



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Hydraulique*

**Option : REUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES**

**THEME :**

**LA REUTILISATION DES EAUX DE LA STEP (U850  
RAFFINERIE DE SIDI REZINE) DANS LA  
PRODUCTION DE VAPEUR.**

**Présenté par :**

**M<sup>lle</sup>. BARBACHI Samia**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
Mme.AMMOUR Fadhila	MAA	Président
Mme.SADOUNE Samra	MCB	Membre
Mme.LEULMI Sonia	MAA	Membre
Mr. KOLIAI Djaffar	Associé	Membre
M. MIHOUBI Mustapha Kamel	Professeur	Promoteur

**Session Septembre 2020**

# Remerciement

Je remercie Dieu le tout puissant, de m'avoir donné la santé, le courage et la volonté qui m'a permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.

J'adresse ma profonde reconnaissance à mon promoteur, Mr Mustapha Kamel MIHOUBI qui m'a chaleureusement accueilli au sein de son service. Je le remercie pour ses nombreux conseils, ainsi que pour son aide précieux tout au long de mon cursus.

Je souhaiterai exprimer ma gratitude pour l'aide qu'a pu m'apporter mon enseignant, Mr Abdelhadi AMMARI

Je tiens a remercié également, Mr Habib CHEHIBI, Mr Mohamed Amine SENDJASNI et Mr Abderaouf BOULDJEDIAN pour leur collaboration active à la réalisation de ce mémoire.

Je remercie tout le corps enseignant de L'ENSH, qui m'a encadré durant toutes les années d'études.

Je remercie le président et les membres du jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.

Une mention spéciale à ma famille et à mes amis pour m'avoir aéré l'esprit et pour la motivation qu'ils m'ont apportée tout au long de ce travail.

# Dédicace

**Je dédie ce travail en signe de respect et de reconnaissance :**

À mes chers parents, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A toute La famille BARBACHI et CHAIMI.

A mes chers et adorables frères et sœurs, Sarah, Hassan, Samah, mon petit frère Nacer.

A Reda et à mon cher petit neveu Ilyessou

A la mémoire de ma chère tante, Hayet que Dieu ait ton âme dans sa sainte miséricorde.

A mes petits, Nadir, Maya et Meryouma.

A mes grands-mères et mes grands-pères

À mes chers oncles, tantes, leurs époux et épouses à mes chers cousins cousines

A toute personne qui a m'enseigné

A Toute les personnes chères à mes yeux partout où elles se trouvent : Illeula , Meriem ,  
Sihem , Lisa et Nana

A tous mes amis de la promotion

A Oussama qui m'a énormément soutenue

***Samia BARBACHI***

## ملخص:

في دراستنا تم إجراء مقارنة بين الخصائص الفيزيوكيميائية والبيولوجية للمياه المعالجة بوحدة المعالجة 850 في مصفاة سيدي رزين والماء الذي يغذي الغلايات حالياً لغرض إعادة الاستخدام. تظهر الاستنتاجات التالية:

تتوافق جودة المياه المعالجة بالوحدة 850 مع المعايير الجزائرية للتصريفات الصناعية.

تجاوزت الخصائص الفيزيوكيميائية لهذه المياه النقية مقارنة بمعايير إعادة استخدام الماء في دوائر إنتاج البخار، مما دفعنا إلى استخدام ترشيح الكربون المنشط الحبيبي.

تم إجراء تقييم اقتصادي لتحديد المكاسب التي تحققت بعد عملية إعادة التدوير لهذه الكمية الملموسة من المياه المعالجة والتي تبلغ 4500 م<sup>3</sup> / يوم بتكلفة تقارب 44 مليون دينارًا جزائري سنويًا بتكلفة تبلغ استثمار 15 مليون دينار جزائري.

أظهرت لنا هذه الدراسة أن إعادة استخدام المياه تجعل من الممكن أيضًا الامتثال للوائح وحماية البيئة والاقتصاد في استهلاك المياه.

