

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

**OPTION : ENVIRONNEMENT**

**Thème :**

**Traitement des effluents industriels liquides de la  
raffinerie d'Alger : étude comparative entre l'efficacité du  
foin et de l'antracite dans le traitement des eaux**

Présenté par :

- M<sup>lle</sup> ACHECHE WIAM HADJER
- M<sup>lle</sup> BAITICHE LIDIA

Soutenu le 28/09/2016 devant le jury suivant :

<b>Mme F. BACHARI-HOUMA</b>	<b>Professeur (ENSSMAL)</b>	<b>Présidente</b>
<b>Mme S. HAMDI</b>	<b>Maître de conférences (A) (ENSSMAL)</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme N. LAHMER</b>	<b>Maître assistante (ENSSMAL)</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M K. CHENTIR</b>	<b>Ingénieur en environnement (RA1G)</b>	<b>Promoteur</b>
<b>M B. HAMDI</b>	<b>Professeur (ENSSMAL)</b>	<b>Co-promoteur</b>

**PROMOTION : 2015/2016**



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

**OPTION : ENVIRONNEMENT**

**Thème :**

**Traitement des effluents industriels liquides de la  
raffinerie d'Alger : étude comparative entre l'efficacité du  
foin et de l'antracite dans le traitement des eaux**

Présenté par :

- M<sup>lle</sup> ACHECHE WIAM HADJER
- M<sup>lle</sup> BAITICHE LIDIA

Soutenu le 28/09/2016 devant le jury suivant :

<b>Mme F. BACHARI-HOUMA</b>	<b>Professeur (ENSSMAL)</b>	<b>Présidente</b>
<b>Mme S. HAMDI</b>	<b>Maître de conférences (A) (ENSSMAL)</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme N. LAHMER</b>	<b>Maître assistante (ENSSMAL)</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M K. CHENTIR</b>	<b>Ingénieur en environnement (RA1G)</b>	<b>Promoteur</b>
<b>M B. HAMDI</b>	<b>Professeur (ENSSMAL)</b>	<b>Co-promoteur</b>

**PROMOTION : 2015/2016**



## *Remerciements*

*Avant tout, nous remercions Allah, Dieu, l'Unique, le Puissant, ...pour son guide et sa protection ; qui nous a éclairés notre chemin.*

*Nous tenons à exprimer toute la reconnaissance à monsieur K. CHENTIR ingénieur en environnement service HSE à la raffinerie d'Alger pour toute la confiance qu'il nous a accordées et acceptées de nous encadrer ; pour son accueil, sa disponibilité, ses conseils qu'il nous a prodigués tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Un grand merci à monsieur ZOUBIRI MAHFOUD technicien polyvalent au service utilité à la raffinerie d'Alger pour sa permanente disponibilité, son aide, ses conseils durant notre travail.*

*Nos remerciements s'adressent également à notre co-promoteur monsieur B. HAMDI professeur à l'école nationale supérieure des sciences de la mer (ENSSMAL), qui nous a aidés et encouragés.*

*Nous remercions également l'ensemble du personnel du laboratoire de la RAIG qui nous a bien accueillies et aimablement aidés.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à M<sup>me</sup> F. BACHARI- HOUMA la présidente des membres de jury, à nos examinatrices M<sup>me</sup> S.HAMDI ; M<sup>me</sup> N. LEHMER ; d'avoir honoré de leur présence et accepté d'évaluer ce modeste travail.*

*Nous exprimons notre gratitude à l'ensemble des professeurs de notre école supérieure (ENSSMAL) qui ont contribué à notre formation durant ces cinq années passées à l'école.*

*Enfin, merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, puissent trouver ici, toute notre reconnaissance.*

*Lidia & Wiam*





## *Dédicaces*

*A ma mère, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils et de prier pour moi. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites. Merci infiniment pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*A mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consenti pour mon éducation et ma formation.*

*A mon unique et précieux frère **Raouf** et mes deux formidables sœurs **Saousen** et **Asma**, qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.*

*A mon oncle **Zoubiri Mahfoud**, sans ton aide morale et matérielle, tes conseils et tes encouragements ce travail n'aurait vu le jour.*

*A mon binôme **Wiam**, que je considère comme une sœur et qu'avec elle j'ai trouvé l'entente dont j'avais besoin.*

*A toutes mes amies que j'aime, à toi surtout **Sonia**.*

*A tous ceux qui me sont chers.*

*Lidia*





## *Dédicaces*

*A mon père qui sans lui je ne serais pas arrivée jusqu'ici à qui je témoigne mon amour et mon affection, pour son encouragement, sa compréhension, sa patience, qui m'a su me comprendre et m'a poussée à apprendre. J'espère toujours rester fidèle aux valeurs morales que tu m'as apprises.*

*A la personne la plus chère à mon cœur, pour m'avoir mise au monde, pour m'avoir accompagnée tout le long de ma vie, pour ses encouragements à aller de l'avant, sa patience, ses sacrifices... un grand merci pour toi maman chérie.*

*A mes très chères sœurs que j'adore : **Manel, Ahlem et Assyl***

*A la mémoire de ma grand-mère qui nous a quittés ça fait 6 ans...*

*A mes grands-parents que Dieu les protège et les garde pour nous.*

*A toutes les personnes que je porte dans le cœur : mon oncle **Mami**, et mes chères tantes **Fati, Assia, Fahima** mes cousins : **Rayane, Rimou**, Avec l'ardeur de mes sentiments que Je dédie ce travail à ma très chère **LIDIA** avec qui je partage mon travail, la personne que j'aime beaucoup, qui m'a toujours entourée de son affection et de son amour, très fière d'avoir une amie comme toi*

*Miam*



# Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	<b>I</b>
<b>Dédicaces</b> .....	<b>II</b>
<b>Glossaire</b> .....	<b>III</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>IV</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>V</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>VI</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>18</b>
<b>Chapitre 1 : Synthèse bibliographique</b>	
Introduction .....	21
<b>I. Généralités sur la pollution industrielle liquide</b> .....	<b>21</b>
I. 1 Définition des eaux résiduaires industrielles (ERI) .....	21
I. 2 Types de pollution industrielle liquide .....	21
I. 2.1 Pollution physique .....	21
I. 2.1.1 Pollution mécanique .....	22
I. 2.1.2 Pollution thermique.....	22
I. 2.1.3 Pollution radioactive .....	22
I. 2.2 Pollution chimique.....	22
I. 2.2.1 Pollution organique.....	23
I. 2.2.2 Pollution inorganique.....	23
I. 2.3 Pollution microbiologique .....	23
<b>II. Composition du pétrole brut et son raffinage</b> .....	<b>24</b>
II. 1 Composition du pétrole .....	24
II. 1.1 Hydrocarbures .....	24
II. 1.1.1 Paraffines .....	24
II. 1.1.2 Naphtènes .....	24
II. 1.1.3 Hydrocarbures aromatiques.....	24
II. 1.1.4 Oléfines.....	25
II. 1.2 Composés hétéroatomiques .....	25
II. 1.2.1 Composés organiques hétéroatomiques .....	25
II. 1.2.2 Composés organométalliques.....	25
II. 1.3 Autres composés.....	25
II. 1.3.1 Asphaltènes.....	25
II. 1.3.2 Résines.....	25
II. 2 Raffinage du pétrole .....	26
<b>III. Origine de la pollution industrielle liquide dans une raffinerie</b> .....	<b>27</b>
III. 1 Eaux résiduaires des procédés de raffinage .....	27
III. 1.1 Eaux de dessalage de brut .....	27
III. 1.2 Condensats de procédés .....	27
III. 1.3 Effluents particuliers de procédés .....	27
III. 2 Effluents généraux de raffinerie.....	28
III. 2.1 Effluents huileux (EH) .....	28
III. 2.2 Effluents non-huileux (ENH).....	28
III. 3 Effluents du transport .....	28

<b>IV. Les paramètres caractéristiques des eaux résiduaires industrielles (ERI) .....</b>	<b>29</b>
IV. 1 Caractéristiques physiques.....	29
IV. 1.1 Température .....	29
IV. 1.2 Matières en suspension .....	29
IV. 1.3 Turbidité.....	30
IV. 1.4 Débit.....	30
IV. 2 Caractéristiques physico-chimiques.....	31
IV. 2.1 Conductivité.....	31
IV. 2.2 Potentiel d'hydrogène (pH) .....	31
IV. 3 Caractéristiques chimiques .....	32
IV. 3.1 Matières polluantes organiques.....	32
IV. 3.1.1 Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	32
IV. 3.1.2 Demande chimique en oxygène (DCO).....	32
IV. 3.2 Hydrocarbures (HC).....	33
IV. 3.3 Phénol .....	33
IV. 3.4 Métaux lourds .....	34
IV. 3.5 Eléments fertilisants.....	34
IV. 4 Impacts des eaux résiduaires industrielles sur l'environnement.....	34
IV. 5 Législation sur les eaux résiduaires industrielles.....	35
IV. 5.1 Règlement sur les ERI des raffineries de pétrole.....	37
<b>V. Traitement des eaux résiduaires industrielles.....</b>	<b>38</b>
V. 1 Nécessité d'une séparation des rejets .....	38
V. 2 Procédé de traitement des ERI .....	39
V. 2.1 Prétraitements (prédéshuilage).....	39
V. 2.1.1 Dégrillage .....	39
V. 2.1.2 Dessablage.....	39
V. 2.1.3 Déshuilage.....	40
a. Les déshuileurs décanteurs .....	40
b. Les déshuileurs lamellaires.....	40
V. 2.1.4 Strippage des condensats de procédés.....	41
V. 2.2 Traitement primaire.....	41
V. 2.2.1 Coagulation-floculation.....	41
V. 2.2.2 Décantation.....	42
V. 2.2.3 Filtration .....	42
V. 2.2.4 Flottation .....	42
a. Flottation à l'air dissous (FAD).....	42
b. Flottation à l'air induit (FAI) .....	42
V. 2.3 Traitement secondaire (biologique) .....	43
V. 2.3.1 Traitements aérobies .....	43
a. Procédés aérobies à culture bactérienne libre en suspension .....	43
a. 1 Les boues activées .....	43
a. 2 Le lagunage .....	44
b. Les procédés aérobies à culture bactérienne fixée sur un support .....	44
b. 1 Les lits bactériens.....	44

b. 2 Les disques biologiques.....	45
b. 3 Les bio-filtres (filtres biologiques) .....	45
V. 2.3.2 Traitements anaérobies.....	45
V. 2.4 Traitements tertiaires.....	45
V. 2.5 Recyclage des eaux résiduaires .....	46
Conclusion.....	46

## Chapitre 2 : Matériels et méthodes

Introduction .....	49
<b>I. Description et présentation de la raffinerie d'Alger .....</b>	<b>49</b>
I. 1 Historique .....	49
I. 2 Situation géographique .....	50
I. 3 Caractéristiques du site .....	52
I. 3.1 Données hydrographiques.....	52
I. 3.2 Données climatologiques .....	52
I. 3.2.1 Précipitations .....	53
I. 3.2.2 Température .....	53
I. 3.2.3 vent .....	53
I. 4 Description des installations .....	53
I. 4.1 Unités de production.....	53
I. 4.1.1 Unité de distillation atmosphérique (Topping).....	53
I. 4.1.2 Unité de reforming catalytique (platforming).....	54
I. 4.1.3 Unité gas-plant (traitement et séparation).....	54
I. 4.2 Unités générales.....	54
I. 4.2.1 Centrale thermoélectrique (utilités) .....	54
I. 4.2.2 Zone de stockage .....	54
I. 4.2.3 Installations portuaires .....	55
I. 4.2.4 Laboratoire.....	55
I. 5 Politique HSE (Hygiène, Sécurité et Environnement) de la raffinerie .....	55
I. 6 Unité de traitement des eaux.....	56
I. 6.1 Origines des ER de la raffinerie d'Alger .....	56
I. 6.1.1 ER des procédés du raffinage .....	56
I. 6.1.2 Eaux des services généraux .....	56
I. 6.2 Organisation de la collecte.....	56
I. 6.3 Nature du traitement .....	57
I. 6.4 Principe du traitement.....	59
I. 6.5 Traitement des boues issues de nettoyage des bacs de brut.....	60
<b>II. Prétraitement et conditionnement du matériel.....</b>	<b>61</b>
II. 1 Conditionnement du matériel .....	61
II. 1.1 Nettoyage de la verrerie.....	61
II. 1.2 Préparation des filtres de la MES .....	61
II. 2 L'étiquetage.....	61
<b>III. Prélèvement et échantillonnage .....</b>	<b>62</b>
<b>IV. Traitement par l'anhracite .....</b>	<b>64</b>

IV. 1 Caractéristiques techniques (anthracite support : gros grains) .....	64
IV. 2 Caractéristiques chimiques de l'anthracite .....	64
IV. 3 Procédure de filtration par l'anthracite .....	65
<b>V. Analyses et mode opératoire .....</b>	<b>67</b>
V. 1 Mesure du pH et de la température .....	67
a. Principe et mode opératoire .....	67
b. Expression des résultats .....	67
V. 2 Mesure des matières en suspension .....	67
a. Principe et mode opératoire .....	67
b. Expression des résultats.....	68
V. 3 Demande chimique en oxygène (DCO).....	68
a. Principe et mode opératoire .....	68
b. Expression des résultats.....	69
V. 4 Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	69
a. Principe et mode opératoire .....	69
b. Expression des résultats.....	70
V. 5 Hydrocarbures .....	70
a. Principe et mode opératoire .....	70
b. Expression des résultats.....	71
V. 6 Phénol.....	71
a. Principe et mode opératoire .....	71
b. Expression des résultats.....	72
V. 7 Plomb .....	72
a. Principe et mode opératoire .....	72
b. Expression des résultats.....	72
V. 8 Chrome hexavalent .....	73
a. Principe et mode opératoire .....	73
b. Expression des résultats.....	73
V. 9 Débit.....	73
a. Principe et mode opératoire .....	73
b. Expression des résultats.....	73
Conclusion.....	74

### Chapitre 3: Résultats et discussion

Introduction .....	76
<b>I. Evolution des paramètres physico-chimiques .....</b>	<b>76</b>
I. 1 Le débit.....	76
I. 2 La température.....	78
I. 3 Le pH.....	80
I. 4 Les matières en suspension .....	82
I. 5 La demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	84
I. 6 La demande chimique en oxygène (DCO).....	85
I. 7 Rapport DCO/DBO <sub>5</sub> .....	87
I. 8 Les hydrocarbures (HC) .....	89

I. 9 Phénol.....	90
I. 10 Plomb (Pb <sup>+2</sup> ).....	92
I. 11 Chrome hexavalent (Cr <sup>+6</sup> ) .....	94
<b>II. Evolution des paramètres physico-chimiques (foin et anthracite).....</b>	<b>96</b>
Conclusion.....	97
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>99</b>
<b>Recommandations .....</b>	<b>101</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>104</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>110</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>130</b>

## Glossaire

**Absorption** : propriété que présentent les solides et les liquides de retenir certaines substances (gaz ou liquides) dans la totalité de leur volume.

**Adsorption** : est un phénomène de surface par lequel des molécules de gaz ou de liquides se fixent sur les surfaces solides des adsorbants. Les molécules ainsi adsorbées constituent l'adsorbat.

**Alkylation** : est une réaction chimique constituée du transfert d'un groupement alkyle d'une molécule organique à une autre. Elle conduit donc à l'augmentation du nombre d'atomes de carbone d'un composé organique.

**Anthracite** : charbon naturel de très faible teneur en matières volatiles (moins de 6 à 8 %), qui brûle avec une courte flamme bleue, sans fumée, et dégage beaucoup de chaleur. (Ses gisements sont assez rares, mais c'est un combustible idéal pour le chauffage domestique.). Il est utilisé comme matériau de filtration et absorption dans le traitement des eaux.

**Biodégradation** : est la décomposition/dégradation de matières organiques par des microorganismes (bactéries, champignons et algues).

**Bitume** : est un matériau présent naturellement dans l'environnement ou pouvant être fabriqué industriellement après distillation de certains pétroles bruts. Il est composé d'un mélange d'hydrocarbures, peut se trouver à l'état liquide ou solide, et a une couleur brunâtre à noirâtre.

**Catalyseur** : substance qui augmente la vitesse d'une réaction chimique sans paraître participer à cette réaction. C'est un élément qui provoque une réaction par sa seule présence ou par son intervention.

**Circuit de refroidissement** : circuit fermé dans le but d'évacuer des calories créées sous forme de chaleur. Le plus souvent, il s'agit de l'eau avec un additif permettant d'augmenter la température d'ébullition et la résistance au gel.

**Condensation** : le passage d'une vapeur à l'état solide ou liquide.

**Corrosion** : est une réaction chimique ou électrochimique entre un matériau, généralement un métal, et son environnement qui entraîne une dégradation du matériau et de ses propriétés.

**Craquage thermique** : consiste à chauffer du fioul léger et du pétrole lourd sous pression dans de grands ballons, jusqu'à ce qu'ils se fragmentent en molécules plus petites possédant de meilleures propriétés antidétonantes.

**Déballastage** : vidange de l'eau (ou du liquide) prise comme lest par un navire, dans ses ballasts (transporteur de produits secs) ou dans ses cuves à cargaison (transporteur de vrac liquide).

**Déséquilibre écologique** : résultat de la baisse de la stabilité de l'écosystème naturel, ce qui provoque une régression écologique.

**Distillation des pétroles:** est un procédé de distillation qui consiste à séparer les unes des autres les fractions d'hydrocarbures contenues dans le pétrole brut. C'est la première étape du raffinage du pétrole, et les toutes premières raffineries de pétrole se résument à peu près à une colonne de distillation. On distingue deux types ; distillation atmosphérique et distillation sous vide.

**Echangeur de chaleur :** un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre, sans les mélanger.

**Essence :** fraction issue de distillation de pétrole.

**Eutrophisation :** processus de pollution qui se produit quand un lac, une rivière, ou une zone côtière devient trop riche en nutriment de plante et devient en conséquence trop peuplé en algues et autres plantes aquatiques, ce qui fait que les plantes meurent et se décomposent, ce qui consomme l'oxygène de l'eau et devient sans vie.

**Gisement :** lieu où un matériel géologique donné s'est accumulé et que l'on peut exploiter en totalité ou en partie comme le gisement pétrolier.

**GPL :** Le gaz de pétrole liquéfié, est un mélange d'hydrocarbures légers stocké à l'état liquide et issu du raffinage du pétrole.

**Huiles lubrifiantes :** huile dont on se sert pour la lubrification et la réfrigération ou pour amoindrir le frottement de deux éléments entre eux. Le mot latin « lubricus » à savoir glissant, est une huile onctueuse, généralement d'origine pétrolière, utilisée pour lubrifier le mouvement d'une machine, en refroidissant la surface métallique en contact.

**Hydrophobe :** en chimie, une substance est dite hydrophobe (qui n'aime pas l'eau) quand elle repousse l'eau ou est repoussée par l'eau. On parle aussi de groupement hydrophobe pour la partie d'une molécule qui se comporte de la même façon.

**Hydrotraitement :** est un procédé utilisé en raffinage du pétrole et qui a pour but d'enlever le soufre contenu dans les fractions légères telles que le naphta léger, le naphta lourd et le naphta total.

**Indice d'octane :** mesure la résistance d'un carburant utilisé dans un moteur à l'allumage ou commandé à l'auto-allumage (allumage sans intervention de la bougie). Ce carburant est généralement l'essence.

**Kérosène :** il s'agit d'un mélange d'hydrocarbures intermédiaires, par leur propriété physique, ce mélange se situe entre l'essence et le gasoil, il est destiné à alimenter les moteurs d'avions.

**Méthanisation :** est une digestion anaérobie, ou fermentation méthanique, qui transforme la matière organique en compost, méthane et gaz carbonique par un écosystème microbien complexe fonctionnant en absence d'oxygène.

**Produit finis :** ce sont des produits prêts à la consommation.

**Produit semi fini** : ce sont des produits destinés au mélange avec d'autres produits pour avoir des produits finis.

**Prolifération des algues** : développement rapide d'algues à la surface des lacs, cours d'eau ou étangs provoqué par un apport important en éléments nutritifs.

**Purge d'eau** : opération qui consiste à extraire de l'eau chargées de sels ou de boues dans les chaudières à vapeur.

**Soufflage des bitumes** : oxydation partielle d'un *bitume* par injection d'air comprimé, qui en élève le point de ramollissement. Le procédé de soufflage consiste donc à le rendre plus dur.

**Toxicité** : capacité d'une substance à provoquer un effet néfaste voire mortel pour un être humain, une bactérie ou une plante.

**Vapocraquage** : est un procédé pétrochimique qui consiste à obtenir, à partir d'une coupe pétrolière telle que le naphta, ou d'alcanes légers, des alcènes (éthylène, propylène) mieux valorisés. Ces alcènes sont principalement à la base de l'industrie des matières plastiques (polyéthylène, polypropylène, etc.).

## Liste des abréviations

Symbole	Définition
Ag	Argent
Al	Aluminium
API	American Petroleum Institute
C	Carbone
Cd	Cadmium
CN <sup>-</sup>	Cyanures
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
COS	Oxysulfure
Cr <sup>6+</sup>	Chrome hexavalent
Cu	Cuivre
CPI	Corrugated Plates Interceptors
DBO	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
ECH	Echantillon
EH	Effluents huileux
ENH	Effluents non-huileux
ERI	Eaux résiduaires industrielles
ERU	Eaux résiduaires urbaines
Essence SR	Essence straight run
FAD	Flottation à l'air induit
FAI	Flottation à l'air dissous
Fe	Fer
FTU	Formazine Turbidity Unit
GPL	Gaz du pétrole liquéfié
H	Hydrogène
HC	Hydrocarbures
HCN	Acide cyanhydrique
Hg	Mercure
H <sub>2</sub> O	Eau
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	Hydronium
H <sub>2</sub> S	Sulfure
HSE	Hygiène, Sécurité et Environnement
JTU	Jackson Turbidity Unit
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Bichromate de potassium
MEC	Méthyléthylcétone
MES	Matières en suspension
MEST	Matières en suspension totales
MIBC	Méthylisobutylcétone
MMS	Matières minérales sèches
MVS	Matières volatiles sèches
N	Azote
Ni	Nickel
NH <sub>3</sub>	Ammoniac
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium
NMP	N-méthylpyrrolidine
Mn	Manganèse
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrites

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrates
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
O	Oxygène
O <sub>3</sub>	Ozone
OH <sup>-</sup>	Hydroxyle
Pb	Plomb
pH	Potentiel d'hydrogène
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Orthophosphates
PPI	Parallel Plates Interceptors
Q	Débit
RA1G	Raffinerie d'Alger
S	Soufre
SO <sub>2</sub>	Dioxyde de soufre
SONATRACH	Société nationale du transport et de commercialisation des hydrocarbures
T°	Température
TPS	Tiled Plates Separators
Zn	Zinc

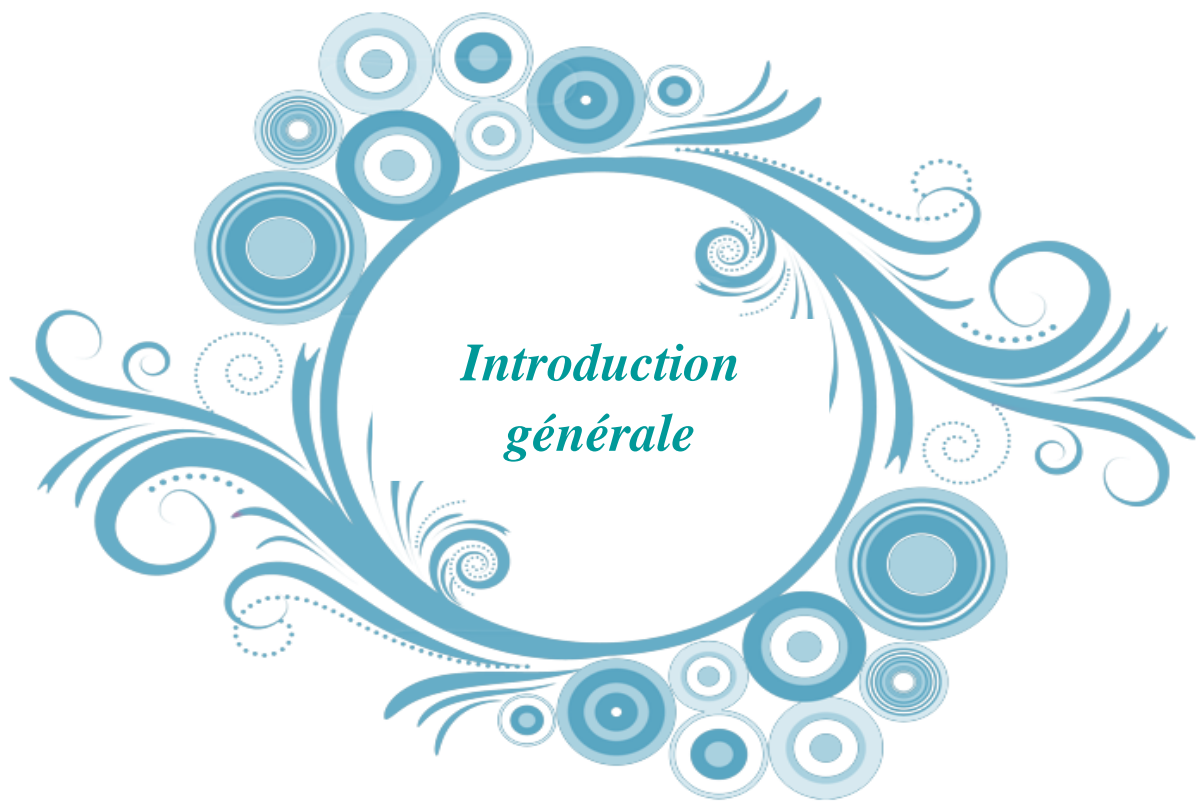
## Liste des tableaux

<b>N° de tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
1	Les valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (journal officiel de la république algérienne, 2006).	36
2	Valeurs limites des paramètres de rejet d'effluents liquides industriels de raffinage de pétrole (journal officiel de la république algérienne, 2006).	37
3	Composition chimique de l'anhracite.	65
4	Valeurs du rapport DCO/ DBO <sub>5</sub> des eaux en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'anhracite.	88

## Liste des figures

N° de figure	Titre	Page
1	Origines, traitement et devenir des eaux résiduaires industrielles dans une raffinerie.	47
2	Vue aérienne de la raffinerie d'Alger (Sidi Rezine) RA1G (Google Earth, 2016).	51
3	Vue aérienne générale de la raffinerie d'Alger (Sidi Rezine) RA1G et du port pétrolier avec les parties aériennes de la nappe de pipes (Google Earth, 2016).	52
4	Filtres à foin.	57
5	Chicane.	58
6	Chapeau chinois.	58
7	Schéma de la station du traitement des eaux huileuses et non huileuses de la raffinerie d'Alger (Etabli par M. CHENTIR, 2009).	59
8	Schéma représentant les points de prélèvement effectués au niveau de la station du traitement des ERI de la raffinerie d'Alger.	62
9	Vue aérienne de la station du traitement des ERI de la raffinerie d'Alger avec zoom sur les points de prélèvement (Google Earth, 2016).	63
10	L'anthracite en grain.	64
11	Structure de l'anthracite vu sous le microscope avec lumière non polarisée puis polarisée ( $\times 100$ ) (MARTIN, 2012).	65
12	Evolution des débits volumiques par la quantité du pétrole traité, des différents échantillons.	77
13	Evolution des valeurs du débit des différents échantillons; comparées à la norme de rejet.	77
14	Evolution de la température des eaux en amont, en aval des filtres à foin, et après le traitement par l'anthracite pour les différents échantillons.	78
15	Evolution de la température des eaux en aval des filtres à foin et anthracite; comparées à la norme de rejet.	79
16	Evolution de la température des eaux en amont et en aval des filtres à foin avec la température de l'air pour les différents échantillons.	79
17	Variation du pH en amont, aval, et après le traitement par l'anthracite des différents échantillons.	80
18	Evolution du pH des eaux en aval des filtres à foin et anthracite ; comparés à la norme de rejet.	81
19	Variation des MES en amont, aval, et après le traitement par l'anthracite des différents échantillons.	82
20	Variation des MES en aval des filtres à foin et de l'anthracite des différents échantillons; comparées à la norme de rejet.	83
21	Evolution de la DBO <sub>5</sub> en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'anthracite des différents échantillons.	84
22	Evolution de la DBO <sub>5</sub> des eaux, en aval des filtres à foin et de l'anthracite des différents échantillons; comparées à la norme de rejet.	85
23	Evolution de la DCO en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'anthracite des différents échantillons.	86

24	Evolution de la DCO des eaux, en aval des filtres à foin et de l'anthracite des différents échantillons ; comparée à la norme.	87
25	Evolution des teneurs en HC des ER en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'anthracite des différents échantillons.	89
26	Evolution des teneurs en HC des ER en aval des filtres à foin et de l'anthracite des différents échantillons; comparées à la norme de rejet.	90
27	Evolution des teneurs en phénols ; en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'anthracite des différents échantillons.	91
28	Evolution des teneurs en phénols des ER en aval des filtres à foin et de l'anthracite des différents échantillons; comparées à la norme de rejet.	92
29	Evolution des teneurs en plomb en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'anthracite.	93
30	Evolution des teneurs en Pb en aval des filtres à foin et après traitement par l'anthracite; comparées à la norme de rejet.	94
31	Evolution des teneurs en Cr <sup>6+</sup> en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'anthracite des différents échantillons.	94
32	Evolution des teneurs en Cr <sup>6+</sup> en aval des filtres à foin et de l'anthracite des différents échantillons; comparées à la norme de rejet.	95
33	Schéma représentant (en jaune) où on place le filtre à anthracite dans la station d'épuration des ERI de la raffinerie d'Alger.	101



## Introduction

L'industrie pétrochimique et des hydrocarbures représentent un secteur qui joue un rôle très important dans l'économie Algérienne. Cependant, ces différentes activités industrielles génèrent une pollution qui forme une menace permanente de dégradation de l'environnement, du fait qu'ils utilisent de l'énergie ou des matières premières, produisant des déchets ou des effluents contenant de polluants toxiques principalement les hydrocarbures et les métaux lourds que l'on retrouve aussi dans le milieu naturel ; en se répercutant tôt ou tard sur la qualité de l'eau potable, l'eau de mer et par conséquent sur la santé humaine.

Les impacts environnementaux générés par l'industrie pétrolière touchent autant l'homme que la nature, parmi eux :

**La pollution de l'air :** plusieurs étapes de l'exploitation pétrolière libèrent des matériaux toxiques dans l'air et/ou à effet de serre. Par exemple le raffinage rejette des oxydes de soufre, des oxydes d'azote, des composés organiques volatiles, du monoxyde de carbone, du benzène, et surtout en grande quantité le CO<sub>2</sub> et d'autres gaz à effet de serre.

**La pollution des sols :** une fois la production terminée, l'activité industrielle laisse ses déchets toxiques rejetés dans la nature. Ces matières polluantes laissées s'immiscent dans les sols et les polluent avant d'arriver aux nappes phréatiques par l'infiltration, ce qui provoque des risques pour l'homme et l'environnement également.

**La pollution de l'eau :** elle se traduit par le rejet de quantité importante de l'eau après son utilisation dans le milieu naturel. Ces déchets descendent jusqu'aux nappes phréatiques; en provoquant par la suite des effets néfastes sur l'homme, mais aussi sur l'environnement, et donc les ressources vivantes et la biodiversité vont être menacées par le rejet de ces effluents liquides.

**La pollution sonore :** elle se traduit par les nuisances sonores provoquées par les activités industrielles notamment les installations des raffineries. Cette pollution n'est peut-être pas aussi dommageable que les précédentes, mais elle peut tout de même causer des troubles d'audition, l'irritabilité, l'insomnie et même la dépression. Il est cependant difficile de déterminer les effets de cette pollution sur les vivants autres que l'homme.

Dans les activités industrielles, ainsi que les raffineries, utilisent l'eau de manière répétée et à des quantités énormes au cours des stades successifs de la chaîne de fabrication, en engendrant des eaux résiduaires.

Le volume et la composition des eaux résiduaires produits dans les raffineries de pétrole sont en fonction de la qualité du pétrole brut, de son mode de traitement et de l'emploi envisagé pour ses produits (SEKOULOV, 1999). Le volume peut varier entre 3 et 70 fois la quantité de pétrole brut traité (MEINCK & al., 1977).

Au niveau de la raffinerie d'Alger, la production, le transport et le raffinage du pétrole brut engendrent des eaux résiduaires, pour cette raison elle dispose une technique purement physique (mécanique) de traitement pour faire face à cette pollution, cette méthode consiste à collecter les effluents liquides dans deux bassins **API** pour la décantation gravitaire, puis les eaux de rejet subissent un écrémage et traversent les cages à pailles pour être filtrées. Cette opération permettant uniquement à éliminer partiellement les hydrocarbures à émulsion mécanique.

La raffinerie d'Alger doit donc se plier à une logique de réduction quantitative et qualitative des polluants de ses eaux résiduaires. Pour cela, nous avons étudié dans notre travail le taux de pollution que contiennent les effluents liquides industriels de cette raffinerie ; afin de juger leur potentiel de nuisance vis-à-vis l'environnement et estimer leur aptitude d'être traité de manière efficace conformément à la norme définie par le décret **N°06-141**, en comparant deux techniques de traitement (**la filtration par le foin utilisée au sein de la raffinerie, et l'utilisation d'un autre filtrant qui est l'antracite**).

C'est avec cet objectif que nous nous sommes intéressés dans cette étude à la caractérisation de ces eaux résiduaires, étape très importante pour améliorer ou choisir un traitement adéquat ; permettant de minimiser ou d'éliminer totalement la pollution et ses conséquences sur le milieu récepteur.

Le manuscrit présentant ce travail, qui est structuré comme suit :

- Une introduction générale dans laquelle est présentée la problématique de notre travail et l'importance du thème abordé tout en exposant clairement l'objectif visé.
- Une partie bibliographique qui regroupe le nécessaire des connaissances théoriques en rapport avec le thème étudié :
  - généralités sur la pollution industrielle liquide, qui comprend les types de pollution industrielle physique chimique et microbiologique ;
  - l'origine de cette pollution au sein d'une raffinerie ;
  - la composition du pétrole brut et son raffinage ;
  - les paramètres physico-chimiques d'analyse de la pollution des eaux résiduaires du raffinage, leurs impacts, la législation et le procédé de traitement de ces effluents.
- Le deuxième chapitre matériels et méthodes comprend trois parties :
  - Description et présentation de la zone d'étude (raffinerie d'Alger)
  - Description des unités de traitement des rejets de la raffinerie.
  - Analyse et mode opératoire (prétraitement et conditionnement du matériel, étiquetage, prélèvement et échantillonnage, et méthode d'analyse).
- Le troisième chapitre résultats et discussion, comprend les résultats d'analyse de chaque paramètre (température, pH, MES, DCO, DBO<sub>5</sub>, hydrocarbure, phénol, plomb et le chrome hexavalent) avec interprétation et comparaison des résultats d'analyse.
- Nous terminerons par une conclusion générale qui récapitule notre travail, en proposant des recommandations.



