation des composants principaux par distillation.

Tableau I.1 : Liste des produits et leurs destinations [15]

Produits	Destinations
GPL	Charge pour l'unité Gas-plant
Essence SR	Base pour les essences Base pour les naphtas export
Solvant léger (97 – 108 °C)	Utilisé comme charge du reforming en mélange avec le solvant lourd Base naphta export
Solvant lourd (168 – 178 °C)	Utilise comme charge de l'unité de reforming en mélange avec le solvant léger Base pour naphta export
Kérosène (228 – 238 °C)	Jet-A1 pour aviation
Gas-oil Léger (278 – 289 °C)	Carburant diesel
Distillat (330 – 340 °C)	Utilise comme combustible pour chaudières et en mélange avec du résidu pour la fabrication du fuel-oil BTS

I.5.3 Reformage catalytique (unité 200)

La charge (solvant) venant de l'unité 100 (distillation atmosphérique) subit un reformage catalytique qui consiste à améliorer l'indice d'octane du mélange solvant léger-solvant lourd par les réactions catalytiques soit la transformation des alcanes et des

cycloalcanes en isoalcanes et en aromatiques appelé le "plat-format" destiné à la fabrication des essences [15].

- Les principales réactions mise en jeux :
 - La déshydrogénation des cyclanes en composés aromatiques
 - La déshydrocyclisation des n-paraffines et des cyclanes
 - L'isomérisation des paraffines et des cyclanes
 - L'hydrocraquage [6].

- ◆ Activation catalytique des réactions :

L'activation des réactions est réalisée par des catalyseurs susceptibles de favoriser aussi bien l'isomérisation et la cyclisation que la déshydrogénation

Deux types de catalyseurs peuvent être alors envisagés :

- 1) Les uns contiennent des oxydes ou sulfures de Cr, Mo, Ni, W
- 2) Les autres renferment des métaux nobles : le plus souvent, il s'agit de platine seul ou associé à d'autres constituants métalliques [6].

I.5.3.1 Principe du procédé de reformage catalytique

Les charges d'alimentation des procédés de reformage catalytique sont généralement hydrotraitées pour retirer en particulier le soufre, l'azote et les impuretés métalliques. Plusieurs procédés de reformages catalytiques sont utilisés de nos jours. En général, ils peuvent être classifiés en trois catégories : continus, cycliques ou semi-régénératifs, selon la fréquence de régénération du catalyseur.

Le procédé consiste donc à produire des aromatiques ayant de 6 à 10 atomes de carbone avec un maximum n'en ayant que 7, 8 ou 9. Pour cela, on part de charges contenant des paraffines ou des naphènes ayant un nombre équivalent d'atomes d carbone [7].

I.5.4. Traitement et séparation des gaz (unité 300)

Cette unité permet la séparation et le traitement des gaz venant des deux unités précédentes, pour produire le propane et le butane commerciaux liquéfiés [15].

La première séparation est réalisée par une colonne de stabilisation débutaniseur et fractionne la coupe gaz + essences en gaz d'une part (c et plus volatils) obtenus en tête, et en essence stabilisées d'autre part soutirée en fond.

Le déméthaniseur permet de séparer sous forme gazeuse la coupe gaz combustible (C1 et C2).

Le mélange propane-butane récupéré en fond est séparé dans le dépropaniseur permettant d'obtenir en tête une coupe propane et en fond une coupe butane.

L'essence stabilisée obtenue en fond du débutaniseur est dirigée vers la colonne de fractionnement des essences (splitter d'essence) qui permet d'obtenir une essence légère et une essence lourde.

I.5.4.1. Craquage catalytique (unité 530 RFCC)

L'objectif de l'unité de craquage catalytique de fluide résiduel (RFCC) est de transformer les fractions de pétrole brut lourd RCO + HGO issues de l'unité ADU (unité 100) en hydrocarbures plus légers et de meilleure valeur à haute température et à pression moyenne en présence d'un catalyseur acide à base de silice et d'alumine finement divisées [8].

a) Catalyseurs et caractéristiques

Les caractéristiques principales d'un catalyseur, outre ses propriétés mécaniques et physiques, sont les suivantes :

- **L'activité**

C'est-à-dire la capacité du catalyseur à augmenter la vitesse des réactions en jeu. Elle se mesure par la température à laquelle il faut utiliser le catalyseur pour produire un produit conforme au cahier des charges, pour une charge donnée et à toutes conditions de fonctionnement égales.

- **La sélectivité**

Exprime la capacité du catalyseur à favoriser les réactions souhaitables plutôt que d'autres.

• **La stabilité**

Caractérise les variations dans le temps des performances du catalyseur (c'est-à-dire de son activité et de sa sélectivité) lorsque les conditions de fonctionnement et la charge sont stables. C'est essentiellement le dépôt de polymères ou de coke qui nuit à la stabilité, en diminuant la zone de contact avec le métal. Les traces de métal présent dans la charge ont également un effet négatif sur la stabilité.

b) Types de catalyseurs

- ◆ Le catalyseur frais
- ◆ Le catalyseur équilibré

c) Régénération des catalyseurs

Le catalyseur usé séparé s'écoule par fluidisation de vapeur depuis le réacteur vers la cuve de régénération où le coke du catalyseur est brûlé pour rétablir son activité [6].

Les réactions qui se produisent dans le réacteur sont nombreuses et complexes. On peut en distinguer principalement deux groupes :

1. Les réactions thermiques (craquage thermique)
2. Les réactions catalytiques (craquage catalytique)

Le craquage catalytique est beaucoup plus rapide et sélectif que le craquage thermique ; il permet de réduire considérablement les réactions secondaires [6].

I.5.5. Hydrotraitement (unité 500)

L'objet de l'unité d'hydrotraitement du naphta (Unité-500) est de produire des charges d'alimentation hydrotraitées propres pour alimenter l'unité d'isomérisation et l'unité de reforming catalytique.

Ces charges d'alimentation doivent être suffisamment basses en contaminants tels que le soufre, l'azote, l'eau, les halogènes, les dioléfines, les oléfines, l'arsenic, le mercure et d'autres métaux afin de ne pas affecter les unités en aval.

Ce procédé comprend les trois opérations suivantes :

1. Traitement du naphta dans un réacteur adiabatique sur un lit fixe de catalyseur bimétallique dans un environnement d'hydrogène. Une température modérément

élevée dans la gamme de 290-310°C est nécessaire pour accélérer les réactions chimiques (section de réaction).

2. Stripping du produit hydrotraité brut pour éliminer des fractions légères, des produits gazeux y compris l'H₂S et de l'eau (section de stripper).
3. Séparation entre le naphta léger et le naphta lourd (**section de splitter**) [16].

I.5.5.1 Réactions chimiques

Le prétraitement catalytique accomplit plusieurs réactions afin de préparer le changement du naphta pour les unités en aval. L'objectif principal est d'éliminer le soufre, mais les réactions de dénitrification, de désoxygénation et de saturation des oléfines se produisent Simultanément avec l'hydro traitement.

Il y a principalement deux réactions fondamentales qui se produisent :

- Hydoraffinage (soit, hydrotraitement, dénitrification, désoxygénation).
- Hydrogénation [16].

1. Réactions d'hydorraffinage

Il s'agit du remplacement de la molécule contaminant avec l'hydrogène.

- a) Hydrotraitement
- b) Dénitrification (ou dénitrogénéation)
- c) Désoxygénation

2. Réactions d'hydrogénation

L'hydrogénation ou la saturation d'oléfine est l'addition d'hydrogène à un hydrocarbure non-saturé afin de fabriquer un produit saturé. Des hydrocarbures oléfiniques ne sont pas normalement présents dans les naphthas directs, mais ils peuvent se trouver en concentrations élevées dans les naphthas craqués. La réaction de saturation d'oléfine est hautement exothermique et continue relativement facilement et rapidement (dans la partie supérieure du lit de catalyseur). Les mono-oléfines à chaîne droite sont faciles à hydrogéner, tandis que les dioléfines cycliques ramifiées, comme méthylcyclopentadiène, sont un peu plus difficiles. Les anneaux aromatiques ne sont pas hydrogénés sauf dans les conditions d'hydrotraitement les plus sévères, lorsque l'hydrogénation mineure peut se produire [16].

I.6 Isomérisation (unité 510)

L'isomérisation consiste à transformer des hydrocarbures paraffiniques à chaîne droite possédant de bas indices d'octane en hydrocarbure de la même famille à chaîne ramifiée dont les indices d'octane sont nettement plus élevés.

- **Catalyseur d'isomérisation**

Ils doivent être intrinsèquement très acides pour promouvoir la formation et l'isomérisation d'un carbocation. On peut utiliser des catalyseurs très acides ou des catalyseurs zéolitiques [7].

TRAITEMENT DES EAUX DE REJET DE LA RAFFINERIE DE SIDI REZZINE EN VUE DE LEUR REUTILISATION DANS LE REFROIDISSEMENT DES TOURS