## Résumé :

Dans notre étude on a fait une comparaison des caractéristiques physico chimique et biologiques des eaux traitées par l'unité de traitement des effluents liquides U850 de la raffinerie de Sidi Rezine et celle des eaux d'appoint qui alimente actuellement les chaudières dans le but de la réutilisation, il en ressort que la qualité des eaux traitées au niveau de l'unité 850 répond aux normes algériennes des rejets industrielles

Un dépassement dans les caractéristiques physico-chimiques de ces eaux épurées par rapport aux normes de réutilisation d'eau comme appoint dans les circuits de production de vapeur ce qui nous a conduit à mettre une filtration sur charbon actif granulé.

On a effectué une évaluation économique dans le but de déterminer le gain réalisé après l'opération de recyclage de cette quantité appréciable d'eau traitée qui est de l'ordre de 4500 m<sup>3</sup>/j coûtant environ 44 millions de dinars Algérien annuellement avec un cout d'investissement de 15 millions Dinars Algérien.

Cette étude nous a montré que la réutilisation des eaux permet également de respecter les réglementations, de protéger l'environnement et d'optimiser la consommation d'eau.

## Abstract:

In our study, a comparison was made of the physicochemical and biological characteristics, of the water treated by the U850 liquid effluents treatment, unit of the Sidi Rezine refinery, and that of the makeup water, which currently supplies the boilers with the aim of reuse, the following conclusions emerge:

The quality of the water treated at unit 850 meets Algerian standards for industrial discharges.

An overrun in the physicochemical characteristics of this purified water compared to the standards for reuse of water as a make-up in the steam production circuits, which has led us to use granulated activated carbon filtration.

An economic evaluation was carried out in order to determine the gain made after the recycling operation of this appreciable quantity of treated water, which is of the order of 4500 m<sup>3</sup> / d costing approximately 44 million Algerian dinars annually with a cost of investment of 15 million Algerian Dinars.

This study has shown us that reuse of water also makes it possible to comply with regulations, protect the environment and optimize water consumption.

# TABLE DES MATIERES

Résumé	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des planches	
INTRODUCTION GENERALE.....	9
I.2. Historique :.....	3
I.3. Situation géographique :.....	3
I.4. Caractéristiques du site :.....	5
I.4.1. Données hydrographiques :.....	5
I.4.2. Données climatologiques :.....	5
I.4.3. Aperçu géologique et hydrogéologique :.....	6
I.5. Description des installations :.....	7
I.5.1. Unités de production :.....	7
I.5.2. Unités générales :.....	7
I.5.3. Politique HSE (Hygiène, sécurité et environnement) de la raffinerie :.....	9
II.2. Définition des eaux résiduaires :.....	12
II.3. Origines et nature des eaux résiduaires de la raffinerie :.....	12
II.3.1. Les eaux résiduaires des procédés de raffinage :.....	12
II.3.2. Les eaux des services généraux :.....	13
II.4. Paramètres de mesure de la pollution :.....	13
II.4.1. Paramètres organoleptiques :.....	13
II.4.2. Paramètres physiques :.....	14
II.4.3. Paramètres chimiques :.....	14
II.4.4. Autres paramètres :.....	15
II.5. Les différents traitements des eaux usées :.....	15
II.5.1. Prétraitement :.....	15
II.5.2. Traitement primaire :.....	16