## Introduction

L'eau est devenue une matière indispensable au fonctionnement des industries principalement, utilisée au cours du processus de transformation de la matière première (raffinage du pétrole brut), pour cette raison, l'eau se trouve confrontée à des situations difficiles conduisant à la perturbation de tous les écosystèmes surtout les systèmes aquatiques.

Il existe plusieurs types de pollution mais on s'est basé sur la pollution liquide engendrée par les activités industrielles transportant en général divers produits hautement toxiques avec des taux très élevés.

Il est donc indispensable d'épurer les eaux résiduaires industrielles avant les rejeter dans le milieu naturel, en ayant des informations sur leurs origines et leurs caractéristiques physico-chimiques.

Le traitement des eaux résiduaires industrielles a pour objectif de collecter puis d'épurer ces eaux; afin de les débarrasser de la pollution dont elles sont chargées selon les procédés mis en œuvre et le degré de d'épuration souhaité.

## I. Généralités sur la pollution industrielle liquide

### I.1 Définition des eaux résiduaires industrielles (ERI)

Les effluents industriels sont des rejets d'eaux qui ont été utilisées lors de la transformation de matières premières afin de fabriquer des produits industriels utiles.

Tous effluents ou rejets industriels obtenus lors de l'extraction et de la transformation des matières premières en produits industriels, ainsi que les eaux de rejets des services généraux des industries (sanitaire et cuisine) sont considérées également comme eaux résiduaires industrielles (MIZI, 2006).

### I.2 Types de pollution industrielle liquide

Les effluents industriels liquides, entraînent par leur rejet dans le milieu, une pollution de l'eau, qui peut être définie comme une dégradation de celle-ci par une modification de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, et cela par les produits toxiques, les microorganismes et les autres matières indésirables qu'ils contiennent. Elle peut être classée en plusieurs types selon la nature de polluant et l'activité industrielle :

- Pollution physique
- Pollution chimique
- Pollution microbiologique

#### I.2.1 Pollution physique

C'est une pollution qui englobe tous les phénomènes physiques qui ont un impact sur l'environnement. Elle peut être mécanique, thermique ou radioactive :

### I.2.1.1 Pollution mécanique

La pollution mécanique résulte de la mise en suspension dans l'eau des particules d'origine diverses, et qui sont soit des éléments grossiers, du sable, ou bien des matières en suspension qui seront apportées par les eaux industrielles, et les eaux de ruissellement ; arrivant en milieu aquatique, en provoquant la baisse de la quantité d'oxygène avec une réduction de la résistance des organismes, par la toxicité de certaines substances sur l'ensemble des espèces aquatiques.

### I.2.1.2 Pollution thermique

La pollution thermique, correspond à l'augmentation ou à la diminution de la température des eaux du milieu récepteur. Elle est le résultat du rejet **d'eaux chaudes** provenant des industries utilisant **un circuit de refroidissement** de certaines installations, qui provoquent un réchauffement de l'eau par leur contact avec le milieu aquatique, ce qui influe sur la solubilité de l'oxygène.

Cependant un changement de température cause des effets significatifs sur les caractéristiques physiques, chimiques (DBO, oxygène dissous et le pH notamment) et biologiques (toxicité), mais aussi sur le comportement et la survie des organismes aquatiques :

- un abaissement important de température ralentit la plupart des réactions biochimiques voire les arrêter ;
- des augmentations de température peuvent causer la mort de certaines espèces et favorisent le développement d'autres organismes causant un déséquilibre écologique. Cette influence est marquée par la diminution de la teneur en oxygène dissous, et en accélérant aussi la biodégradation, la prolifération des germes.

### I.2.1.3 Pollution radioactive

C'est la présence de substances radioactives dans les déchets ou effluents déversés dans le milieu, ayant la propriété d'émettre des rayonnements qui agissent sur la matière ou sur les tissus vivants, provoquant directement ou indirectement l'ionisation, c'est-à-dire la formation d'atomes ou de fragments de molécules chargés et libérés dans le milieu.

Les substances radioactives sont donc des sources de rayonnement susceptibles d'entraîner une irradiation externe des êtres vivants.

Les phénomènes d'ionisation qui en résultent peuvent avoir pour conséquences des effets biologiques dont les plus graves sont les effets somatiques à long terme et les effets génétiques (**LACOURLY, 1971**).

### I.2.2 Pollution chimique

Elle se manifeste essentiellement par les rejets industriels, qui présentent des dangers chimiques, toxiques et nocifs pour l'environnement. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

### I.2.2.1 Pollution organique

Elle est générée essentiellement par les effluents chargés en **polluants organiques** (carbonés) **biodégradables**, fournis par les activités industrielles liées essentiellement à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marrés noires), on distingue principalement dans ces effluents industriels, la présence des huiles, hydrocarbures (HC) et des phénols.

La présence de ces composés dans le milieu aquatique présente une toxicité aigue à l'égard des êtres vivants, provoque ainsi une consommation importante de l'oxygène dissous, et donc l'asphyxie et la mort des organismes.

### I.2.2.2 Pollution inorganique

Cette pollution est causée par la présence de **polluants inorganiques**, on distingue essentiellement la présence :

- **des composés métalliques** tel que : **les métaux lourds** ; Al, Zn, Ag, Fe, Cu, Pb, Hg, Ni... et **les cyanures** :  $\text{CN}^-$ , l'acide cyanhydrique qui se produit en présence d'eau selon l'équilibre:  $\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{OH}^-$  ;
- **des composés non métalliques** : les nitrates, nitrites, phosphates,...

Ces composés ont tendance à s'accumuler dans les tissus des organismes vivants, et peuvent aussi causer des déséquilibres dans le milieu aquatique, tel que le phénomène d'eutrophisation (pour les composés non métalliques), avec une prolifération et développement indésirable des algues et végétaux présents dans le milieu. Les métaux toxiques comme le plomb, mercure, sont des éléments nocifs et représentent un danger pour les organismes par l'effet de toxicité qu'ils présentent.

### I.2.3 Pollution microbiologique

C'est une forme de pollution de l'eau engendrée par la présence en quantité excessive de microorganismes pathogènes tels que les virus, les parasites, ou les bactéries.

La pollution microbiologique se développe conjointement à la pollution organique, par une prolifération de germes d'origines humaine ou animale dont certains sont éminemment pathogènes, et peuvent présenter donc un risque pour la santé humaine et animale, et limitent les usages de l'eau.

## II. Composition du pétrole brut et son raffinage

Les pétroles bruts ont des caractéristiques physico-chimiques très variables d'un champ de production à un autre et même à l'intérieur du même gisement (**WAUQUIER, 1994**).

On peut classer le pétrole en deux types « **lourd et léger** ». Il est essentiellement constitué de molécules **hydrocarbonées** et plus son rapport atomique **H /C** sera grand plus sa densité sera plus faible. Cette densité varie d'un pétrole à un autre, elle peut aller de 0.7 à 1 (**WAUQUIER, 1994**).

Les principaux constituants du pétrole sont : le carbone (84-87%), l'hydrogène (11-14%), le soufre (0-3%), l'oxygène (0-2%), l'azote (0-1%) et certains métaux lourds à l'état de trace. Toutes ces différences entraînent des conditions de production, de transport, de stockage et de raffinage adaptées au pétrole et aux produits qui en dérivent, d'où la nécessité d'une connaissance la plus exacte possible de leur composition.

### II.1 Composition du pétrole

#### II.1.1 Hydrocarbures

Les hydrocarbures constituent les éléments essentiels des pétroles ; ce sont des molécules organiques ne contenant que du carbone et de l'hydrogène ; ils se divisent en plusieurs familles chimiques selon leur structure :

##### II.1.1.1 Paraffines

Ce sont les hydrocarbures aliphatiques saturés ou alcane. Les paraffines sont un enchaînement non cyclique d'atomes de carbone liés exclusivement par des liaisons simples, leur chaîne peut être linéaire ou ramifiée.

##### II.1.1.2 Naphtènes

Les naphtènes, traditionnellement dénommées cycloalcanes, sont des hydrocarbures cycliques saturés comprenant au moins une structure cyclique.

##### II.1.1.3 Hydrocarbures aromatiques

Ce sont des hydrocarbures cycliques polyinsaturés qui contiennent au moins une structure benzénique, présents en forte concentration dans les pétroles bruts. On trouve les hydrocarbures poly-aromatiques qui sont issus de la combustion incomplète de matières carbonées (**TECHER, 2011**).

Les hydrocarbures aromatiques sont des contaminants hydrophobes et donc faiblement biodisponibles. Ainsi, ils résistent à la biodégradation. En revanche, la biodégradation des hydrocarbures poly-aromatiques augmente avec la température (**CAO & al., 2009**).

### II.1.1.4 Oléfines

Les oléfines, traditionnellement dénommés alcènes, sont des hydrocarbures aliphatiques insaturés qui possèdent une ou plusieurs double liaisons carbone-carbone insaturées.

### II.1.2 Composés hétéroatomiques

Les composés hétéroatomiques contenant d'autres atomes que le carbone et l'hydrogène, on y distingue les composés organiques et les organométalliques :

#### II.1.2.1 Composés organiques hétéroatomiques

Les composés hétéroatomiques sont généralement considérés en raffinage comme des impuretés à éliminer :

- **composés soufrés** ; principalement les thiols ou mercaptans ( $C_nH_{2n+1}SH$ ), ainsi pouvant être présents sous forme chimique (sulfures  $H_2S$ , oxysulfure  $COS$ ).  
La connaissance de ces produits est importante car ils sont nocifs à divers titres : odeur désagréable, production de  $SO_2$  par combustion, empoisonnement des catalyseurs. Nombre de procédés de raffinage ont pour but l'élimination des molécules soufrées (**WAUQUIER, 1994**) ;
- **composés oxygénés**, généralement on trouve le phénol, les furanes, les acides carboxyliques et les alcools.  
L'oxygène peut jouer un rôle non négligeable ; en particulier, il est responsable de l'acidité des pétroles (**WAUQUIER, 1994**) ;
- **composés azotés** ; se trouvent sous forme des amides (saturés ou aromatiques), des amines, des pyridines (azote basique)....

#### II.1.2.2 Composés organométalliques

Dans les coupes pétrolières les plus lourdes, on trouve les composés organométalliques tels que le nickel et le vanadium qui sont les atomes les plus rencontrés.

### II.1.3 Autres composés

#### II.1.3.1 Asphaltènes

Les asphaltènes sont constitués de structures polyaromatiques riches en hétéroatomes (S, N, O et métaux), dénommés noyaux, qui sont liés à des chaînes aliphatiques. Les asphaltènes sont chimiquement très polydispersées.

#### II.1.3.2 Résines

Ce sont des composés possédant un caractère aromatique très élevé, renfermant des hétéroatomes (N, O, S..).

### II.2 Raffinage du pétrole

Le raffinage consiste au traitement du pétrole brut à travers un ensemble de procédés en vue d'obtenir des produits finis, tels que les essences, le gasoil, les fuels, les lubrifiants, les bitumes ainsi que les produits intermédiaires (naphta, distillat).

Dans les opérations de raffinage, les unités exigent la fourniture d'énormes quantités d'eau pour le traitement des hydrocarbures. Principalement l'eau est nécessaire pour les différents processus tels que :

- le refroidissement et la condensation des produits finis destinés au stockage ;
- le refroidissement des équipements mécaniques soumis à une élévation de température ;
- la production de la vapeur d'eau utilisée pour l'obtention de l'énergie électrique et mécanique.

## III. Origine de la pollution industrielle liquide dans une raffinerie

Pour traiter un problème de pollution des eaux destinées au rejet vers l'environnement ou pour un éventuel recyclage, il est nécessaire de savoir l'origine de cette pollution dans l'industrie concernée. Les sources principales de pollution dans une raffinerie sont :

### III.1 Eaux résiduelles des procédés de raffinage

#### III.1.1 Eaux de dessalage de brut

Ces eaux sont issues du procédé de dessalage, qui consiste à préchauffer le pétrole brut et à le mélanger avec de l'eau qui doit être de préférence totalement déminéralisée. Le dessaleur permet de réduire la teneur en eau (0.1 à 0.2%) et en sels (moins de 1 à 10mg.l<sup>-1</sup>) du brut avant passage en distillation. La purge du circuit de dessalage représente **5 à 6 %** du volume du brut traité (BERNE, 1991).

#### III.1.2 Condensats de procédés

Ils proviennent de la condensation des vapeurs qui ont été en contact avec les produits pétroliers, on trouve :

- les condensats de distillation atmosphérique ou sous vide ; ayant un degré de pollution très faible ;
- les condensats acides (*Sour waters*) issus d'une part, du craquage thermique dont le soufre est converti en H<sub>2</sub>S et en mercaptans. D'autre part, d'hydrotraitement dont les composés azotés sont transformés en NH<sub>3</sub>. L'acidité de ces condensats est en raison de leurs fortes teneurs en HNH<sub>4</sub>S (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, HS<sup>-</sup>) et en phénols ;
- les condensats de réchauffage de produits (Vapocraquage) ; ayant un degré de pollution plus faible, en notant la présence d'aldéhydes, d'acide acétique (pH 8 à 9) et de phénols.

#### III.1.3 Effluents particuliers de procédés

Ces effluents contiennent :

- les ERI issues de soufflage des bitumes par le procédé de distillation sous vide et la purge des ballons séparateurs de phase ; elles sont riches en hydrocarbures et en hydrogène sulfuré ;
- les solvants provenant des unités de fabrication d'huiles lubrifiantes, parmi eux on trouve ; le **furfural** (ou la N-méthylpyrrolidine (NMP)) pour l'extraction des aromatiques et la **méthyléthylcétone** (MEC) ou la méthylisobutylcétone (MIBC) pour le déparaffinage ;
- les ERI d'alkylation catalytique, présentant des teneurs élevées en acide sulfurique et/ou fluorures.

## III.2 Effluents généraux de raffinerie

### III.2.1 Effluents huileux (EH)

Ils comprennent essentiellement :

- les drainages des stockages de brut ou de produits raffinés, riche en hydrocarbures et en phénols ;
- les eaux pluviales tombées sur toutes les aires dallées de la raffinerie ou hors de ces aires, pouvant représenter des débits considérables et des pollutions accidentelles lors des orages ;
- les eaux de lavage des sols ;
- les fuites d'échangeurs qui sont d'origine accidentelle.

### III.2.2 Effluents non-huileux (ENH)

Ces effluents génèrent une pollution dissoute organique faible, ils comprennent principalement : les eaux domestiques du site (douches, sanitaires, cantines...), de laboratoire, les eaux de purge des chaudières, les éluats de régénération des échangeurs d'ions (trop salines) et les eaux de lavage des filtres.

## III.3 Effluents du transport

On trouve essentiellement :

- **Eaux de déballastage des pétroliers** ; ayant des débits instantanés très élevés. Après leur stockage, elles se caractérisent par une salinité élevée (eau de mer), une teneur en HC de 50 à 100 mg.l<sup>-1</sup> et en MES de 50 mg.l<sup>-1</sup> environ.
- **Eaux de nettoyage des Tankers**, se caractérisent par des émulsions d'HC très stables et concentrées et elles sont riches en détergent.

## III.4 Soudes usées

L'origine principale des soudes usées vient des procédés d'adoucissement des essences ou de lavages alcalins du GPL, kérosène... Leur nuisance est en raison de leur concentration en S<sub>2</sub><sup>-</sup> et en phénols.

## IV. Paramètres caractéristiques des eaux résiduaires industrielles (ERI)

Les caractéristiques des ERI représentent un certain nombre de paramètres physiques et chimiques, permettant de distinguer la gravité de la pollution, par évaluation des éléments susceptibles d'altérer la qualité des eaux, afin de traiter le problème de pollution des eaux destinées aux rejets vers l'environnement.

### IV.1 Caractéristiques physiques

#### IV.1.1 Température

La température de l'eau est un facteur écologique important, qui contrôle plusieurs processus, parmi eux :

- La solubilité des sels et surtout les gaz (en particulier l'oxygène).
- La détermination du pH.
- Le fonctionnement des systèmes d'épuration : elle peut influencer la multiplication des microorganismes affectant ainsi l'épuration biologique.
- Le métabolisme de croissance des organismes vivants dans l'eau, d'où son changement perturbe l'équilibre fragile et provoque :
  - le développement de certaines espèces avec une croissance accélérée pour les végétaux (algues), disparition d'autres espèces par son augmentation, et diminution de la quantité de l'oxygène dissous ;
  - le freinage des réactions chimiques vitales à l'écosystème par son abaissement.

La température est mesurée par thermosonde (ou par thermomètre) (GAUJOUS, 1995).

#### IV.1.2 Matières en suspension

Les matières en suspension, sont les très fines particules minérales ou organiques non dissoutes, et en suspension dans l'eau, (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluant, micro-organismes,...) qui donnent un aspect trouble à l'eau.

On distingue selon la taille des particules :

- les matières grossières ou décantables dont le diamètre est supérieur à 100µm ;
- les matières en suspension et les matières colloïdales, de dimension inférieure (qui constitue la limite entre la phase solide et la phase dissoute).

Les matières en suspension comportent, les matières organiques **MVS** et des matières minérales **MMS**.

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS} (1)$$

La totalité des particules solides véhiculées par les ERI, mesurée par peser après **filtration** ou **centrifugation** et **séchage** à **105°C**. 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.

Les MES sont exprimées en **mg.l<sup>-1</sup>**.

La présence des matières en suspension dans l'eau à l'aval du rejet, empêche la pénétration de la lumière par l'effet de la turbidité de l'eau, ce qui freine l'activité photosynthétique et donc abaissement de la productivité du milieu, et entraîne une chute en oxygène dissous et par la suite un déséquilibre de l'écosystème et la chaîne alimentaire aquatique.

L'accumulation des dépôts de MES empêchent la vie de la flore et de la faune benthique normale et dégradent la qualité de l'eau sous-jacente par les produits des fermentations. Ainsi, Les MES ont un effet néfaste direct sur l'appareil respiratoire des poissons.

### IV.1.3 Turbidité

La turbidité de l'eau (l'inverse de la transparence), est la réduction de la transparence de l'eau, donc elle représente l'opacité d'un milieu trouble.

Elle est due à la présence des particules en suspension, notamment **colloïdales** : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. (**RODIER, 2009**)

On la mesure soit :

- par observation de la couleur d'eau, en mesurant la hauteur d'eau à travers laquelle on ne distingue plus un objet (disque de SECCHI, fil de platine) ; elle est alors exprimée en mètre ;
- par méthode électronique (néphélométrie) par comparaison avec une gamme de solution de référence (silice, mastic, formazine) ; elle est alors exprimée en **mg.l<sup>-1</sup>** de silice, de mastic, ... ou en unité (NTU, Nephelometric Turbidity Unit, ou JTU - Jackson ou FTU, Formazine-) (**GAUJOUS, 1995**).

Une forte turbidité peut permettre aux microorganismes de se fixer sur ces particules en suspension.

### IV.1.4 Débit

En hydraulique le débit **Q (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>)** est défini comme étant un volume (**v**) de liquide qui s'écoule à travers une section donnée d'un canal **S (m<sup>2</sup>)** ou d'une conduite par une unité de temps (**t**), à partir de la vitesse moyenne **V (m.s<sup>-1</sup>)** perpendiculaire à cette section par la relation :

$$Q = \Delta V / \Delta t \quad \longrightarrow \quad Q = S * V \quad (2)$$

La mesure du débit est nécessaire pour : établir la charge polluante des ER et leur source industrielle, connaître les variations de débit et de charge par rapport au temps, dimensionner les équipements de transport et les ouvrages de traitement des ER ainsi savoir quantifier les eaux d'alimentation, gérer les différents problèmes des réseaux de collecte et de distribution de l'eau.

Dans le contexte environnemental, ces mesures sont ainsi nécessaires pour l'application des lois et des règlements.

### IV.2 Caractéristiques physico-chimiques

#### IV.2.1 Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1 \text{ cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de  $1 \text{ cm}$  (RODIER, 2009). Elle mesure donc la capacité de l'eau à conduire le courant électrique, dû à la présence dans le milieu d'ions (sels minéraux) chargés électriquement, ce qui permet de donner des informations sur la salinité des eaux.

Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation.

La conductivité est exprimée en siemens par mètre ( $\text{S.m}^{-1}$ ).

La concentration des sels présente dans les eaux exerce une pression osmotique sur la faune et la flore aquatique. La minéralisation ne doit pas subir donc des variations importantes afin de maintenir un équilibre écologique.

#### IV.2.2 Potentiel d'Hydrogène pH

Le pH caractérise l'acidité d'un milieu aqueux. En provoquant la dissociation de l'eau, on obtient selon la loi d'action de masse, des ions hydronium  $\text{H}_3\text{O}^+$ , et des ions hydroxydes  $\text{OH}^-$ . Lorsque les premiers prédominent sur les seconds dans un milieu aqueux, ils confèrent à ce milieu un caractère **acide** (pH de 0 à 7). En sens inverse, lorsque les seconds sont en supériorité, le milieu a un caractère basique ou **alcalin** (pH de 7 à 14) et la neutralité est attribuée pour une valeur égale à 7.

Il mesure donc la concentration des ions  $\text{H}^+$  dans l'eau, et traduit par la suite, l'acidité ou la basicité du milieu.

Sa mesure doit s'effectuer sur place de préférence par la méthode **potentiométrique**. La mesure électrique, quoique délicate, peut seule donner une valeur exacte, car elle est indépendante du potentiel d'oxydoréduction, de la couleur du milieu, ou de la turbidité et des matières colloïdales (RODIER & al., 1996).

Le pH est important pour le développement des organismes aquatiques :

- Généralement les eaux basiques, favorisent un développement normal de la vie aquatique, avec une flore riche, variée et plus diversifiée.
- Les eaux acides, limitent le développement de la vie aquatique, et particulièrement la flore. La valeur optimale des pH constituant les limites dans lesquelles un développement quasi-normal de la flore et de la faune aquatique, est comprise entre **6** et **9**.

### IV.3 Caractéristiques chimiques

#### IV.3.1 Matières polluantes organiques

On mesure les polluants organiques par la quantité d'oxygène qu'ils demandent pour être totalement oxydés, soit par voie biologique et c'est la demande biochimique en oxygène ou la DBO qui représente la quantité de matières biodégradables, soit par voie chimique et c'est la demande chimique en oxygène ou la DCO qui représente la totalité des matières organiques (**GROSCLAUDE, 1999**).

##### IV.3.1.1 Demande biochimique en oxygène DBO<sub>5</sub>

La DBO<sub>5</sub> est la concentration, en masse d'oxygène dissous, consommée pour l'oxydation par voie biochimique des matières organiques contenues dans l'échantillon, dans les conditions de l'essai (**RODIER, 2009**).

Elle représente donc la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes pour dégrader la matière organique biodégradable contenue dans un échantillon préalablementensemencé, dans des conditions précises : une température de **20°C**, pendant **5 jours**, et à l'abri de la lumière et de l'air, (s'exprime en **mg d'O<sub>2</sub> / litre**).

L'épuration biologique aérobie complète d'une eau exigerait en fait un temps de **21 jours (DBO<sub>21</sub>, dite ultime)** ou de **28 jours (DBO<sub>28</sub>)**. La durée de **21 jours** est nécessaire pour l'oxydation des composés azotés biodégradables (protéines et sels ammoniacaux). La durée de 28 jours, sinon 35, est quelquefois considérée ; elle représente le temps de dégradation de certaines familles d'hydrocarbures (**BERNE, 1991**).

Seule la DBO<sub>5</sub> soluble a un réel intérêt, car elle permet le dimensionnement du traitement biologique (**WAUQUIER, 1994**).

Cette consommation de l'oxygène présent dans l'eau, rend le milieu aquatique non vivable, en empêchant le développement des organismes aquatiques, et stimule la croissance des espèces anaérobiques, ce qui provoque un déséquilibre de la chaîne alimentaire et de l'écosystème aquatique.

##### IV.3.1.2 Demande chimique en oxygène DCO

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies (**RODIER, 2009**).

C'est donc la quantité d'oxygène nécessaire pour l'oxydation chimique des matières organiques (**biodégradables ou non**) présentes dans l'eau réalisée par un oxydant (**bichromate de potassium (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)**), à chaud (**105°C**) sous reflux, en **deux heures**. Elle est exprimée en **mg d'O<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup>**.

Sa mesure permet une estimation plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'eau. Cette oxydation provoque une asphyxie du milieu par la consommation de l'oxygène pour l'oxydation et donc un déséquilibre de l'écosystème.

### Rapport de biodégradabilité

Le rapport **DCO/ DBO**, donne une estimation de la biodégradabilité de la matière organique présente dans l'effluent.

La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine.

Ce rapport permet le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique sinon un traitement physicochimique, il détermine donc la possibilité de dégradation par les microorganismes :

- $DCO / DBO_5 = 1$  bonne biodégradabilité.
- $DCO / DBO_5 = 1,5$  à  $2$  biodégradabilité moyenne.
- $DCO / DBO_5 = 3$  à  $4$  biodégradabilité faible

Dans les eaux résiduaires, ce rapport est de l'ordre de **2 à 2.6**.

La valeur élevée de ce rapport traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteurs de la croissance bactérienne, tels que, les éléments métalliques, les solvants, les phénols, les hydrocarbures...etc.

### IV.3.2 Hydrocarbures (HC)

Les hydrocarbures ( $C_xH_y$ ) sont des composés chimiques formés uniquement de carbone et d'hydrogène (d'où leur nom). Ils sont essentiellement utilisés comme carburants, comme combustibles et comme bases pour la fabrication des huiles lubrifiantes. Ils constituent aussi la matière première des synthèses pétrochimiques (**LEFEBVRE, 1978**).

Les HC proviennent essentiellement du pétrole brut, comme source principale des effluents industriels.

La présence de ces composés dans l'effluent rejeté, représente l'une des plus importantes pollutions dans le milieu aquatique, par la toxicité qu'ils provoquent, en empêchant le développement voire la mort de nombreuses espèces aquatiques par des asphyxies de la faune et de la flore.

### IV.3.3 Phénol

Le phénol est un composé organique de formule  $C_6H_5-OH$ , renfermant un ou plusieurs groupements hydroxyles liés à un noyau aromatique.

Les composés phénoliques comprennent le phénol et ses dérivés substitués tels que le **chlorophénol**, le **nitrophénol**, le **crésol**, les **diméthylphénol** ou **xylol** (**MESSROUK, 2011**).

Le phénol susceptible de se rencontrer dans les eaux est généralement d'origine industrielle (chlorophénol, nitrophénol, alkylphénol...) (**RODIER, 2009**).

Ce sont des composés toxiques et pénètrent aisément dans l'organisme des animaux par voie cutanée.

Le phénol perturbe la perméabilité passive des végétaux et entraîne une inhibition de leur croissance. Il est plus lourd que l'eau et tend à se déposer. Il se dissout lentement et même dilué, continue à former des composés toxiques.

### IV.3.4 Métaux lourds

Les métaux lourds sont les éléments les plus nocifs dans les eaux résiduaires. Leur origine est avant tout industrielle mais aussi diffuse (corrosion des tuyauteries). Les métaux les plus fréquemment retrouvés dans les eaux résiduaires sont le fer, l'aluminium, le cuivre, le zinc, le cadmium, le chrome, le plomb, le mercure et le nickel (**RODIER, 2009**).

Quelques métaux lourds, comme le Zn, Cu, Mn, et Fe, sont indispensables à la croissance et au bien-être des organismes vivants, y compris de l'homme. On peut néanmoins s'attendre à ce qu'ils aient des effets toxiques quand les organismes sont exposés à des niveaux de concentration supérieurs à ceux qu'ils requièrent normalement. D'autres éléments, comme Pb, Hg et Cd, ne sont pas indispensables aux activités métaboliques et manifestent des propriétés toxiques.

### IV.3.5 Eléments fertilisants

Les eaux industrielles apportent des fertilisants majeurs qui sont l'azote et le phosphore. Leur présence dans les eaux de rejet, contribue à l'eutrophisation des cours d'eau qui provoque un déséquilibre du milieu aquatique, et cela par une prolifération d'algues et une diminution de l'oxygène dissous.

**Azote** : l'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral (**Rodier, 2009**). Il est présent dans l'eau sous différentes formes : l'azote organique, azote ammoniacal, les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).

**Le phosphore** : les différentes formes de phosphore susceptibles de se trouver dans l'eau sont, les ions orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et les ions phosphates condensés avec des molécules organiques.

## IV.4 Impacts des eaux résiduaires industrielles sur l'environnement

Les impacts que provoque le rejet des effluents industriels liquides sur le milieu récepteur se manifestent par la pollution de l'eau, causée essentiellement par la toxicité des substances chimiques organiques ou inorganiques et autres substances polluantes.

Par conséquent, les effluents chimiques fortement toxiques rejoignent le milieu récepteur, polluant de ce fait les eaux douces et donc les eaux de mer et peuvent contribuer même à la contamination de la nappe phréatique en descendant dans le sol.

Cette pollution provoque une dégradation de l'environnement et une contamination de l'eau (milieu récepteur) qui entraîne donc une perturbation et un déséquilibre de l'écosystème, les dangers correspondent donc à des effets indésirables pour les êtres vivants.

Ses conséquences peuvent être :

- **sanitaires** qui affectent la santé humaine par les maladies et les pathologies ;
- **écologiques** par la perturbation de l'écosystème aquatique et provoque ainsi la mort des organismes par la réduction de l'oxygène dissous ;
- **économiques** par une diminution des ressources en eau, car cette eau polluée devient impropre à l'utilisation pour l'agriculture et même l'industrie, mais aussi des impacts sur le tourisme.

### IV.5 Législation sur les eaux résiduaires industrielles

Le caractère dangereux que présente le rejet de substances chimiques dans l'environnement a mené les autorités à prendre les mesures légales et réglementaires pour protéger l'homme et son environnement, dont le but est de traiter les eaux usées et produire une eau non polluée, qui satisfait aux normes de rejets.

Parmi l'ensemble des démarches qui sont destinées à analyser les effets de l'industrie sur l'environnement et pour garantir un niveau élevé de protection des eaux dans le cadre de développement durable, le décret exécutif n° **93-160** du 10 juillet 1993, du journal officiel de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides dans son chapitre I, article 2 (*voir annexe I*) définit **un rejet** comme tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents liquides industriels dans le milieu naturel, les valeurs limites de ce rejet sont celles fixées en son annexe.

Ces mêmes valeurs viennent d'être renforcées par un nouveau texte réglementaire; le Décret exécutif n° **06-141** du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3 (*voir annexe I*).

Les valeurs limites maximales de rejet d'effluents fixées par ces deux décrets sont regroupées dans le tableau N° 1.

## Synthèse bibliographique

**Tableau 1 :** Les valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur  
(Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6.5 – 8.5
MES	mg/l	35
DBO <sub>5</sub>	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
cyanures	mg/l	0.1
Aluminium	mg/l	03
Cadmium	mg/l	0.2
Fer	mg/l	03
Manganèse	mg/l	01
Mercure total	mg/l	0.01
Nickel total	mg/l	0.5
Plomb total	mg/l	0.5
Cuivre total	mg/l	0.5
Zinc total	mg/l	03
Huiles et graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice phénols	mg/l	0.3
Fluor et composés	mg/l	15
Etain total	mg/l	02
Composés organiques chlorés	mg/l	05
Chrome total	mg/l	0.5
(*) Chrome 3+	mg/l	03
(*) Chrome 6+	mg/l	0.1
(*) Solvants organiques	mg/l	20
(*) Chlore actif	mg/l	01
(*) PCB	mg/l	0.001
(*) Détergents	mg/l	02
(*) Tensioactifs anioniques	mg/l	10

(\*) Valeurs fixées par le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993.

### IV.5.1 Règlement sur les ERI des raffineries de pétrole

Le décret exécutif n°06-141 définissant les règlements sur les effluents liquides du raffinage de pétrole, visant à limiter les charges des contaminants les plus susceptibles de se retrouver dans les rejets finaux des raffineries (voir tableau N° 2).

Les normes relatives aux valeurs maximales permises sont exprimées en gramme par tonne de pétrole brut, sur la base de la capacité quotidienne de raffinage déclarée par l'entreprise. Par conséquent, l'allocation de rejets fluctue proportionnellement à la quantité de pétrole traité par la raffinerie.

Ainsi ce décret réglemente les valeurs limites des rejets en prenant en considération l'ancienneté des installations pétrolières en attendant la mise à niveau de ces installations dans un délai de sept (7) ans (conformément aux dispositions législatives en vigueur, et notamment celles de la loi n°05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005).

**Tableau 2 :** Valeurs limites des paramètres de rejet d'effluents liquides industriels du raffinage de pétrole (annexe I) (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006 annexe II).

Paramètres	Unité	Valeurs limites	Tolérance aux valeurs limites Anciennes installations
Débit d'eau	m <sup>3</sup> /t	1	1.2
Température	°C	30	35
pH	-	5.5 – 8.5	5.5 – 8.5
DBO <sub>5</sub>	g/t	25	30
DCO	g/t	100	120
MES	g/t	25	30
Azote total	g/t	20	25
Huiles et graisses	mg/l	15	20
Phénol	g/t	0.25	0.5
Hydrocarbures	g/t	5	10
Plomb	mg/l	0.5	1
Chrome 3+	mg/l	0.05	0.3
Chrome 6+	mg/l	0.1	0.5

### V. Traitement des eaux résiduaires industrielles

La dépollution des effluents liquides industriels, compte tenu de leur hétérogénéité de composition, les procédés mis en œuvre et le degré d'épuration souhaité, conduira toujours à la conception d'une chaîne de traitements assurant par étapes successives, l'élimination des différents polluants que renferment ces eaux résiduaires en se basant sur les des objectifs visés pour la qualité de l'eau traitée.

Selon la forme et la nature de la pollution, les procédés de traitement se basent sur la séparation et l'élimination : des matières en suspension, des matières solubles dont certaine proportion pourra être converties en matières en suspension ce qu'on appelle la matière colloïdale.

D'une manière générale, l'épuration des eaux d'une raffinerie passe par trois étapes, on procède toujours dans un premier stade, par l'élimination de la pollution insoluble (solides en suspension plus ou moins finement dispersés, liquides non miscibles à l'eau) ce qu'on appelle le prétraitement (traitement préliminaire), puis le traitement primaire (physico-chimique) et le traitement secondaire (biologique). Dans certains cas, des traitements tertiaires ou de finition sont nécessaires (désinfection et réduction d'odeur), notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible.

#### V.1 Nécessité d'une séparation des rejets

La séparation des rejets permet d'être en conformité avec les normes les plus sévères au moindre coût, en collectant les effluents de même nature susceptibles d'être traités par des techniques appropriées en évitant la dilution par des eaux dépourvues de pollution.