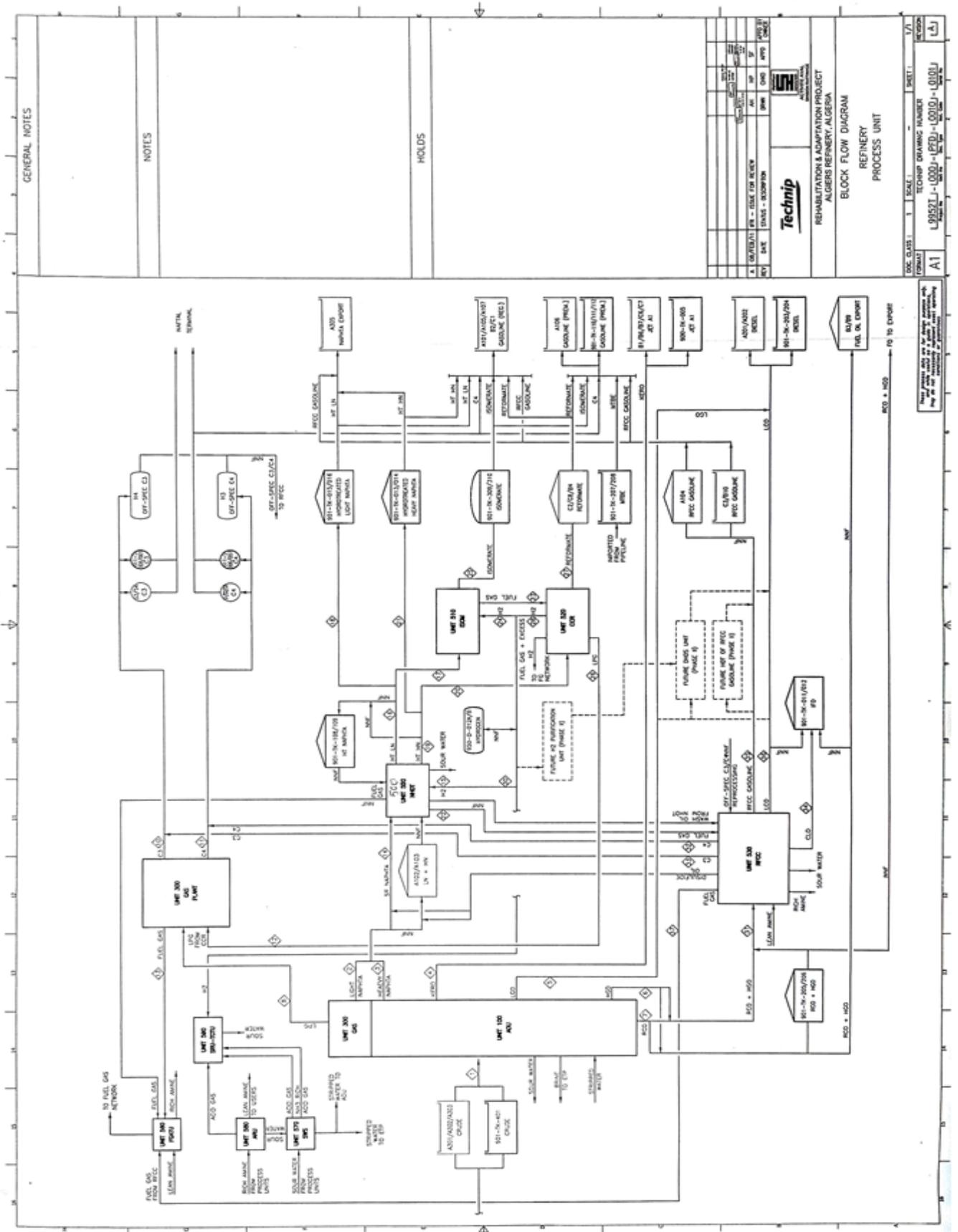


Figure I.6 : Schéma complet de traitement du pétrole brut.

I.7 Traitement des eaux usées issus des exploitations de la raffinerie

L'eau est un élément important dans le fonctionnement d'une raffinerie. En effet elle est utilisée pour le refroidissement dans certains procédés et pour la production de vapeur, source d'énergie des opérations de raffinerie.

L'eau doit donc être épurée tant pour le recyclage que pour les rejets.

I.7.1 Pollution des eaux

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

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

I.7.2 Définition des eaux résiduaires industrielles

Les eaux résiduaires industrielles sont des effluents liquides, obtenus après la consommation d'une eau traitée dans de nombreuses opérations unitaires par exemple : précipitation, lavage, distillation, filtration et le refroidissement de gaz, des liquides ou des solides (édition Degrémont, 1989)

Lors de ces opérations, les eaux se chargent de masses étrangères organiques et minérales, leurs caractéristiques et leurs quantités jouent un rôle important dans le choix adéquat de leur élimination de ces eaux.

Ces substances peuvent être à l'état solide, non dissous, à l'état liquide ou bien encore sous formes colloïdales. Elles peuvent toutefois encore subir aussi des modifications purement chimiques ou physico-chimiques.

1.7.3 Unité de traitement des effluents (unité 850)

L'objectif de cette unité 850 au sein de la raffinerie d'Alger est le traitement de toutes les eaux usées collectées et traitées dans la nouvelle station de traitement des effluents (ETP) [9].

Les principaux effluents en provenance de la raffinerie :

➤ Effluents potentiellement pollués par des hydrocarbures

L'égout d'eau mélangée à des hydrocarbures (HY) collectée par gravité dans la raffinerie. Il s'agit des eaux de ruissellement en provenance des aires de procédés en dur, des zones protégées, des surfaces délimitées par des bordures, des aires de chargement et de déchargement des camions et des pétroliers quand il y a un risque de pollution par des hydrocarbures.

Tous ces effluents sont collectés par des égouts gravitaires dans deux puisards de récupération.

➤ Effluents continuellement pollués par des hydrocarbures

Principales sources :

- Eau acide strippée
- Saumure de dessaleur (en provenance de l'unité de distillation de brut)
- Eau de purge des cuves de pétrole brut
- Effluents divers des procédés et purges des réservoirs
- Eau de purge des cuves de produits de récupération
- Caustiques usées

➤ Effluents sans pollution d'hydrocarbure

Principales sources :

- Purge du circuit d'eau de refroidissement
- Effluents neutralisés en provenance de l'unité de déminéralisation
- Purges des chaudières
- Égout gravitaire des eaux non polluées (WY)

Les effluents suivants sont acheminés à la station de traitement des effluents, mais n'ont pas besoin d'être traités avant d'être rejetés.

Ils sont donc envoyés directement au bassin d'observation [9]

I.7.4 Traitement des eaux usées

I.7.4.1 Prétraitement par décantation

Le principe de fonctionnement des bassins de décantation réside dans la différence de masse volumique des matières huileuses et de l'eau.

Elle s'effectue selon un processus dynamique, en assurant la séparation des deux phases solide-liquide de façon continue.

Les particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement.

L'eau récoltée en surface est dite clarifiée et dirigée vers un autre stade d'épuration [10].



Figure I.7 : Photo numérique qui représente un bassin de décantation

Divers types de matières décantables sont à distinguer :

- **Les particules grenues**

Elles se décantent indépendamment les unes des autres et chaque particule à sa propre vitesse de chute constante

- **Les particules plus ou moins floculées**

Elles ont des tailles et donc des vitesses de décantation variables. Lorsque leur concentration est faible, la vitesse de chute augmente au fur et à mesure que les dimensions du floc s'accroissent par suite de rencontres avec d'autres particules, c'est la décantation diffuse.

Pour des concentrations plus élevées, l'abondance des floccs et leurs interactions créent une décantation d'ensemble, le plus souvent caractérisée par une interface nettement marquée entre la masse boueuse et le liquide surnageant : c'est la décantation en piston, dont la vitesse est optimale dans une certaine zone de concentration, au-dessus de laquelle on parle de décantation freinée [11].

I.7.4.2 Traitement physicochimique

Coagulation- floculation

L'opération de coagulation-floculation a pour but la croissance des particules colloïdales grâce à leur déstabilisation puis formation de floccs par absorption et agrégation, le schéma qui illustre ce phénomène est présenté sur la

La **Figure 10** illustre bien ce phénomène. Les floccs ainsi formés seront décantés et filtrés par la suite [12]

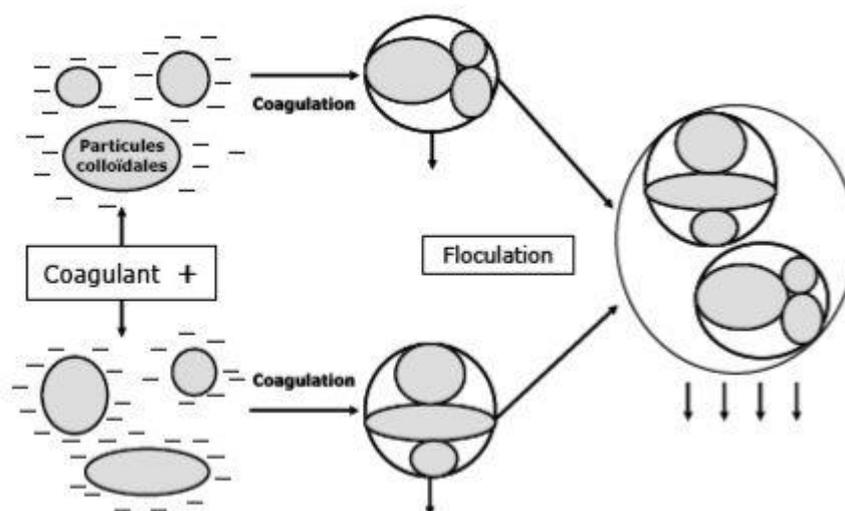


Figure I.8 : Schéma représentant l'opération par coagulation-floculation

1. Coagulation

La théorie de la coagulation fait intervenir le phénomène de neutralisation électrique des impuretés chargées négativement par les ions formés à partir de sels métalliques solubles, lorsque le pH du milieu aqueux est suffisamment basique.

Pour obtenir une bonne coagulation, il est nécessaire 'effectuer une série de tests sur l'eau à traiter pour déterminer :

- ✓ La valeur optimale du pH
- ✓ Le coagulant le mieux adapté
- ✓ La quantité optimale de coagulant
- ✓ Le temps optimal de coagulation
- ✓ Le temps de séparation des particules coagulées

Les particules polluantes agglomérées sous forme de boue s'accumulent au fond du clarificateur d'où elles seront prélevées mécaniquement, déshydratées et soit incinérées soit envoyées à la décharge de la raffinerie [10].

2. Flocculation

La flocculation est le processus de grossissement et d'uniformisation des petits flocons formés lors de l'introduction du coagulant.

Elle a pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules colloïdales déstabilisées et leur agglomération, pour accroître leur volume, leur masse et leur cohésion.

Une bonne flocculation est favorisée par [12] :

- Une parfaite coagulation préalable
- Une augmentation de la quantité du floc dans l'eau
- Un brassage homogène et lent pour tout le volume d'eau
- L'emploi de certains flocculats ou adjuvants de coagulation.

I.7.4.3 Flottation (Unité DAF)

Les systèmes FAD sont conçus pour éliminer les matières en suspension totale (METS), la demande biochimique en oxygène (DBO) et les huiles et graisses (HG) du flux des eaux usées.

L'eau acheminée vers l'unité de flottation par air dissous (DAF) Subit des étapes de mélange rapide (coagulation)/floculation par l'emploi du chlorure ferrique.

La floculation est réalisée avec un produit polyélectrolyte qui est préparé sur le site en utilisant de l'eau de service dans les dilutions.

La saturation est réalisée avec de l'air pris dans le réseau d'air comprimé [9].

➤ Principe

C'est un procédé de séparation liquide-solide basé sur la formation d'un ensemble appelé attelage, formé des particules à éliminer, plus légères que l'eau.

Cette technique convient principalement pour éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 400 μm .