II.5.3. Traitement secondaire :.....	16
II.5.4. Traitement tertiaire :.....	16
II.6. Description de l'unité 850 : .....	16
II.6.1. Les étapes de traitement dans l'unité 850 :.....	18
II.6.2. Fonctionnement des unités de traitement :.....	19
III.2. Nature et composition physico-chimique et biologique des effluents :.....	33
III.3. Règlementation sur les effluents liquides des raffineries de pétrole : .....	34
III.4. Paramètres d'analyse :.....	35
III.5. Etude de la réutilisation :.....	40
III.5.1 Conditions des eaux dans le but de la réutilisation :.....	40
III.6. Les eaux de chaudière : .....	47
IV.2. Filtration sur charbon actif granulaire CAG : .....	49
IV.2.1. L'adsorption :.....	49
IV.2.2. Principe de fonctionnement d'un filtre à charbon actif :.....	50
IV.2.3. Caractéristiques du charbon actif en grain : .....	50
IV.2.4. Dimensionnement de la filtration a charbon actif :.....	52
IV.3. l'Adduction :.....	61
IV.3.2. Choix des pompes :.....	68
IV.3.3. Calcul de la pression nominale de la conduite : .....	68
IV.3.4. Etude de la cavitation : .....	71
IV.3.5. Etude de coup de bélier :.....	72
V.2. Bilan économique de l'eau :.....	79
V.3. Filtration charbon actif granulé : .....	80
V.4. Conduite d'adduction :.....	81
V.4.1. Exécution des travaux de pose de conduite :.....	81
V.4.2. Devis quantitatif et estimatif :.....	83
CONCLUSION GENERALE.....	86
REFERENCES.....	87
ANNEXE 1 : Diagramme de Moody. ....	89
ANNEXE 2 : Caractéristiques techniques pompe.....	90
.....	90

ANNEXE 3 : Valeurs CAG Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.....	91
.....	91
ANNEXE 4 : Devis pompe.....	92

## **LISTE DES FIGURES :**

### Chapitre I: Etat de situation de la raffinerie

Figure I. 1 : Vue aérienne de la raffinerie d'Alger (Sidi Rezine) Google Earth, 2020). ....	4
Figure I. 2 : Coupe hydrogéologique de la wilaya d'ALGER .....	6

### Chapitre II : Traitement des effluents liquides de la Raffinerie

Figure II. 1 : Schéma explicatif sur l'origine des effluents entrée ETP ; Destination effluent sortie ETP (schéma synoptique).....	18
Figure II. 2 : Section conceptuelle d'un séparateur d'huile circulaire typique .....	22
Figure II. 3 : Schéma unité de flottation en béton type SF.....	24
Figure II. 4 : Schéma d'une installation de clarificateur à aspiration .....	26
Figure II. 5 : Schéma filtre auto-lavant.....	28
Figure II. 6 : Schéma synoptique de l'unité de traitement des effluents ETP 850.....	30

### Chapitre III : Etude analytique des eaux de rejet de la raffinerie

Figure III. 1 : Variation de PH des eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de rejet. ....	37
Figure III. 2 : Variation de la teneur en hydrocarbures des eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de rejet .....	37
Figure III. 3 : Variation des matières en suspension des eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de rejet. ....	38
Figure III. 4 : Variation de la DBO5 et la DCO des eaux épurées en fonction du temps par rapport aux normes de rejet.....	39
Figure III. 5 : Variation des matières en suspension des eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de réutilisation. ....	40
Figure III. 6 : Variation de la DBO5 eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de réutilisation. ....	41
Figure III. 7 : Variation de la DCO des eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de réutilisation. ....	41
Figure III. 8 : Variation des hydrocarbures des eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de réutilisation. ....	42
Figure III. 9 : Variation de pH des eaux épurées en fonction du temps par rapport au pH de l'eau brute .....	44
Figure III. 10 : Variation de la conductivité des eaux épurées en fonction du temps par rapport à celle de l'eau brute.....	45



Figure III. 11 : Variation de TAC des eaux épurées en fonction du temps par rapport au TAC de l'eau brute.....	45
Figure III. 12 : Variation de Fe des eaux épurées en fonction du temps par rapport au Fe l'eau brute.....	46
Figure III. 13 : Variation de chlorures des eaux épurées en fonction du temps par rapport à celui l'eau brute.....	46
Figure III. 14 : Réseau d'eau de chaudière (technique de l'ingénieur, 2009).....	47
Figure III. 15 : Traitement des eaux pour la production de vapeur.....	48