Les différentes sources d'eaux résiduaires du raffinage qui sont déjà indiquées au-dessus, doivent subir un traitement séparatif :

- **les rejets liés aux procédés de la raffinerie** : un réseau spécifique pour traiter ces eaux séparément des autres effluents, il permet d'atteindre dans les meilleures conditions les normes des rejets les plus sévères en azote, DBO, DCO car les concentrations sont suffisamment élevées ;
- **les effluents généraux de la raffinerie** : leur traitement séparément des autres rejets, permet par utilisation de la biofiltration de mieux s'adapter aux pollutions diluées en DBO et  $\text{NH}_4^+$  et aux salinités élevées ;
- **les soudes usées** : nécessitant un prétraitement spécifique avant incorporation aux autres rejets ;
- **Les éluats des échangeurs d'ions** : nécessitant une neutralisation avant d'être rejetés directement.

L'organisation des traitements doit alors être précédée d'une séparation des égouts qui permet **d'adapter chaque traitement** à chaque niveau de pollution et de le rendre ainsi à la fois plus performant et moins coûteux à la construction comme en exploitation (**BERNE, 1991**).

Ainsi, les réseaux de rejets doivent se compléter par des capacités importantes de stockage qui permettent de gérer les pollutions accidentelles dues à des pannes de fonctionnement des installations de traitement, aux gros orages, aux arrêts d'unités pour entretien, etc.

## V.2 Procédé de traitement des ERI

### V.2.1 Prétraitements (Prédéshuilage)

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute, la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constitueront une gêne pour les traitements ultérieurs. Il s'agit principalement des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage) (**DEGREMONT, 1978**).

Dans l'industrie du raffinage cette étape se nomme **prédéshuilage**, elle a pour objectifs :

- d'éliminer les hydrocarbures insolubles flottants et d'une fraction des émulsions mécaniques très instables en vue d'assurer la protection et la bonne exploitation des systèmes placés en aval ;
- d'exclure les matières en suspension libres non colloïdales, tels que sable, produits de corrosion, précipités minéraux, argiles fines... ;
- de retenir la quantité massive d'HC ou de MES, liées aux accidents ou aux opérations de maintenance mal contrôlées.

#### V.2.1.1 Dégrillage

Le dégrillage consiste à faire passer l'eau résiduaire à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de **60 à 80°** sur l'horizontale. L'espacement des barreaux varie de **10 à 100 mm**. La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux est comprise entre **0,6 et 1 m.s<sup>-1</sup>**.

Le dégrillage permet aussi de protéger la station contre l'arrivée intempestive des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation. Les éléments retenus sont, ensuite, éliminés avec les odeurs ménagères (**DEGREMONT, 1978**).

#### V.2.1.2 Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des rejets industriels, les graviers, les sables et autres matières minérales denses de façon à éviter les dépôts dans les conduites et canaux, et à protéger les pompes contre l'abrasion et à éviter de surcharger les étapes suivantes du traitement.

Le domaine usuel du dessablage porte sur les particules supérieures à 200 µm. Une granulométrie inférieure sera du ressort de la décantation.

L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage (DEGREMONT, 1978).

### V.2.1.3 Déshuilage

On peut considérer que le déshuilage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau.

Le déshuilage est effectué classiquement par des déshuileurs gravitaires (séparateurs) comprenant deux familles :

#### a. Les déshuileurs décanteurs

Ce sont les séparateurs **longitudinaux** « **API** » et les séparateurs **circulaires**, les plus utilisés dans les raffineries. Ils sont dimensionnés dans le but d'éliminer les globules huileux supérieurs à 150 µm.

Ces appareils sont calculés suivant une norme **API** (*American Petroleum Institute*), appliquée au dimensionnement et à la conception de décanteurs longitudinaux classiques. Les séparateurs usuels sont équipés de raclage d'huile en surface, et la norme API recommande la mise en place d'une cellule séparative supplémentaire permettant les vidanges et entretiens (WAUQUIER, 1994).

Ils sont constitués de bassins rectangulaires à circulation longitudinale, comportant un raclage de fond et de surface, effectué par pont ou par chaîne.

L'huile en surface est évacuée par goulottes orientables ou tambours oléophiles.

Il existe des ouvrages longitudinaux et circulaires comportant une zone d'aération où les bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération.

#### b. Déshuileurs lamellaires

Ces appareils de type « **CPI** » (*Corrugated Plates Interceptors*), « **TPS** » (*Tiled Plates Separators*) ou « **PPI** » (*Parallel Plates Interceptors*) utilisent un ensemble de plaques parallèles, inclinées de **45** à **60°** insérées dans un séparateur déshuileur (WAUQUIER, 1994).

On utilise les déshuileurs à plaques dans le but d'éliminer les globules huileux plus fins (< 50 µm) ; dans lesquels les gouttelettes d'huile n'ont à parcourir, avant d'être captées, qu'un court chemin, limité par l'espacement entre les plaques (variable de 20 à 100 mm). Ces dispositifs présentent une grande compacité et une bonne efficacité sur les ERI moyennement chargées en hydrocarbures. Alors, ils sont adaptés au traitement des condensats de procédé qui sont propres.

### V.2.1.4 Stripping des condensats de procédés

Le stripping correspond à l'entraînement de gaz ou produits volatils dissous dans l'eau par l'action d'un autre gaz, en réalisant en fait une désorption.

Les rejets industriels susceptibles d'être traités par stripping sont : les produits soufrés (hydrogène sulfuré  $H_2S$ , les sulfures...), azotés (ammoniac dissous  $NH_3$ , ions ammonium) et certaines matières organiques à caractère volatil (solvants, phénols, alcools...).

Le gaz extracteur peut être de l'air, mais plus souvent de la vapeur ou des gaz de fumée, parfois du gaz naturel.

Pour limiter au maximum les risques de pollutions atmosphériques, les produits volatils entraînés par le gaz vecteur sont détruits par combustion dans un four ou récupérés dans des solutions où ils sont fixés et/ou oxydés.

Cette opération permet d'éliminer 90 à 98% des sulfures et 92 à 97% de l'ammonium volatil (**WAUQUIER, 1994**).

### V.2.2 Traitement primaire

L'épuration primaire consiste en un traitement physico-chimique des effluents pré-déshuilés, afin d'éliminer les polluants insolubles ou matières liquides non miscibles à l'eau.

Elle est indispensable avant le traitement biologique car le fonctionnement de celui-ci serait altéré par la teneur excessive en MES non biodégradable (50 à 200  $mg.l^{-1}$ ) et par la teneur en HC insolubles qui ne permettrait pas la respiration des bactéries (**WAUQUIER, 1994**).

C'est la phase intermédiaire entre le pré-déshuilage et l'épuration biologique. Ce traitement associe une réaction chimique à une séparation physique.

Parmi les procédés les plus utilisés, nous citons la coagulation-floculation, la décantation et la filtration :

#### V.2.2.1 Coagulation – floculation

La coagulation permet de se débarrasser et de déstabiliser les MES et des particules colloïdales qui ne peuvent décanter par elles-mêmes.

Pour faciliter leur prise en masse, on utilise des agents chimiques (coagulants) ; permettant l'accroissement de leur taille et une décantation plus rapide.

En pratique, on utilise essentiellement des sels de fer et d'aluminium à cations trivalents ( $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ).

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un flocc qui on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration (**DES JARDINS, 1997**).

Ce procédé nécessite également l'ajout d'un réactif chimique (floculant), qui est faiblement cationique (macromolécules organiques possédant des groupes ioniques).

### V.2.2.2 Décantation

La décantation est une technique très répandue de séparation des particules, des matières en suspensions décantables présentant une granulométrie supérieure à 50µm et des colloïdes rassemblés en floc, sous l'influence des forces de gravité.

La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules (VILAGINES, 2010).

### V.2.2.3 Filtration

La filtration physique ou filtration sur un matériau est un procédé destiné à clarifier un effluent (mélange solide-liquide contenant des MES et des hydrocarbures insolubles) en les faisant passer à travers un milieu poreux (un filtre) constitué d'un matériau granulaire.

La filtration, habituellement précédée des traitements de coagulation-floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs (DES JARDINS, 1997).

Le filtre à **sable** est traditionnellement le plus utilisé, d'autres matériaux, combinés ou non avec le sable, peuvent entrer dans la composition de ce filtre tel que l'**anthracite** et le **gravier**, à travers lequel circule l'effluent à vitesse relativement faible.

L'efficacité de la filtration dépend essentiellement des caractéristiques physico-chimiques du matériau (forme, granulométrie), de l'épaisseur de la couche filtrante et de la vitesse de filtration.

### V.2.2.4 Flottation

La flottation réalise la séparation des insolubles collectés à la surface libre de l'appareillage, en utilisant la faculté de ceux-ci de se fixer à des bulles de gaz de faibles dimensions, ce qui leur confère une densité apparente plus légère que celle du milieu.

Les systèmes de flottation diffèrent essentiellement par le moyen de production des bulles gazeuses et leurs dimensions qui conditionnent l'efficacité d'une clarification par flottation. Il existe deux types de flottateurs :

#### a. Flottation à l'air dissous (FAD)

Aussi dénommé DAF (*Dissolved Air Flotation*), c'est le système le plus employé et le plus efficace pour la rétention des MES ; en accrochant de très fines bulles d'air au « floc » (50 à 100 µm) produisant d'une boue concentrée facile à détruire. Le flottateur est équipé d'un dispositif de raclage des écumes en surface et des boues de fond.

#### b. Flottation à air induit (FAI)

Aussi dénommée IAF (*Induced Air Flotation*). Ce flottateur consiste à éliminer les MES et les hydrocarbures insolubles par moussage à travers plusieurs réacteurs en série ; sous une très forte agitation induisant mécaniquement la formation de très grosses bulles d'air (0.5 à 2 mm).

### V.2.3 Traitement secondaire (Biologique)

L'épuration biologique constitue le second grand stade de l'épuration des ER du raffinage ou de la pétrochimie, stade destiné initialement à en éliminer la DBO<sub>5</sub> soluble qui subsiste après l'épuration physico-chimique et en particulier les phénols (BERNE, 1991).

En sortie du traitement physico-chimique, il reste à éliminer les polluants dissous, c'est-à-dire : les hydrocarbures solubles, les DBO et DCO solubles, le phénol et les composés azotés. Les traitements biologiques correspondent à la dégradation de contaminants organiques « biodégradables » par des microorganismes ayant la capacité de reproduction et d'assimilation. Les matières organiques passent de la forme dissoute ou colloïdale à la forme solide qui permet de les extraire des eaux usées par décantation.

Parmi les principales techniques de traitement biologique, on distingue :

- les procédés aérobies qui nécessitent une aération, une décantation, une clarification et une nitrification (lits bactériens, disques biologiques, boues activées, ...) ;
- les procédés anaérobies qui nécessitent une digestion, une méthanisation et un stockage et utilisation de gaz (fermenteurs, digesteurs,.....) ; les procédés extensifs (lagunage).

#### V.2.3.1 Traitements aérobies

Les procédés les plus couramment mis en œuvre pour la dépollution des ER du raffinage.

Les bactéries utilisées exigent un apport permanent d'oxygène, on distingue :

- **les procédés aérobies à culture bactérienne libre en suspension** dans l'eau à traiter (épuration par boues activées, lagunage naturel et aéré) ;
- **les procédés aérobies à culture bactérienne fixée sur un support** ; l'eau à traiter coule au contact de ces supports. Les micro-organismes fixent donc la pollution organique et la dégradent (épuration par lits bactériens, par biodisques ou par biofiltration).

#### a. Procédés aérobies à culture bactérienne libre en suspension

##### a.1 Les boues activées

Cette technique comporte essentiellement une phase de mise en contact de l'eau à épurer avec un floc bactérien en présence d'oxygène (aération) suivie par une phase de séparation de ce floc (clarification) qui a la double fonction de clarifier l'eau et de concentrer les boues activées pour en permettre le recyclage continu en amont du bassin d'aération.

L'aération peut se faire à partir de l'oxygène de l'eau, du gaz enrichi en oxygène, voire même d'oxygène pur, a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies.

Lorsque la matière biodégradable est consommée par la biomasse, en milieu aérobie, il y a :

- d'une part une consommation d'oxygène par les micro-organismes pour leur besoin énergétique et pour leur reproduction par division cellulaire ;
- transformation des matières polluantes dissoutes en un nouveau matériau cellulaire (polluants insolubles) et en gaz ;
- Production d'un excédent de matière vivante et de matière inerte appelée : boues en excès.

L'excédent (boues secondaires en excès) est extrait du système et évacué vers le traitement des boues (**DEGREMONT, 1978**).

### a.2 Le lagunage

Le procédé de lagunage consiste à déverser les eaux usées dans des étangs d'eaux naturelles ou artificielles peu profondes, présentant un volume élevé par rapport au débit d'effluent à traiter ; où la matière organique et les substances nutritives sont consommées par des algues grâce au processus de photosynthèse.

La matière polluante, soustraite aux eaux usées, se retrouve en grande partie dans la végétation et les sédiments accumulés, et en faible partie dans l'atmosphère sous forme de méthane et d'azote gazeux (**GRAUSCLAUDE, 1999**).

On distingue deux types de lagune :

- **les lagunes naturelles** (étangs de stabilisation), qui sont aérobies ou anaérobies facultatifs, pouvant recevoir des effluents bruts ou prétraités ;
- **les lagunes artificielles** qui sont aérées avec un aérateur artificiel, elles constituent un dispositif très proche du procédé à boues activées à faible charge.

## b. Les procédés aérobies à culture bactérienne fixée sur un support

### b.1 Les lits bactériens

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien, quelques fois appelé filtre bactérien ou filtre percolateur, consiste à faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement décantée, sur une masse de matériau de grande surface spécifique servant de support aux microorganismes épurateurs, qui y forment un feutrage ou un film plus ou moins épais, sous lequel une couche anaérobie peut se développer sous la couche aérobie, si son épaisseur est importante (**DEGREMONT, 1978**).

Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO<sub>5</sub>.

L'aération se fait naturellement ou par ventilation, dans le but d'apporter à toute la masse du lit l'oxygène nécessaire pour maintenir la microflore dans la phase aérobie.

### **b.2 Les disques biologiques**

C'est une technique faisant appel aux cultures fixées sur des disques biologiques tournants autour d'un axe horizontal et baignant en partie dans l'eau à traiter où se développent les micro-organismes et forment un film biologique épurateur à la surface des disques.

De par la rotation, la biomasse se trouve donc alternativement en contact avec l'eau à traiter et l'oxygène de l'air. La mise en rotation des disques est généralement assurée par un moteur électrique, un clarificateur dimensionné sur des vitesses ascensionnelles pouvant atteindre  $2 \text{ m.h}^{-1}$  en pointe, doit retenir les boues en excès.

### **b.3 Les bio-filtres (filtres biologiques)**

L'ouvrage se présente comme un filtre garni en matériaux de granulométrie suffisamment faible pour obtenir un effet de filtration efficace dans lequel, l'accroissement de la biomasse et les matières en suspensions de l'effluent à traiter, retenues dans le matériau, vont colmater progressivement le lit.

Le passage de l'effluent à travers ce filtre granulaire se fait de bas en haut à partir d'un plancher de répartition inférieur. Un système de répartition d'air, généré par les surpresseurs, apportant l'oxygène nécessaire aux développements bactériens.

### **V.2.3.2 Traitements anaérobies**

A l'inverse de la biodégradation aérobie, la digestion anaérobie (fermentation) des composés organiques s'effectue en l'absence d'oxygène, par des bactéries méthanogènes conduisant à la formation du méthane, un degré moindre du dioxyde de carbone et de l'eau.

Les traitements biologiques anaérobies, tout en assurant une élimination de la pollution organique carbonée de 70 à 85 %, présentent un certain nombre d'avantages par rapport aux traitements biologiques aérobies :

- faible consommation d'énergie pour les besoins du procédé ;
- faible production de boues biologiques en excès (5 fois moins que pour un traitement aérobie) ;
- récupération d'un biogaz (à 70 % de méthane) pouvant être utilisé industriellement comme source d'énergie (chauffage).

### **V.2.4 Traitements tertiaires**

Les traitements tertiaires regroupent tous les traitements complémentaires permettant d'obtenir une qualité d'effluent supérieure à celle obtenue par les procédés physico-chimiques et biologiques classiques.

Il s'agit d'affiner l'eau en poussant l'épuration le plus loin possible en se basant sur les objectifs voulus : l'amélioration des performances des paramètres classiques (MEST, DBO, DCO), l'action spécifique sur des paramètres qui ne sont que peu ou pas touchés (réduction des phosphates et d'azote et désinfection) ou bien le recyclage et réutilisation des ER.

Pour les eaux résiduaires de la pétrochimie et du raffinage, ces objectifs sont plutôt la réduction de MES et de la DCO et quelque fois, l'élimination de traces de phénol.

Les traitements tertiaires sont multiples : filtration type Biofor, chloration, adsorption sur charbon actif, épuration physicochimique avec préférence donnée aux coagulants minéraux plutôt qu'organique, oxydants divers comme  $H_2O_2$  et  $O_3$ . Ces différents procédés permettent d'obtenir les normes de rejets les plus sévères, et d'envisager les recyclages.

### V.2.5 Recyclage des eaux résiduaires

La réutilisation ou le recyclage des eaux résiduaires est un moyen efficace de préserver les ressources en eaux naturelles.

L'insuffisance des disponibilités d'eau douce a chroniquement développé les études de réutilisation d'ERI traitées ou d'ER du raffinage.

Celle-ci demande, en fait, une certaine escalade de moyens de plus en plus complexes de conception et d'exploitation qui peuvent être choisis par la satisfaction de besoins nobles (chaudières, par exemple). Par contre le recours à l'eau de mer, quand elle est voisine, permet d'effectuer les refroidissements d'échangeurs thermiques s'ils ont été prévus en conséquence (BERNE, 1991).

Ces possibilités de réutilisation sont :

- la réutilisation d'ERU épurées et des eaux propres de procédés en réfrigération ;
- le recyclage d'ER et des condensats de réchauffage à des chaudières ;
- les recyclages les plus simples sont destinés aux circuits d'eau de service et d'incendie, ou utilisés comme eau d'appoint des circuits de refroidissement.

Les recyclages sont techniquement possibles. Cependant, leurs mises en œuvre nécessitent une parfaite connaissance des circuits destinataires.

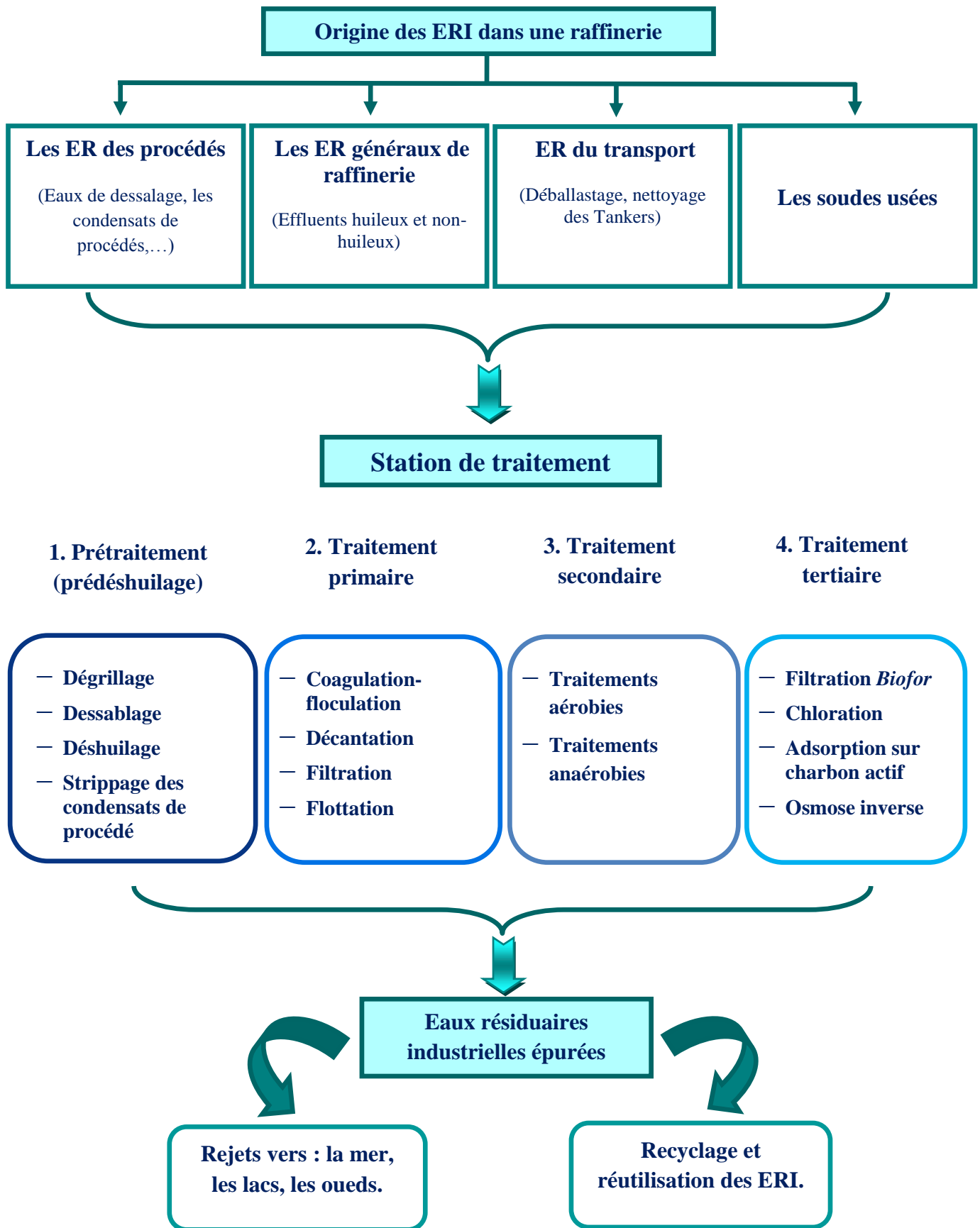
## Conclusion

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par des paramètres physico-chimiques, permettant de déterminer leur éventuelle origine au niveau d'une raffinerie et de connaître l'importance de leur charge polluante.

Ces eaux sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement dans le but de respecter les normes établies pour éviter toute nuisance et destruction des écosystèmes du milieu où elles vont être rejetées.

La figure N° 1 qui suit ; illustre les diverses origines des eaux résiduaires industrielles dans une raffinerie, les différents traitements effectués sur ces effluents et enfin leur devenir.

# Synthèse bibliographique



**Figure 1 :** Origines, traitement et devenir des eaux résiduares industrielles dans une raffinerie.



## Introduction

Les prélèvements des eaux effectués au niveau de la station de traitement des eaux résiduaires de la raffinerie d'Alger RA1G, ont pour but d'évaluer le niveau de pollution industrielle liquide, avant d'être rejetées vers le milieu naturel. Pour cela, le prélèvement et l'échantillonnage doivent être représentatifs, en respectant l'enchaînement des étapes et le conditionnement du matériel. La séquence prélèvement- échantillonnage- analyse constitue donc une chaîne cohérente pour laquelle on aura conscience de ne négliger aucun maillon.

La stratégie adoptée est la suivante ; analyser huit échantillons deux jours par semaine durant le mois de juin, des rejets de la raffinerie :

- en amont à la sortie du bassin de décantation après l'écumeur, afin de comprendre l'origine et la nature de ces effluents ;
- en aval foin pour évaluer l'efficacité du traitement physique effectué au niveau de la raffinerie;
- en aval anthracite dans le but de faire une comparaison entre l'efficacité du traitement entre le foin et l'anthracite, pour améliorer le procédé d'épuration des eaux résiduaires de la raffinerie.

Nous avons choisi de mesurer les paramètres physico-chimiques utilisés couramment pour l'évaluation de la qualité des eaux résiduaires (Débit, température, pH, DCO, DBO<sub>5</sub> et MES, Pb et Cr<sup>+6</sup>), et des paramètres spécifiques aux raffineries (phénols et hydrocarbures).

La mesure de ces paramètres a été effectuée au niveau du laboratoire de la raffinerie d'Alger.

## I. Description et présentation de la Raffinerie d'Alger RA1G

### I.1 Historique

La raffinerie d'Alger « **ex NAFTEC** » surnommée la doyenne des raffineries algériennes, le 1<sup>er</sup> complexe important construit en Algérie ; c'est une filiale de **SONATRACH** spécialisée dans le raffinage et la distribution des produits pétroliers sur le marché algérien. Le démarrage de sa construction par la société Française **FOSTERBWHEELER**, elle a été mise en service le **19 février 1964**.

Depuis le **1964** jusqu'à **1971** la raffinerie d'Alger était alimentée par Tankers du port pétrolier de Bejaia au port pétrolier d'Alger, et puis par pipe de diamètre 26" jusqu'au parc de stockage.

De **1970** à **1972** ont eu lieu la mise en service d'un pipe à Beni Mansour (Bouira) alimentant la raffinerie en pétrole brut de Hassi-Messaoud ainsi que l'extension du parc de stockage (*un bac de brut, divers bacs de produits finis et semi-finis et une sphère de butane*).

En **1982**, le raffinage et la distribution des produits pétroliers sont séparés et érigés en Entreprise Nationale de Raffinage et de Distribution des Produits Pétroliers (**ERDP-NAFTAL**).

En **1988**, le raffinage, est à son tour, séparé de l'activité distribution est érigé en Entreprise Nationale de Raffinage de Pétrole **NAFTEC** Algérie.

En avril **1998**, l'Entreprise devient une filiale dont les actions sont détenues à 100% par le Holding raffinage et chimie du Groupe **SONATRACH**.

La Raffinerie, sur le plan quantitatif, veut continuer à assurer la couverture des besoins en produits de première nécessité comme l'essence, gasoil, GPL et le kérosène, 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<sup>-1</sup> depuis le premier janvier 1999, jusqu'à 0.15 g.l<sup>-1</sup> à partir du premier janvier 2002 et la suppression totale du plomb prochainement. Son but de continuer à offrir des produits raffinés destinés à l'exportation répondant aux normes en vigueur ; et cela par l'intégration d'une unité d'hydrodésulfuration pour la production du gas-oil avec les nouvelles spécifications européennes.

### I.2 Situation géographique

La raffinerie d'Alger est située à **Sidi Arcine** (*Commune de Baraki*) à 5 Km au sud d'**EL Harrach** et à 20 Km à l'Est d'Alger et se trouve à une altitude de 20 m, occupant une superficie de **182 Hectares** (*bâti et clôturé 96 Hectares*) ; elle est délimitée :

- au Nord Ouest par le dépôt NAFTAL GPL et le centre enfûteur ;
- au Nord par les habitons d'El Harrach ;
- au Sud par les habitations de Baraki ;
- au Sud Est par la Direction Générale de SONATRACH/ACTIVITÉ AVAL/DIVISION RAFFINAGE et le siège de SONATRACH/TRC ;
- au Nord, Nord Ouest, Sud Ouest et Est par des terrains agricoles.



**Figure 2 :** *Vue aérienne de la raffinerie d'Alger (Sidi Rezine) RA1G (Google Earth, 2016).*

La raffinerie d'Alger est liée au port pétrolier par une nappe de pipes d'une longueur de **14 km**. Cette nappe est essentiellement souterraine. Néanmoins elle présente quelques portions aériennes :

- à l'intérieur de dépôts à accès réglementé (2 portions aériennes) ;
- à proximité d'habitations et d'infrastructures de transport pour la traversée de cours d'eau notamment (3 portions aériennes).

Le port pétrolier se trouve dans l'enceinte du port d'Alger du côté Est, appelé aussi **Quai 37**. En ce qui concerne le choix de la région algéroise, elle se présente comme un futur pôle de développement industriel. Et pour l'emplacement de Sidi Arcine le choix a été fait suite à une étude des sols et à la découverte d'une nappe d'eau qui est nécessaire pour l'alimentation des systèmes de refroidissement.



**Figure 3 :** *Vue aérienne générale de la raffinerie d'Alger (Sidi Rezine) RAIG et du port pétrolier avec les parties aériennes de la nappe de pipes (Google Earth, 2016).*

### I.3 Caractéristiques du site

#### I.3.1 Données hydrographiques

Le réseau hydrographique à proximité de la raffinerie est représenté essentiellement par l'Oued El Harrach à environ 2 km au Nord Ouest de la raffinerie et par une petite rivière à moins d'un 1 km à l'Ouest des limites de propriété de la raffinerie.

#### I.3.2 Données climatologiques

La région se caractérise par un climat méditerranéen typique, connu pour ses hivers doux et humides et ses étés chauds et secs.

### I.3.2.1 Précipitations

Selon les données de Dar el Beida, sur une période de 1995 à 2016, les précipitations ont un maximum de 90.5 mm/24h et un minimum de 29 mm/24h avec une moyenne annuelle de 45.6 mm/24h.

### I.3.2.2 Température

L'année se subdivise en deux périodes : une période froide avec une température moyenne inférieure à la moyenne annuelle de 17.25°C (minimum absolu de 2°C) et l'autre période chaude de température moyenne supérieure à la moyenne annuelle (maximum absolu de 46.2°C).

### I.3.2.3 Vent

Les vents dominants sont de direction Nord-Ouest pendant la saison froide et Sud-Est parfois violents pour les vents chauds appelés couramment Sirocco.

## I.4 Description des installations

La raffinerie traite le pétrole brut produit par les puits d'Hassi Messaoud qui est caractérisé par une faible teneur en soufre et une grande richesse en hydrocarbures légers. Ce pétrole est reçu par pipeline venant du dépôt d'Haoud El Hamra.

Les installations de la raffinerie se composent de deux unités :

- Unités de production
- Unités générales

### I.4.1 Unités de production

#### I.4.1.1 Unité de distillation atmosphérique (Topping)

L'**unité 100** permet de fractionner le pétrole brut en ses différentes dérivées classées selon les températures d'ébullition des hydrocarbures, telles que :

- **Les hydrocarbures légers (GPL)**, contenant :
  - des gaz **incompressibles** (Ethane et méthane) qui vont alimenter les fours de la raffinerie et l'excès de ces gaz sera brûlé au sein de la torche ;
  - des gaz **compressibles** (Butane et propane) qui seront traités au niveau de l'unité Gas-plant.
- **L'essence-SR (Straight Run) légère**, entrant dans la constitution de la carburante auto.
- **Les solvants (Naphta) légers et lourds** qui représentent l'alimentation de l'unité de Platforming.

- **Le kérosène (Jet A1)** fournissant les produits commerciaux, pétrole lampant et carburéacteur.
- **Le gas-oil léger**, matière de base du gas-oil moteur commercial.
- **Le gas-oil lourd**, entrant dans la construction des fuels légers.

La capacité de l'unité de traitement du pétrole brut est de **2 700 000 tonnes par an**.

Cependant, il est prévu une augmentation de 35% de la capacité c'est-à-dire jusqu'à **3645 millions de tonnes par an**, dans le cadre du projet de réhabilitation de la raffinerie pris en charge par la société Française **TECHNIP** dont l'achèvement est prévu en 2014.

### I.4.1.2 Unité de reforming catalytique (platforming)

L'**unité 200** a pour objectif d'augmenter l'indice d'octane par des réactions catalytiques des solvants lourds et légers fabriqués dans l'unité 100 ou stockés dans des bacs **A102, A103, A104**, en « **plat-format** » destiné à la fabrication des essences (normal, super).

Sa capacité de traitement est de **2500 m<sup>3</sup>.j<sup>1</sup>**.

### I.4.1.3 Unité gas–plant (traitement et séparation)

L'**unité 300** permet la séparation et le traitement des gaz venant des deux unités précédentes, pour produire le propane et le butane commerciaux liquéfiés.

## I.4.2 Unités générales

### I.4.2.1 Centrale thermoélectrique (Utilités)

La zone utilité a pour objectif de fournir diverses utilités au reste de la raffinerie :

- production d'énergie électrique et distribution;
- production de la vapeur d'eau utilisée dans les échangeurs de la chaleur ainsi que pour la régénération des catalyseurs ;
- production d'air comprimé ou air service / instrument ;
- production et distribution d'eau : eau brute, eau potable et eau de réfrigération ;
- réseaux torche permettant l'évacuation des gaz ou hydrocarbures en cas de surpression ou d'incident dans les unités de topping, reforming ou gas-plant.

### I.4.2.2 Zone de stockage

La raffinerie d'Alger est dotée d'un parc de **32 bacs** pour le stockage du brut, des produits finis et semi finis. Ainsi, un 2<sup>ème</sup> parc de stockage de GPL, issus des unités de fabrication.

### **I.4.2.3 Installations portuaires**

RA1G est liée au port pétrolier par une nappe de pipes de longueur de **14 km**.

Le port pétrolier est doté de 3 postes de chargement / déchargement (gasoil ; essences, GPL etc.).

### **I.4.2.4 Laboratoire**

La raffinerie d'Alger dispose d'un laboratoire qui a pour but d'analyser et de suivre la conformité des différents produits provenant du processus de raffinage et l'analyse des effluents liquides.

Ce laboratoire est partagé en deux sections:

- section contrôle de qualité ;
- section chimie.

## **I.5 Politique HSE (Hygiène, sécurité et environnement) de la raffinerie**

La politique en matière de maîtrise de l'hygiène, de la sécurité au travail ainsi que de la protection de l'environnement, est fondée sur le principe de l'amélioration continue, avec notamment comme objectifs la réduction des nuisances et des pollutions.

Vu l'importance de l'impact écologique des rejets et de la pollution générée au sein de la raffinerie, le service HSE a pour but de :

- minimiser les dégâts causés et aussi penser aux conséquences car il est de l'impossible de ne pas générer de pollution dans le domaine de l'industrie ;
- traiter les eaux résiduelles de la raffinerie ;
- traiter les eaux de forages
- valoriser les boues issues du nettoyage des bacs de pétrole.

### I.6 Unité de traitement des eaux

#### I.6.1 Origines des ER de la raffinerie d'Alger

Au niveau de la raffinerie, les eaux résiduaires proviennent de diverses sources :

##### I.6.1.1 ER des procédés du raffinage

Ce sont des eaux huileuses (riche en hydrocarbures), principalement provenant des différentes unités combinées (U100, U200 et U300), on peut distinguer :

- les eaux de dessalage de brut ;
- les condensats de procédés ;
- les eaux purgées de différents bacs : Après stockage, il se produit une décantation ; les eaux occupent donc le fond des bacs qui sont purgées régulièrement (**ER riches en hydrocarbures et en sels dissous**).  
On trouve les eaux issues de purge : des bacs de stockage des produits finis, des bacs de brut et de purge des ballons de séparation dans les unités ;
- les eaux de refroidissement des pompes avec production de condensats de vapeur (**ER chaudes riches en hydrogène sulfuré**) ;
- les eaux provenant des utilités (purgé des chaudières, eaux de régénération et de lavage des adoucisseurs) ;
- les eaux de pluie qui ruissellent sur le dallage des unités et qui sont contaminées par les hydrocarbures.

##### I.6.1.2 Eaux des services généraux

Ce sont les eaux non huileuses regroupant :

- les ER domestiques de site : douches, sanitaires, cuisines (**ER biodégradables**) ;
- les ER de services supports tels que les laboratoires (**ER riches en substances toxiques**) ;
- les eaux de pluies ruisselant sur le sol des usines entraînent différents polluants, et qui n'entrent pas en contact avec le pétrole.