Les solides sont transportés à la surface, fixés à des bulles puis écumés. Cette méthode permet d'éliminer les plus petites particules grâce à la sédimentation.

Par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des agrégats dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient, ces agrégats sont recueillis, sous forme d'écumes (boues flottées) à la surface supérieure de l'appareil.

La flottation est dite naturelle si la différence de masse volumique entre les agrégats et l'eau est naturellement suffisante pour une séparation.

La flottation est dite assistée si elle met en œuvre des moyens extérieurs (du gaz, air, azote, gaz naturel éventuellement avec réactifs) pour améliorer la séparation de particules naturellement flottables (mais avec une vitesse de séparation insuffisante).

La flottation est dite provoquée lorsque la masse volumique de la particule, à l'origine supérieure à celle du liquide, est artificiellement réduite pour provoquer sa flottation. Elle tire alors parti de l'aptitude qu'ont certaines particules solides (ou liquides) à s'unir à des

bulles de gaz (de l'air ou l'azote en général) pour former des « attelages » [particule-gaz] moins denses que le liquide dont elles constituent la phase dispersée.

Le phénomène mis en œuvre est donc de nature triphasique (gaz-liquide-solide) et va dépendre des caractéristiques physico-chimiques des trois phases, en particulier de l'affinité de leurs interfaces (plus ou moins grande hydrophobie) [11].

I.7.4.4 Traitement biologique

L'effluent déshuilé des réservoirs de DCI et d'eau de pluie qui est pompé vers le réservoir d'égalisation et qui a traversé les unités DAF passe par le séparateur de flux vers le traitement biologique. Celui-ci qui est basé sur le procédé classique de boues activées à faible charge conçu pour l'élimination de la COD et la BOD. Dans de telles conditions, presque tout l'azote présent dans les eaux usées sera utilisé pour la croissance bactérienne permettant une décharge spécifique sans nécessiter de traitement supplémentaire telle que la nitrification/dénitrification [9].

I.7.4.5 Filtrage du sable

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire.

La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation des filtres et du type de matériau utilisé. L'espace inter granulaire définit la capacité de rétention du filtre.

Au fur et à mesure du passage de l'eau, cet espace se réduit, le filtre se colmate et les pertes de charge augmentent fortement. Dans ces conditions, Il faut alors déclencher le rétro lavage [12].

I.8. Tours de refroidissement (unités 710 et 711)

Les tours d'eau de refroidissement sont conçues pour assurer un débit de recirculation de 9000 m³/h, avec trois cellules en service et une en réserve. Il s'agit d'un écoulement à contrecourant/ transversal prévu pour abaisser la température de l'eau de 43 à 28 °C.

Le bassin de chaque cellule peut être isolé pour effectuer la maintenance. Alors que le débit de l'appoint en eau de refroidissement (provenant de l'unité d'eau brute) prévu est de

300 m³/h, pour tenir compte des pertes par évaporation, des pertes par dérive et de la purge [13].

L'unité d'eau de refroidissement 711 fournit de l'eau de refroidissement aux utilisateurs au sein de la raffinerie et est alimentée par l'unité d'eau brute 701.

Les utilisateurs de l'unité 711 sont les suivants :

- ❖ Le MS-Block
- ❖ Le RFCC Block
- ❖ Le S-Block
- ❖ Le nouveau parc de stockage (unité 901),
- ❖ Les nouvelles installations de fluides (unités 751, 781, 810, 830, 840).
- ❖ L'unité de distillation atmosphérique (U100), l'usine de gaz (U300) et l'installation de fluides (U750) sont toujours refroidies par l'unité d'eau de refroidissement 710.

Les deux unités d'eau de refroidissement 710 (ancienne) et 711 (nouvelle) sont totalement indépendantes [14].

I.9. Charbon actif

Les charbons actifs sont disponibles sous trois formes : poudre (CAP), grains (CAG) et fibres (CAF).

I.9.1 Charbon actif poudre (CAP)

Charbon actif poudre ou le charbon actif pulvérisé est constitué de fines particules de charbon actif, dont la taille ne dépasse généralement pas 0,075 mm, et est obtenu en broyant ou en pulvérisant du charbon actif.

➤ Avantages

Les charbons actifs en poudre sont environ 2 à 3 fois moins chers que les charbons en grains.

Leur dosage en quantité réglable peut suivre la concentration des polluants si celle-ci est connue. Le charbon actif favorise la décantation en alourdissant le floc [11].

Leur emploi ne nécessite qu'un investissement réduit quand le traitement ne comporte qu'une étape de floculation-décantation (il suffit de prévoir un simple poste de dosage) et charbon actif en poudre.

Comme leurs grandes surfaces sont facilement accessibles, leur cinétique d'adsorption est rapide.

- **Inconvénients du charbon actif en poudre**
- Régénération difficile lorsqu'il est récupéré en mélange avec des boues .
- Elimination difficile des dernières traces d'impuretés sans addition d'un excès de charbon actif.
- Moyens de détection des pointes de pollution pour pouvoir utiliser le traitement par adsorption sur charbon actif.
- Utilisation à l'occasion de dosages discontinus ou de faibles importances (inférieure a 10 a 25 $g.m^{-3}$ suivant les cas), sinon l'économie pousse a utiliser des charbon en grains régénérables [11]

I.9.2 Charbon actif en grain CAG

Le charbon en grains sont utilisés sous forme de lits filtrants traversés par l'eau à traiter, dont les impuretés se trouvent ainsi soumises à une extraction méthodique. En effet, l'eau débarrassée progressivement de ses polluants rencontrant des fractions de charbon actif de moins en moins saturées et donc de plus en plus actives [11].

➤ **Principales applications :**

Les charbons actifs sont employés divers domaines :

- **En traitement d'affinage des eaux potables ou des eaux industrielles de haute pureté**

Le CA fixe alors les composés organiques dissous qui ont échappé à la dégradation biologique naturelle (autoépuration des cours d'eau), puis aux traitements physico-chimiques à l'amont. Initialement, ils ont été utilisés pour améliorer les qualités organoleptiques de l'eau en éliminant les matières organiques responsables de goûts, d'odeurs et de couleur.

Avec l'intensification de la pollution, leur emploi s'est étendu à l'élimination de nombreux polluants et micropolluants tels que les phénols, les hydrocarbures, les pesticides, les détergents et même certains métaux lourds qui ne sont pas totalement éliminés par la clarification. Ils participent également à l'élimination des précurseurs de **THM** et des sous-produits de désinfection.

- **Traitement d'eaux résiduaires industrielles**

Le CA est utilisé lorsque l'effluent n'est pas biodégradable ou lorsqu'il contient des éléments toxiques organiques interdisant l'emploi de techniques biologiques. Dans ce cas l'emploi de CA peut permettre de retenir sélectivement les éléments toxiques et, par la suite, de retrouver un effluent normalement biodégradable ;

- **Traitement tertiaire des eaux résiduaires ou industrielles**

Le CA fixe les composés organiques dissous, réfractaires au traitement biologique situé en amont, et permet ainsi d'éliminer une plus ou moins grande proportion de la **DCO** résiduelle (DCO « dure »)

- Pour réduire les oxydants [11]

I.9.3 Régénération du charbon actif

Le CA (de même que les adsorbants artificiels) est un produit coûteux, il serait, la plupart du temps, prohibitif de le remplacer après saturation qu'il faut donc procéder à sa régénération. A cet effet, plusieurs méthodes ont été développées.

A. Régénération à la vapeur

Cette méthode est réservée à la régénération des charbons actifs qui ont simplement adsorbés des produits très volatils. Cependant, le traitement à la vapeur peut être utile pour déboucher la surface des grains de charbons et les désinfecter.

B. Régénération thermique

Cette opération est réalisée par pyrolyse ou en brûlant les matières organiques absorbées par les charbons actifs. Pour éviter de les enflammer, les CA sont chauffés aux alentours de 800 °C au sein d'une atmosphère contrôlée. C'est la méthode de régénération la plus

largement utilisée et régénère parfaitement les charbons actifs. Cependant les CA restent confrontés à certains inconvénients en termes de coût avec l'achat de plusieurs fours et surtout de leur perte de de l'ordre de 7-10 %. C'est pourquoi, l'emploi des fours électriques réduisent considérablement ces pertes.

C. Régénération chimique

Le procédé consiste à utiliser un solvant à une température de 100 °C et avec un pH important. L'avantage de cette méthode réside dans la minimisation des pertes de charbons (environ 1%). Les polluants sont ensuite détruits par incinération [18].

D. Régénération biologique

Cette méthode de régénération n'a pas encore été appliquée à l'échelle industrielle.

Le biofilm bactérien fixé sur le CAG minéralise tout ou partie de la fraction biodégradable des matières organiques adsorbées ce qui peut être considéré comme une bio régénération continue mais partielle ; celle-ci ne dispense donc pas de la nécessité des régénérations thermiques, mais elle augmente la capacité utile d'adsorption vis-à-vis des molécules réfractaires et allonge la durée de vie du CAG entre deux régénérations thermiques [11].

Synthèses bibliographiques

En 2007 Asselin, Mélanie. [Mémoire, Québec, Université du Québec, institut national de la recherche scientifique, Maitrise en sciences de l'eau,] a utilisée l'électrocoagulation dans le traitement des eaux usées industrielle chargées en matière organique.

L'objectif de ce projet est d'évaluer l'efficacité du procédé d'électrocoagulation dans le traitement d'effluents issus de différentes industries ouvrant dans divers secteurs d'activités (agroalimentaire, abattoir, transport naval, site d'enfouissement, ct...) lesquels sont principalement chargés en matière organique.

Dans la même année Zahir Bakiri [mémoire de magister, université FERHAT ABBAS-SETIF (ALGERIE)] a proposé un traitement des eaux usées par des procédés biologiques classique avec une expérimentation et modélisation

L'étude présentée dans ce mémoire a pour objectif l'application de la mathématique au domaine de traitement de l'eau et s'articule autour de la modélisation et de l'estimation sous des contraintes d'incertitudes.

Un an après la station d'épuration des eaux usées ONA à l'université **Mohamed El Bachir El Ibrahimin a traité** les eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie.

L'objectif principale de ce travail est de faire évaluer la qualité de traitement physico-chimique et microbiologique de la station d'épuration des eaux-ONA de Bordj Bou Arreridj et cela en effectuant les analyses physico-chimiques et le dénombrement des indicateurs de contamination fécale des eaux usées de la station d'épuration en trois point de traitement, l'eau brute, au niveau de décanteur et l'eau de sortie. Les résultats obtenus après traitement montrent une diminution de la DBO5 et de la DCO et que ces valeurs sont dans les normes. Pour les germes fécaux, l'ensemble des résultats sont supérieurs aux normes ce qui explique une contamination microbienne intense.