#### Chapitre IV : Partie Dimmensionnement

Figure IV. 1 : Schéma d'un réacteur à charbon actif granulé (SUEZ, 2018) .....	51
Figure IV. 2 : Schéma lavage filtre charbon actif granulé (SUEZ, 2018).....	52
La vitesse de filtration est le paramètre le plus important dans le dimensionnement, elle est déterminée à partir de la figure IV. 3 .....	52
Figure IV. 3 : Valeurs de conception typiques pour les contacteurs GAC (Metcalf & Eddy, 1994).....	53
Figure IV. 4 : Adduction par refoulement .....	62
Figure IV. 5 : Les courbes de traction pour différents matériaux.....	64
Figure IV. 6 : Schéma de profil d'adduction par refoulement vers le réservoir .....	69
<b>Figure IV. 7</b> : Courbe de point de fonctionnement de la pompe .....	70
Figure IV. 8 : Courbes caractéristiques de la pompe.....	71
Figure IV. 9 : Graphe des courbes NPSH requis et disponible.....	71
Figure IV. 10 : Schéma final de l'unité de traitement des effluents ETP 85 .....	76

#### Chapitre V : Etude technico-économique

Figure V. 1 : Estimation des gains du procédé de réutilisation sur une période quinquennale 85	
--	--

## **LISTE DES TABLEAUX :**

### Chapitre I: Etat de situation de la raffinerie

Tableau I. 1 : Température.....	5
Tableau I. 2 : Précipitation.....	6

### Chapitre II : Traitement des effluents liquides de la Raffinerie

Tableau II. 1 : Paramètres de réservoir des eaux de pluie .....	20
Tableau II. 2 : Paramètres de réservoir d'égalisation de la soude caustique usée. ....	21
Tableau II. 3 : Paramètres de réservoir d'égalisation.....	23
Tableau II. 4 : Paramètres de traitement biologique .....	25
Tableau II. 5 : Paramètres de filtration à sable .....	27

### Chapitre III : Etude analytique des eaux de rejet de la raffinerie

Tableau III. 1 : La qualité des eaux usées à l'entrée de l'ETP (Manuel Raffinerie d'Alger, 2014).....	33
Tableau III. 2 : Les normes relatives aux charges maximales permises.....	35
Tableau III. 3 : Résultats des paramètres de PH, MES et teneur en hydrocarbures HC .....	36
Tableau III. 4 : Résultats de mesure des paramètres de DCO et DBO5.....	38
Tableau III. 5 : Caractéristiques des eaux à réutilisé comme eau d'appoint (T. Asano, 1998) .....	40
Tableau III. 6 : Les résultats des paramètres de mesure.....	43
Tableau III. 7 : Spécifications techniques envisagées par le design des eaux d'appoint pour les chaudières de la raffinerie d'Alger (Manuel Raffinerie d'Alger, 2014).....	44

### Chapitre IV : Partie Dimmensionnement

Tableau IV. 1 : caractéristiques de lit filtrant.....	55
Tableau IV. 2 : Caractéristiques principales des filtres à CAG .....	60
Tableau IV. 3 : Caractéristique de Bassin enterré 850-CC-019.....	61
Tableau IV. 4 : Caractéristique de réservoir de stockage .....	61

Tableau IV. 5 : Les dimensions de la conduite .....	65
Tableau IV. 6 : : Les Résultats de calculs de la Hauteur manométrique .....	68
Tableau IV. 7 : Résultats de calcul de la pression nominale de la conduite .....	69
Tableau IV. 8 : Caractéristiques de fonctionnement de la pompe .....	70
Tableau IV. 9 : Résultats de calculs .....	75

## Chapitre V : Etude technico-économique

Tableau V. 1: Bilan économique de l'eau par an .....	79
Tableau V. 2 : Gain total de l'eau par an.....	80
Tableau V. 3 : Devis de la filtration sur charbon actif .....	80
Tableau V. 4 : Devis de l'adduction par refoulement .....	84