### I.6.2 Organisation de la collecte

La collecte des eaux industrielles est de type séparatif. Elle s'effectue à l'aide de différents réseaux :

- réseau eaux pluviales ;
- réseau unités combinées ;
- réseau eaux de purges provenant des bacs de stockages.

### I.6.3 La nature du traitement

Le traitement des eaux industrielles au niveau de la raffinerie est purement **physique** (Désuilage et décantation) qui s'effectue dans une unité de traitement « **bassin de décantation** » appelé **API** (*American Petroleum Institute*), comportant deux réseaux (voir annexes II) :

- réseaux des eaux non huileuses ;
- réseaux des eaux huileuses.

Les éléments essentiels constituant ce bassin :

#### **Filtres à foin**

Les filtres à foin sont des cages grillagées remplies sur une épaisseur de **0,28 m** de foin traversé par le courant d'eau (**BERNE, 1991**).

Les trois filtres (figure N°4) disposés en parallèle sont inclinés avec un angle d'environ **30°**. La distance entre les filtres est de **0,50 m**. Après saturation, la charge en foin est renouvelée.



**Figure 4 :** *Filtres à foin.*

#### **Chicane**

La chicane est un obstacle disposé pour imposer le chemin d'un liquide.



**Figure 5 :** *Chicane.*

### **Ecrémeurs**

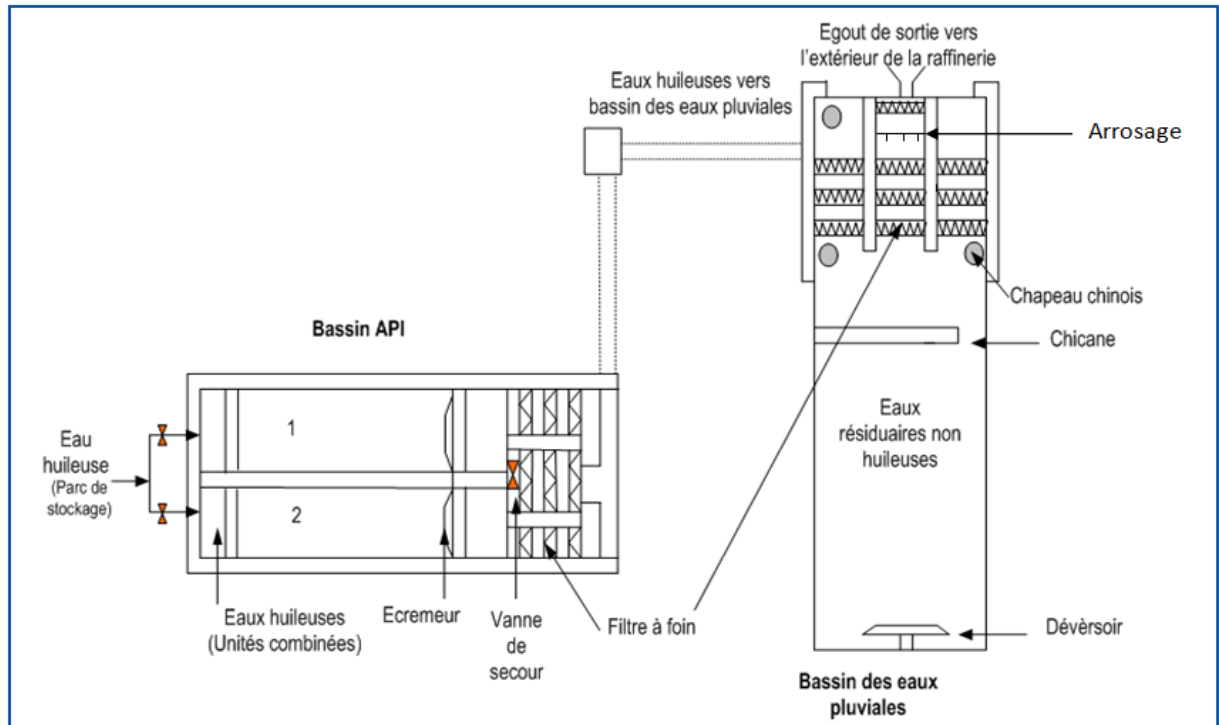
Le bassin API est équipé d'une goulotte cylindrique d'environ **200 mm** de diamètre, l'écumeur est commandé par une vanne d'arrêt manuelle pour extraction périodique des huiles surnagent l'eau (**BERNE, 1991**).

### **Chapeau chinois**

C'est un récipient ayant la forme d'un chapeau chinois; il permet de récupérer par un système d'aspiration des huiles qui stagnent devant les filtres.



**Figure 6 :** *Chapeau chinois.*



**Figure 7:** Schéma de la station du traitement des eaux huileuses et non huileuses de la raffinerie d'Alger (Etabli par M. CHENTIR, 2009).

### I.5.3 Principe du traitement

Les effluents parviennent par gravité vers le bassin API de **50 m** de longueur et **10,50 m** de largeur, doté de deux cellules de **décantation** parallèles et identiques, pouvant fonctionner simultanément ou par alternance. Généralement, dans la période d'été, une cellule reste sans fonctionnement par des vannes d'arrêt dans le but de récupérer la boue, enlever les sédiments déposés au fond du bassin ou encore pour réparer les fissures des parois ; en vidant ce bassin. Chaque cellule est équipée d'un écremeur qui permet **l'écémage des hydrocarbures** qui sont repris au niveau d'un **ballon souterrain** puis refoulés vers les **bacs à slops D1, D2 et D3**.

Une fois les hydrocarbures écémés, l'eau franchit le niveau des chicanes (**barbotage**) à une vitesse plus lente ( **$30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  environ**) dans le but de piéger les huiles, puis elle subit une **filtration et une absorption** à travers une batterie de **filtres à foie** qui seront restitués chaque trois mois pour un filtrage optimale.

Un autre bassin est destiné en principe à recevoir les eaux pluviales et de ruissellement, il s'appelle **bassin des eaux pluviales**.

Cependant, des problèmes de contamination du réseau dus au débordement du **réseau huileux** vers les caniveaux du **réseau pluvial** peuvent survenir et surtout en période hivernale ; les eaux pluviales en traversant les avaloirs des différents unités, se mélangent aux huiles déversées par les pompes.

Pour cette raison, le bassin est équipé de points d'aspiration appelés « **chapeaux chinois** ».

Ainsi, on trouve une petite barrière en béton d'environ 30 cm d'hauteur permet de diminuer la vitesse de grosses particules acheminées par le courant d'eau.

Enfin, les eaux pluviales sont mélangées aux eaux des **bassins API** ayant déjà subies les opérations mécaniques **d'écumage** et de **filtration** par le foin. Le mélange de toutes les eaux résiduaires de la raffinerie va subir un autre processus du traitement qui est **l'arrosage** par l'eau ; afin de fragmenter les floes huileux et les rendre en petites gouttelettes pour faciliter leur absorption une deuxième fois par le foin.

Le mélange est réalisé dans une **fosse** dite «**fosse A**» (Voir annexes II). Cette fosse constitue le rejet principal de la raffinerie avant l'évacuation dans le réseau communal des eaux résiduaires. Ces eaux s'écoulent vers la **station d'épuration de Baraki (ONA)** pour subir une autre épuration (**physico-chimique et biologique**).

### **I.5.4 Traitement des boues issues de nettoyage des bacs de brut**

L'opération consiste à recycler les boues des bacs de brut. Ces boues sont transférées vers le **bac à slops** où une quantité du gasoil est injectée par gravité.

Une **recirculation** est assurée en circuit fermé dans le bac à slops en maintenant une température de **80°C** environ dans ce dernier par un **circuit de vapeur**.

Après décantation, l'eau est purgée. Le produit de recirculation est récupéré pour être injecté en faible proportion dans le fuel oil de la raffinerie.

## II. Prétraitement et conditionnement du matériel

Le prélèvement et l'échantillonnage représente une phase primordiale dans l'acquisition des résultats : ces derniers n'auront de signification que s'ils ne sont pas entachés d'erreurs inhérentes à cette phase, quelle que soit par ailleurs la qualité de l'analyse proprement dite (CNEXO, 1983).

Pour cette raison, il est nécessaire de respecter un certain nombre de règles avant d'effectuer le prélèvement, telles que : le prétraitement et conditionnement du matériel, un flaconnage correct et l'étiquetage précis ; afin d'assurer une conservation, traçabilité des échantillons et par conséquent l'optimisation des résultats.

### II.1 Conditionnement du matériel

#### II.1.1 Nettoyage de la verrerie

Les différents types de récipients appropriés aux différents paramètres étudiés sont récapitulés dans l'annexe III. Il convient de nettoyer le matériel avec de l'eau et du détergent, puis le rinçage à l'eau courante de robinet, puis à l'eau distillée ; afin de réduire au minimum le risque de contamination et enfin le séchage dans l'étuve à **60° - 70°C** pendant quelques heures.

Tout le matériel utilisé après les analyses au laboratoire, doit subir le même traitement effectué avant son utilisation et on le place à l'étuve pendant au minimum une nuit, puis on le range. Ainsi, toutes les indications portées sur la verrerie ou les éventuelles étiquettes doivent être supprimées lors du nettoyage.

Pour le matériel utilisé pour l'analyse du plomb et les piluliers du spectrophotomètre HACH, on le laisse tremper dans des bacs d'acide (**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1%**) et la suite du rinçage avant séchage se fait comme énoncé précédemment.

Concernant les bouteilles de prélèvement subissant le même procédé de nettoyage, on peut avant leur utilisation, de les rincer à l'eau dans laquelle sera effectué le prélèvement, afin de réduire au minimum le risque de contamination.

#### II.1.2 Préparation des filtres de la MES

Les filtres destinés à l'analyse des MES sont mouillés à l'eau distillée, puis séchés à l'étuve à une température de **105°C** pendant **30 à 60 min** et enfin mis au dessiccateur à une période de **20 minutes**.

### II.2 L'étiquetage

Il s'agit d'indiquer : l'origine de l'échantillon (en amont ou en aval), la date du prélèvement et le type d'analyse auquel l'échantillon a été destiné. Ces informations mentionnées sur les flacons du prélèvement, permettent leur identification facile une fois arrivés au laboratoire sans ambiguïté.

### III. Prélèvement et échantillonnage

Le prélèvement est l'action de réaliser une prise d'essai et prendre une partie du milieu à étudier, alors que l'échantillonnage est une procédure par laquelle une partie du prélèvement est prise pour fournir, à des fins d'essai, un échantillon représentatif de la totalité, sur laquelle sera effectuée l'analyse.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.) (**Rodier, 2009**).

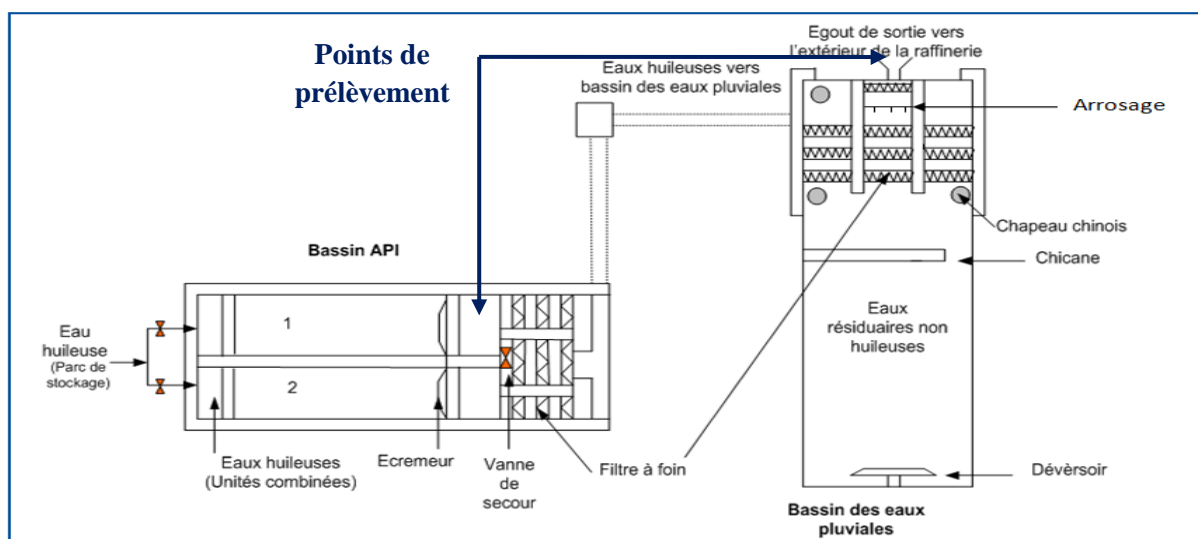
Dans notre étude, on a fait l'**échantillonnage ponctuel** où l'ensemble du volume constituant l'échantillon est prélevé en une seule fois ; étant utile pour déterminer la composition d'une eau résiduaire.

Le matériel d'échantillonnage doit être, de préférence, constitué d'un matériau inerte non susceptible de perturber les analyses effectuées sur l'échantillon.

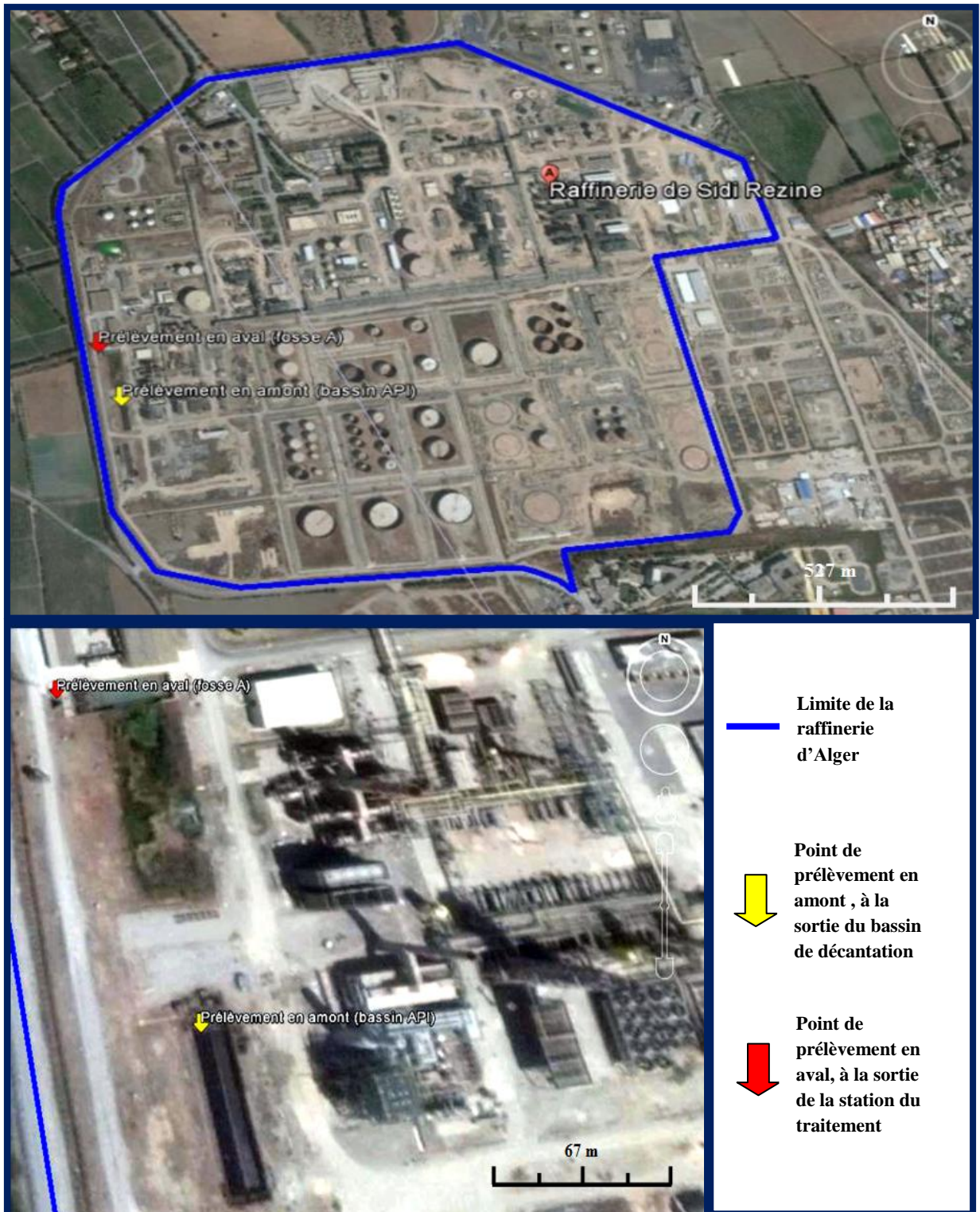
Notre échantillonnage de l'eau pour l'analyse a été fait à l'aide d'une bouteille de **1 litre** en **verre brun** pour éviter la **photo-oxydation des hydrocarbures**, liée à **une chaîne**, préalablement rincée deux fois avec l'effluent à prélever (Voir annexe IV).

Ces échantillonnages ont été effectués tout le mois entre 8h30 et 10h30 ; en amont à la sortie du bassin de décantation API après l'écumeur et en aval des filtres à foin au niveau de la fosse A ; comme illustré sur les figures N° 8 et 9.

Une fois prélevé, les échantillons d'eau seront transportés au laboratoire d'analyse pour subir les différentes analyses des eaux en aval et en amont du filtre à foin dans la même journée ; dont une partie de l'eau en amont du filtre est traitée par l'anthracite, et suit les mêmes analyses effectuées.



**Figure 8:** Schéma représentant les points de prélèvement effectués au niveau de la station du traitement des ERI de la raffinerie d'Alger.



**Figure 9 :** Vue aérienne de la station du traitement des ERI de la raffinerie d'Alger avec zoom sur les points de prélèvement (Google Earth, 2016).

### IV. Traitement par l'anthracite

Afin de comparer les résultats d'analyse des eaux en aval du foin qui est utilisé comme un filtre dans le traitement des effluents industriels liquides du raffinage ; nous avons utilisé une autre méthode de filtration, dont l'échantillon est traité par l'anthracite, en essayant par la suite de tester l'efficacité des deux matériaux dont le but était de réduire au maximum le taux de pollution engendrée.

#### IV.1 Caractéristiques techniques (anthracite support : gros grains)

Les caractéristiques techniques du filtrant utilisé durant notre étude expérimentale, peuvent se résumer comme suit :

- **poids par filtre** : 800 kg (20 sacs de 37/40 kg) ;
- **granulométrie moyenne** : 3.5 à 7 mm ;
- **densité moyenne** : 1.7 environ ;
- **poids total** :  $800 * 3 = 2400$  Kg.



**Figure 10** : *L'anthracite en grain.*

#### IV.2 Caractéristiques chimiques de l'anthracite

L'anthracite est une roche sédimentaire d'origine organique. C'est une variété de charbon grise, noirâtre et brillante extraite des mines. La composition chimique de ce matériau est indiquée dans le tableau N°3.

Tableau 3 : Composition chimique de l'anthracite.

Teneur en carbone (%)	Teneur en Eau (%)	Cendres (%)	Composants volatiles (%)	Pouvoir calorifique (kj/kg)
93-97	Env. 1%	Env. 3.5%	Env. 5%	33500-34900

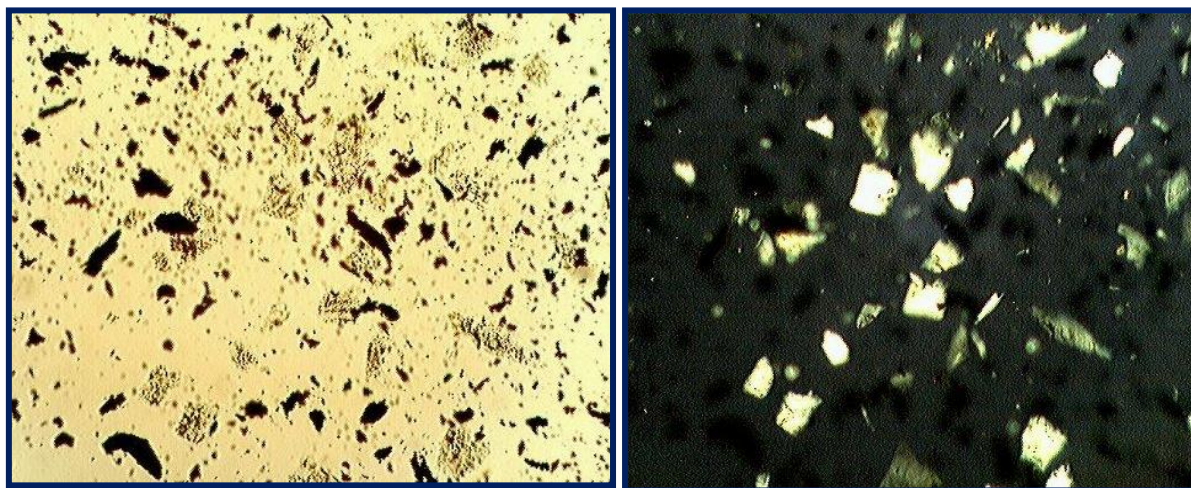


Figure 11 : Structure de l'anthracite vue sous le microscope avec lumière non polarisée puis polarisée ( $\times 100$ ) (MARTIN, 2012).

### IV.3 Procédure de filtration par l'anthracite

Les analyses physico-chimiques des **ER** en aval de l'anthracite, ont été effectuées au laboratoire, après le filtrage d'**un litre** d'eau prélevée en amont. Les étapes effectuées se résument comme suit :

## Matériels et méthodes

a)



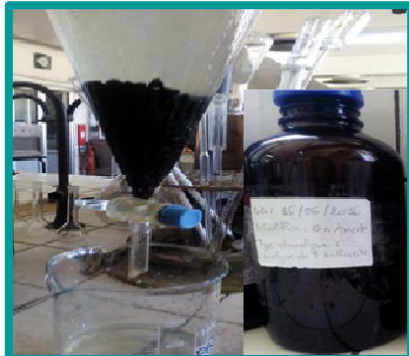
- Peser **100g** de l'anthracite préalablement préparée, dans une balance de type **DENVER instrument**.

b)



- Verser la quantité pesée dans une ampoule à décanter.

c)



- Faire passer l'effluent en amont prélevé, à travers l'ampoule contenant l'anthracite.

d)



- Récupérer l'eau sortante de l'ampoule pour suivre les mêmes analyses effectuées.

### V. Analyses et mode opératoire

Les analyses doivent être faites le plutôt possible après le prélèvement afin d'avoir des résultats représentatifs et corrects.

#### V.1 Mesure du pH et de la température

##### a. Principe et mode opératoire

La température et le pH sont des paramètres qui se mesurent *in situ* dans le site, à cause de leur évolution très rapide dans les échantillons prélevés ; dans le but de ne pas modifier les équilibres ioniques par suite d'un transport ou d'un séjour plus ou moins prolongé des échantillons dans des flacons.

Le thermomètre (ou thermosonde) n'était pas disponible au laboratoire d'analyse ce qui nous a empêché d'effectuer la mesure *in situ* et de transporter les échantillons au laboratoire, afin de mesurer les deux paramètres à l'aide d'un **pH mètre**.

La mesure de ces deux paramètres était effectuée à l'aide d'un **pH mètre METRO HM 713**, équipé d'une **sonde de température** (Voir annexe V).

La méthode de mesure selon la norme **ASTM-(M-PROD-L (61))**, consiste à plonger l'électrode de l'appareil directement dans la bouteille contenant l'échantillon d'analyse après avoir rincé à l'eau distillée ; une fois stabilisé, les valeurs des deux paramètres étaient mentionnées.

##### b. Expression des résultats

Dans de bonnes conditions opératoires la précision peut être de  $\pm 0,02$  et la sensibilité de **0,05** (Rodier, 2009).

Les résultats sont exprimés en unités de pH, à la température de mesure qui doit être indiquée, sous la forme :

$$\text{pH à } XX^{\circ}\text{C} = \text{XX,XX}$$

#### V.2 Mesure des matières en suspension

##### a. Principe et mode opératoire

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue soit par filtration ou centrifugation qui sont des méthodes gravimétriques et reposent sur une séparation physique :

- La méthode par **centrifugation** est surtout réservée aux eaux contenant trop de matières colloïdales pour être filtrées dans de bonnes conditions, en particulier si le temps de filtration est supérieur à une heure. L'eau est centrifugée à environ **3000 g** (soit 5000 trs/min pour un rayon de centrifugation de 10 cm) pendant **20 minutes**. le culot est recueilli, séché à **105°C** et pesé.

- La méthode de **filtration**, consiste à filtrer l'eau, et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesé différentielle (**RODIER, 2009**).

La filtration nous a été utile dans la détermination des MES présentes dans les effluents ; en raison de sa rapidité, de sa simplicité à mettre en œuvre et la possibilité de récupérer le filtrat. Cette méthode selon la norme **ASTM-(M- PROD- L (50))**, repose sur le principe de la double pesée; qui consiste à faire passer l'échantillon d'eau de volume **V = 100 ml** (mesuré à l'aide d'une éprouvette graduée), à travers un filtre cellulosique avec une porosité de **0.47µm** (Voir annexe V), préalablement préparé (rinçage à l'eau distillée, séchage à l'étuve et refroidissement au dessiccateur) et pesé à vide, et après la filtration, le filtre sera pesé une deuxième fois après séchage à l'étuve à une **T°** égale à **105°C** pendant **deux heures** et après passage au dessiccateur pendant **15 minutes**.

La pesée des filtres se fait à l'aide d'une balance de type DEN/VER S-114 (voir annexe V). La concentration des matières en suspension (MES) correspond au rapport de ce poids sur le volume d'eau analyse.

**Note :** Ne mettre l'eau que petit à petit, toujours en homogénéisant bien pour ne pas avoir à filtrer de trop grands volumes sur un filtre colmate.

### b. Expression des résultats

La teneur de l'eau en matières en suspension en **mg.l<sup>-1</sup>** est obtenue par la relation suivante :

$$[\text{MES}] = ((M_2 - M_1) / V) \cdot 10^3 \quad (3)$$

Où :

**M<sub>1</sub>** : masse du filtre sec avant utilisation (mg) ;

**M<sub>2</sub>** : masse du filtre sec après filtration (mg) ;

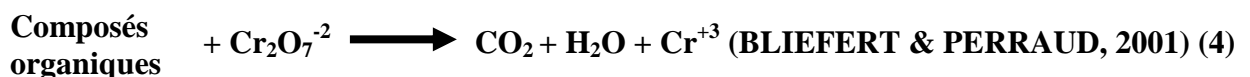
**M<sub>2</sub> - M<sub>1</sub>** : masse de la matière retenue par le filtre sec ;

**V** : volume de la prise d'eau (ml).

## V.3 Demande chimique en oxygène (DCO)

### a. Principe et mode opératoire

La détermination de la DCO se fait essentiellement par **oxydation** de l'échantillon par le dichromate de potassium (**K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>**) en présence d'acide sulfurique, de sulfate d'argent comme catalyseur d'oxydation et de sulfate de mercure II Hg<sup>+2</sup> permettant de complexer les ions chlorures (**Norme ISO 15705**) ; selon la réaction suivante :



Pour notre analyse, on a utilisé la méthode **ST-DCO**, qui repose sur l'utilisation de tubes fermés prêts à l'emploi (voir annexe V), contenant tous les réactifs nécessaires et il suffit d'introduire un volume précis d'échantillon, en laissant les tubes se chauffer pendant deux heures à une température de **150°C** et enfin on mesure la quantité de dichromate de potassium consommé lors de l'essai par spectrophotométrie et d'en déduire la quantité d'oxygène équivalente.

Pour mesurer la DCO, nous avons adopté le protocole expérimental suivant :

- allumer le réacteur à DCO et laisser la température se stabiliser à 150°C ;
- ouvrir deux tubes contenant les réactifs (gamme 0 à 150 mg.l<sup>-1</sup>), les agiter avec précaution, pipeter 2ml (± 0.02 ml) d'échantillon puis l'introduire dans l'un de ces deux tubes, puis on prend la même quantité prélevée d'eau distillée pour faire le blanc et l'introduire dans l'autre tube ;
- essuyer soigneusement l'extérieur des deux tubes puis les mettre dans le réacteur à 150°C pendant deux heures (± 10 minutes) ;
- enlever les tubes du réacteur et les mettre à refroidir ;
- effectuer la mesure d'absorbance au **spectrophotomètre** de Type **HACH** (voir annexe V), en entrant la longueur d'onde **420nm** et enfin lisant la valeur donnée pour la DCO.

### b. Expression des résultats

La valeur de DCO est donnée par le spectrophotomètre HACH; exprimée en **mg d'O<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup>**.

## V.4 Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

### a. Principe et mode opératoire

Le principe selon la norme **AFNOR NF T90-103**, consiste à mesurer la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes présents dans l'échantillon ; pendant cinq jours d'incubation à l'obscurité dans une enceinte thermostatée à **20°C**.

L'oxygène dissous dans l'échantillon est remplacé en permanence par le dioxyde du carbone CO<sub>2</sub> formé est piégé par l'hydroxyde de potassium.

Pour notre analyse, nous avons utilisé un appareillage pour la mesure directe de la DBO<sub>5</sub>, qui est l'**OxiTop** de type **IS6 (DBO-mètre)**, en raison que ce système est plus pratique, rapide et il donne des résultats représentatifs (Voir annexe V).

Avant de commencer l'analyse, on doit sélectionner la prise du volume nécessaire, après d'avoir estimé la valeur de la DBO<sub>5</sub> à **80%** de la valeur de la DCO. Les volumes sont indiqués dans le tableau en annexe V. Dans notre cas, la prise d'essai est égale à **164 ml** d'échantillon à analyser.

Le protocole de mesure de la DBO<sub>5</sub> est le suivant :

- introduire le volume 164 ml d'échantillon dans une bouteille en verre brun conditionnée auparavant contenant un barreau magnétique ;
- mettre 3 gouttes de l'inhibiteur de nitrification  $C_4H_8N_2S$  à  $5g.l^{-1}$  ;
- placer le godet en caoutchouc contenant deux pastilles de soude (NaOH) servant à absorber le  $CO_2$  produit lors de la consommation d'oxygène ; en évitant le contact total avec l'échantillon ;
- placer le manomètre (OxiTop) directement sur la bouteille, devant être fermé à moitié pendant 15 min, une fois le quart d'heure achevé, serrer bien le bouchon ;
- lancer la mesure en appuyant sur **S** et **M** simultanément (deux secondes) jusqu'à ce que l'afficheur indique **00** ;
- maintenir la bouteille sur le système d'agitation, dans une armoire thermostatique à une  $T^\circ$  de  $20\text{ }^\circ\text{C}$  pendant 5 jours. Après que la température soit atteinte, l'OxiTop lance automatiquement la mesure de la consommation d' $O_2$  (au maximum après une heure) ;
- l'OxiTop mémorise automatiquement une valeur toutes les 24 heures sur 5 jours.
- après 5 jours d'incubation, on relève la valeur de la  $DBO_5$ , en appuyant sur la touche **M** ;
- procéder enfin à la correction de la mesure en multipliant par un facteur correctif qui dépend de la quantité d'échantillon prélevé et de la gamme de mesure souhaitée, dans notre cas le facteur égal à 10.

### b. Expression des résultats

La  $DBO_5$  s'exprime en  $mg\ d'O_2.l^{-1}$ , et s'obtient par la multiplication de la valeur affichée par l'OxiTop par le facteur correspondant au volume échantillonné qui est donné par la gamme d'estimation (voir tableau annexe V).

## V.5 Hydrocarbures (HC)

### a. Principe et mode opératoire

La mesure de la quantité des hydrocarbures présents dans l'échantillon à analyser s'effectue par une méthode classique purement physique.

Les hydrocarbures présents dans l'eau sont extraits par un solvant **l'éther** ; et une fois décanté, la partie organique est récupérée, séchée sur la plaque chauffante, et enfin pesée.

Pour mesurer les hydrocarbures, on a adopté le protocole suivant :

- peser un bécher préalablement conditionné, soit  $P_0$  le poids du bécher avant utilisation ;
- verser **500 ml** de l'échantillon à analyser dans une ampoule à décanter préalablement nettoyée ;
- rajouter **50 ml** de l'éther ;
- agiter et éventer afin de dégager les gaz produits ;
- laisser décanter quelques minutes, jusqu'à l'apparition de deux phases : la phase organique et la phase aqueuse ;
- jeter la phase aqueuse, et récupérer la phase organique dans le bécher préalablement pesé, et le mettre sur la plaque chauffante réglée à une température de **180°C** afin de le sécher, puis au dessiccateur pour le refroidir pendant 15 minutes ;
- peser à nouveau le bécher et noter son poids, soit  $P_1$ .

### b. Expression des résultats

La concentration des hydrocarbures présents dans l'échantillon analysé s'exprime en  $\text{mg.l}^{-1}$  ; elle est obtenue par cette relation :

$$[\text{Hydrocarbures}] = ((P_1 - P_0) / V) \cdot 10^6 \cdot 2 \quad (5)$$

Où :

$P_0$  : poids du bécher avant utilisation (g) ;

$P_1$  : poids du bécher après utilisation (g) ;

$V$  : volume d'échantillon prélevé (ml) ;

$P_1 - P_2$  : poids des hydrocarbures retenus (g).

## IV.6 Phénol

### a. Principe et mode opératoire

Le phénol est déterminé par la méthode **4-aminoantipyrine**, qui réagit pour donner une coloration orange en présence de potassium ferricyanure (voir annexe V). Cette méthode permet de mesurer des concentrations allant de 0,00 à 0,20  $\text{mg.l}^{-1}$ .

Le protocole d'analyse du phénol est comme suit :

- prendre deux ampoules à décanter de 500ml déjà conditionnées, verser 300 ml d'eau distillée dans la 1<sup>ère</sup> ampoule pour le blanc et la même quantité prélevée d'échantillon à analyser dans l'autre ;
- rajouter dans chacune 5 ml de la solution tampon  $\text{pH} = 10$ , agiter et dégazer ;

- rajouter dans chacune 1 sachet de réactif Phénol 1, agiter et dégazer; puis 1 sachet de réactif phénol 2 et aussi agiter et dégazer ;
- rajouter dans chacune 30 ml de chloroforme, agiter et dégazer ;
- obturer chaque ampoule avec du coton, et récupérer la phase inférieure ;
- passer à la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde de **460 nm**.

### b. Expression des résultats

La concentration des phénols présents dans l'échantillon s'exprime en **mg.l<sup>-1</sup>**, elle est affichée directement par le spectrophotomètre HACH.

## V.7 Plomb

### a. Principe et mode opératoire

Le plomb est déterminé par la méthode d'extraction rapide en colonne, en utilisant des réactifs en poudre, et quantifié ensuite par colorimétrie avec un indicateur, en évaluant les résultats par spectrophotométrie à **477 nm** (voir annexe V).