Après cela en 2016 une étude physico-chimique et organique des eaux usées de la ville d'Ain Beida et leur impact sur l'irrigation a été mené au niveau de l'université Larbi Ben M'hidi– OUM EL BOUAGHI

La présente étude consiste à évaluer la qualité physico- chimiques et organique des eaux usées brut et traitées de la ville d'Ain Beida, ainsi que leur impact sur l'agriculture. Pour atteindre cet objectif, on a fait un suivi de l'évolution des polluants avant et après le processus de purification des eaux usées de la station d'épuration de la ville d'Ain Beida à travers les résultats de la station en deux ans.

Ensuite en 2017 [université Ahmen Draia – ADRAR] on a pu réaliser un traitement des eaux usées industrielles de la raffinerie de SBAA Adrar.

Cette étude d'évaluation est réalisée dans le but de diminuer le taux des éléments polluants retrouvés dans les eaux usées industrielles de la raffinerie de Sbaa. Pour atteindre nos objectifs, il est nécessaire de connaître la qualité et les ressources de ces éléments. Selon ces résultats, nous suggérons quelques recommandations précisées aux différentes étapes de traitement des eaux usées industrielle. Elles visent à ramener le taux de pollution à des valeurs inférieures à celle autorisée par la normalisation standard Différentes mesures des paramètres physiques et chimiques avant et après traitement montrent une bonne réponse conforme aux normes en question.

Récemment en 2019 au Burkina Faso on a fait un traitement des eaux usées industrielle et on a utilisé les procédés membranaires sous climat sahélien pour le traitement des eaux usées. Les résultats obtenus montrent que les caractéristiques des eaux usées industrielle utilisées varient significativement avec des niveaux moyens de demande chimique en oxygène (DCO) de 5 gO₂ / L, de sodium de 0,5 mg / L et de pH de 11. L'évolution des microorganismes dans le réacteur biologique est influencée par les conditions de fonctionnement, en particulier le pH, la température, la charge organique de la charge, le temps de rétention des boues et les performances mécaniques du système. Des efficacités d'élimination de la DCO comprises entre 93 et 96% ont été obtenues à la fois en aérobie et en anaérobie. L'élimination de la pollution organique a été influencée par l'acclimatation de la biomasse et par la charge massique dans le réacteur. Le sodium a été mal retenu par le traitement MBR avec de faibles taux de rétention.

Ensuite dans la même année en avril 2019 Z. BADANI [mémoire de doctorant. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene Bab-Ezzouar.] a proposé une application des bioréacteurs à membranes dans le traitement et le recyclage des eaux usées industrielle. Cette étude montre l'intérêt potentiel du bioréacteur à membrane et de la nanofiltration dans le traitement de rejet textile.

Ensuite cela une étude sur l'influence de la granulométrie du sable sur le traitement (filtration) des eaux usées industrielle dans la région Bouda ADRAR

Utilisation de sable de la région Bouda ADRAR comme un lit filtrant et la différence réside dans la taille des granules dont le but d'étudier l'influence de cette différence sur ce procédé. La démarche adoptée au cours de ce procédé est d'effectuer une analyse physicochimique d'eau usée industriel et de réaliser une étude expérimentale de filtration à l'échelle de laboratoire et de suivre l'évolution de ces dernières caractérisant l'eau à épurer avant et après filtration à l'aide du sable du désert Algérien. Cette étude était axée sur le suivi de nombreux paramètres avant et après filtration : le pH, la conductivité électrique, la turbidité, les Matières En Suspension (MES), la Demande Chimique en Oxygène (DCO), la Demande Biochimique en Oxygène à cinq jours, les ammoniums, les nitrites, les nitrates, les ortho-phosphates. Au laboratoire, cinq filtres de sable de différents granules ont été réalisés à savoir 500 μm , 400 μm , 250 μm , 200 μm et 125 μm . Après le processus de filtration, l'analyse a montré que la taille granulaire la plus faible a donné des taux de rendement d'épuration de 97%, 25% et 59% pour MES, DCO et DBO5 respectivement. En revanche, les résultats ont montré une fluctuation de la concentration de polluants azotés dans l'eau filtrée. Les résultats de cette recherche ont montré que le sable de petite taille est un bon candidat pour le traitement des eaux usées.



Chapitre II

Partie expérimentale

II. Partie expérimentale

Dans ce chapitre, nous nous sommes proposées d'effectuer une étude comparative entre les eaux de la raffinerie avant et après traitement. Dans ce contexte, les différents résultats d'analyse physico-chimique et/ou biologique obtenus relatifs aux paramètres jugés les plus importants ont été comparés avec les normes de rejets et celles autorisées pour le refroidissement des tours.

L'objectif primordial est de pouvoir proposer à la fin des solutions à cette grande problématique de pollution en éliminant totalement ou en réduisant cette charge polluante.

II.1 Matériel et méthodes

II.1.1 Situation géographique de la raffinerie

Comme le montre la Figure II.1, la raffinerie d'Alger se situe à 5 Km au sud d'EL Harrach et à 20 Km à l'Est d'Alger, occupant une superficie de 182 hectares. Cet emplacement a été choisi suite à une étude du sol et de la découverte d'une nappe d'eau importante pouvant alimenter les systèmes de refroidissement.



Figure II.1 : Photographie montrant la situation géographique de la raffinerie d'Alger SONATRACH

II.1.2 Qualité des eaux avant traitement

Comme le montre clairement la Figure II.2, les eaux collectées et stockées dans les puisards de récupération (notés CC016 et CC 001) subissent périodiquement d'analyses physico-chimiques (PC) et/ou biologique (B) afin de déterminer leurs compositions en polluants notamment en hydrocarbures (HC) et en matières en suspensions (MES).

Le Tableau 1 (Annexe I) donne les différents résultats d'analyses des eaux avant traitement.

L'examen de ces valeurs montre clairement la forte teneur en HC (1000000g/L) et en MES (1000 mg/L).

Ces valeurs trop sévères montrent que ces eaux polluées présentent un réel danger pour l'homme et l'environnement. Comme ils sont non conformes aux normes de rejets, elles subissent déjà sur site dans la station de traitement une série de traitement (PC et/ou B) afin de diminuer ou d'éliminer totalement ces polluants.



Figure II.2 : Photo numérique montrant la qualité des eaux avant traitement

II.1.3 Traitement par adsorption dynamique sur un lit de CAG

II.1.3 .1 Matériel utilisé

Le dispositif conçu relatif au traitement par adsorption des eaux usées sur CAG est présenté dans la Figure II.3. Le matériel correspondant utilisé est :

- Burette graduée 50cm de hauteur et d'environ 1cm de diamètre
- Pipette graduée
- Coton (comme support pour les grains de charbon)
- Charbon actif granulé (BIOCHEM, Chemopharma)
- Hauteur du lit de CAG de 20cm (environ 8g)
- Pompe péristaltique
- Tube à essais
- Bécher gradué

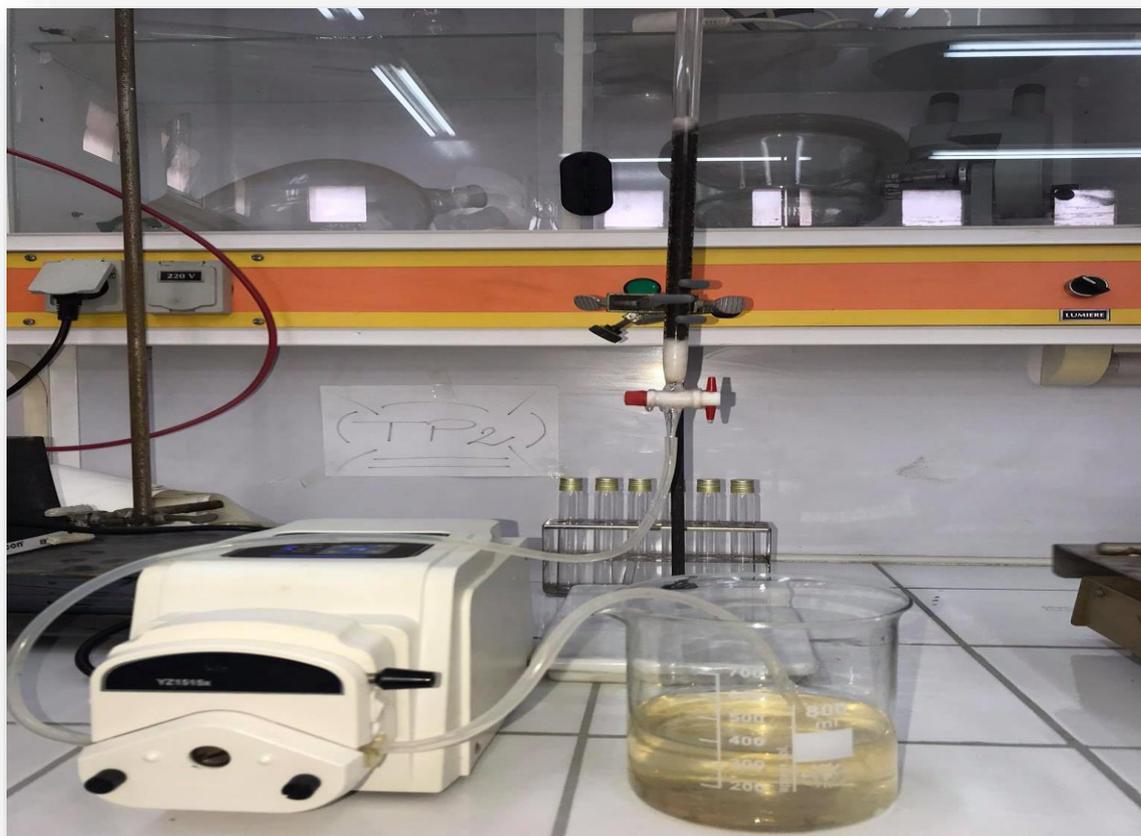


Figure II.3 : Photo numérique montrant le procédé de traitement utilisé des eaux usées sur charbon actif en grain.