## **LISTE DES PLANCHES :**

**Planche N°01 :** Plan de masse.

**Planche N°02 :** Profil en long de la conduite d'adduction.

**Planche N°03 :** Diagramme de tuyauteries et d'instruments pour le charbon actif granulaire.

## **LISTE DES ABREVIATIONS :**

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

**NAFTAL** : Société Nationale de Commercialisation et de Distribution de Produits Pétroliers.

**ANRH** : Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques.

**LPG**: Liquefied Petroleum Gas.

**SONELGAZ** : Société nationale de l'électricité et du gaz.

**TBP**: True Boiling Point.

**PH** : Potentiel Hydrogène.

**MES** : Matière En Suspension.

**DCO** : Demande Chimique En Oxygène.

**DBO** : Demande Biochimique en Oxygène.

**COT** : Carbone Organique Total.

**HC** : Hydrocarbure.

**DAF**: Dissolved Air Flotation.

**HG** : Huile et Graisse.

**FLA** : Filtres de Lavage Autonome.

**MDT** : Matières Dissoutes Totales.

**TAC** : Titre Alcalimétrique Complet.

**OBS** : Observation Basin.

**CAG** : Charbon Actif Granulaire.

**PAC** : Charbon Actif en Poudre.

**BTEX** : Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes.

**EBCT**: Empty Bed Contact Time.

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

**HT** : Hors Taxes.

**TVA** : Taxe sur la Valeur Ajoutée.

**TTC** : Toutes Taxes Comprises.

## **INTRODUCTION GENERALE**

L'eau est un élément essentiel dans les industries du raffinage du pétrole et de la pétrochimie. De plus, l'industrie couvre une eau extrêmement variable en quantité et en qualité. L'eau a des propriétés physiques et chimiques particulières, elle peut donc être utilisée pour effectuer de nombreuses opérations industrielles importantes. Les rejets industriels des raffineries sont composés de produits chimiques, de métaux lourds et d'hydrocarbures, cette utilisation peut entraîner une pollution de l'eau. Par conséquent, une fois que ces eaux usées seront rejetées dans la nature, elles constitueront une menace pour l'environnement et la santé humaine. Pour cette raison, les exigences croissantes de protection des ressources et de l'environnement obligent les industriels à gérer plus strictement leur utilisation d'eau.

Au fur et à mesure que les ressources en eau facilement disponibles se raréfient et que les populations augmentent, le besoin d'une réutilisation durable de l'eau est devenu critique pour les secteurs publics et privés . L'industrie pétrolière peut réutiliser efficacement l'eau qui était autrefois considérée comme un sous-produit ponctuel de la production de pétrole.

Notre étude s'est focalisée donc sur le traitement des effluents liquides de la raffinerie de Sidi Rezine d'une part et d'autre part leur réutilisation dans les différents procès du raffinage tout en réduisant la consommation en eau et en minimisant les couts d'investissement.

## Chapitre 1 :

Etat de situation de la raffinerie

### **I.1.Introduction :**

On définit le raffinage du pétrole comme l'ensemble d'opérations visant à tirer du pétrole, des produits à haute valeurs commerciales par des procédés chimiques et physiques.

L'objectif de ce chapitre est de connaître l'état de situation de la raffinerie d'Alger du point de vue géographique, géologique, climatique, hydrogéologique et de donner aussi une description de la raffinerie qui est la zone d'étude.

### **I.2. Historique :**

Selon les informations obtenues de document interne de la raffinerie d'Alger, la raffinerie d'Alger fait partie des quatre raffineries appartenant au groupe NAFTEC, avec celle de Skikda d'Arzew et de Hassi Messaoud, sa construction remonte à l'année 1961 par la compagnie française du pétrole et le bureau d'étude Foster Wheeler, et sa production à débuter en 1964. Elle fut sous la coupe des français, gérée par la société de raffinerie d'Alger, et ce jusqu'à la nationalisation des hydrocarbures en 1971 où l'activité de raffinage fut affectée à la SONATRACH. En 1982, le raffinage et la distribution des produits pétroliers sont passés à l'ERDP-NAFTAL (entreprise nationale de raffinage et de distribution des produits pétroliers).