Pour mesurer le plomb, on a adopté le protocole suivant :

- mettre **100 ml** d'eau à analyser dans un bécher, et ajouter **1ml** de la solution d'acide préservateur **Pb1**, agiter ;
- ajouter **1ml** de la solution fixatrice de plomb **Pb2**, agiter ;
- monter la colonne d'extraction du plomb, et verser dedans le contenu du bécher, jeter le filtrat ;
- verser 25 ml de la solution éluant **Pb3** à travers la colonne et presser avec le piston
- récupérer le filtrat dans un tube à essai et ajouter **1 ml** de la solution neutralisante **Pb4**, agiter ;
- ajouter dans le tube à essai **1** sachet d'indicateur de plomb **Pb5**, bien agiter ;
- prendre **10 ml** de l'eau du tube à essai pour le blanc, et le verser dans un pilulier
- ajouter au 10 ml du blanc, 3 gouttes de la solution décolorante **Pb6** ;
- lire la valeur de la concentration du plomb par spectrophotomètre à la longueur d'onde **477nm**.

### b. Expression des résultats

La concentration du plomb est donnée directement par le spectrophotomètre HACH, elle s'exprime en **µg.l<sup>-1</sup>**.

### V.8 Chrome hexavalent

#### a. Principe et mode opératoire

Le chrome hexavalent ( $\text{Cr}^{+6}$ ) est déterminé par la méthode **1.5diphénylcarbohydrazide colorimétrique**; en utilisant d'un réactif en poudre qui contient un tampon avec le **diphénylcarbazine** ; qui réagit pour donner une coloration rose en présence de chrome hexavalent, en mesurant sa concentration par spectrophotométrie à **540 nm**.

Le protocole de mesure du chrome hexavalent est le suivant :

- prélever **10ml** de l'eau à analyser dans un tube à essai, et ajouter le sachet de réactif chrome hexavalent, qui donne une **coloration rose** à l'eau en présence de  $\text{Cr}^{+6}$  ;
- préparer un blanc avec **10 ml** de l'eau distillée avec le sachet du même réactif ;
- lire le résultat par le spectrophotomètre HACH à une longueur d'onde de **540 nm**.

#### b. Expression des résultats

La valeur du chrome hexavalent présent dans l'échantillon analysé s'exprime en **mg.l<sup>-1</sup>**, qui est affichée par le spectrophotomètre.

### V.9 Débit

#### a. Principe et mode opératoire

La mesure du débit est effectuée par la méthode d'exploration du champ de vitesse dans une section cylindrique droite d'écoulement ; en évaluant le débit avec un courantomètre **FLO-MATE 2000/CM** (voir annexe V). Cet appareil est notamment équipé :

- d'une perche graduée de positionnement de la sonde, permet de mesurer la hauteur d'eau dans la canalisation ;
- d'une sonde électromagnétique mesurant la vitesse d'écoulement du fluide ;
- d'un module d'acquisition (enregistrement des données). Ce qui permet de calculer la section mouillée de la canalisation voire le débit.

#### b. Expression des résultats

La valeur du débit est calculée par la méthode de **SEBASTIEN** (voir annexe V).

Le débit s'exprime en  $\text{m}^3/\text{t}$  par rapport la quantité du pétrole traitée par jour.

### Conclusion

Pour obtenir des résultats fiables, des analyses des paramètres physico-chimiques, on doit suivre rigoureusement le protocole de chaque paramètre à mesurer et dresser ensuite les résultats sur une fiche récapitulative.

Les appareillages doivent avoir fait l'objet, auparavant, d'un étalonnage ou calibrage en laboratoire. La lecture de la mesure se fait après stabilisation de la valeur.

Le prétraitement et conditionnement du matériel utilisé pour cette étude, représente une étape primordiale plus importante, qu'il doit se faire avant l'échantillonnage et les analyses, pour éviter toute sorte de contamination et s'assurer de ne pas fausser les résultats.

Les bouteilles d'échantillonnage sont repérées par l'étiquetage, conduisant à l'identification facile des échantillons.

Les analyses appliquées aux différents échantillons prélevés de la station du traitement des eaux résiduaires de la raffinerie d'Alger se sont déroulées pour donner les résultats présentés avec leur interprétation dans le chapitre suivant.



### Introduction

Dans ce chapitre, on présente les résultats d'analyse de telle façon qu'ils soient facilement exploitables pour déterminer la pollution résiduaire industrielle de la raffinerie d'Alger ; afin de les interpréter pour étudier l'efficacité des processus du traitement effectués au sein de cette raffinerie (filtration par le foin), les comparer avec la norme définie par le décret N° 06-141 et enfin faire une comparaison avec le traitement par l'anthracite dans un souci d'optimiser l'épuration des eaux résiduaires de la raffinerie.

### I. Evolution des paramètres physicochimiques

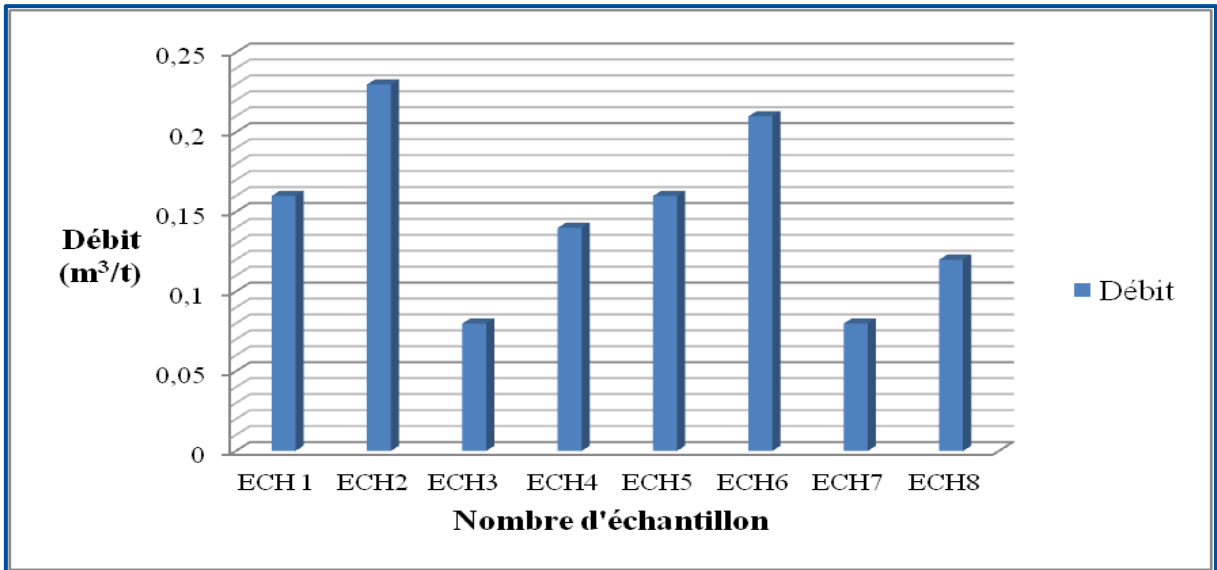
Les données acquises lors des différentes sorties sur terrain (le bassin de décantation API et la fosse A du rejet principal avant l'évacuation dans le réseau communal) concernant les paramètres physicochimiques, sont résumés dans les tableaux en annexe.

Les variations des teneurs des différents paramètres étudiés en fonction des échantillons prélevés, déterminant le degré de la pollution donc la qualité de ces échantillons, elles seront représentées dans les figures qui vont suivre.

#### I.1 Débit

Pour pouvoir préconiser un traitement fiable, il faut connaître la quantité réelle d'eau rejetée. L'estimation de la pollution globale dépend du débit de l'effluent quittant la raffinerie. Les résultats de mesure du débit volumique par la quantité du pétrole traité par jour (7534.2 t/jour) de la raffinerie, sont résumés dans le tableau N° 1 en annexe VI. La figure qui suit montre l'évolution de ce paramètre physique dans la conduite de collecte des eaux de rejet principal.

## Résultats et discussion

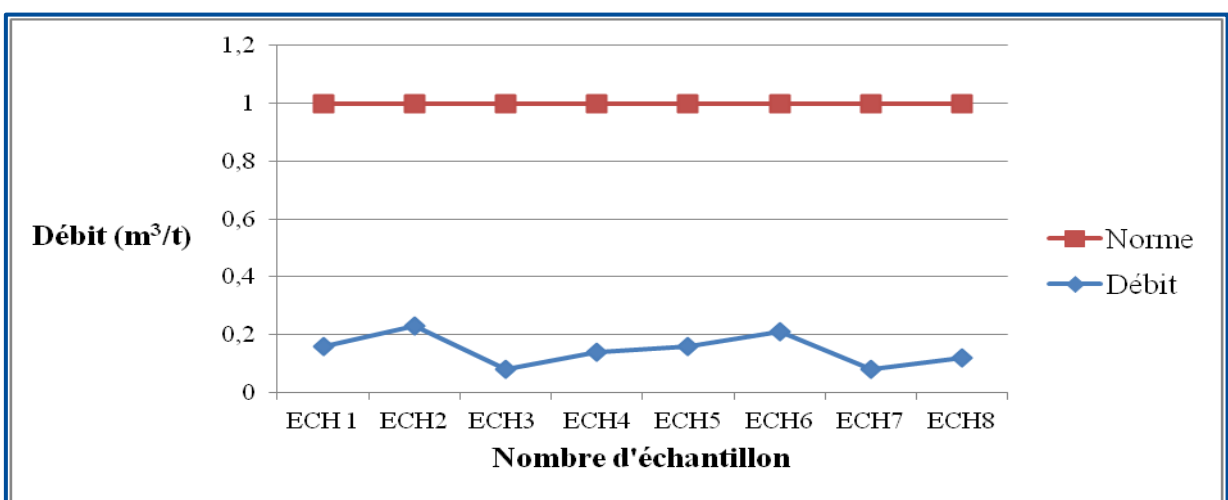


**Figure 12 :** Evolution des débits volumiques par la quantité du pétrole traité, des différents échantillons.

D'après le graphe représenté dans la figure précédente, nous arrivons à un débit moyen de **0.15 m<sup>3</sup>/t**, exprimant la quantité d'eau rejetée.

La variabilité des résultats obtenus du débit pourrait être expliquée par les différentes quantités individuelles rejetées par les purges, plus les eaux des provenant des unités (eaux des utilités et de refroidissement) et même les eaux pluviale, en tenant compte ainsi de l'extension de la raffinerie.

La figure qui suit montre des valeurs du débit, comparées à la norme définie par le décret à une valeur de **1 m<sup>3</sup>/t**.



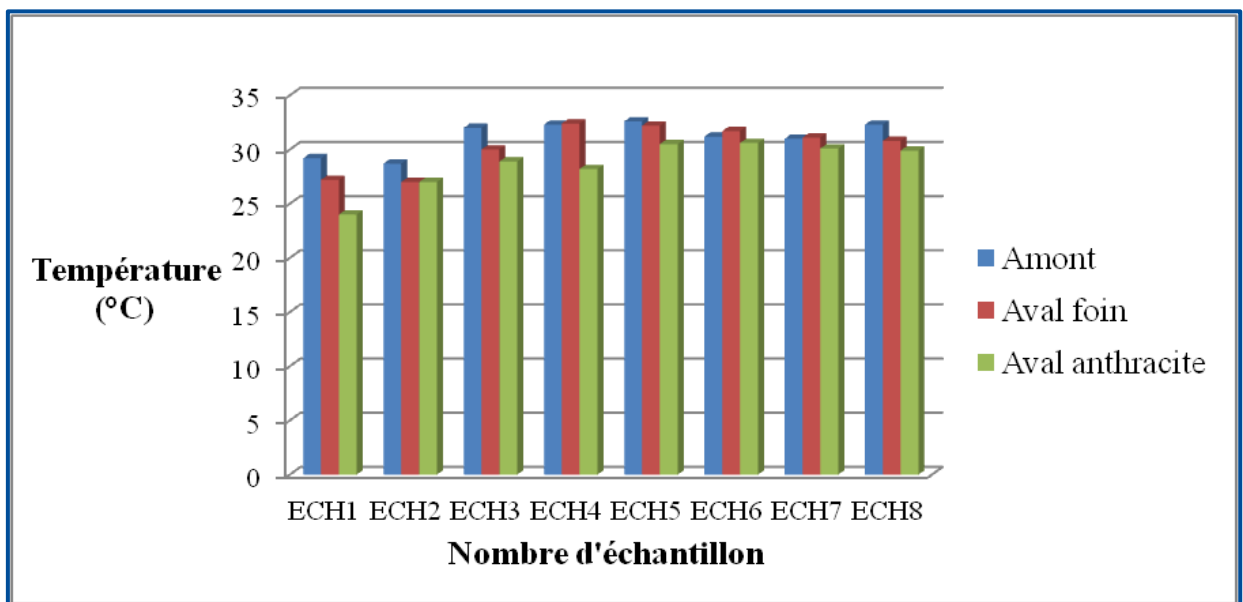
**Figure 13 :** Evolution des valeurs du débit des différents échantillons; comparées à la norme de rejet.

Comme illustré sur cette figure N°13, les valeurs du débit respectent largement la norme, ce qui explique que la quantité d'eau rejetée est faible.

La mesure du débit permet de quantifier, localiser, analyser et solutionner différents problèmes de réseau de collecte et de distribution de l'eau et enfin évaluer la performance des équipements de traitement.

### I.2 Température

Les graphiques qui vont suivre montrent l'évolution de ce paramètre à la sortie du bassin de décantation de la **RA1G**, qui est caractérisée donc par un gradient croissant de l'aval vers l'amont pour les différents échantillons.



**Figure 14 :** Evolution de la température des eaux en amont, en aval des filtres à foin, et après le traitement par l'anthracite pour les différents échantillons.

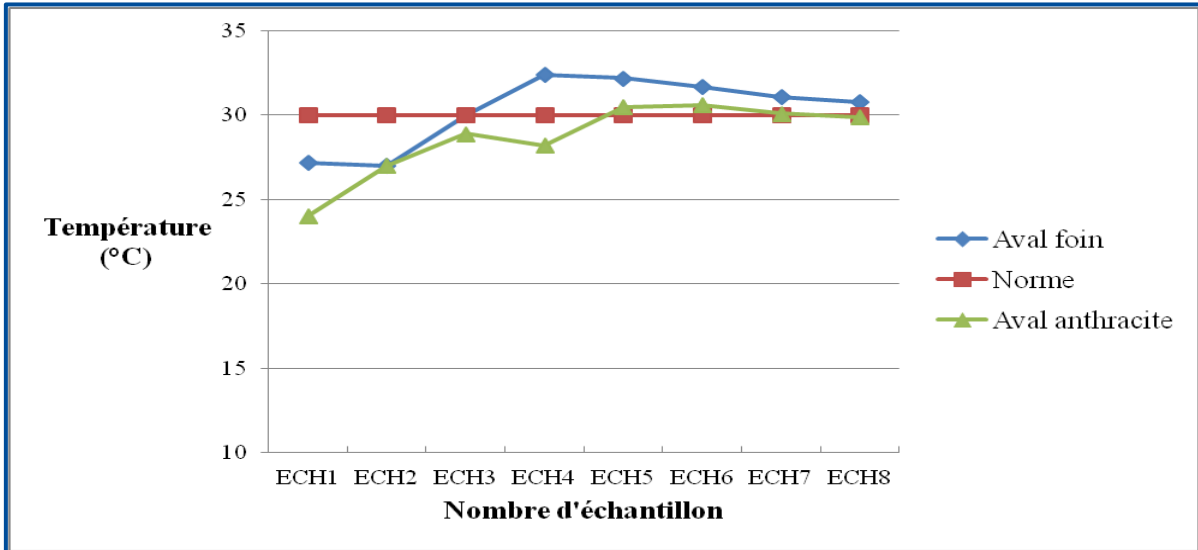
Les valeurs de la température varient entre **24** et **32.6 °C** pour les différentes analyses effectuées en amont et en aval ; en constatant que la température en amont est supérieure à celle relevée en aval qui est à son tour supérieure à celle enregistrée après le traitement par l'anthracite.

Les valeurs élevées enregistrées en amont des filtres à foin après l'écumage, sont dues aux rejets d'eaux huileuses, les eaux de refroidissement des pompes et celles purgées des chaudières qui se caractérisent par leur T° élevée, varie d'un échantillon à l'autre.

Cette température diminue légèrement après l'écoulement en arrivant à la sortie du bassin, cela explique que le procédé de traitement permet un refroidissement des ERI avant leur rejet dans le réseau communal puis le milieu récepteur, mais aussi leur transport au laboratoire pour subir le traitement par l'anthracite qui influe aussi sur sa diminution.

## Résultats et discussion

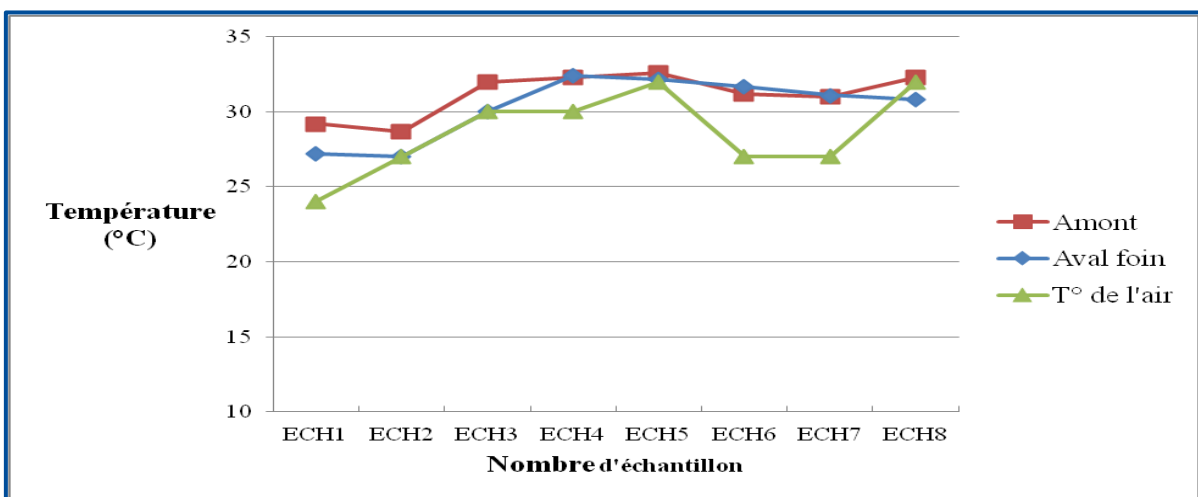
Comme illustré sur la figure N° 15, la plupart des valeurs de T° en aval du foin dépassent la norme qui est de **30°C**, ça pourrait être dû aux influences de la T° d'air qui est son tour élevée en été. La majorité des valeurs obtenues après le traitement par l'antracite sont dans la norme.



**Figure 15 :** Evolution de la température des eaux en aval des filtres à foin et anthracite; comparées à la norme de rejet.

Généralement, les eaux superficielles sont directement soumises aux influences des conditions météorologiques et donc directement liées à la température de l'air et le transfert de chaleur par convection entre les deux milieux (Figure N°16).

En effet, les valeurs de température enregistrées au niveau des différents échantillons sont comprises entre **27** et **32.4°C**, au niveau de la sortie des eaux (en aval des filtres à foin).



**Figure 16 :** Evolution de la température des eaux en amont et en aval des filtres à foin avec la température de l'air pour les différents échantillons.

## Résultats et discussion

Dans notre cas, les variations de température des eaux sont influencées par la température de l'air mais aussi par les rejets des eaux chaudes provenant des différentes unités.

Les résultats de T° obtenus après le traitement par l'antracite, sont inférieurs à 30°C, permettant le développement de la population bactériennes qui est de type mésophile, et favorisant la dégradation de la pollution organique en conséquence.

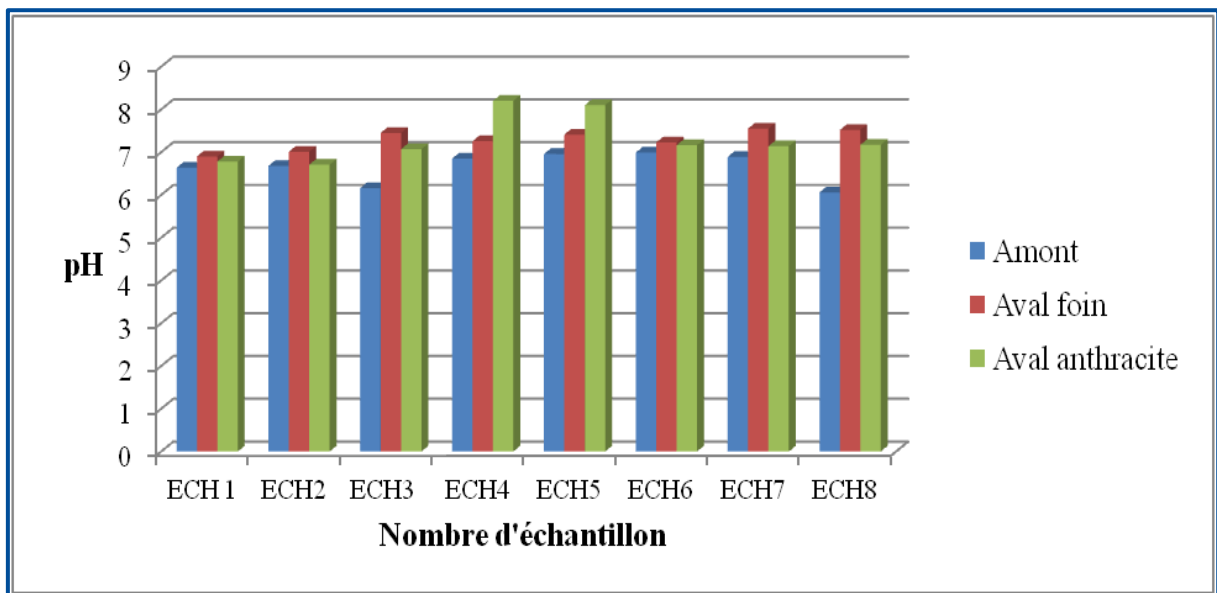
Il faut rappeler que la mesure de la température a été effectuée en sortie des unités de traitement. Or, le rejet dans le milieu naturel proprement dit (Mer Méditerranée) ne s'effectue pas immédiatement : on peut estimer que la température va nettement s'abaisser jusqu'à l'exutoire dans le milieu naturel.

L'élévation de température engendre une pollution thermique qui perturbe la vie aquatique et influe sur l'activité photosynthétique, ce qui nécessite sa limitation dans les eaux de rejet.

### I.3 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le tableau N°3 en annexe VI résume les résultats de mesure du pH obtenus lors de notre étude, la figure qui suit présente les variations de ce paramètre.

L'évolution du pH des rejets durant toute la période d'étude a montré que les eaux en amont, en aval et après le traitement par l'antracite, présentent des valeurs comprises entre **6.6** et **7.6**, dont la valeur moyenne est de **6.66** à l'entrée du bassin, et **7.29** en moyenne après le traitement par le foin et l'antracite (Figure N°17).



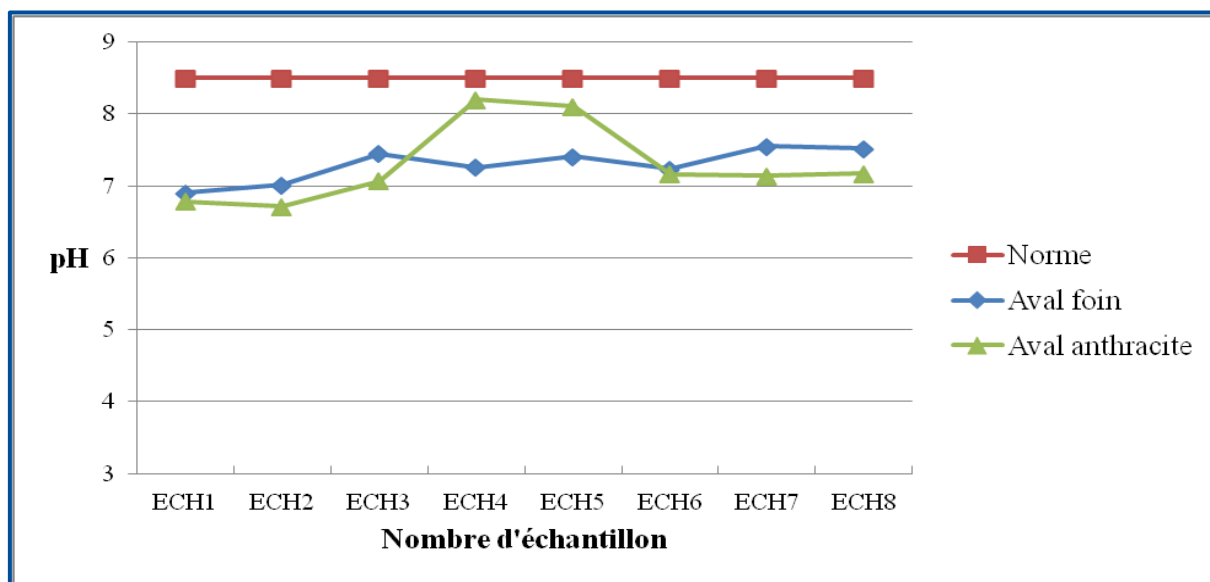
**Figure 17:** Variation du pH en amont, aval, et après le traitement par l'antracite des différents échantillons.

## Résultats et discussion

Ces valeurs sont caractérisées donc par un gradient croissant dans l'ordre : amont, aval foin, et aval anthracite, ce qui explique son élévation voire correction après le traitement par le foin et l'anthracite qui rendent le pH plus au moins neutre par rapport à l'amont qui présente des pH acides.

Les valeurs obtenues pour ce paramètre **en amont**, peuvent être expliqués par la nature de la charge des rejets provenant des unités de raffinage ; en raison leurs fortes teneurs en composés utilisés pour la protection contre la corrosion et les composés oxygénés (**les phénols**). D'après les analyses effectuées **en aval** du foin et d'anthracite, nous constatons que le circuit du traitement permet l'équilibre du pH (valeurs proches de la neutralité).

Comme illustré sur la figure N° 18, les eaux rejetées restent conformes à la norme de rejet qui est comprise entre **5.5** et **8.5**, favorisant la croissance des bactéries dans un milieu légèrement basique.



**Figure 18** : Evolution du pH des eaux en aval des filtres à foin et anthracite ; comparés à la norme de rejet.

La valeur du pH compatible avec la vie des poissons est comprise entre **5** et **9**. Cependant, pour la plupart des espèces aquatiques, la zone de pH favorable se situe entre **6** et **7,2**. Toutefois, cette valeur ne doit pas être séparée de celle des autres paramètres (température, oxygène dissous, salinité, etc.). En dehors des problèmes de pollution chimique, les eaux très alcalines peuvent présenter des peuplements riches et diversifiés (**RODIER, 2009**). Le pH dépend de l'origine des eaux. C'est l'un des paramètres parmi les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitement (**RODIER, 2009**). Les valeurs fixées par la norme de rejet doivent donc être respectées et surveillées afin d'éviter les impacts négatifs sur la vie aquatique que peuvent engendrer une eau acide ou alcaline. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable.

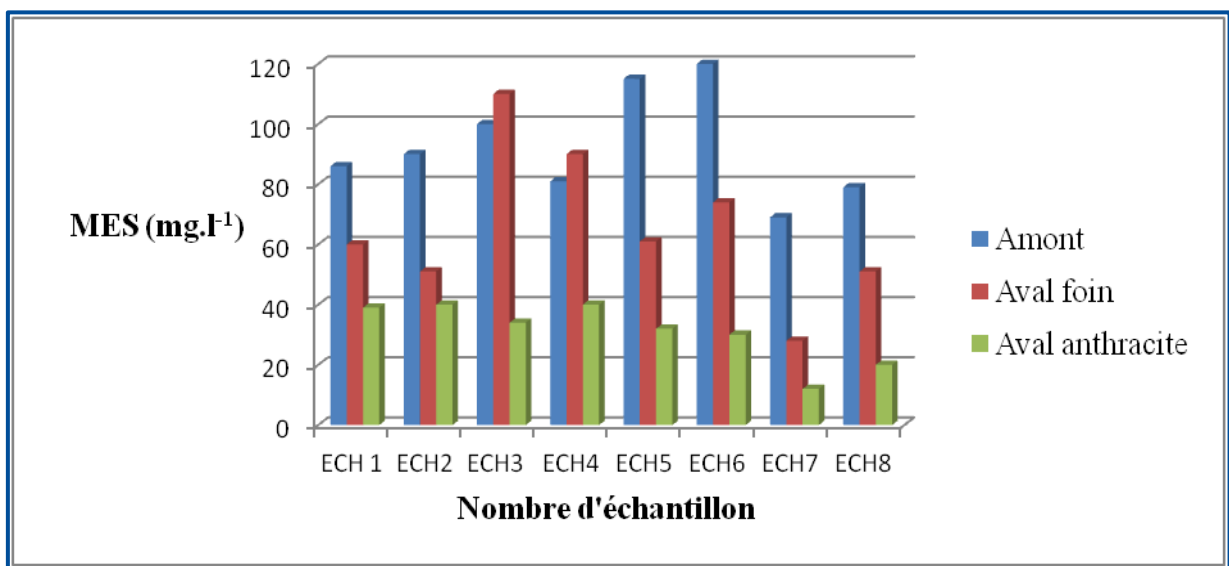
## Résultats et discussion

En outre, le pH est un élément important pour l'interprétation de la corrosion dans les canalisations des installations de l'épuration, Un pH faible (acide) peut conduire à la corrosion des métaux de canalisation et un pH élevé conduisant à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution.

### I.4 Matières en suspension (MES)

Les résultats de mesure de la MES sont résumés dans le tableau N°4 en annexe VI. La figure N°19 montre l'évolution de ce paramètre.

Dans le bassin API après le procédé d'écumage, les résultats de la matière en suspension montrent une valeur moyenne de **92.5 mg.l<sup>-1</sup>**, après le traitement cette valeur baisse jusqu'à **65.62 mg.l<sup>-1</sup>** en aval des filtres à foin et à **22 mg.l<sup>-1</sup>** après le traitement par l'antracite.



**Figure 19:** Variation des MES en amont, aval, et après le traitement par l'antracite des différents échantillons.

La quantité des MES varie selon le régime d'écoulement des eaux. Elles sont en fonction des rejets. Par ailleurs, ces matières peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, huiles, hydrocarbures ...), d'où l'élévation de ces matières enregistrée pour les eaux en amont avant de subir le traitement.

Les teneurs en MES indiquent que l'effluent contient une quantité importante de particules insolubles et décantables.

Le rendement d'élimination moyen des MES est de l'ordre de **42.31%** pour le foin, et **66.41%** pour l'antracite, nous constatons donc une élimination importante de ces derniers après le traitement par le foin, et d'une manière plus importante après le traitement par l'antracite, cela explique que ce dernier possède une filtration et une adsorption meilleure des MES que celle du foin.

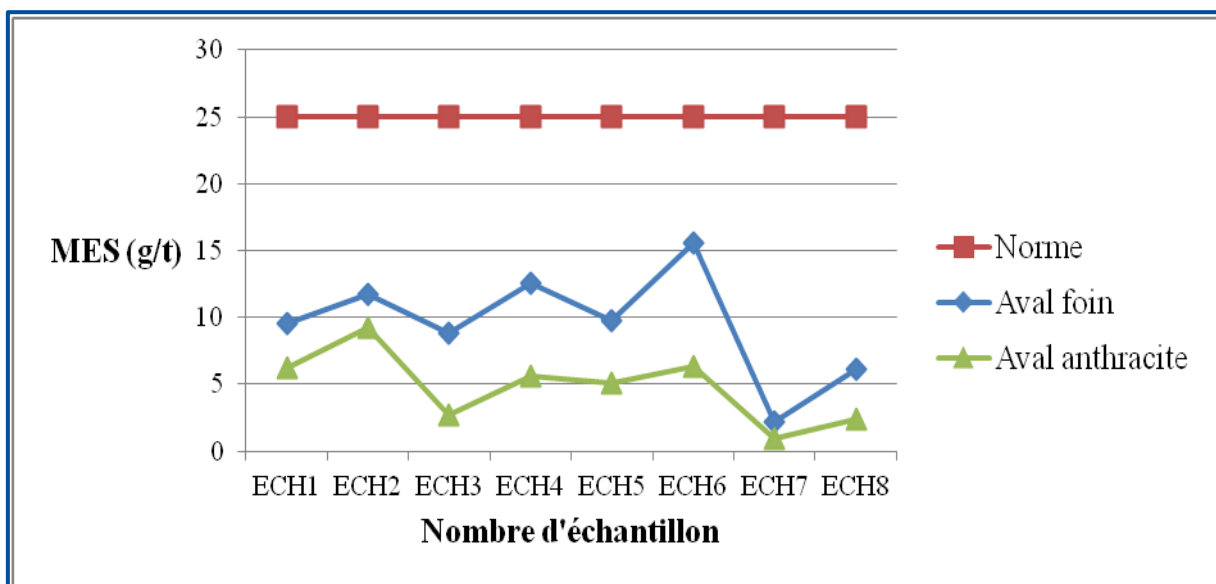
## Résultats et discussion

Nous remarquons ainsi que pour certains échantillons, le taux de la MES après le prétraitement est supérieur à celui des eaux entrantes au bassin de décantation (comme le cas des échantillons 3 et 4), cela est expliqué par le renouvellement du foin qui accumule des particules en suspension comme les poussières, le sable.... Ce qui influe sur le résultat obtenu.

Tous les cours d'eau contiennent des matières en suspension et des teneurs de quelques milligrammes par litre ne posent pas de problèmes majeurs. Pour les eaux de rejets, à partir de **35 mg.l<sup>-1</sup>**, la situation devient anormale

La figure N°20 montre les variations des MES dans les eaux épurées en aval des filtres à foin et anthracite comparées à la norme de rejet.

D'après cette figure N°20, les teneurs en MES respectent la norme définie par le décret fixée à **25 g.t<sup>-1</sup>**, pour les deux types de filtration. Nous constatons ainsi que l'anthracite possède une filtration meilleure que le foin, de telle sorte que les valeurs enregistrées respectent largement la norme.



**Figure 20 :** Variation des MES en aval des filtres à foin et de l'anthracite des différents échantillons; comparées à la norme de rejet.