La Figure ci-dessus II.3 montre le procédé ainsi que les conditions utilisées. Les tests consistent à effectuer les opérations suivantes :

En premier lieu nous avons préparé le lit filtrant (hauteur $h=20\text{cm}$, masse $m=8\text{g}$) entre deux couche coton dans une burette ($H=50\text{cm}$, diamètre interne= 1cm).

- Le mode d'écoulement consiste à véhiculer par ascension l'eau usée de la station selon un débit de $5\text{mL}/\text{min}$ par emploi d'une pompe péristaltique.
- Les prélèvements se font en prélevant, à différents temps de contact (CAG/eau usée), l'eau traitée à la sortie de la colonne.
- L'analyse physico-chimique des échantillons à différents de temps de prélèvement permet de suivre l'évolution de ce traitement (suivi cinétique) depuis l'instant initial (eau usée sans traitement) jusqu'à la saturation du lit.

II.2 Résultats et discussion

II.2.1 Etude comparative Eaux usées après traitement

Les Figures (II.1 à II.3) présentent respectivement les résultats relatifs à l'évolution des MES hydrocarbures et pH à différents temps de prélèvement de la chaîne de traitement utilisée dans la station de traitement de la raffinerie.

Les Tableaux II (Annexe II) III (Annexe III) donnent respectivement les normes de rejets des eaux usées ainsi que les données ETP des analyses après traitement.

a) Matières en suspension MES :

Les résultats correspondant à la concentration des MES de différents échantillons sont exploités sous forme de courbes dans la Figure III.4 suivantes :

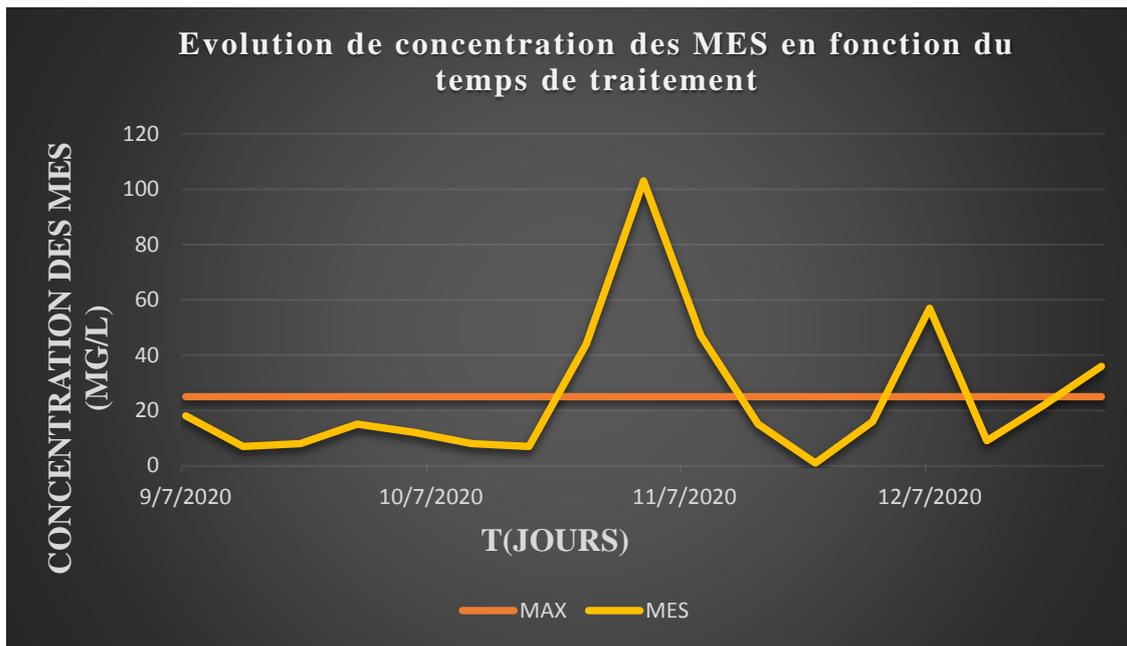


Figure II.4 : Evolution de concentration des MES en fonction du temps de traitement

b) Hydrocarbures :

La Figure II.5 ci-dessous présente les concentrations des HC comparés à ceux des normes de rejet.

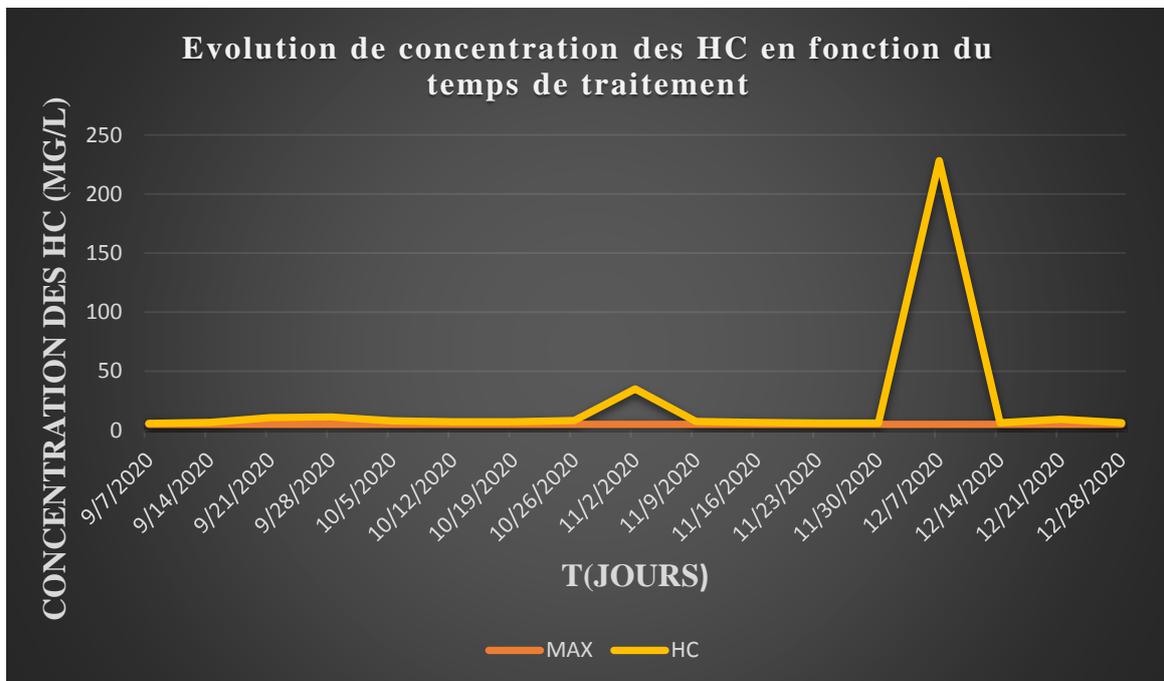


Figure II.5 : Evolution de la concentration des HC en fonction du temps de traitement

c) pH :

Les résultats correspondants à l'évolution du pH des différents échantillons en fonction de la durée du traitement sont exploités sous forme de courbes dans la Figure III.6 suivantes :

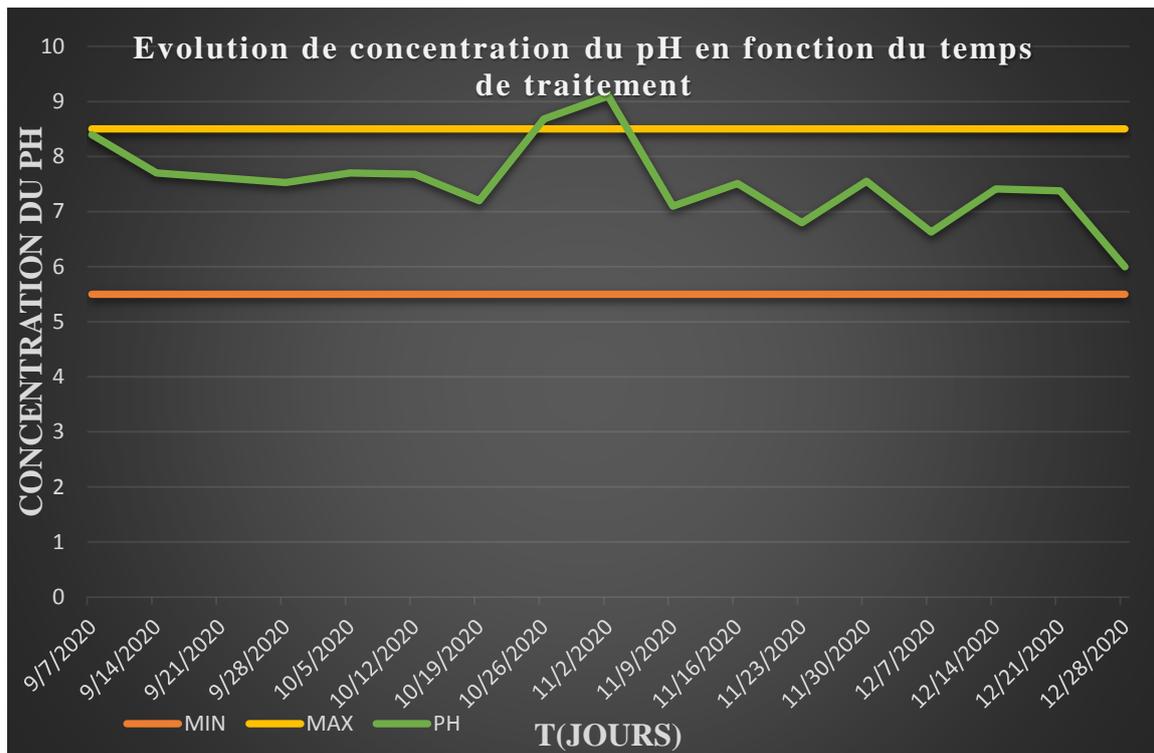


Figure II.6 : Evolution du pH des différents échantillons en fonction de la durée du traitement

❖ L'examen de ces courbes fait apparaître les phénomènes suivants :

- les valeurs des MES restent en dessous des valeurs limites imposés avec toutefois, apparition de deux pics aux temps de traitement de l'ordre de (11/02/2020 et 12/07/2020).
- La concentration des hydrocarbures après traitement a nettement diminué de 1000000 mg/L jusqu'à 0,76mg/L avec toutefois une augmentation considérable au temps de 07/12/2020
- Les valeurs du pH restent plus ou moins stables et sont conformes aux normes de rejets

La cause principale de contamination des eaux après traitement est due à l'apport des eaux pluviales provenant des routes, eaux de pluie du toit et des zones non pavées.