Elle a été mise en service en 1964 avec une capacité de traitement de pétrole brut de 1,6 millions de tonnes par an. En 1970, une extension a été réalisée pour atteindre 2,7 millions de tonnes par an, et fut orientée vers la production des GPL (gaz du pétrole liquéfié), kérosène, Gasoil) et fuel BTS, pour satisfaire la demande du marché. (Document interne de la raffinerie d'Alger, 2003.)

### **I.3. Situation géographique :**

La ville de Baraki est une daïra qui fait partie de la wilaya d'Alger, elle est située dans la banlieue sud-est d'Alger, à 35 km au nord-est de Blida.

Géographiquement la raffinerie est située à 5 Km au sud d'EL Harrach à Sid Rezine (Baraki) et à 20 km à l'est d'Alger, occupant une surface de 182 Hectares

La raffinerie d'Alger est délimitée :

- Au Nord par les habitations d'El Harrach ;
- Au Nord-Est par NAFTAL GPL et le centre enfuteur ;
- Au Sud par les habitations de Baraki ;
- Au Sud-Est par la direction générale de SONATRACH ;
- En Aval par la division raffinage et le siège de SONATRACH/TRC
- Au Nord-Ouest et Sud-Ouest par des terres arables.



**Figure I. 1 :** Vue aérienne de la raffinerie d'Alger (Sidi Rezine, Google Earth, 2020).

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 Quai37. La région algéroise, se présente comme un futur pôle de développement industriel.



## I.4. Caractéristiques du site :

### I.4.1. Données hydrographiques :

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

### I.4.2. Données climatologiques :

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

#### I.4.2.1. Température :

La température moyenne du mois le plus froid est de 17°C et celle du mois le plus chaud est de 30°C. Elles correspondent respectivement au mois de janvier et d'août.

**Tableau I. 1 : Température**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<b>T<sub>min</sub> (°C)</b>	18	16,5	12	6,9	6,1	5,3	5,8	8,4	11,9	14,1	18,1	18,8
<b>T<sub>max</sub> (°C)</b>	29	25	23	19	18,7	17,6	19	21,9	24,9	27,2	32,1	34
<b>T<sub>moy</sub> (°C)</b>	23,5	20,7	17,5	13	<b>12,4</b>	11,5	12,4	15,1	18,4	20,7	25,1	<b>26,4</b>

(Source ANRH)

#### I.4.2.2. Pluviométrie :

Cette ville est située dans une zone où la pluviométrie annuelle est comprise entre 600 et 800 mm (733,5 mm). La répartition des précipitations est très irrégulière sur l'échelle annuelle.

Le tableau I.2 montre un maximum très accusé entre les mois de Février- Mai, par contre on a un minimum en Juin **Juillet Août, et Septembre**. (Source ANRH).

Les valeurs des précipitations maximales journalières pour chaque mois sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I. 2 : Précipitation

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pmax, j(mm)	2,2	81,8	39,8	9,6	14,5	27,5	18,2	36,4	51,1	6,2	0,6	1,4

(Source ANRH)

### I.4.2.3 Vents :

Les vents soufflants dans notre région sont généralement de direction Nord et de l'Ouest vers l'Est, de vitesse moyenne de 2 à 3 m/s.

### I.4.3. Aperçu géologique et hydrogéologique :

#### I.4.3.1. Aperçu Hydrogéologique :

Notre zone d'étude se trouve au niveau de la Mitidja, nous notons la présence de deux ensembles aquifères, ce sont deux nappes l'une superficielle nommée nappe quaternaire, la deuxième profonde, nommée sous le nom de nappe des grés astien.