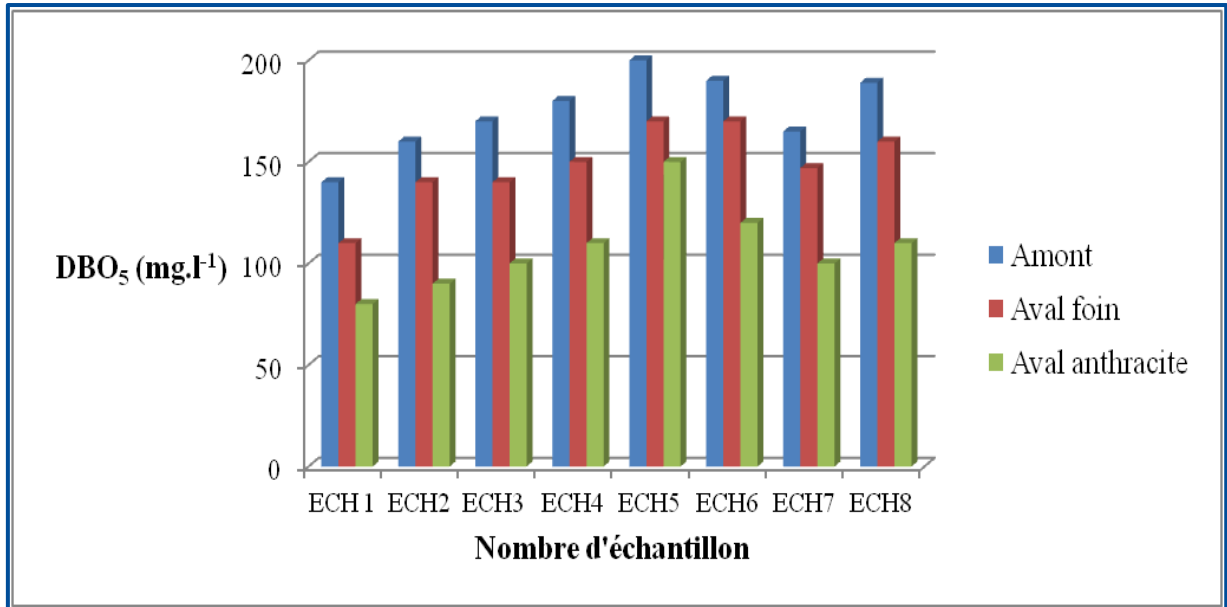
Les particules organiques ayant une large surface d'absorption constituent un support idéal pour les ions, les molécules diverses et les agents biologiques (**RODIER, 2009**).

L'élévation de la teneur des MES perturbe la vie aquatique. Des teneurs plus élevées peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous, compromettre le développement des œufs, réduire le stock de nourriture disponible et limiter ainsi le développement ichthyologique en créant des déséquilibres entre les diverses espèces.

L'asphyxie des poissons par colmatage des branchies est souvent la conséquence d'une teneur élevée en MES (**RODIER, 2009**).

### I.5 Demande biochimique en oxygène DBO<sub>5</sub>

Les résultats de mesure de la DBO<sub>5</sub> sont résumés dans le tableau N°5 en annexe VI. La figure qui suit montre l'évolution de ce paramètre dans la station du traitement des eaux résiduaires de la RA1G.



**Figure 21:** Evolution de la DBO<sub>5</sub> en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'anthracite des différents échantillons.

La quantité de la DBO<sub>5</sub> enregistrée dans le bassin API après l'écumage, est de **174.25 mg d'O<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup>** en moyenne, cette valeur élevée peut être interprétée par la dégradation importante des charges organiques que contiennent les rejets sous l'action des microorganismes et qui peut être provenue ainsi des eaux résiduaires domestiques du site comme les sanitaires, les cuisines... qui contiennent des matières organiques biodégradables.

Cette quantité peut aussi être expliquée par le développement d'algues dans le bassin des eaux pluviales qui libèrent par le biais de la photosynthèse l'oxygène responsable de l'oxydation biochimique de la matière organique.

Par rapport à cette pollution organique contenue dans les effluents en amont, cette dernière diminue à la sortie du bassin avec une valeur moyenne de **148.38 mg d'O<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup>** en aval des filtres à foin, et de **107.5 mg d'O<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup>** en moyenne après le traitement par l'anthracite. Le rendement d'élimination moyen de la DBO<sub>5</sub> est estimé donc à **40.27%** pour l'anthracite, et à **15.01%** pour le foin.

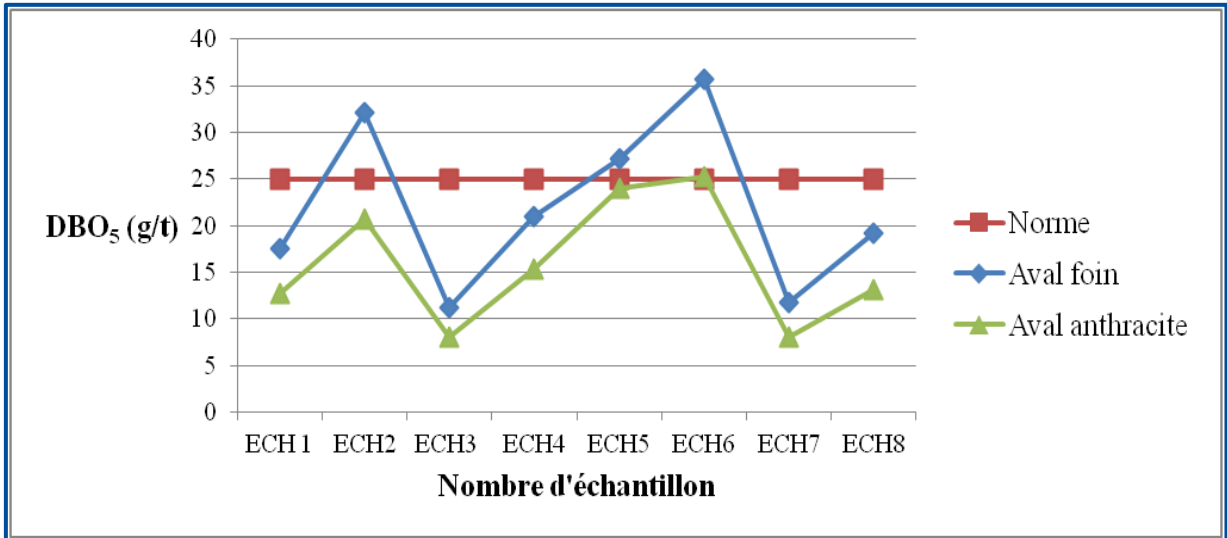
Cette diminution est due à la filtration permettant de réduire cette charge organique, et qui explique d'après les résultats d'analyse que l'anthracite constitue un bon **filtrant** en effectuant le piégeage de la charge organique par rapport au foin.

Les fluctuations des concentrations, aperçues au niveau du rejet principal, sont dues à des opérations de purge effectuées avec des débits discontinus et à des fréquences irrégulières.

## Résultats et discussion

La figure N°22, illustre les vérifications des teneurs de la  $DBO_5$  des eaux en aval des filtres à foin et après le traitement par l'antracite, avec la norme fixée par le décret à  $25 \text{ g.t}^{-1}$ .

Nous considérons d'après la figure, que la filtration par le foin n'est pas efficace pour tous les échantillons d'après les résultats obtenus pour ECH 2, ECH5 et ECH6, par rapport à l'antracite qui présente une bonne filtration respectant la norme définie par le décret.



**Figure 22 :** Evolution de la  $DBO_5$  des eaux, en aval des filtres à foin et de l'antracite des différents échantillons; comparées à la norme de rejet.

Les valeurs élevées de la  $DBO_5$  expliquent une biodégradabilité incomplète qui due probablement soit à un excès de la biomasse c'est-à-dire l'abondance de la matière organique et la concentration forte de ces effluents en hydrocarbures et produits phénolés, soit à un déficit d'oxygène.

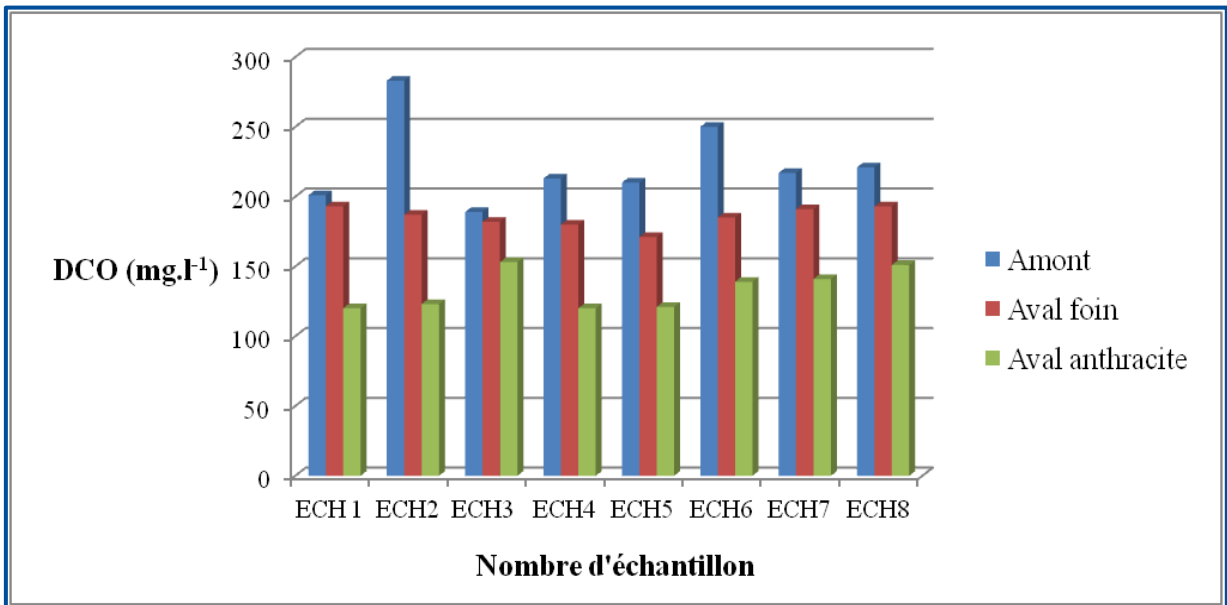
De ce fait, il a été constaté que cette eau demande beaucoup d'oxygène pour l'oxydation des matières organiques et même pour leurs dégradations biologiques.

En effet, la dégradation de la plupart des hydrocarbures est normalement complète après 25 à 30 jours d'incubation (BERNE, 1972). La valeur exacte de la  $DBO_5$  exige une souche adaptée.

### I.6 Demande chimique en oxygène (DCO)

Le tableau N°6 en annexe VI, résume les résultats d'analyse de ce paramètre, la figure qui suit montre son évolution en fonction des échantillons analysés.

## Résultats et discussion



**Figure 23 :** Evolution de la DCO en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'anthracite des différents échantillons.

Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans les échantillons.

Ce phénomène signifie la dégradation partielle des matières oxydables ce qui laisse supposer un ralentissement de l'activité bactérienne.

Nous constatons qu'avant le traitement, les valeurs de la DCO sont élevées par rapport à celles enregistrées après le traitement par le foin et l'anthracite ; en enregistrant une valeur moyenne (en amont après l'écumage) de **222.126 mg d'O<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup>**.

Cela est dû à l'oxydation des matières oxydables, biodégradables ou non, présentes dans les effluents, comme les eaux de laboratoire, constituants des ER riches en substances toxiques et des matières biodégradables oxydables.

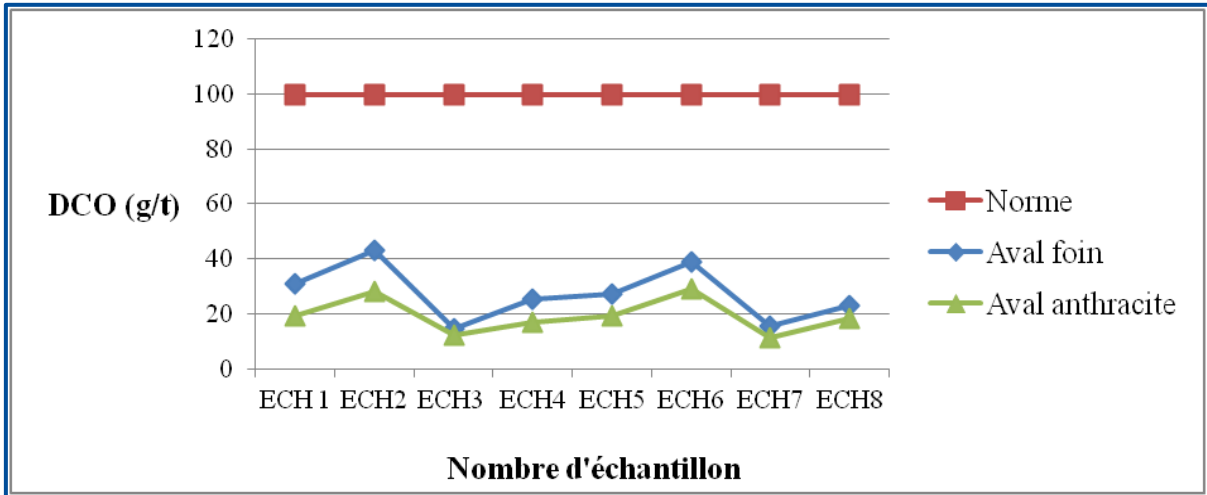
Cette valeur diminue après le traitement par le foin pour atteindre **186.25 mg d'O<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup>**, ce qui explique le piégeage de la matière organique oxydable par le foin après sa filtration.

Après le traitement par l'anthracite, nous remarquons donc un abattement important de la charge organique polluante avec une moyenne de **133.5 mg d'O<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup>**, cela est expliqué par la bonne filtration de l'anthracite.

Le traitement par l'anthracite a permis d'obtenir un rendement d'abattement de **39.12%** de la DCO par rapport au foin qui présente un rendement d'élimination de **15.79 %**.

La figure N°24 montre l'évolution de la DCO des eaux en aval des filtres à foin et de l'anthracite avec vérification avec la norme de rejet.

La figure montre clairement que les eaux rejetées par la raffinerie et celle traitées par l'anthracite, respectent largement la norme définie par le décret qui est fixée à **100 g.t<sup>-1</sup>** ; cela veut dire que la quantité d'oxygène est suffisante pour l'oxydation chimique, se traduisant le bon fonctionnement de la station du traitement.



**Figure 24:** Evolution de la DCO des eaux, en aval des filtres à foin et de l'antracite des différents échantillons; comparées à la norme de rejet.

La charge polluante des ERI, telle que mesurée par sa DCO, est un des plus importants critères utilisés dans la conception d'un traitement des eaux de rejet, afin de déterminer le degré de traitement nécessaire.

L'objectif de l'estimation de la DCO, permet d'évaluer le risque polluant associé aux effluents, et son impact par rejet sur le milieu naturel. Les matières oxydables consomment l'oxygène dissous et entraînent l'asphyxie des êtres vivants (**RODIER, 2009**).

### I.7 Rapport DCO / DBO<sub>5</sub>

Pour caractériser une pollution industrielle, on considère souvent le rapport DCO/DBO<sub>5</sub>, qui donne des indications très intéressantes sur l'origine d'une pollution des eaux résiduaires et ses possibilités de traitement.

En fait, l'examen de ce rapport fournit des indications utiles sur les biodégradations des effluents ; sachant que la valeur de la DCO ne doit pas dépasser **120 mg.l<sup>-1</sup>** et que la DBO<sub>5</sub> doit être au dessous de **35mg.l<sup>-1</sup>**.

Le calcul du rapport DCO/ DBO<sub>5</sub>, donne une estimation de l'aptitude d'une eau à la biodégradabilité.

Le calcul de ce rapport est représenté dans le tableau suivant pour les eaux en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'antracite.

## Résultats et discussion

**Tableau 4:** Les valeurs du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> des eaux en amont, en aval des filtres et après le traitement par l'antracite.

	DCO/DBO <sub>5</sub>		
	Amont	Aval foin	Aval anthracite
<b>ECH 1</b>	1,44	1,75	1,50
<b>ECH2</b>	1,77	1,33	1,36
<b>ECH3</b>	1,11	1,30	1,53
<b>ECH4</b>	1,18	1,20	1,09
<b>ECH5</b>	1,05	1,01	0,80
<b>ECH6</b>	1,32	1,08	1,15
<b>ECH7</b>	1,32	1,30	1,41
<b>ECH8</b>	1,17	1,20	1,37

Les valeurs de ce rapport ne varient pas d'une manière importante entre l'amont et l'aval des filtres. Nous estimons des valeurs comprises entre **1.11** et **1.76** en **amont**, et entre **1** à **1.75** en **aval**. Ce qui permet de classer les eaux comme étant d'une bonne à moyenne biodégradabilité.

Cette charge organique rend ces eaux résiduaires assez instables, c'est à dire qu'elles évolueront vite vers des formes "digérées" avec le risque de dégagement d'odeurs.

Après le traitement par l'antracite, l'effluent est considéré comme biodégradable puisque nous avons enregistré une valeur moyenne de **1.27**.

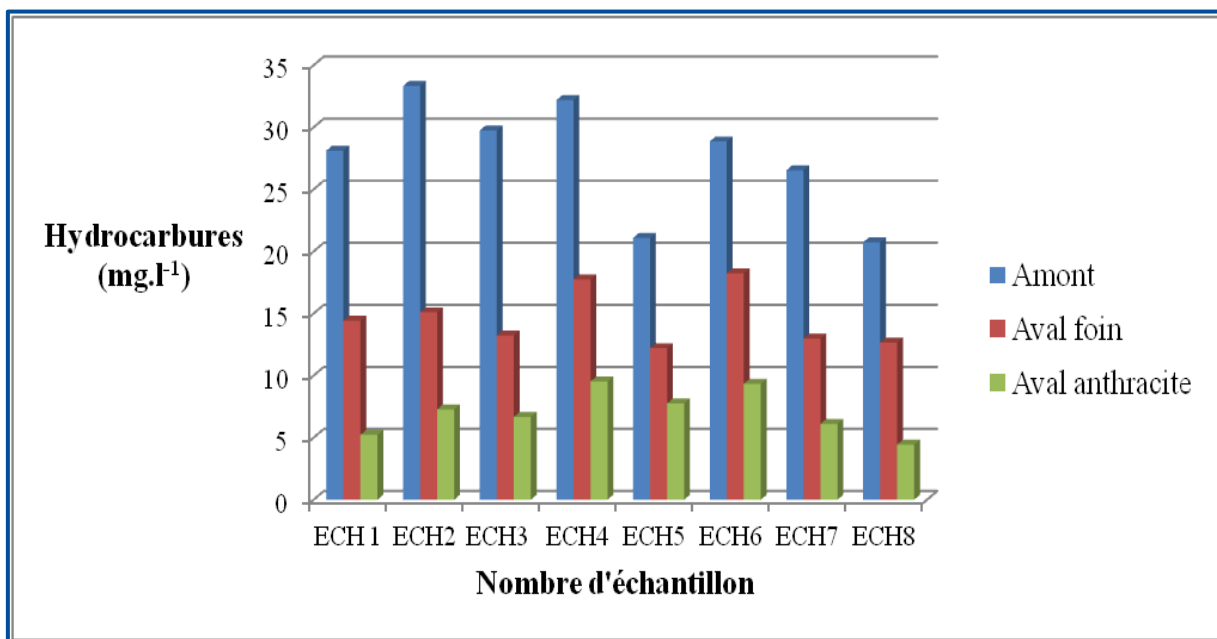
D'après ces valeurs obtenues qui sont inférieures à **1.5**, nous pouvons constater que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matière fortement biodégradable.

En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique, rendant possible un traitement biologique pour la suite des procédés d'épuration en réduisant les matières biodégradables.

Le calcul de ce rapport représente des intérêts très importants, il constitue un bon moyen pour donner une image du degré de pollution des ERI et aussi pour optimiser les paramètres physico-chimiques de ces eaux afin de proposer un mode de traitement convenable.

### I.8 Hydrocarbures (HC)

Dans le tableau N°7 en annexe VI, sont résumés les résultats d'analyse des hydrocarbures dans la station de traitement des ERI de la RA1G, en amont, en aval des filtres à foin, et après la filtration par l'antracite. La figure N°25 montre l'évolution de ce paramètre pour les différents échantillons.



**Figure 25:** Evolution des teneurs en HC des ER en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'antracite des différents échantillons.

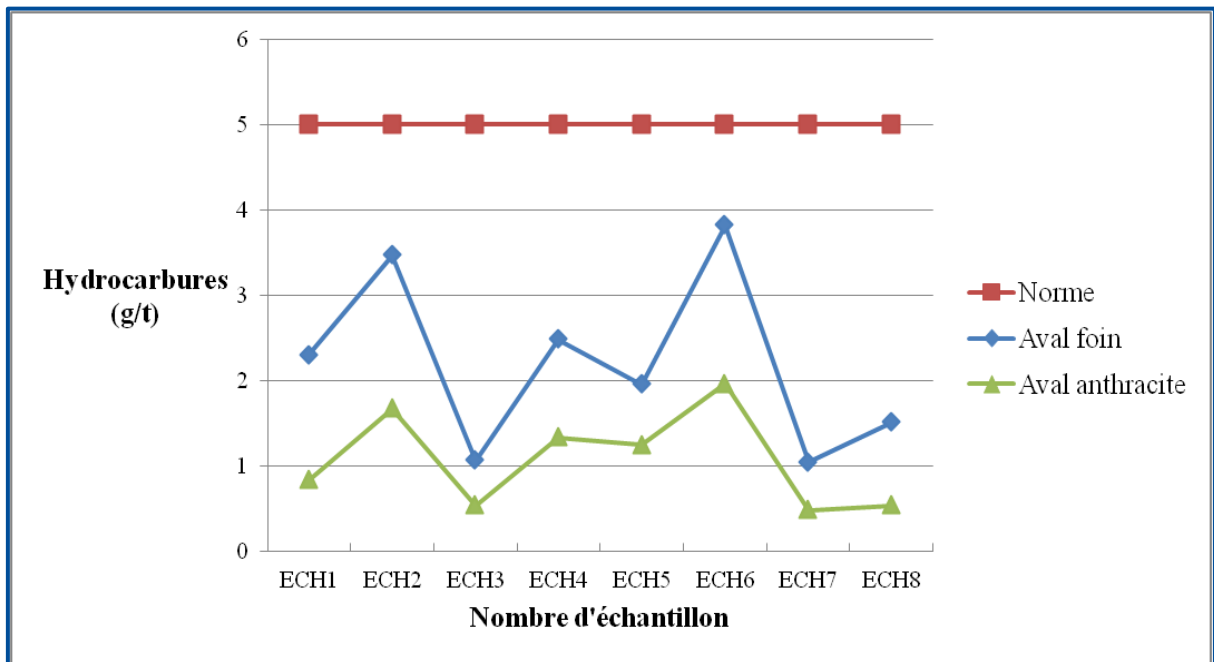
Nous remarquons d'après les résultats d'analyse, que l'évolution de ce paramètre est caractérisée par un gradient croissant de l'aval vers l'amont pour les différents échantillons. En effet, les teneurs des effluents en HC totaux, en amont dans le bassin API après l'écumage présentent une valeur moyenne de **27.58 mg.l<sup>-1</sup>**. Cette quantité provient essentiellement des ER issues des procédés de raffinage qui sont caractérisées par des eaux huileuses très riches en hydrocarbure, comme les eaux purgées de différents bacs et les eaux provenant des différentes unités.

Cette teneur diminue après le traitement par le foin pour atteindre une valeur moyenne de **14.57 mg.l<sup>-1</sup>**, et une valeur de **7.03 mg.l<sup>-1</sup>** après le traitement par l'antracite. Nous constatons donc que le traitement par l'antracite a un rendement d'élimination important avec une valeur moyenne de **74.27%** ce qui explique sa **bonne filtration et adsorption** par rapport au foin qui présente un rendement de **46.59%**.

L'élévation des teneurs des HC dans les rejets après la filtration par foin, peut être expliquée par l'engorgement du bassin API dû à la présence des quantités très importantes de vases et boues en surface avec le faible écumage minimal suite au mal fonctionnement des pompes de transfert des huiles récupérées vers les bacs à Slop.

## Résultats et discussion

La figure qui suit montre l'évolution des teneurs en HC des eaux en aval des filtres à foin et après le traitement par l'antracite comparées à la norme.



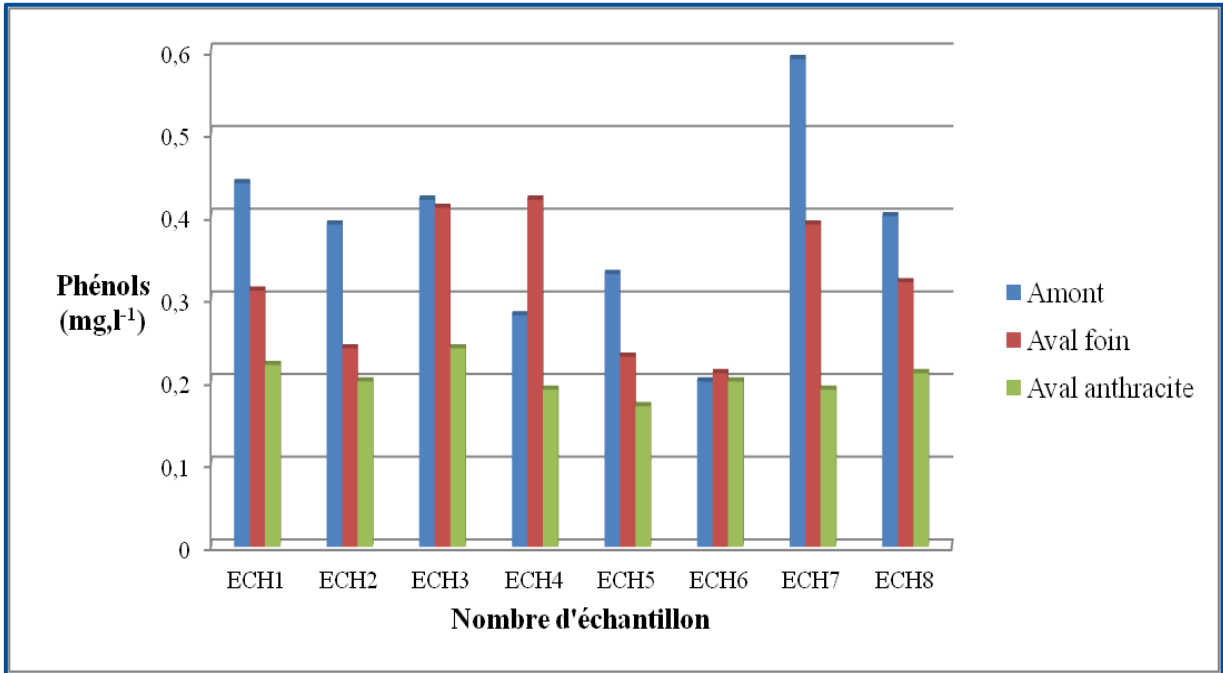
**Figure 26:** Evolution des teneurs en HC des ER en aval des filtres à foin et de l'antracite des différents échantillons; comparées à la norme de rejet.

La teneur en HC contenue dans les eaux à la sortie du bassin, et après filtration par l'antracite, respecte la norme fixée par le décret à  $5 \text{ g.t}^{-1}$ . Cependant, nous enregistrons une filtration meilleure par l'antracite expliquée par des valeurs négligeables par rapport à la norme de rejet.

En général, les dérivés du pétrole n'ont pas une toxicité élevée. Il faut une absorption de plusieurs dizaines de millilitres pour déclencher des irritations digestives, des troubles neurologiques par affinité pour les lipides, une atteinte rénale. Par contre, les additifs sont beaucoup plus toxiques. (RODIER, 2009).

### I.9 Phénol

Dans le tableau N°8 en annexe VI, sont résumés les résultats d'analyse du phénol dans le bassin de traitement des ER de la RA1G, en amont, en aval des filtres à foin, et après le traitement par l'antracite. La figure N°27 indique l'évolution de ce paramètre pour les différents échantillons.



**Figure 27 :** Evolution des teneurs en phénols ; en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'anthracite des différents échantillons.

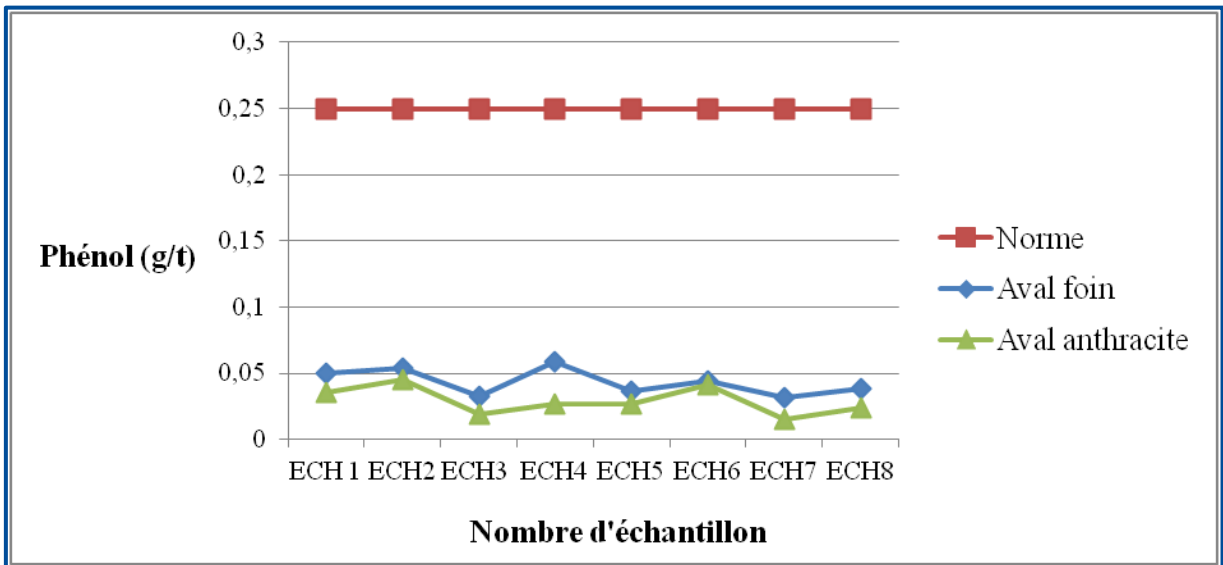
Les valeurs d'analyse des phénols sont très variables en amont, elles varient entre une valeur maximale de **0.6 mg.l<sup>-1</sup>** et un minimum de **0.2 mg.l<sup>-1</sup>**.

Le résultat obtenu correspond à la concentration minimum de composés phénoliques présents dans l'échantillon, car les groupements pouvant être fixés sur le noyau benzénique ont plutôt tendance à diminuer la sensibilité de la réaction colorée (**RODIER, 2009**).

Cette élévation se traduit d'une part, par la présence d'une quantité très élevée des eaux huileuses ; provenant des différents procédés du raffinage et les eaux de purge de différents bacs de stockage, et d'autre part ; par la faible capacité d'écumage de ces eaux qui sont riches en produits phénolés.

Les valeurs obtenues après les traitements physiques et la filtration sur le foin ; sont un peu plus élevées que celles obtenues après la filtration par l'anthracite. Nous pouvons conclure que l'anthracite a une grande tendance à éliminer les composés oxygénés notamment les phénols.

La figure qui suit montre l'évolution des teneurs en phénols des eaux en aval du traitement par les filtres à foin et après le traitement par l'anthracite comparées à la norme définie par le décret à une valeur de **0.25 g/t**.



**Figure 28:** Evolution des teneurs en phénols des ER en aval des filtres à foin et de l'antracite des différents échantillons; comparées à la norme de rejet.

Comme illustré sur cette figure N° 28, les teneurs en phénols présents dans les eaux résiduelles à la sortie de la station de traitement et après le traitement par l'antracite, respectant largement la norme, en enregistrant une filtration meilleure par l'antracite par rapport à celle effectuée par le foin.

La nuisance des phénols est due à la formation, lors des chlorations, des composés d'addition stables, les chlorophénols dont des traces infimes ( $0.1 \mu\text{g.l}^{-1}$ ) donnent un goût caractéristique à l'eau traitée (BERNE, 1991).

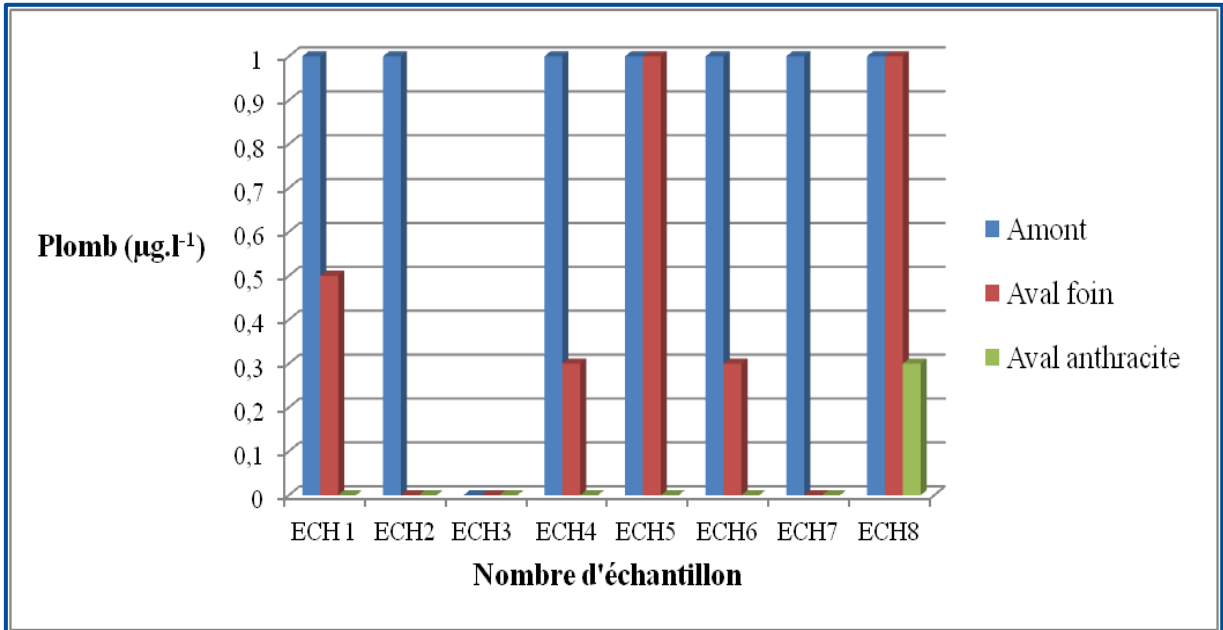
Le traitement physico-chimique permet de réduire cet excès de phénols et d'hydrocarbures de telle sorte que les valeurs enregistrées se rapprochent de la norme.

Les phénols s'oxydent faiblement, ils se fixent peu et filtrent facilement pour cette raison, nous avons trouvé des valeurs élevées de phénols dans les ERI à l'aval du traitement.

### I.10 Plomb (Pb)

Les résultats d'analyses sont représentés dans le tableau N°9 en annexe VI, la figure N°29 montre l'évolution de ce paramètre.

## Résultats et discussion



**Figure 29:** Evolution des teneurs en plomb en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'anthracite.

La figure N°29 montre clairement que les eaux du bassin de traitement des ER de la raffinerie, ont des teneurs en plomb qui varient entre **0 à  $1 \mu\text{g.l}^{-1}$** , que ça soit en amont ou en aval des filtres à foin.