Celles-ci sont parfois contaminées par des sources polluantes qui restent, à ce jour, non identifier et inconnues mais qui s'acheminant vers le bassin d'observation se mélangent avec les eaux déjà traitées.

Pour y remédier, les eaux pluviales doivent être réorientées vers l'entrée de l'unité de traitement afin d'éliminer d'abord toutes les impuretés solides insolubles puis les polluants dissous afin d'éviter la contamination des eaux déjà épurées.

II.2.2 Comparaison des eaux usées traitées avec les normes de refroidissement

Les résultats correspondants sont dressés dans le tableau II.1

Tableau II.1 : Normes liées aux eaux de refroidissement

Paramètres	Normes des tours de refroidissement
pH	7,9-8,2
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<5000
Matières en suspension (mg/L)	<10
Hydrocarbures (ppm)	<1

a) MES :

Les Figures (II.4 a II.6) présentent respectivement les résultats relatifs à l'évolution des MES hydrocarbures et pH à différents temps de prélèvement de la chaîne de traitement utilisée dans la station de traitement comparés aux normes de refroidissement.

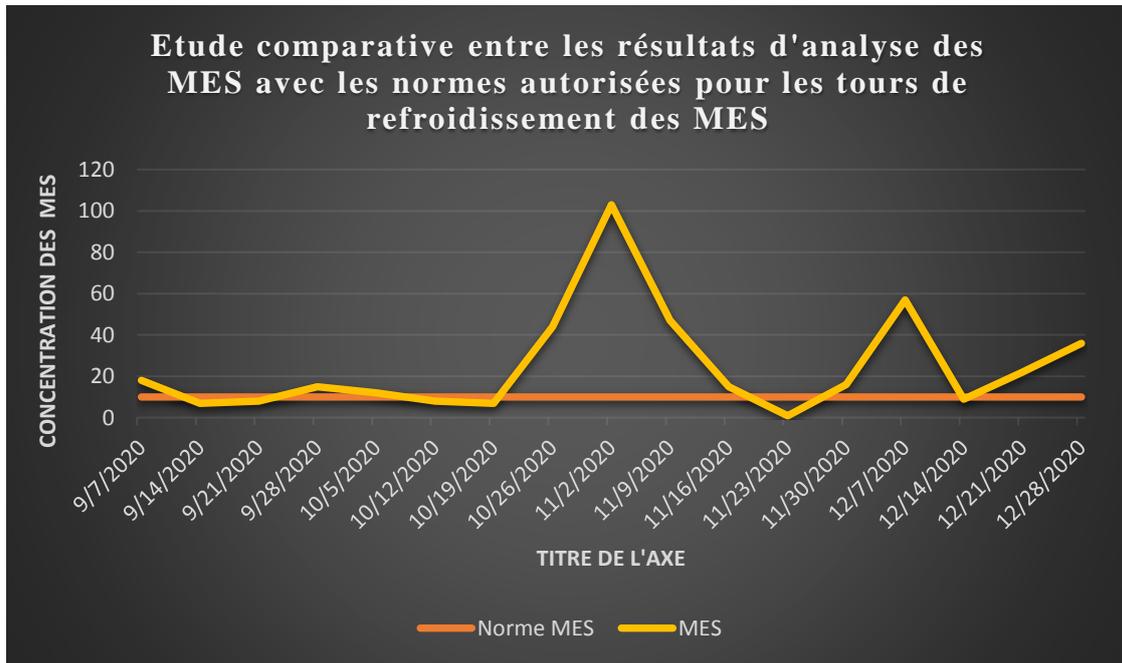


Figure II.7 : Etude comparative entre les résultats d’analyse des MES avec les normes autorisées pour les tours de refroidissement de MES

b) Hydrocarbures :

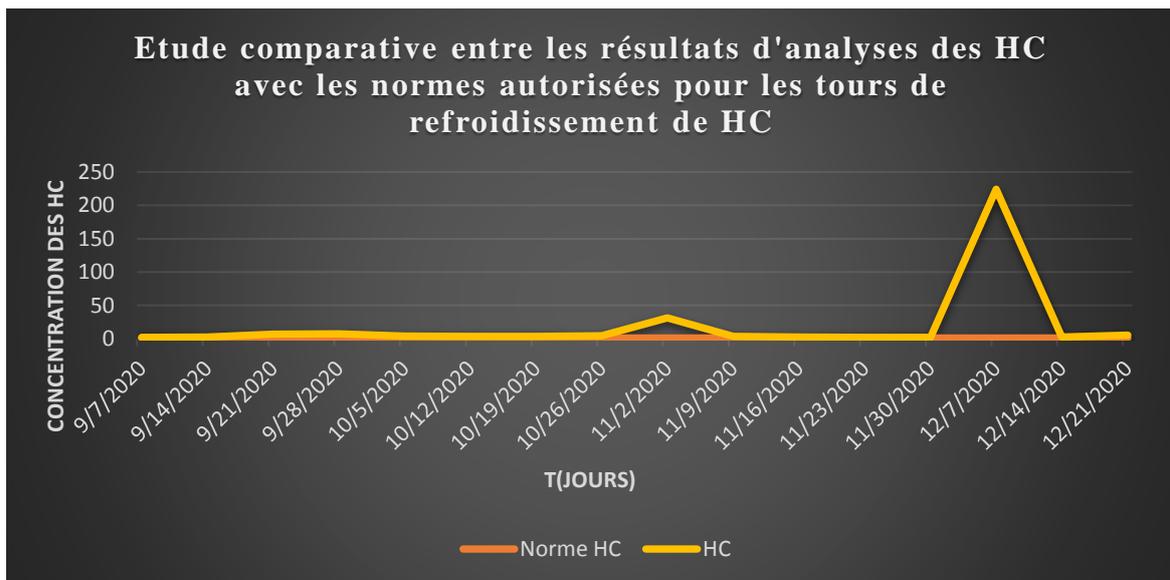


Figure II.8 : Etude comparative entre les résultats d’analyse des HC avec les normes autorisées pour les tours de refroidissement de HC

c) pH :

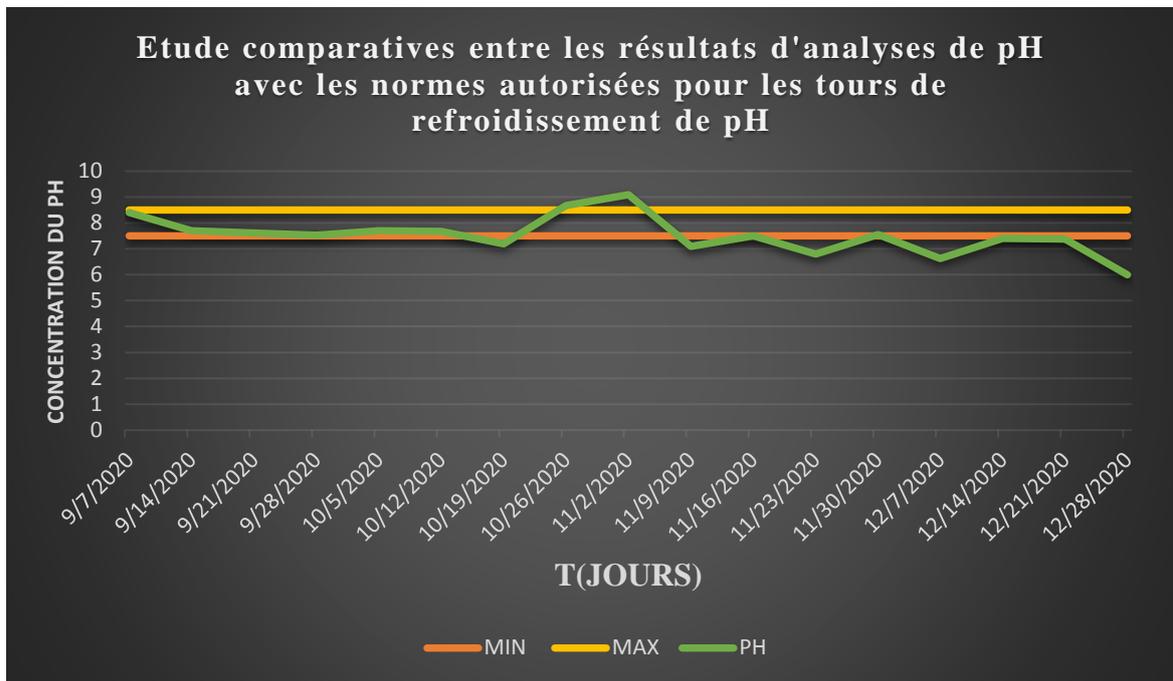


Figure II.9 : Etude comparative entre les résultats d'analyse des pH avec les normes autorisées pour les tours de refroidissement de pH

De façon générale et globale, ces résultats permettent de dégager les conclusions suivantes :

- Les concentrations des HC et MES restent bien au-dessus des normes requises et ne seront donc pas autorisées pour y être utilisées dans le refroidissement des tours de l'entreprise.
- Les valeurs du pH sont assez proches de celles des normes mais semblent se varier au cours du temps

Afin de remédier à cette situation, nous nous sommes proposées de procéder à un traitement par adsorption dynamique sur un lit de CAG en utilisant un dispositif conçu à l'échelle du laboratoire

Les résultats correspondants obtenus sont rassemblés dans le tableau II.2 ci-dessus.

Tableau II.2 : Caractéristiques physico-chimiques des prélèvements après adsorption

Echantillon	Temps de contact (h)	pH	Conductivité (µs/cm)	MES (mg/L)	HC (mg/L)
T1	1	7,5	4070	1	0,15
T2	4	8,1	4000	1	0,48
T3	8	8,1	4260	5	0,6
T4	12	7,92	4170	4	1,35
T5	16	7,77	4110	3	2,1

Arrivé à ce stade de notre étude, nous pouvons annoncer les conclusions suivantes :

- Globalement, ces résultats montrent que les eaux de prélèvement sont plus ou neutres avec des pH autour 7 à 8.
- Les variations constatées pour la conductivité, MES et HC à différents temps de prélèvement sont attribuées à :
- Bien que la conductivité < 5000 µS/cm, elle reste élevée et affectera le taux de concentration qui doit être < 5 et le plus élevé possible.
- Plus cette valeur augmente et moins on utilisera de grande quantité de produit chimique pour purger car on ne doit pas arriver à 5000 µS/cm.