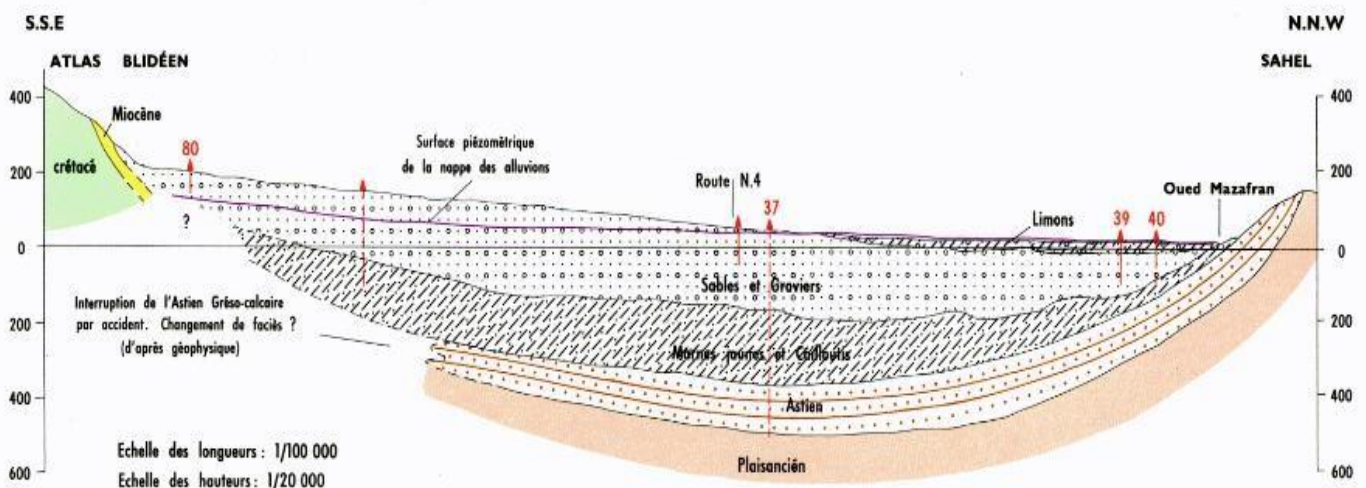


Figure I. 2 : Coupe hydrogéologique de la wilaya d'ALGER

### I.4.3.2. Situation Géologique et sismicité :

#### I.4.3.2.1. Géologie :

Comme précédemment dit, Notre ville fait partie de la Mitidja qui est un grand bassin alluvionnaire constitué des graviers, de galets avec des argiles en quantités variables.

#### **I.4.3.2.2. Séismicité :**

L'Algérie est découpée en quatre zones séismiques. D'après le découpage du Règlement Séismique Algérien (RPA) version 2003 la wilaya d'Alger se trouve dans la zone (2) c'est-à-dire une zone à moyenne séismicité.

### **I.5. Description des installations :**

La raffinerie d'Alger traite le pétrole brut produit par les puits d'Hassi Messaoud, Ce dernier est caractérisé par une faible teneur en soufre et une grande richesse en hydrocarbures légers, Il 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.5.1. Unités de production :**

##### **I.5.1.1. Unité de distillation atmosphérique (Topping) :**

La première opération effectuée c'est celle qui permet de fractionner le pétrole brut en ses différentes dérivées classées selon les températures. D'où sont soutirés les produits suivants : LPG + Essence légère + solvant léger, Solvant lourd, Kérosène, Gas-oil léger, Gas-oil, lourd Résidu.

##### **I.5.1.2. Unité de reforming catalytique (Platforming) :**

Le reformage catalytique est une opération qui consiste à casser une molécule organique complexe en éléments plus petits, elle permet la décomposition des fractions lourdes en fractions légères à haute température, afin d'augmenter la quantité d'essence produite et améliorer sa qualité et cela en améliorant son indice d'octane.

##### **I.5.1.3. Unité gaz plant :**

L'unité 300 est une unité de gaz plant, il s'agit alors de conditionner certains gaz, et de se débarrasser d'autre dont l'utilisation commercial n'est pas rentable. Cette unité est dimensionnée pour traiter les produits provenant de l'unité de distillation (unité 100) et de l'unité platforming (unité 200), afin d'obtenir du propane et du butane commerciaux.