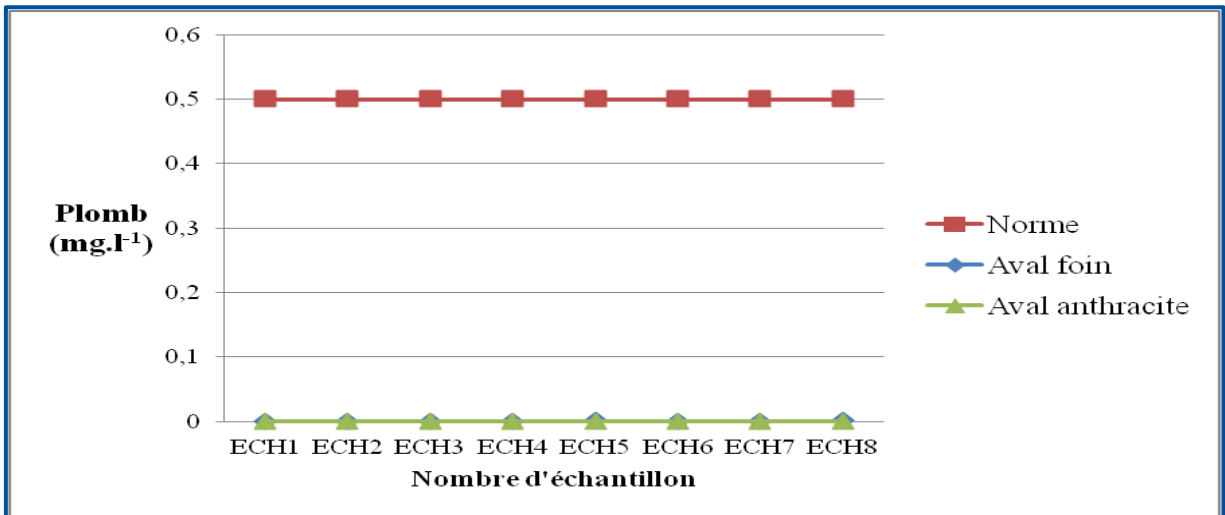
Avant d'être filtrés, les effluents possèdent des teneurs élevées en plomb qui peuvent être interprétées par son utilisation afin d'augmenter l'indice d'octane (Unité 200) pour obtenir une essence super.

En aval du traitement, nous enregistrons des réductions de ces teneurs allant jusqu'à l'élimination totale. Cela est dû à la filtration effectuée par le foin, qui est parfois non efficace pour le cas des échantillons **5** et **8**, ce qui peut être expliqué par son saturation vis-à-vis les matières organiques et métallique retenues.

Après le traitement par l'anthracite, nous remarquons d'après les résultats d'analyses, une élimination totale pour la plupart des échantillons avec une réduction importante du dernier (ECH8) allant jusqu'à une concentration de  $0.3 \mu\text{g.l}^{-1}$ .

Les eaux du bassin API renferment des teneurs négligeables en plomb et respectent par une large gamme la norme fixée par le décret, qui est  **$0.5 \text{ mg.l}^{-1}$** , comme c'est illustrer sur la figure suivante.

## Résultats et discussion

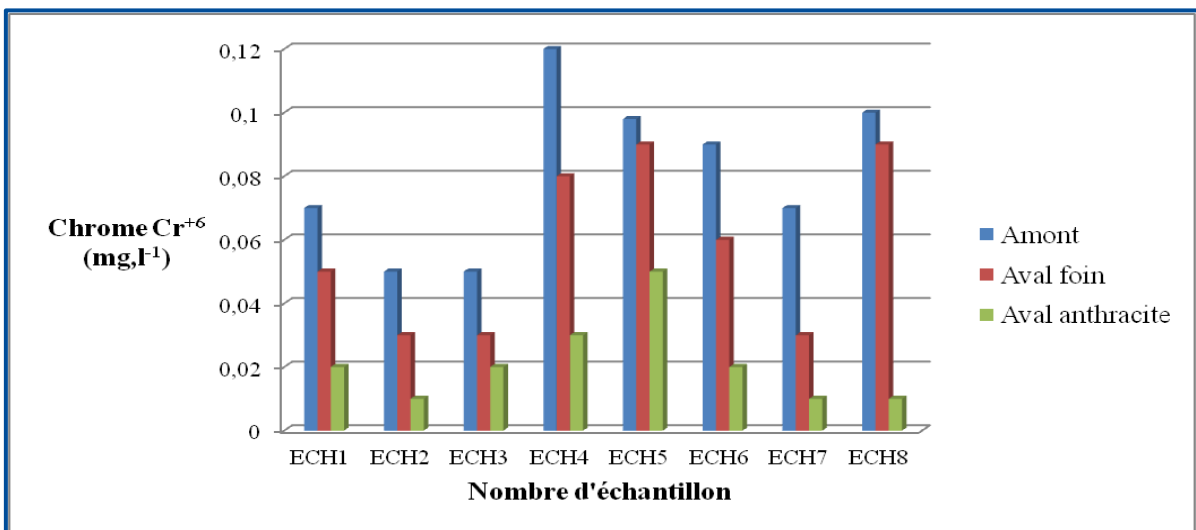


**Figure 30:** Evolution des teneurs en Pb en aval des filtres à foin et après traitement par l'anthracite; comparées à la norme de rejet.

Etant donné que la vie aquatique peut être perturbée à partir de 0.1 mg.l<sup>-1</sup>, avec des effets toxiques pouvant se manifester sur le poisson à partir de 1mg.l<sup>-1</sup>, et se traduit par des anomalies biologiques par intoxication plombique.

### I.11 Chrome hexavalent (Cr<sup>+6</sup>)

Dans le tableau N°10 en annexe VI sont résumés les résultats de la mesure des teneurs en chrome dans les eaux du bassin de traitement. La figure N° 31 montre l'évolution de ce paramètre.



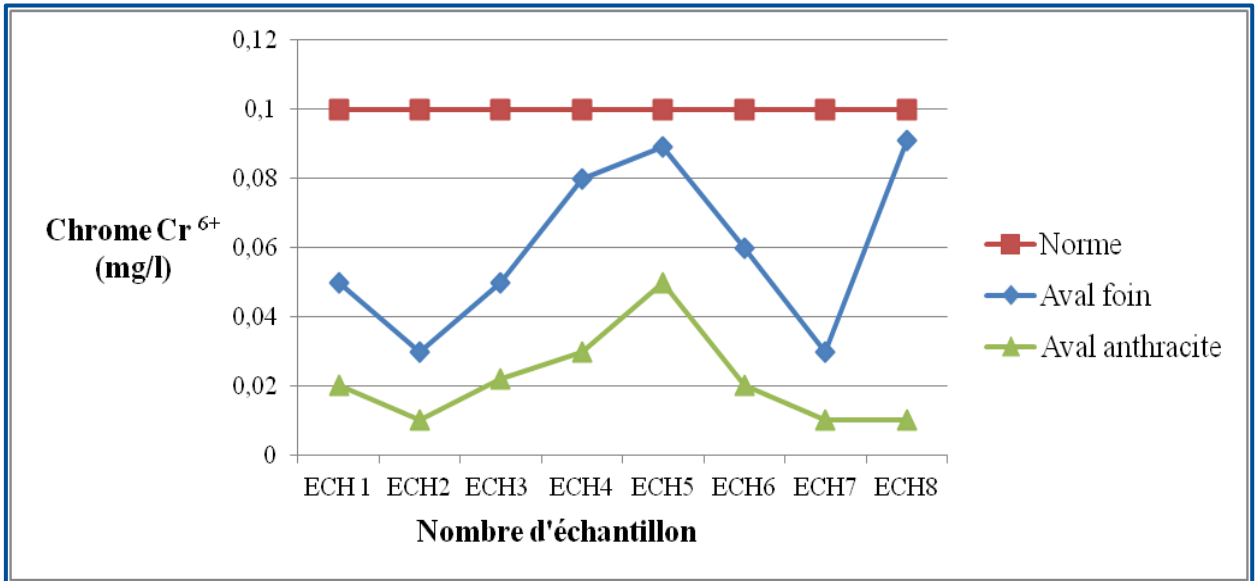
**Figure 31 :** Evolution des teneurs en Cr<sup>6+</sup> en amont, en aval des filtres à foin et après le traitement par l'anthracite des différents échantillons.

## Résultats et discussion

Les teneurs du  $\text{Cr}^{6+}$  varient entre l'amont et l'aval des filtres et après le traitement par l'antracite. Cependant nous enregistrons des teneurs élevées en amont, par rapport à l'aval, avec une moyenne de **0.08 mg.l<sup>-1</sup>**. Ça pourrait être expliqué par l'utilisation des composés anticorrosion comme le film+ qui sont riches en chrome.

Certains composés du chrome sont quelquefois ajoutés à l'eau industrielle de refroidissement comme éléments anticorrosion (**RODIER, 2009**).

La figure suivante montre l'évolution du  $\text{Cr}^{6+}$  des eaux après filtration par foin et antracite comparées à la norme de rejet, qui est fixée par une valeur de **0.1 mg.l<sup>-1</sup>**.



**Figure 32:** Evolution des teneurs en  $\text{Cr}^{6+}$  en aval des filtres à foin et de l'antracite des différents échantillons; comparées à la norme de rejet.

Nous remarquons d'après les résultats montrés sur la figure, que les eaux pour les deux types de traitement respectent la norme de rejet définie par le décret.

Le chrome hexavalent, considéré comme plus toxique que le chrome trivalent, fait partie de l'une des substances polluantes qui ont des effets néfastes sur la vie aquatique. En effet, des concentrations élevées du fait du rejet dans le milieu aquatique, et par sa transformation facile en présence des matières organiques oxydables, peuvent provoquer des problèmes respiratoires, l'infertilité, des défauts à la naissance par altération du matériel génétique des espèces d'organismes aquatiques.

Du point de vue de la vie aquatique, les organismes inférieurs (limite : 0,05 mg.l<sup>-1</sup> en chrome total) sont plus sensibles que les poissons (limite : 1 mg.l<sup>-1</sup> en chrome total) (**RODIER, 2009**).

### II. Evolution des paramètres physicochimiques (foin et anthracite)

Afin d'avoir des résultats meilleurs que le traitement des effluents par l'anthracite uniquement, nous avons tester l'efficacité du traitement avec les deux filtrants (**foin et anthracite**), et cela en prélevant trois échantillons des 3 jours successifs des eaux de la **fosse A** c'est-à-dire en aval des filtres à foin, et les faire passer à une deuxième filtration effectuée par l'anthracite au niveau de laboratoire, pour pouvoir déterminer les même paramètres évalués auparavant. Les résultats de mesure sont résumés dans le tableau N°11 en annexe VI.

Nous nous sommes surtout intéressés par la détermination des paramètres de qualité habituellement étudiés pour évaluer de façon indirecte la charge organique globale contenue dans une eau résiduaire, qui sont la **DCO**, la **DBO<sub>5</sub>**, les **MES** et les paramètres spécifiques à la raffinerie qui sont les **hydrocarbures** et les **phénols**.

En ce qui concerne la température et le pH, nous remarquons que les effluents enregistrent des valeurs conformes à la norme, nous ne constatons pas de grandes variations avec celles déterminées pour les autres méthodes de traitement.

Cependant, l'analyse de la DCO, DBO<sub>5</sub> et les MES, montre des taux d'élimination importants avec des rendements moyens significatifs enregistrés à 44.62% pour la DCO, 84.7% pour la DBO<sub>5</sub>, 89.55% pour les MES, une élimination de l'ordre de 87,97 % pour les hydrocarbures et à 79.31% pour les phénols.

L'analyse de la pollution inorganique par le plomb et le chrome hexavalent, montre des valeurs négligeables pour le Cr<sup>6+</sup> et une absence totale du plomb.

Le traitement par le foin, suivi par une filtration sur anthracite, donne des valeurs respectant largement la norme définie par le décret. En effet, le rejet final effectué par ce traitement, offre un aspect non polluant vis-à-vis l'environnement marin, ce qui minimise les dangers que peuvent provoquer ces ERI sur la mer.

### Conclusion

En effet, les résultats d'analyse des paramètres globaux des effluents de la raffinerie RA1G, montrent que celle-ci rejette une eau épurée de qualité satisfaisante ; sachant qu'une eau épurée n'est considérée comme telle que lorsqu'elle respecte les normes de rejets, ce qui est le cas pour tous les paramètres étudiés.

Les valeurs limites de rejet pour les paramètres suivants : débit, DBO<sub>5</sub>, DCO, MES, phénols et hydrocarbures ; sont des flux spécifiques c'est-à-dire des flux journaliers rapportés à la quantité de brut traitée à la journée.

L'ensemble des analyses effectuées, nous permet de faire les constatations suivantes :

- les paramètres physiques débit, pH et T° sont jugés dans les normes. Les résultats de ces deux derniers paramètres montrent que le fait de mélanger les effluents de différentes unités de raffinage permet un certain réajustement des valeurs extrêmes vers des valeurs intermédiaires ;
- les phénols et les hydrocarbures restent dans les normes ;
- le plomb et le chrome représentent des valeurs respectant largement la norme ;
- les teneurs en matières en suspension dans les eaux de rejet sont proches à la norme et cela confirme le nettoyage des cellules du bassin API en amont des stations de traitement avec une bonne décantation ainsi que le temps de séjour suffisant des effluents dans les bassins de décantation ;
- les valeurs des paramètres indicateurs de la matière organique biodégradable ou oxydable (DBO<sub>5</sub> et DCO), sont très importantes, mais respectant les normes. De ce fait, il a été constaté que cette eau résiduaire demande beaucoup d'oxygène pour l'oxydation des matières organiques et même pour leur dégradation biologique.

Le foin est un bon filtrant et adsorbant, lorsqu'il est saturé, il doit être extrait et brûlé. Le fait que les teneurs ré-augmentent après passage du filtre peut s'expliquer par un mauvais entretien de celui-ci.

D'après les meilleurs résultats obtenus après le traitement par l'anthracite, nous concluons que celui-ci est un excellent filtrant et adsorbant grâce à sa porosité; permettant de piéger les différents polluants donc obtention des eaux bien épurées mieux que celles traitées par le foin.



### Conclusion générale

Cette étude a été réalisée dans le but d'estimer le taux de pollution que contiennent les ER de la raffinerie d'Alger pour pouvoir évaluer ses impacts par rejet sur le milieu naturel, en faisant appel à la norme définie par le décret N°06-141, tout en comparant les résultats de la filtration par le foin utilisée au sein de la raffinerie, avec une autre méthode dont le filtrant est l'anhracite.

Pour ce faire, nous avons tout d'abord exploité les données bibliographiques qui nous ont permis de maîtriser les types et origines de la pollution industrielle ainsi que les principaux paramètres pouvant caractériser les ER, avec étude de leurs impacts et législation. Nous nous sommes ensuite penchées sur la description du procédé de traitement.

En tenant compte de la description de notre zone d'étude (la raffinerie d'Alger) avec ses unités et son mode de traitement des eaux, nous avons par la suite abordé les analyses et le mode opératoire, en décrivant le prétraitement, l'étiquetage, l'échantillonnage, et en détaillant par la suite les étapes successives du protocole d'analyse permettant d'évaluer les paramètres physicochimiques à savoir la **température**, **pH**, **DCO**, **DBO<sub>5</sub>**, **MES**, **Pb**, **Cr<sup>6+</sup>**, et les paramètres spécifiques à la raffinerie **phénols et hydrocarbures** ; ce qui nous a permis de tracer leur évolution en fonction des échantillons résumés dans le dernier chapitre résultats et discussion.

Au terme de cette étude relative aux eaux du bassin de décantation de la RA1G, et à partir des résultats obtenus des échantillons prélevés et leurs interprétations, nous espérons avoir atteint l'objectif de notre étude et de conclure avec les points suivants :

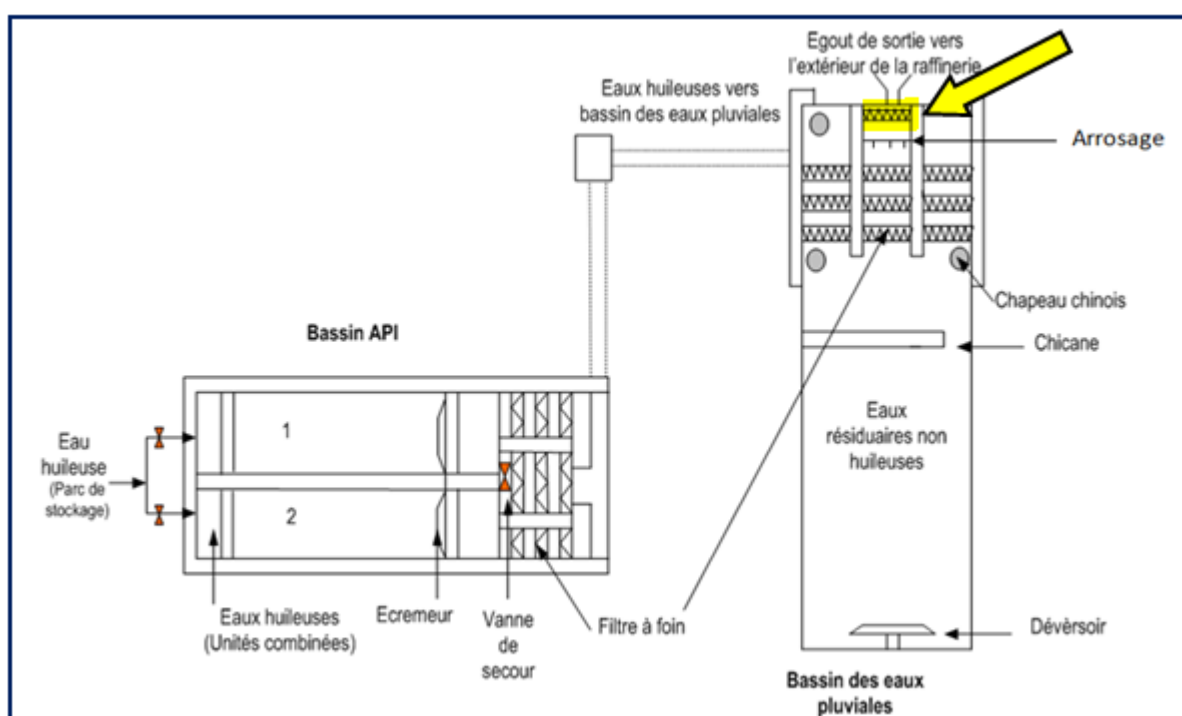
- Les ERI, si elles étaient rejetées dans le milieu sans traitement, pollueraient gravement l'environnement et perturberaient donc la vie aquatique en effectuant des déséquilibres écologiques.
- La méthode de traitement utilisée au sein de la raffinerie n'est pas une solution efficace pour avoir un bon traitement, étant donné que la filtration sur foin utilisée présente une « re-pollution » pour certains cas.
- La filtration par anhracite, présente des rendements d'élimination importants par rapport au foin avec des résultats respectant largement la norme définie par le décret. L'utilisation de l'anhracite dans le processus de filtration est également très sollicitée. Ce filtrant présente une forte capacité d'adsorption des micropolluants et surtout les hydrocarbures et les métaux lourds dû essentiellement à sa grande surface spécifique (porosité).



### Recommandations

A la fin de cette étude, et d'après notre test de filtration et absorption par l'antracite appliqué sur les eaux résiduaires de la raffinerie d'Alger, après le passage de ces eaux des filtres à foin, nous proposons une recommandation d'ordre technique qui pourrait être facilement effectuée au niveau de la station d'épuration, qui aura sans doute des effets bénéfiques sur le bon déroulement du complexe principalement, l'amélioration de la qualité des eaux (réduction des matières polluantes est optimum) rejetées vers le réseau communal puis vers la mer.

Cette recommandation consiste donc à remplacer le dernier filtre à foin de la station du traitement des ERI par un autre à anthracite, en diminuant le diamètre des mailles des cages contenant l'antracite, en prenant en considération la granulométrie de l'antracite en grains qui est de l'ordre de 3.5 à 7 mm. Les mailles peuvent donc être de 1.5 à 3 mm.



**Figure 33:** Schéma représentant (en jaune) où on place le filtre à anthracite dans la station d'épuration des ERI de la raffinerie d'Alger.

En plus de cette technique proposée, on recommande de :

- faire un raclage des fonds des deux bassins de la station d'épuration des ERI, au moins 4 fois par an ;
- respecter la période de changement des filtres à foin dont la durée de vie de ce filtre est limitée à 3 mois, si possible de les changer avant cette période ;
- effectuer le processus d'écumage au niveau du bassin de décantation API de trois à quatre fois par jour ;

## Recommandations

---

- accomplir le traitement physique de la station par un traitement biologique aérobie à culture bactérienne fixée sur un support, comme : les lits bactériens, les biodisques et les biofiltres ;
- utilisation des agents chimiques (coagulants et flocculants), permettant la prise en masse des MES et des particules colloïdales non-décantables par l'augmentation de leur taille en formant des floccs faciles à éliminer par le procédé de décantation et de filtration ;
- concernant les analyses des métaux lourds, on propose d'étoffer le laboratoire par un équipement d'analyse plus fiable, qui est le spectromètre d'absorption atomique (SAA).



## Références bibliographiques

**AMIARD, J-C. (2011).** *Les risques chimiques environnementaux : Méthodes d'évaluation et impacts sur les organismes*. Paris: Lavoisier. 782 p.

**AMINOT, A., CHAUSSEPIED, M. (1983).** *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. France : CNEXO. 395 p.

**ARBI, S., AYED-KRALFA, S. (2014).** *Etude et suivi des effluents liquides dans l'unité de traitement du complexe GP1/Z* [En ligne]. Mémoire de master. Science et technologie. Oran : USTOMB. [Consulté le 22 février 2016]. Disponible sur le web : <http://web.univ-usto.dz/fac-chimie/images/CIE/AYEDKRALFASoumia.pdf>.

**AYRAL, C. (2009).** *Elimination des polluants aromatiques par oxydation catalytique sur charbon actif* [En ligne]. Thèse de doctorat. Génie des procédés et de l'environnement. Toulouse : Université de Toulouse. [Consulté le 18 avril 2016]. Disponible sur le web : <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000931/01/ayral.pdf>.

**BENALLAOU, S. (2013).** *Suivi de la qualité physico-chimique des effluents de la station d'épuration des eaux usées « domestiques » de Béni Messous : Traitement complémentaire par photo-catalyse*. Mémoire de magister. Océanographie- climatologie. Alger : ENSSMAL, 109 p.

**BENTAYEB, K., CHARCHAR, A. (2014).** *L'optimisation de la nouvelle unité de traitement des effluents de la raffinerie d'Arzew et l'étude de sa compatibilité avec les normes*. Mémoire de master. Ingénierie biomoléculaire. Oran: USTMBO, 88 p.

**BENZIDAN, M., MOUSSA, M. (2014).** *L'optimisation de la nouvelle unité de traitement des effluents de la raffinerie d'Arzew et l'étude de sa compatibilité avec les normes* [En ligne]. Mémoire de master. Ingénierie biomoléculaire. Oran : USTOMB. [Consulté le 17 mars 2016]. Disponible sur le web : <http://web.univ-usto.dz/fac-chimie/images/biblio/IBM/BENZIDANE%20Mohamed%20MOUSSA%20M%E2%80%99ba rek%20abdeldjalil.pdf>.

**BERNE, F., CORDONIER, J. (1991).** *Traitement des eaux*. Paris : Technip. 306 p.

**BLIEFERT, C., PERRAUD, R. (2001).** *Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets*. France : De Boeck. 477 p.

**BLINDA, M. (2007).** *Pollution tellurique du littoral nord-ouest du Maroc entre Tanger et Tétouan : Caractérisation, impact sur l'environnement et proposition de solutions* [En ligne]. Thèse de doctorat. Géoenvironnement. Maroc : Facultés des sciences Rabat. [Consulté le 20 juin 2016]. Disponible sur le web : [http://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/1778/THESE\\_BLI.;jsessionid=D1A4321D7B44F19FF49324026FACC777?sequence=1](http://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/1778/THESE_BLI.;jsessionid=D1A4321D7B44F19FF49324026FACC777?sequence=1).

**BRUNO, J. (2000-2004).** *Pollution industrielle, solutions européennes : Les technologies propres* [En ligne]. Bruxelles : Commission européenne. [Consulté le 5 mai 2016]. Disponible sur le web : [http://ec.europa.eu/environment/life/publications/lifepublications/lifefocus/documents/cleantech\\_fr.pdf](http://ec.europa.eu/environment/life/publications/lifepublications/lifefocus/documents/cleantech_fr.pdf).

**CALAMARI, D., NAEVE, H. (1994).** *La pollution dans l'environnement aquatique africain : Rapport technique du CPCA* [En ligne]. Rome : FAO. [Consulté le 5 février 2016]. Disponible sur le web : <http://www.fao.org/docrep/005/v3640f/v3640f00.HTM>.

**CAO, B., NAGARAJAN, K., LOH, K-C (2009).** Biodegradation of aromatic compounds: current status and opportunities for biomolecular approaches. *Appl Microbial Biotechnol* [en ligne], Vol. 2, N° 85, p. 207-228, [Consulté le 3 avril 2016]. Disponible sur le web: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00596847/file/doc00005291.pdf>.

**CHERFAOUI, A. (2002).** Etude de traitement des eaux résiduaires de la raffinerie de pétrole d'Alger. *Proceedings of international symposium on environmental pollution control and waste management* [En ligne], Vol. 2, p. 847-856, [Consulté le 27 juillet 2016]. Disponible sur le web : <http://www.geocities.jp/epcowmjp/EPCOWM2002/847-856CHERFAOUI.pdf>.

**CLAUDE, F. (2011).** *Approche scientifique et pratique*. 6<sup>e</sup> éd. Paris : Lavoisier. 215 p.

**DEGREMONT, G. (1978).** *Mémento technique de l'eau*. 8<sup>e</sup> éd. Paris : Lavoisier. 1200 p.

**DEGREMONT, G. (2005).** *Mémento technique de l'eau : Tome 1*. 10<sup>e</sup> éd. Paris : Lavoisier. p. 3-38.

**DESJARDINS, R. (1997).** *Le traitement des eaux*. 2<sup>e</sup> éd. Montréal: Presses internationales polytechnique. 304 p.

**GAUDU, F. (2014).** *Bioremédiation des sols pollués aux hydrocarbures : les hydrocarbures aromatiques et les alcanes*. Mémoire de master. Biologie. France : Université de Rennes 1, 116 p.

**GAUJOUS, D. (1995).** *La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire*. Paris : Lavoisier. p. 16-19.

**GILLES, P. (1999).** Lutte contre la pollution de l'eau : Finition à haute performances. *Technique de l'ingénieur Environnement*. Vol. 3, N° G6050, 12 p.

- GREGORIO, C., PIERRE-MARIE, B. (2007).** *Traitement et épuration des eaux industrielles polluées*. France : Serlabo Technologies. 281 p.
- GROSCLAUDE, G. (1999).** *L'eau : Usages et polluants* [En ligne]. France : Quae. [Consulté le 25 mars 2016]. Disponible sur le web : <[https://books.google.dz/books?id=KMWJ84uE2pwC&printsec=frontcover&hl=fr&source=gs\\_bse\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.dz/books?id=KMWJ84uE2pwC&printsec=frontcover&hl=fr&source=gs_bse_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>.
- GUEDDAH, D. (2003).** *Evaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de Skikda : impact sur l'écosystème marin côtier*. Mémoire de magister. Ecosystèmes côtiers et ressources vivantes. Annaba : Université Badji-Mokhtar, 145 p.
- GUERNICHE, Y., HORRI, W. (2015).** *Elimination du phénol par le charbon actif à base de noyau d'olive*. Mémoire d'ingénieur. Environnement. Alger: ENSSMAL, 111 p.
- JANKOVIC, S. (1974).** *Manuel de chimie de l'environnement* [En ligne]. Genève: Organisation Mondiale de la Santé. [Consulté le 21 avril 2016]. Disponible sur le web : <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/36987/1/WHO\\_OFFSET\\_11\\_\(chp1-chp5\)\\_fre.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/36987/1/WHO_OFFSET_11_(chp1-chp5)_fre.pdf)>.
- JORA. (2016).** *Journal Officiel de la République Algérienne* [En ligne]. N°26, [Consulté le 18 juin 2016]. Disponible sur le web : <<http://www.joradp.dz/HAR/Index.htm>>.
- JORA. (1993).** *Journal Officiel de la République Algérienne* [En ligne]. N°46, [Consulté le 18 juin 2016]. Disponible sur le web : <<http://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/2016/F2016046.pdf>>.
- KADA, N., BAHHOU, D. (2014).** Analyses des effluents des différents types d'unités de raffinage au niveau de la raffinerie SAMIR. *European scientific journal* [En ligne], Vol.10, N°21, [Consulté le 31 Aout 2016]. Disponible sur le web : <<http://eujournal.org/index.php/esj/article/viewFile/3854/3684>>.
- KOLLER, E. (2004).** *Traitement des pollutions industrielles : eau, air, déchets, sols, boues*. Paris : Dunod. 424 p.
- LACOURLY, G. (1971).** Les pollutions radioactives que faut-il en penser. *Revue Forestière Française* [en ligne], N° 23, p. 331-343, [consulté le 15 mai 2016]. Disponible sur le web : <[http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/20498/RFF\\_1971\\_3\\_331.pdf?sequence=1](http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/20498/RFF_1971_3_331.pdf?sequence=1)>.
- LAROUCI-ROUBAT, R., BOUCHELAGHEM, S. (2010).** *Valorisation des boues issues de nettoyage des bacs du pétrole brut*. Mémoire d'ingénieur. Génie de l'environnement. Alger : USTHB, 106 p.

**LEFEBVRE, G. (1978).** *Chimie des hydrocarbures* [En ligne]. Paris: Technip et institut français du pétrole. [Consulté le 12 avril 2016]. Disponible sur le web : [https://books.google.dz/books?id=WDzbFnSTWMC&pg=PA1&lpg=PA1&dq=chimie+des+hydrocarbures+LEFEBVRE,+G.&source=bl&ots=QExeVdzpye&sig=Or0kGEh\\_J8kpFfNnylj\\_sQrWpLw&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwIX5LaficHPAhXIaD4KHaxuBAoQ6AEIJDAB#v=onepage&q=chimie%20des%20hydrocarbures%20LEFEBVRE%2C%20G.&f=false](https://books.google.dz/books?id=WDzbFnSTWMC&pg=PA1&lpg=PA1&dq=chimie+des+hydrocarbures+LEFEBVRE,+G.&source=bl&ots=QExeVdzpye&sig=Or0kGEh_J8kpFfNnylj_sQrWpLw&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwIX5LaficHPAhXIaD4KHaxuBAoQ6AEIJDAB#v=onepage&q=chimie%20des%20hydrocarbures%20LEFEBVRE%2C%20G.&f=false).

**MAJDY, I., CHERKAOU, E., NOUNAH, A., KHAMAR, M. (2014).** Le traitement physico-chimique par coagulation-floculation des rejets des eaux usées de la ville de Salé. *Sciences de l'environnement* [En ligne], Vol. 6, N° 3, 6 p, [Consulté le 22 février 2016]. Disponible sur le web : [http://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol6/vol6\\_N3/98-JMES-1210-2014-Majdy.pdf](http://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol6/vol6_N3/98-JMES-1210-2014-Majdy.pdf).

**MEINCK, F., STOOFF, H., KOHLSCHÜTTER, H. (1977).** *Les eaux résiduaires industrielles*. 2<sup>e</sup> éd. Paris : Masson. 863 p.

**MESSROUK, H. (2011).** *Contribution à l'évaluation et au traitement des eaux usées dans la région d'Ouargla: cas des composés phénolique* [En ligne]. Mémoire de Magister. Chimie organique. Ouargla : Université Kasdi Merbah. [Consulté le 20 mai 2016]. Disponible sur le web : [http://bu.univ-ouargla.dz/Houria\\_MESSROUK.pdf?idthese=356](http://bu.univ-ouargla.dz/Houria_MESSROUK.pdf?idthese=356).

**MIZI, A. (2006).** *Traitement des eaux de rejet d'une raffinerie région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles* [En ligne]. Thèse de doctorat. Chimie et environnement. Annaba: Université Badji Mokhtar. [Consulté le 21 juin 2016]. Disponible sur le web : <http://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2014/09/MIZI-Abdelkader.pdf>.

**OUALI, M-S. (2008).** *Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux*. 2<sup>e</sup> éd. Alger : Offices des publications universitaires. 157 p.

**PAGES, X., BOSQUE, F. (2002).** Les préoccupations environnementales de l'industrie des corps gras. *Industrie et environnement* [En ligne], Vol. 9, N° 5, 17 p, [Consulté le 5 mars 2016]. Disponible sur le web : <http://www.ocl-journal.org/articles/ocl/pdf/2002/05/ocl200295p308.pdf>.

**ROCHEFORT, J., BIOGEOG, M. (2011).** *Les effluents liquides des secteurs des raffineries de pétrole : Bilan de conformité environnementale de 1996 à 2003*. Québec : Direction générale des politiques du ministère du développement durable. [Consulté le 22 mars 2016]. Disponible sur le web : [https://www.google.dz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjy4Wrtc3PAhVD6xoKHSCqCS0QFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mddelcc.gouv.qc.ca%2Fmilieu\\_ind%2Fbilans%2Fpetroliere%2F2009%2Fraffineries2009.pdf&usq=AFOjCNHTu9PCBmK1FwivI2INgVxxpYp8CQ&sig2=5ZXvnCNXcF7b95kuOnGUow&bvm=bv.135258522,d.d2s](https://www.google.dz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjy4Wrtc3PAhVD6xoKHSCqCS0QFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mddelcc.gouv.qc.ca%2Fmilieu_ind%2Fbilans%2Fpetroliere%2F2009%2Fraffineries2009.pdf&usq=AFOjCNHTu9PCBmK1FwivI2INgVxxpYp8CQ&sig2=5ZXvnCNXcF7b95kuOnGUow&bvm=bv.135258522,d.d2s).

**RODIER, J. (2009).** *L'analyse de l'eau*. 9<sup>é</sup> éd. Paris : Dunod. 1489 p.

**RODIER, J., BAZIN, C., CHAMBON, P., BROUTIN, J-P., CHAMPSAUD, H., RODI, L. (1996).** *L'analyse de l'eau*. 8<sup>é</sup> éd. Paris : Dunod. 1983 p.

**SEKOULOV, I., BRINKE-SEIFERTH S. (1999).** Application de bio-filtration dans l'industrie du raffinage du pétrole. *Water Science Technology*. Vol.8, N° 36, 71 p.

**SIVOM. (2012).** *Guide des bonnes pratiques de gestion des effluents et des déchets industriels Agence de l'eau Rhône méditerranée et Corse* [En ligne]. France : Masson. [Consulté le 30 mars 2016]. Disponible sur le web : <[http://www.sivom-region-cluses.fr/admin/upload/assainissement\\_industriel/2012\\_05\\_29\\_Guide\\_%20des\\_%20bonnes\\_%20pratiques\\_%20de\\_%20gestion\\_%20des\\_%20effluents\\_%20et\\_%20dechets\\_%20industriels.pdf](http://www.sivom-region-cluses.fr/admin/upload/assainissement_industriel/2012_05_29_Guide_%20des_%20bonnes_%20pratiques_%20de_%20gestion_%20des_%20effluents_%20et_%20dechets_%20industriels.pdf)>.