Calcul du taux de concentration :

Pour la conductivité de l'appoint on prend la moyenne arithmétique

$$(4070 + 4000 + 4260 + 4170 + 4110)/5 = 4122 \mu S/cm$$

$$\frac{\text{conductivité des tours}}{\text{conductivité de l'appoint}} = \frac{5000}{4122} = 1,21$$

- ✚ Pour pouvoir connaître les quantités adéquates pour purger l'eau d'appoint il aurait fallu effectuer le jar test puis faire un plan d'expérience sur le logiciel MODDE6 afin d'optimiser les quantités de produits chimiques à utiliser.

MES :

- La hausse des MES est dû au fait que la quantité des MES dans l'eau avant traitement été variable, c'est-à-dire que quand on verse une certaine quantité d'eau dans le bécher pour la traite on pouvait clairement voir à l'œil nu les particules en suspension qui été parfois très présentent et parfois moins.
- En principe la concentration des MES doit être presque inexistante car la raffinerie d'Alger possède dans sa chaine de traitement un filtre à sable qui a pour but principale l'élimination des matières en suspension.

HC :

Les valeurs croissantes des HC obtenues se justifient par le fait qu'après un certain temps de contact adsorbant/adsorbat les sites du CAG se saturent progressivement et retiennent donc moins de molécule de HC.

II.3 Contribution au dimensionnement du filtre à charbon actif

Selon certains auteurs [17], le dimensionnement des contacteurs en carbone est basé sur quatre facteurs : le temps de contact, le taux de charge hydraulique, la profondeur du charbon et le nombre de contacteurs.

Dans ce qui suit, nous proposons la mise en œuvre de 3 lits fixes en série dont 1 sera réservé pour la régénération du charbon.

Le tableau suivant donne les valeurs de conception typique pour les entrepreneurs CAG

Tableau II.3 : valeurs de conception typiques pour les entrepreneurs CAG [17]

Table 11-33
Typical design values
for GAC contactors^a

Parameter	Symbol	Unit	Value
Volumetric flowrate	V	m^3/h	50-400
Bed volume	V_b	m^3	10-50
Cross-sectional area	A_b	m^2	5-30
Length	D	m	1.8-4
Void fraction	α	m^3/m^3	0.38-0.42
GAC density	ρ	kg/m^3	350-550
Approach velocity	V_f	m/h	5-15
Effective contact time	t	min	2-10
Empty bed contact time	EBCT	min	5-30
Operation time	t	d	100-600
Throughput volume	V_t	m^3	10-100
Specific throughput	V_{sp}	m^3/kg	50-200
Bed volumes	BV	m^3/m^3	2,000-20,000

^aAdapted from Sontheimer et al. (1998).

- ❖ Comme indiqué dans ce tableau et pour un débit de $150 m^3/h$, la vitesse de filtration est comprise entre 5 et $15 m/h$.
- ❖ Dans cette étude, nous suggérons donc une vitesse de filtration de $10 m/h$.

Pour cette vitesse $V = 10 m/h$, les paramètres ci-dessous se calculeront de la manière suivante :

✓ Hauteur du lit de charbon actif :

Type of filter (common name)	Type of filter operation	Filter-bed details			Typical direction of fluid flow
		Type of filter bed	Filtering medium	Typical bed depth, mm	
Conventional	Semicontinuous	Mono-medium (stratified or unstratified)	Sand or anthracite	760	Downward
Conventional	Semicontinuous	Dual-medium (stratified)	Sand and anthracite	920	Downward
Conventional	Semicontinuous	Multimedia (stratified)	Sand, anthracite, and garnet	920	Downward
Deep-bed	Semicontinuous	Mono-medium (stratified or unstratified)	Sand or anthracite	1830	Downward
Deep-bed	Semicontinuous	Mono-medium (stratified)	Sand or anthracite	1830	Upward
Deep-bed	Continuous	Mono-medium (unstratified)	Sand	1830	Upward
Pulsed-bed	Semicontinuous	Mono-medium (stratified)	Sand	280	Downward
Fuzzy filter	Semicontinuous	Mono-medium (unstratified)	Synthetic fiber	610	Upward
Traveling-bridge	Continuous	Mono-medium (stratified)	Sand	610	Downward
Traveling-bridge	Continuous	Dual-medium (stratified)	Sand and anthracite	410	Downward

Figure II.10 : Comparaison des principaux types de filtres à milieu granulaire

Comme le lit filtrant est profond en continue et la direction du flux est ascendante (up Ward), la hauteur du lit est estimée à 1830 mm selon [17], avec comme support le gravier

- ✚ Donc le temps EBCT est estimée à = 11 min ce qui correspond à l'intervalle (5-30 min) pour une meilleure prise en charge, faut aussi prévoir un bac de stockage et des équipements supplémentaires tels que le Débitmètre, Manomètre, Vanne et pompes

La méthode de calcul est présentée dans la partie Annexe IV

Tableau II.4 : Valeurs de conception du filtre CAG

Paramètre de conception du filtre CAG	Valeurs
Nombres de filtres	3
Débit de dimensionnement (m³/h)	150
Débit d'un seul filtre (m³/h)	50
Surface filtrante (m²)	15
Surface filtrante pour un filtre (m²)	5
Diamètre du filtre (m)	2,5
Calcul du temps de contact EBCT (min)	10.98
Hauteur du lit (m)	1,830

❖ **Régénération du charbon actif granulé :**

Une fois le CAG est saturé, nous proposons une régénération thermique à contre-courant L'utilisation d'un lit fixe à chauffage (et refroidissement) indirect permet de récupérer le produit qui est très concentré.

La durée de régénération est plus courte comparé au chauffage direct, mais elle nécessite un échangeur de chaleur un peu sophistiqué.

Annexe V (tableau II.4) présente les valeurs de C/C0 au cours du temps

Ces résultats sont exploités sous forme de courbe C/C0 en fonction du temps d'écoulement

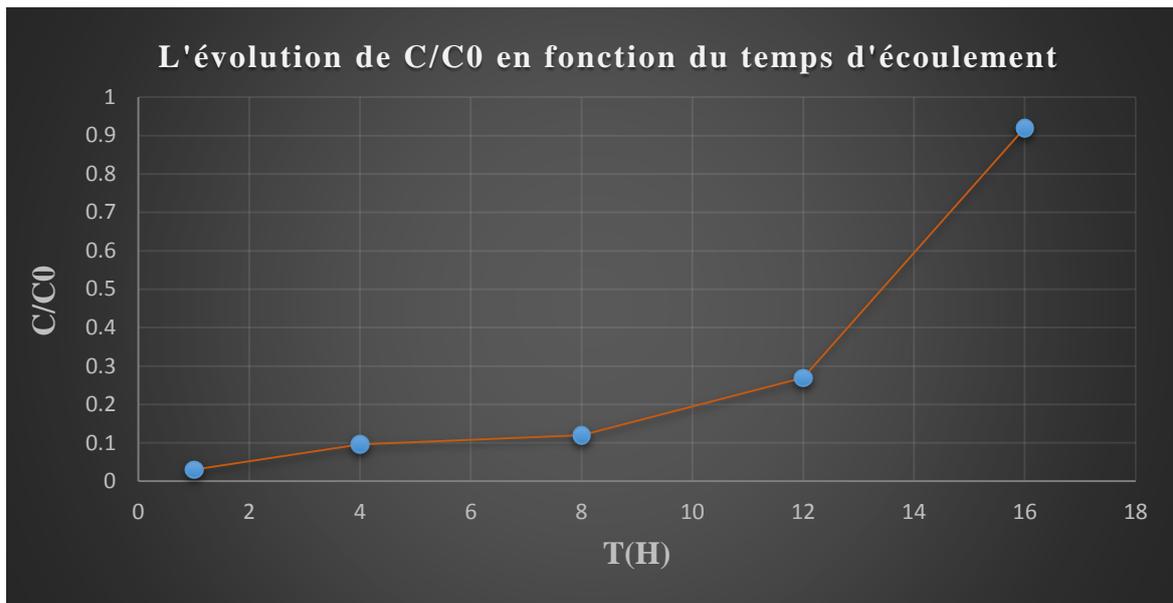


Figure II.11 : Courbe représentant l'évolution de C/C_0 en fonction du temps d'écoulement.

L'examen de cette courbe fait apparaître les deux phases suivantes :

1. **Phase d'adsorption** avec une forte rétention de l'adsorbat dans l'intervalle [1h-8h] le charbon actif adsorbe la quantité d'hydrocarbure
2. **Phase de saturation** à partir de 8h jusqu'à 16h de traitement où le charbon se sature au fur et à mesure du temps d'écoulement.

Conclusion

Cette étude avait pour objectif principal l'amélioration de la qualité des eaux usées traitées au niveau de l'unité U850 de la raffinerie de Sidi Rezine dans le but de les réutiliser dans le refroidissement des tours de la raffinerie.

L'étude comparative des eaux avant et après traitement avec les normes recommandées (rejet industriels et refroidissement des tours) a permis de dégager les conclusions suivantes :

- La qualité des eaux de la raffinerie de Sidi Rezine avant traitement présente un taux de polluant très élevé et représente un danger pour l'homme et l'environnement
- Le projet de réhabilitation de la raffinerie en ajoutant une unité de traitement des effluents été nécessaire pour la diminution de l'effet nocif sur l'environnement et ont pu voir la conformité des eaux de rejets après traitement avec les normes industrielles.
- Le traitement par adsorption dynamique à la fin de la chaine de traitement existante permettra de réduire considérablement la charge polluante notamment en HC et MES
- Les eaux traitées à l'aval pourraient donc être réutilisées dans le refroidissement des tours et diminueraient donc le cout d'achat des eaux brutes de SEAL.

Références bibliographiques

- [1] Industrie pétrolière SONATRACH, 2020, Jeune Afrique 27 mars.
- [2] Documentation de la raffinerie d'Alger, manuel d'exploitation U100- unité de distillation atmosphérique
- [3] Document de référence sur les meilleures techniques disponibles, Raffineries de pétrole et de gaz, commission européenne, Février 2003.
- [4] document IFP training, fractionnement initial du pétrole brut
- [5]https://fr.wikipedia.org/wiki/Raffinage_du_p%C3%A9trole#Distillation_atmosph%C3%A9rique , consulté le 22 mai 2021.
- [6] Document, généralités sur les procédés de raffinage P. Withier
- [7] Pierre le prince, raffinage du pétrole tome 3 « procédés de transformation »
- [8] Documentation de la raffinerie d'Alger, manuel d'exploitation U530 unité de craquage catalytique de fluide résiduel (RFCC)
- [9] Documentation de la raffinerie d'Alger, manuel d'exploitation nouvelle station de traitement des effluents U850
- [10] Raffinage et génie chimique P. Withier tome 1
- [11] <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/adsorption/principes-de-mise-en-oeuvre-des-charbons-actifs> consulté le 22 avril 2021
- [12] Mémoire de magister, réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, Melle Faiza MEKHALIF, université du 20 Août 1955 SKIKDA ,2009
- [13] Documentation de la raffinerie, manuel opératoires réseaux d'eau de refroidissement nouveau et actuel
- [14] Documentation de la raffinerie « les utilitaires <>>
- [15] Documentation de la raffinerie « description de la raffinerie d'Alger »
- [16] Documentation de la raffinerie « description du MS block »
- [17] Wastewater engineering treatment and reuse, fourth edition, Metcalf & Eddy, Inc.
- [18] <https://www.lenntech.fr/francais/charbonactif-regeneration.htm#:~:text=r%C3%A9g%C3%A9n%C3%A9ration%20thermique&text=Dans%20le%20but%20d'%C3%A9viter,r%C3%A9g%C3%A9n%C3%A8re%20parfaitement%20les%20charbons%20actifs.>

Liste des annexes

Annexe I : qualité des eaux avant traitement

	850-CC-001		850-CC-016	
	MES	HC	MES	HC
01/09/2020	198	310000	69	82000
02/09/2020		200000		900000
04/09/2020	105	25	55	750000
05/09/2020	105	35	122	83
06/09/2020	100	50		1000000
07/09/2020	90	50	115	200000
10/09/2020		900000		1000000
11/09/2020		900000		700000
12/09/2020	165	600000	82	300000
13/09/2020	76	40000	26	2500
14/09/2020	138	5000		1000000
15/09/2020	74	500		1000000
17/09/2020	84	3300	950	350000
18/09/2020	200			900000
20/09/2020	206	500	131	203
21/09/2020	62	150	68	162
22/09/2020	112	90	1830	1000000
23/09/2020	39	103	1703	100000
26/09/2020		350000		900000
28/09/2020	183	20000	137	5000
29/09/2020	162	20000	22	300
30/09/2020	433	100000	1803	1000000

01/10/2020	NM	20000	2003	1000000
02/10/2020	630	550000	0	1000000
03/10/2020	782	2600	891	820000
04/10/2020	1806	3300	2115	810000
05/10/2020	2303	1000000	1942	850000
06/10/2020	126	30000	140	20000
07/10/2020	99	32000	167	10000
08/10/2020	120	273	2033	1000000
09/10/2020	194	32000	107	1000000
10/10/2020	360	900	885	920000
11/10/2020	131	30000	1860	800000
12/10/2020	72	20000	330	40000
13/10/2020	45	2000	129	400000
14/10/2020	114	5000	208	30000
15/10/2020	151	500	5000	295
16/10/2020	52	1300	205	1000000
17/10/2020	88	20000	226	1000000
18/10/2020	154	60000	1930	1000000
19/10/2020	150	20000	1970	700000
20/10/2020	308	40000	948	500000
21/10/2020	185	30000	2015	1000000
22/10/2020	258	20000	275	30000
23/10/2020	305	25000	390	38000
24/10/2020	329	36000	410	800000
25/10/2020	230	30000	1995	1000000
26/10/2020	313	20000	1950	1000000
27/10/2020	301	20000	1881	1000000
28/10/2020	840	15000	950	3500
29/10/2020	780	30000	995	50000
30/10/2020	730	28000	680	25000

31/10/2020	690	21000	610	910000
01/11/2020	91	510	320	900000
02/11/2020	182	10000	1881	700000
03/11/2020	285	500	1934	800000
04/11/2020	185	300	1888	600000
05/11/2020	1413	20000	234	170000
06/11/2020	/	19000	/	900000
07/11/2020	835	18000	220	130000
08/11/2020	229	50000	184	32000
09/11/2020	159	100000	994	850000
11/11/2020	268	50000	209	300000
12/11/2020	331	200000	351	170000
13/11/2020	/	960000	/	950000
14/11/2020	/	850000	/	30000
15/11/2020	430	250000	360	200000
16/11/2020	190	5000	189	18000
17/11/2020	851	1000	849	3000
18/11/2020	80	1000	123	4000
19/11/2020	449	90000	1970	1000000
20/11/2020	1028	15000	508	280000
21/11/2020	/	700000	/	600000
22/11/2020	1221	650000	1983	1000000
23/11/2020	491	60000	1098	250000
24/11/2020	478	10000	1973	500000
25/11/2020	227	1000	572	80000
26/11/2020	210	1000000	210	41000
27/11/2020	304	12000	267	60000
28/11/2020	450	20000	321	55000
29/11/2020	299	800000	1290	540000
30/11/2020	518	2000	588ppm	25000

01/12/2020	322	500	684	1000
02/12/2020	126	15000	164	164
03/12/2020	724ppm	630	1394ppm	30000
04/12/2020	258ppm	520	774ppm	20000
05/12/2020	*	*	620	80000
06/12/2020	*	*	276	30000
07/12/2020	1960	100000	286	5000
08/12/2020	1411	100000	1910	1000000
09/12/2020	397	10000	281	5000
10/12/2020	175	10000	1980	1000000
11/12/2020	308	3000	402	40000
12/12/2020	128	3000	137	100000
13/12/2020	388	3000	227	10000
14/12/2020	11	10000	332	430000
15/12/2020	323	100000	640	500000
16/12/2020	312	20000	239	50000
17/12/2020	211	10000	304	5000
18/12/2020	280	15000	380	10000
19/12/2020	88	30000	213	250000
20/12/2020	128	5000	212	10000
21/12/2020	175	20000	325	30000
22/12/2020	153	10000	1934	900000
23/12/2020	1030	50000	304	450000

Annexe II : les normes des eaux usées traité à rejeter

paramètres	unité	Valeur limite
Température	°C	30-32
pH	mg/L	6.5-8.5
Solides totaux en suspension	mg/L	25
Azote	mg/L	20
Phosphore	mg/L	10
Demande chimique en oxygène	mg/L	100
Demande biologique en oxygène	mg/L O ₂	25
Aluminium	mg/L	3
Substances toxiques bioaccumulables	mg/L	0.005
Cyanures	mg/L	0.1
Fluor et composés fluorés	mg/L	15
Indice phénols	mg/L	0.25
Total hydrocarbures	mg/L	5
Huiles et graisses (libres)	mg/L	10
Cadmium	mg/L	0.2
Total cuivre	mg/L	0.5
Total mercure	mg/L	0.01
Total plomb	mg/L	0.5
Total chrome	mg/L	0.5
Chrome 3+	mg/L	0.05
Chrome 6+	mg/L	0.1
Total étain	mg/L	2
Manganèse	mg/L	1
Total nickel	mg/L	0.5
Total zinc	mg/L	3
Fer	mg/L	3
Composés organiques chlorés	mg/L	5
Sulfures	mg/L	0.1

Annexe III : donnée ETP des analyses après traitement

paramètre	température	pH	BO D5	CO D	MES	Tot HC	Cr+6	Cr+3	Phenols	pb	Nt	Tot phosph
Valeurs max	32	8.5	25	100	25	5	0.1	0.05	0.25	0.5	20	10
07.09.20	26	8.4	29	50	18	0.76	0.08	0.05	0.09	1	7.8	
14.09.20	25	7.7	24	40	7	1.5	0.03	0.01	0.009	0	1.3	
21.09.20	7.1		29	83	8	5.7	0.02	0.01		0	2.9	
28.09.20	25	7.5	42	33	15	6.2	0.04	0.01	0.17	0	1.1	
05.10.20	25.2	7.7	20	41	12	2.9	0.01	0.02	0.013	0	1.3	
12.10.20	23.7	7.6	45	30.8	8	2.15	0.03	0.01	0.008	0	2.4	
19.10.20	21.1	7.2	25	26.6	7	2.1	0.02	0.01	0.009	0	4.9	
26.10.20	23.3	8.6	22.5	120	44	3.1	0.01	0.02	0.09	0	17.4	
02.11.20	22.8	9.1	177	177	103	30	0.01	0.02	1.1	0.05	63.1	
09.11.20	22.4	7.1	64.7	94.7	47	2.4	0.03	0.01	0.024	0	58.3	
16.11.20	21.8	7.5	33.8	120	15	1.6	0.08	0.05	0.426	0	18.9	
23.11.20	20.8	6.8	26.2	21.5	1	0.89	0.03	0.01	0.28	0	39.7	
30.11.20	20.1	7.5	11.3	0.75	16	0.9	0.02	0.05	0	0	9.98	
07.12.20	17.5	6.6	11.3	2200	57	223	0.12	0.1	10.1	0.08	12.2	7.6
14.12.20	20.5	7.4	33.8	88.6	9	1.3	0.06	0.03	0.04	2		4.6
21.12.20	22	7.3	28	55	22	4.3	0.06	0.03	0.67	2.4		4.7
28.12.20	19.2	6	24	118	36	1.2	0.02	0.09	0.03	1.6	56.2	3.9

Annexe IV: Méthode de calcul

- ✓ **Nombres de filtres :** $n = 3$
- ✓ **Débit de dimensionnement :** $D = 150\text{m}^3/\text{h}$
- ✓ **Débit d'un seul filtre :**

$$D' = D/n = 150/3 = \frac{50\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow D' = 50\text{m}^3/\text{h}$$

- ✓ **Surface filtrante :**

$$D = S \times V \rightarrow S = D/V = 150/10 = 15\text{m}^2 \quad S = 15\text{m}^2$$

- ✓ **Surface filtrante pour un filtre :**

$$S' = S \frac{S}{n} = \frac{15}{3} = 5\text{m}^2 \quad S' = 5\text{m}^2$$

- ✓ **Diamètre du filtre :**

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{S \times 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{5 \times 4}{\pi}} = 2.5\text{m}$$

- ✓ **Calcul du temps de contact EBCT :**

V : volume du CAG en m^3

Q : débit volumétrique en m^3/h

$$EBCT = \frac{V}{Q} = \frac{S' \times H}{D'} = \frac{1.83 \times 5}{50} = 0.183\text{h} = 10.98 \text{ min}$$

Annexe V : Les valeurs de C/C0 au cours du temps d'écoulement

Temps (h)	1	4	8	12	16
C/C0	0.03	0.096	0.12	0.27	0.92