**TECHER, D. (2011).** *Réhabilitation de sols pollués par des HAP grâce aux bactéries associées à la rhizosphère de Miscanthus x giganteus*. Thèse de doctorat. Toxicologie de l'environnement. France : Université Paul Verlaine de Metz, 307 p.

**TERMOUL, F., SADI, M. (2007).** *Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel : cas de la lagune de Beni-Messous*. Mémoire d'ingénieur. Environnement marin. Alger: ENSSMAL, 91 p.

**VILAGINES, R. (2010).** *Eau, environnement et santé publique* [En ligne]. 3<sup>é</sup> éd. Paris : Lavoisier. [Consulté le 5 février 2016]. Disponible sur le web : <<https://books.google.dz/books?id=zUfvAQAAQBAJ&pg=PA93&dq=VILAGINES,+2003+Eau,+environnement+et+sant%C3%A9+publique&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwjx0Oilp8jPAhVEcBoKHToKBiUQ6AEIKDAC#v=onepage&q=VILAGINES%2C%202003%20Eau%2C%20environnement%20et%20sant%C3%A9%20publique&f=false>>.

**WAUQUIER, J. (1994).** *Le raffinage du pétrole*. Paris: Technip. 255 p.



*Annexes*

# Annexe I

## Le décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993, du journal officiel de la République Algérienne.

14 juillet 1993	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 46	5
<b>Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels.</b>	— s'ils ne dépassent pas à la source les valeurs limites maximales telles qu'annexées au présent décret.	
<p>Le Chef du Gouvernement, Sur le rapport du ministre de l'éducation nationale, Vu la Constitution, notamment ses articles 81 et 116 ; Vu la loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement ; Vu la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983 relative au code des eaux ; Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ; Vu la loi n° 89-23 du 19 décembre 1989 relative à la normalisation ; Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990 relative à la commune ; Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990 relative à la wilaya ; Vu le décret présidentiel n° 92-304 du 8 juillet 1992 portant nomination du Chef du Gouvernement ; Vu le décret présidentiel n° 92-307 du 19 juillet 1992 portant nomination des membres du Gouvernement ; Vu le décret n° 92-489 du 28 décembre 1992 fixant les attributions du ministre de l'éducation nationale ;</p>	— s'ils remplissent les conditions techniques dont la définition fera, l'objet d'un arrêté du ministre chargé de la protection de l'environnement.	
<b>Décète :</b>	<b>Art. 5. —</b> Les conditions techniques prévues à l'article 4 ci-dessus tiennent compte notamment :	
<p>Article 1er. — Le présent décret a pour objet, en application des dispositions de la loi n° 83-03 du 5 février 1983 et de la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983 susvisées, de réglementer les rejets d'effluents liquides industriels.</p>	— du débit et du degré de pollution des eaux réceptrices et de leur capacité de régénération naturelle,	
<b>CHAPITRE I DISPOSITIONS GENERALES</b>	— des conditions d'utilisation des eaux réceptrices et des exigences de l'alimentation en eau des populations,	
<p>Art. 2. — Au sens du présent décret, il est entendu par rejet tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents liquides industriels dans le milieu naturel.</p>	— de la protection de la faune et de la flore et des exigences sanitaires économiques et touristiques,	
<p>Art. 3. — Les rejets, tels que définis à l'article 2 ci-dessus, sont soumis à autorisation conformément aux dispositions du présent décret.</p>	— de l'importance et de la nature des rejets.	
<p>L'autorisation détermine les conditions techniques auxquelles sont subordonnés les rejets.</p>	<b>Art. 6. —</b> L'autorisation de rejet prévue à l'article 3 du présent décret, est délivrée par le ministre chargé de l'environnement après avis du ministre chargé de l'hydraulique.	
<b>CHAPITRE II DES CONDITIONS D'OBTENTION, DE RETRAIT OU DE MODIFICATION DES AUTORISATIONS</b>	<b>Art. 7. —</b> Les demandes d'autorisation de rejet sont adressées en trois exemplaires au ministre chargé de l'environnement par l'intermédiaire du wali territorialement compétent.	
<p>Art. 4. — Sans préjudice des conditions de l'article 101 de la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, susvisée, les rejets d'effluents liquides industriels, tels que définis à l'article 2 ci-dessus, ne peuvent être autorisés que :</p>	<b>Art. 8. —</b> Les dossiers de demande d'autorisation de rejet comportent notamment :	
	1) les noms, prénoms, qualité et domicile du demandeur ou si la demande émane d'une collectivité, d'une entreprise publique ou de toute autre personne morale, les indications suivantes : nature, siège, objet, noms, prénoms et qualité du ou des représentants habilités auprès de l'administration,	
	2) la description de l'emplacement de l'opération projetée et le cas échéant de sa profondeur et des niveaux souterrains dans lesquels elle s'effectue,	
	3) la nature et l'importance du rejet, les conditions d'évacuation ou de dépôt notamment sa répartition dans le temps, les mesures proposées pour remédier à la pollution des eaux,	
	4) la nature des agents polluants susceptibles d'altérer la qualité des eaux,	
	5) la description technique des installations prévues pour éviter d'altérer la qualité des eaux ou de nuire à la salubrité publique.	
	A la demande est jointe une carte à l'échelle minimale de 1/50.000 sur laquelle est reporté l'emplacement de l'opération projetée.	

**Le Décret exécutif n° 06-141 du 19 Avril 2006, du journal officiel de la République Algérienne.**

4

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26

24 Rabie El Aouel 1427  
23 avril 2006

## DECRETS

**Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.**

-----

Le Chef du Gouvernement,

Sur le rapport du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ;

Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990, complétée, relative à la commune ;

Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990, complétée, relative à la wilaya ;

Vu la loi n° 03-10 du 19 Jomada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;

Vu la loi n° 04-04 du 5 Jomada El Oula 1425 correspondant au 23 juin 2004 relative à la normalisation ;

Vu la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005 relative aux hydrocarbures ;

Vu le décret présidentiel n° 04-136 du 29 Safar 1425 correspondant au 19 avril 2004 portant nomination du Chef du Gouvernement ;

Vu le décret présidentiel n° 05-161 du 22 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 1er mai 2005 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels ;

**Décète :**

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 10 de la loi n° 03-10 du 19 juillet 2003, susvisée, le présent décret a pour objet de définir les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

### SECTION 1

#### DES DISPOSITIONS PRELIMINAIRES

Art. 2. — Au sens du présent décret on entend par rejet d'effluents liquides industriels tout déversement, écoulement, jet et dépôt d'un liquide direct ou indirect qui provient d'une activité industrielle.

Art. 3. — Les valeurs limites de rejets d'effluents liquides industriels sont celles fixées en annexe du présent décret.

Toutefois, en attendant la mise à niveau des installations industrielles anciennes dans un délai de cinq (5) ans, les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels prennent en charge l'ancienneté des installations industrielles en déterminant une tolérance pour les rejets d'effluents liquides industriels émanant de ces installations. Ces valeurs sont fixées et annexées au présent décret.

Pour les installations pétrolières, le délai est de sept (7) ans conformément aux dispositions législatives en vigueur, et notamment celles de la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005, susvisée,

En outre et en raison des particularités propres aux technologies utilisées, des tolérances particulières aux valeurs limites sont également accordées selon les catégories industrielles concernées. Ces tolérances sont annexées au présent décret.

### SECTION 2

#### DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

Art. 4. — Toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d'effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies en annexe du présent décret et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée.

Art. 5. — Les installations de traitement doivent être conçues, exploitées et entretenues de manière à réduire à leur minimum les durées d'indisponibilité pendant lesquelles elles ne peuvent assurer pleinement leur fonction.

Si une indisponibilité est susceptible de conduire à un dépassement des valeurs limites imposées, l'exploitant doit prendre les dispositions nécessaires pour réduire la pollution émise en réduisant ou en arrêtant, si besoin, les activités concernées.

### SECTION 3

#### DU CONTROLE DES REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

Art. 6. — Au titre de l'autocontrôle et de l'autosurveillance les exploitants d'installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent tenir un registre où sont consignés la date et les résultats des analyses qu'ils effectuent selon des modalités fixées par arrêté du ministre chargé de l'environnement et, le cas échéant, du ministre chargé du secteur concerné.

Les mesures sont effectuées sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais dans les conditions fixées par la réglementation en vigueur.

Art. 7. — Les résultats des analyses doivent être mises à la disposition des services de contrôle habilités.

Art. 8. — Les services habilités en la matière effectuent des contrôles périodiques et ou inopinés des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des rejets d'effluents liquides industriels visant à s'assurer de leur conformité aux valeurs limites fixés en annexe du présent décret.

Art. 9. — Le contrôle des rejets comporte un examen des lieux, des mesures et analyses opérées sur place et des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyses.

Art. 10. — L'exploitant de l'installation concernée est tenu d'expliquer, commenter ou fonder tout dépassement éventuellement constaté et fournir les actions correctives mises en œuvre ou envisagées.

## Annexe II

Les réseaux du bassin de décantation API et la fosse A du rejet principal de la raffinerie.



**Figure 1:** *Bassin des eaux non-huileuses (pluviales) de la station de traitement de la raffinerie d'Alger.*



**Figure 2:** *Bassin des eaux huileuses (Bassin de décantation API) de la station de traitement des ERI de la raffinerie d'Alger.*



**Figure 3:** *La fosse A du rejet principal de la raffinerie.*

## Annexe III

### 1. La verrerie usuelle



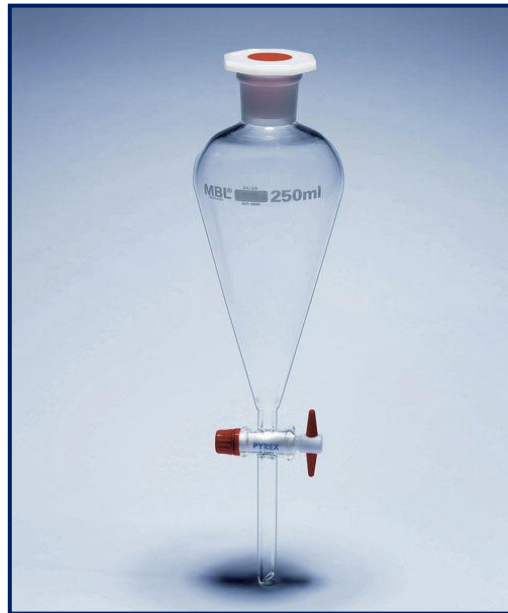
**Eprouvette**



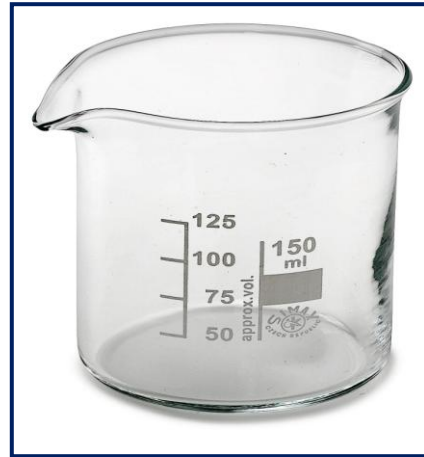
**Entonnoir**



**Pipettes**



**Ampoule à décanter**



2. L'étuve utilisé pour le séchage de la verrerie et les filtres de la MES avant et après leur utilisation, et le dessiccateur.



**Etuve**



**Dessiccateur**

## Annexe IV

### 1. Echantillonnage des eaux résiduaires de la raffinerie

La figure qui suit, représente la bouteille d'échantillonnage étiquetée des eaux résiduaires, au niveau de la station de traitement des eaux de rejet de la raffinerie d'Alger.



**Figure 4:** Bouteille d'échantillonnage des eaux résiduaires.



**Figure 5 :** *Prélèvement des eaux de rejet en aval des filtres à foin (fosse A).*



**Figure 6 :** *Prélèvement en amont après l'écrémeur au niveau du bassin API.*

# Annexe V

## Appareillage et mode opératoire

### 1. Mesure du pH et de température



Figure 7 : pH-mètre de type METRO HM 713.

### 2. Mesure des matières en suspension



Figure 8 : Filtration des MES.



Figure 9 : Balance de type DEN/VER S-114

### 3. Demande chimique en oxygène

L'appareil utilisé pour la mesure de la DCO est un réacteur de type **HACH**, qui est composé d'un bloc chauffant compact acceptant au moins 10 tubes, capable de maintenir une température uniforme de  $150\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  et dont les orifices permettent un contact étroit avec les tubes. Il est recommandé que ce système de chauffage permette d'atteindre le point d'ébullition en moins de 10 minutes.



**Figure 10:** DCO mètre de type HACH.

Les tubes destinés à l'analyse de DCO, sont en verre borosilicaté équipé de bouchons revêtus intérieurement d'un joint en Teflon. D'un volume total d'environ 20 mL, ils doivent être résistants aux acides et aux pressions élevées et adaptés au bloc chauffant utilisé.

Ces tubes contiennent des réactifs qui sont : de l'acide sulfurique, du dichromate de potassium, du sulfate d'argent et du chlorure de mercure (II) (**RODIER, 2009**).

#### 4. La DBO<sub>5</sub>



Figure 11: DBO mètre de type OXITOP IS6.

Tableau : Gamme d'estimation de la DBO<sub>5</sub>.

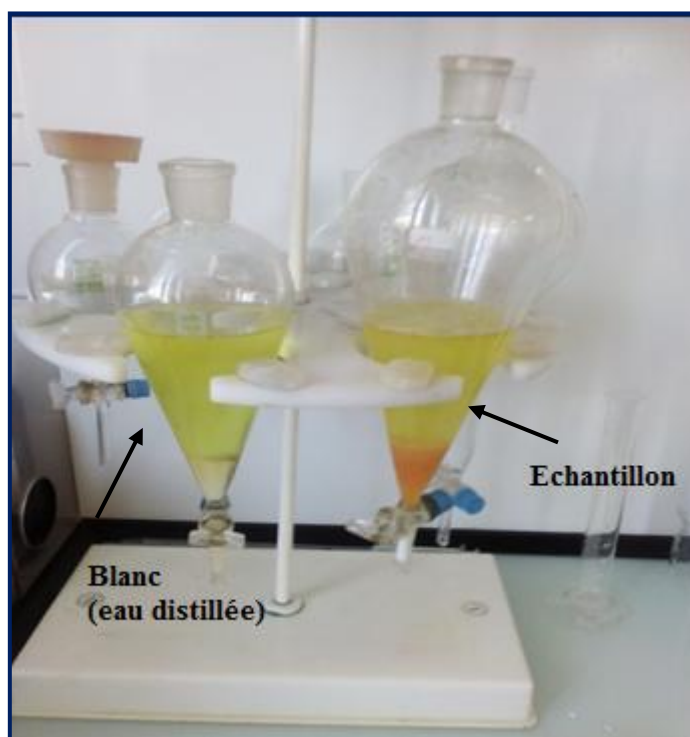
Charge	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	Prise d'essai (ml)	Facteur
Très faible	0-40	432	1
Faible	0-80	365	2
Moyenne	0-200	250	5
Plus que la moyenne	0-400	164	10
Un peu chargé	0-800	97	20

**5. Hydrocarbure** La mesure du béccher contenant les hydrocarbures est effectuée par une balance analytique comme illustré sur la figure suivante.



**Figure 12:** Balance analytique numérique de type DEN/VER S-114.

## 6. Phénol



**Figure 13:** Analyse du phénol par la méthode 4-aminoantipyrine.

**Note :** Concernant les réactifs **phénol1** et **phénol2** ; ce sont des réactifs destinés uniquement pour l'analyse du phénol dans les eaux résiduaires par le spectrophotomètre HACH (vendus avec l'appareil) et par confidentialité, la nature de ces produits n'est pas indiquée.

## 7. Plomb



Figure 14 : Analyse du plomb.

**Note :** Concernant les réactifs **Pb1, Pb2, Pb3, Pb4, Pb5 et Pb6** ; ce sont des réactifs destinés uniquement pour l'analyse du plomb dans les eaux résiduaires par le spectrophotomètre HACH (vendus avec l'appareil) et par confidentialité, la nature de ces produits n'est pas indiquée.

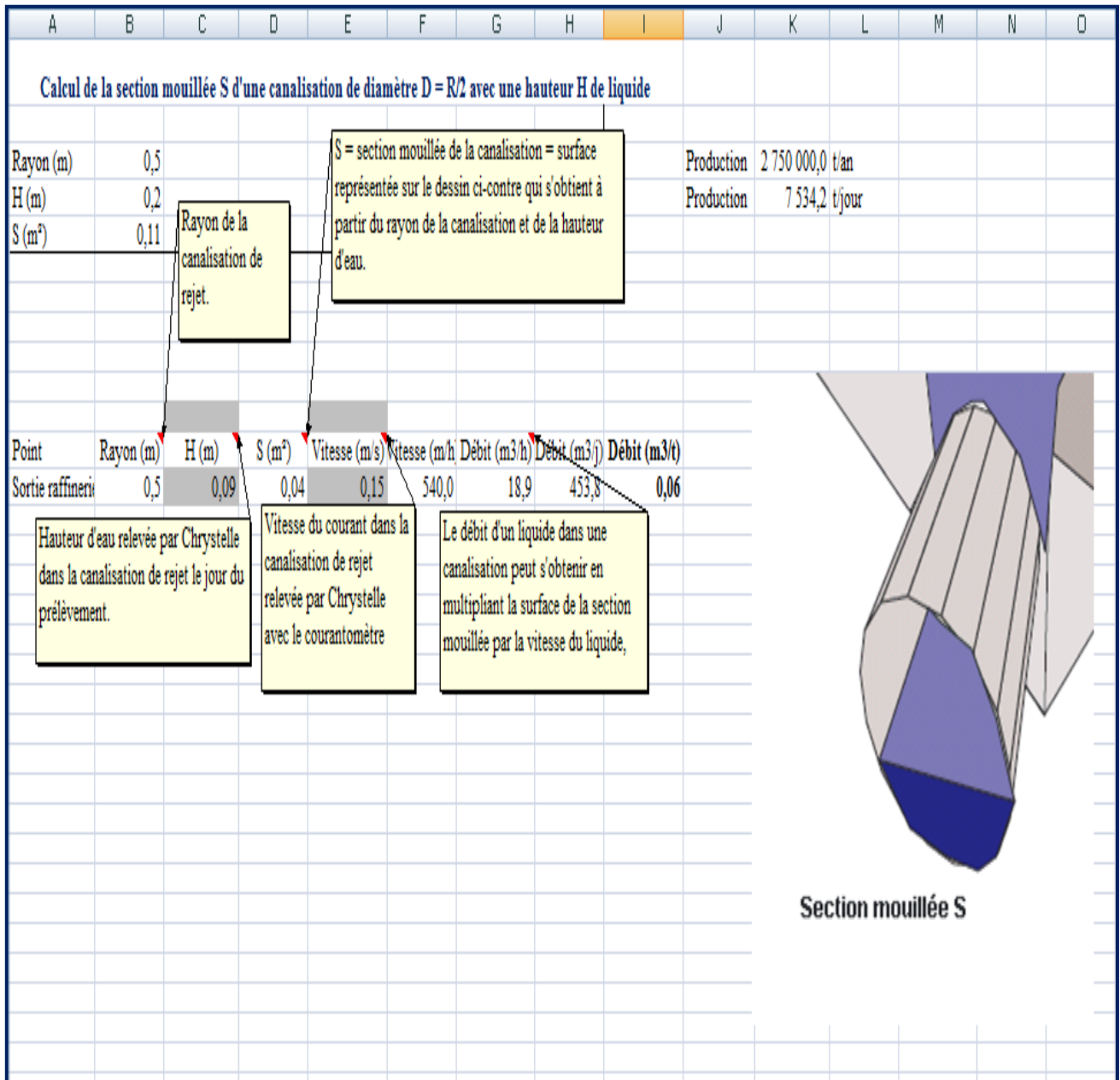
## 8. Débit



Figure 15: un courantomètre FLO-MATE 2000/CM.

## Expression des résultats des débits

Le calcul du débit est effectué sur **Excel** par une méthode mathématique ; en remplaçant les valeurs des données (la hauteur, vitesse d'écoulement et le débit spécifique) dans l'équation de SEBASTIEN et ça va afficher directement le résultat du débit.



**Figure 16:** Calcul du débit par rapport à la quantité du pétrole traité.

**Tableau :** *Variation des débits en fonction des vitesses et de la hauteur de l'eau.*

	Hauteur (m)			Vitesse d'écoulement (m/s)			Débit spécifique (m <sup>3</sup> /t)			Débit spécifique total (m <sup>3</sup> /t)
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	
<b>ECH 1</b>	0,06	0,09	0,14	0,09	0,08	0,15	0,02	0,03	0,11	<b>0,16</b>
<b>ECH 2</b>	0,08	0,12	0,13	0,12	0,14	0,15	0,04	0,09	0,10	<b>0,23</b>
<b>ECH 3</b>	0,02	0,08	0,12	0,00	0,03	0,11	0,00	0,01	0,07	<b>0,08</b>
<b>ECH 4</b>	0,06	0,09	0,12	0,09	0,08	0,15	0,02	0,03	0,09	<b>0,14</b>
<b>ECH 5</b>	0,06	0,09	0,14	0,09	0,08	0,15	0,02	0,03	0,11	<b>0,16</b>
<b>ECH 6</b>	0,08	0,12	0,14	0,1	0,09	0,16	0,03	0,06	0,12	<b>0,21</b>
<b>ECH 7</b>	0,02	0,08	0,12	0,00	0,03	0,11	0,00	0,01	0,07	<b>0,08</b>
<b>ECH 8</b>	0,05	0,10	0,13	0,06	0,08	0,1	0,01	0,04	0,07	<b>0,12</b>

## Mode opératoire du spectrophotomètre HACH

- Allumer le spectrophotomètre HACH.
- Entrer le numéro de programme mémorisé pour le paramètre à mesurer.
- Régler la longueur d'onde correspondant à ce paramètre.
- Placer le pilulier comportant le blanc dans l'adaptateur avec le logo HACH dirigé vers l'opérateur.
- Appuyer sur la touche ZERO.
- Enlever le blanc et placer le pilulier à échantillon dans l'adaptateur avec le logo HACH dirigé vers l'opérateur.
- Appuyer sur la touche READ, attendre l'affichage du résultat.



**Figure 17 :** Spectrophotomètre HACH.

# Annexe VI

## Les tableaux des résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques

### 1. Débit

	Débit (m <sup>3</sup> /t)
<b>ECH 1</b>	0,16
<b>ECH2</b>	0,23
<b>ECH3</b>	0,08
<b>ECH4</b>	0,14
<b>ECH5</b>	0,16
<b>ECH6</b>	0,21
<b>ECH7</b>	0,08
<b>ECH8</b>	0,12

### 2. Température (T°)

	<b>ECH1</b>	<b>ECH2</b>	<b>ECH3</b>	<b>ECH4</b>	<b>ECH5</b>	<b>ECH6</b>	<b>ECH7</b>	<b>ECH8</b>
<b>Air (°C)</b>	24	27	30	30	32	27	27	32
<b>Amont (°C)</b>	29,2	28,7	32	32,3	32,6	31,2	31	32,3
<b>Aval foin (°C)</b>	27,2	27	30	32,4	32,2	31,7	31,1	30,8
<b>Aval anthracite (°C)</b>	24	27	28,9	28,2	30,5	30,6	30,1	29,9

### 3. Potentiel d'hydrogène (pH)

	<b>ECH1</b>	<b>ECH2</b>	<b>ECH3</b>	<b>ECH4</b>	<b>ECH5</b>	<b>ECH6</b>	<b>ECH7</b>	<b>ECH8</b>
<b>Amont</b>	6,635	6,679	6,16	6,85	6,957	6,99	6,89	6,06
<b>Aval foin</b>	6,9	7,01	7,45	7,256	7,412	7,227	7,552	7,52
<b>Aval anthracite</b>	6,78	6,707	7,07	8,2	8,1	7,162	7,14	7,17

#### 4. Matières en suspension (MES)

		ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ECH6	ECH7	ECH8
<b>Amont</b>	(mg/l)	86	90	100	81	115	120	69	79
	(g/t)	13.76	20.7	8	11.34	18.4	25.2	5.52	9.48
<b>Aval foin</b>	(mg/l)	60	51	110	90	61	74	28	51
	(g/t)	9.6	11.73	8.8	12.6	9.76	15.54	2.24	6.12
<b>Aval anthracite</b>	(mg/l)	39	40	34	40	32	30	12	20
	(g/t)	6.24	9.2	2.72	5.6	5.12	6.3	0.96	2.4

#### Rendement d'élimination (%)

	ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ECH6	ECH7	ECH8
<b>Aval foin</b>	30,24	43,34	/	/	46,96	38,34	59,42	35,45
<b>Aval anthracite</b>	54,65	55,56	66	50,62	72,18	75	82,61	74,69

#### 5. Demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

		ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ECH6	ECH7	ECH8
<b>Amont</b>	(mg/l)	140	160	170	180	200	190	165	189
	(g/t)	22.4	36.8	13.6	25.2	32	39.9	13.2	22.68
<b>Aval foin</b>	(mg/l)	110	140	140	150	170	170	147	160
	(g/t)	17.6	32.2	11.2	21	27.2	35.7	11.76	19.2
<b>Aval anthracite</b>	(mg/l)	80	90	100	110	150	120	100	110
	(g/t)	12.8	20.7	8	15.4	24	25.2	8	13.2

#### Rendement d'élimination (%)

	ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ECH6	ECH7	ECH8
<b>Aval foin</b>	21.43	12.5	17.65	16.67	15	10.53	10.91	15.35
<b>Aval anthracite</b>	42.86	43.75	41.18	38.89	25	36.85	39.4	41.8

## 6. Demande biochimique en oxygène (DCO)

		ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ECH6	ECH7	ECH8
<b>Amont</b>	(mg/l)	201	283	189	213	210	250	217	221
	(g/t)	32.16	65.09	15.12	29.82	33.6	52.5	17.36	26.52
<b>Aval foin</b>	(mg/l)	193	187	182	180	171	185	191	193
	(g/t)	30.88	43.01	14.56	25.2	27.36	38.85	15.28	23.16
<b>Aval anthracite</b>	(mg/l)	120	123	153	120	121	139	141	151
	(g/t)	19.2	28.29	12.24	16.8	19.36	29.19	11.28	18.12

### Rendement d'élimination (%)

	ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ECH6	ECH7	ECH8
<b>Aval foin</b>	3.98	33.92	3.71	15.5	18.57	26	11.98	12.67
<b>Aval anthracite</b>	40.3	56.54	19.05	43.66	42.38	44.4	35.02	31.67

## 7. Hydrocarbures (HC)

		ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ECH6	ECH7	ECH8
<b>Amont</b>	(mg/l)	28.12	33.33	29.75	32.19	21.089	28.86	26.54	20.73
	(g/t)	4.49	7.66	2.38	4.506	3.374	6.06	2.12	2.48
<b>Aval foin</b>	(mg/l)	14.43	15.09	13.23	17.75	12.21	18.23	12.99	12.66
	(g/t)	2.30	3.47	1.058	2.48	1.95	3.82	1.039	1.51
<b>Aval anthracite</b>	(mg/l)	5.22	7.27	6.66	9.52	7.76	9.33	6.1	4.439
	(g/t)	0.83	1.67	0.53	1.33	1.24	1.96	0.48	0.53

### Rendement d'élimination (%)

	ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ECH6	ECH7	ECH8
<b>Aval foin</b>	48.69	54.73	55.53	44.86	42.1	36.83	51.06	38.93
<b>Aval anthracite</b>	81.44	78.19	77.61	70.43	63.2	67.68	77.02	78.59

## 8. Phénols

		ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ECH6	ECH7	ECH8
<b>Amont</b>	(mg/l)	0.44	0.392	0.42	0.282	0.33	0.202	0.592	0.398
	(g/t)	0.07	0.09	0.033	0.039	0.052	0.04	0.047	0.047
<b>Aval foïn</b>	(mg/l)	0.31	0.236	0.408	0.422	0.23	0.21	0.394	0.316
	(g/t)	0.049	0.054	0.032	0.059	0.036	0.044	0.031	0.037
<b>Aval anthracite</b>	(mg/l)	0.22	0.196	0.238	0.192	0.168	0.197	0.189	0.21
	(g/t)	0.035	0.045	0.019	0.026	0.026	0.041	0.015	0.023

## Rendement d'élimination (%)

	ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ECH6	ECH7	ECH8
<b>Aval foïn</b>	29.55	39.8	2.86	/	30.31	/	33.45	20.61
<b>Aval anthracite</b>	50	50	43.34	31.92	49.1	2.48	68.08	50.51

## 9. Plomb (Pb<sup>+2</sup>)

		ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ECH6	ECH7	ECH8
<b>Amont</b>	(µg/l)	1	1	0	1	1	1	1	1
	(mg/l)	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
<b>Aval foïn</b>	(µg/l)	0.5	0	0	0.3	1	0.3	0	1
	(mg/l)	0.0005	0	0	0.0003	0.001	0.0003	0	0.001
<b>Aval anthracite</b>	(µg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0.3
	(mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0.0003

## 10. Chrome hexavalent (Cr<sup>+6</sup>)

	ECH1	ECH2	ECH3	ECH4	ECH5	ECH6	ECH7	ECH8
<b>Amont (mg/l)</b>	0.07	0.052	0.05	0.12	0.098	0.09	0.07	0.1
<b>Aval foïn (mg/l)</b>	0.05	0.03	0.03	0.08	0.089	0.06	0.03	0.091
<b>Aval anthracite (mg/l)</b>	0.02	0.01	0.022	0.03	0.05	0.02	0.01	0.01

**10. Tableaux des résultats d'analyse des eaux résiduaires après leur passage des filtres à foin, par l'antracite.**

	T° (°C)	pH	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	HC (mg/l)	Phénol (mg/l)	Plomb (µg/l)	Cr <sup>6+</sup> (mg/l)
<b>ECH1</b>	29,8	7,11	10	121	40	3,33	0,11	0	0,01
<b>ECH2</b>	30,9	7,567	10	111	20	2,22	0,072	0	0,011
<b>ECH3</b>	33,6	7,46	9	102	20	4,43	0,057	0	0,01

**Rendement d'élimination (%)**

	MES	DCO	DBO <sub>5</sub>	HC	Phénol
<b>Rendement (%)</b>	89,55	44,62	84,7	87,97	79,31

# Traitement des effluents industriels liquides de la raffinerie d'Alger : étude comparative entre l'efficacité du foin et de l'antracite dans le traitement des eaux.

## RESUME

L'utilisation de l'eau au cours des procédés de raffinage conduit à son altération du fait de la modification de ses propriétés, ce qui génère une pollution de l'eau et par conséquent l'altération du milieu aquatique. Dans le but d'évaluer le taux de pollution industrielle liquide engendrée par le rejet d'effluents, des prélèvements d'eau ont été effectués au niveau de la station de traitement des ERI de la raffinerie d'Alger, en amont et en aval des filtres à foin, pour mesurer les paramètres : Débit, T°, pH, MES, DCO, DBO<sub>5</sub>, HC, phénol, Pb, Cr<sup>6+</sup>; en vérifiant d'une part l'efficacité du traitement effectué au sein de la raffinerie (filtration par le foin) avec la norme définie par le décret N°06-141, et en comparant d'autre part les résultats par une autre méthode de traitement effectuée par l'antracite avec comparaison des mêmes paramètres mesurés; dans un souci d'optimiser l'épuration des eaux résiduaires de la raffinerie. Ce qui a montré que la raffinerie rejette une eau épurée respectant la norme de rejet. La méthode de traitement proposée, effectuée par l'antracite présente des résultats meilleurs que la filtration par le foin, par sa forte capacité d'adsorption, ce qui laisse à proposer l'effectuation des filtres de l'antracite à la sortie du bassin afin d'avoir des eaux de qualité meilleure et diminuer le maximum les dangers sur le milieu récepteur.

**MOTS- CLEFS :** Anthracite, eaux résiduaires industrielles, effluents, filtration, pollution industrielle, raffinerie, raffinage du pétrole, traitement des eaux industrielles, traitement physique.

## ABSTRACT

Using water during refining processes conducts to its alteration due to the modification of its properties which leads to water pollution and aquatic environment alteration.

In order to evaluate the rate of the liquid industrial pollution caused by effluents discharge, water samples were taken from the wastewater treatment plant of Algiers in upstream and downstream of the hay filters to measure the following parameters: debit, temperature, pH, MES, DCO, DBO<sub>5</sub>, HC, phenol, Pb and Cr<sup>6+</sup> by controlling from one hand the efficiency of treatment used by the refinery (hay filters) with the standard defined by the decree 06-141, and from the second hand comparing the results obtained by using the anthracite in the treatment in the aim of getting the best wastewater refined. That showed the refinery rejects standard water purified water.

The proposed treatment with using anthracite showed better results than the one using hay, due to its high absorption capacity. So that, the anthracite filter was suggested to be used at the basin outlet in order to get the best water quality and reduce at the maximum the risks of receiving environment.

**KEYWORDS:** Anthracite, effluent, filtration, industrial pollution, industrial wastewater, industrial water treatment, oil refining, physical treatment, refinery.

يؤدي استعمال الماء أثناء عمليات تصفية البترول إلى إتلافه نتيجة تعديل خصائصه مما يؤدي إلى تلوث الماء وبالتالي تغير الوسط المائي.

ومن أجل تقييم نسبة التلوث الصناعي السائل الناتج عن النفايات السائلة، تم أخذ عينات من المياه على مستوى محطة معالجة مياه الصرف (ERI) بمصفاة الجزائر قبل وبعد تصفيتها بمادة التبن من خلال قياس مؤشرات التلوث مع مراقبة مدى فعالية المعالجة في المصفاة (التصفية عن طريق التبن) وتطبيقها مع المعيار المحدد بموجب المرسوم رقم 141-06، هذا من جهة، ومن جهة أخرى، مقارنة النتائج باستعمال طريقة معالجة أخرى تعتمد على فحم الأنتراسيت وذلك بغرض تحسين تصفية مياه الصرف والذي أظهر أن المصفاة تنتج مياهها معالجة تحترم المعايير.

كما تبين أن استعمال طريقة التصفية المقترحة التي تعتمد على فحم الأنتراسيت كانت أنجع من الطريقة التي تعتمد على مادة التبن وذلك راجع إلى قدرة هذه المادة على الامتصاص. وعليه، تم اقتراح استعمال مرشحات فحم الأنتراسيت عند مخرج الحوض قصد الحصول على مياه ذات نوعية أحسن وتقليل الأخطار على الوسط المستقبل إلى أدنى حد.

**الكلمات المفتاحية :** فحم الأنتراسيت، مياه الصرف الصناعي، المياه الملوثة، تصفية المياه، التلوث الصناعي، تكرير البترول، معالجة المياه الصناعية، تصفية فيزيائية.