#### **I.5.2. Unités générales :**

##### **I.5.2.1. L'unité Centrale :**

###### **Production et distribution de vapeur :**

La vapeur est générée par deux chaudières à vapeur produisant chacune 47 t/h à 35 bars et à 400°C. Les chaudières sont alimentées au fuel gaz en condition normale de marche. Dans certains cas, il peut y être ajouté du gaz naturel ou des gaz condensables (propane). L'eau

d'alimentation des chaudières est décarbonatée dans une unité de traitement d'eau. La chaudière produit une vapeur HP à 35 bars.

#### **Production d'énergie électrique et distribution :**

L'énergie électrique est générée selon deux sources principales : une à partir du réseau national de distribution électrique (SONELGAZ) et la seconde à partir du fonctionnement du turboalternateur de 6MW.

#### **Production d'air service et d'air instrument :**

La production d'air comprimé ou air service / instrument est assurée au sein de la centrale par un compresseur. L'air comprimé est utilisé en raffinerie en qualité :

- ✓ D'air utilise (air service) ;
- ✓ D'air contrôle pour la régulation (air instrument).

L'air service est distribué sous une pression de 8 bars tandis que l'air instrument est distribué sous 4 bars. L'air instrument est distribué après passage dans un dessiccateur d'air et un déshuileur.

#### **Production et distribution d'eau :**

- ✓ Eau brute ;
- ✓ Eau potable ;
- ✓ Eau de réfrigération.

#### **Réseau torche :**

Le réseau torche permet l'évacuation des gaz ou hydrocarbures en cas de surpression ou d'incident dans les unités de Topping reforming ou gaz plant.

#### **I.5.2.2. Unité de traitement des eaux :**

L'unité de traitement des eaux résiduaires de la raffinerie d'Alger se compose de deux grands bassins :

- Bassin I : destiné aux eaux des unités combinées (eau huileuse, eau huileuse de purge des bacs du parc de stockage) ;
- Bassin II : destiné aux eaux pluviales ;

Le milieu récepteur des effluents liquides de la raffinerie d'Alger est oued Adda, qui déverse dans la station d'épuration des eaux usées de Beraki. Cette station est gérée par l'ONA (Office Nationale de l'Assainissement).

#### **I.5.2.3. Zone de stockage :**

La raffinerie d'Alger est dotée d'un parc de 32 bacs pour le stockage du brut. Tous les produits résultants des unités U100 et U200 sont envoyés à la pomperie. C'est le service qui se charge de la réception et de l'expédition des différents produits, ainsi que de leur stockage.

**I.5.2.4. Laboratoire :**

La raffinerie d'Alger dispose d'un laboratoire qui représente l'une des parties les plus importantes de l'industrie. Elle est équipée d'une salle de stockage, des produits réactifs, qui sert à effectuer la vérification du produit réceptionné (le brut provenant de Hessi Massoud), et le contrôle qualité des produits issue du procès (Kérosène l'essence lourd ...).

Au centre de la bâtisse On trouve une grande salle partagée en deux sections :

**Section de contrôle :**

Elle est chargée d'effectuer toutes les expériences visant à vérifier que le produit correspond aux exigences du client. Afin de contrôler la conformité des produits finis et semi-finis, cette section procède la vérification des critères suivants :

- La densité ;
- L'ASTM (American society of testing materials);
- La distillation TBP (true boiling point) ;
- Point d'éclair ;
- Point d'écoulement ou pont de congélation ;
- La viscosité ;
- Teneur en sédiment ;
- Teneur en soufre ;
- Indice d'octane ;

**La section chimie :**

Cette partie est basée sur l'analyse de la teneur en eau dans les différents produits. Elle consiste aussi à étudier les caractéristiques chimiques des produits tel que :

- PH de l'eau ;
- Pourcentage en sel dans le brut ;
- Pourcentage en humidité dans les produits pétrolier ;
- Pourcentage en soufre ;
- Pourcentage en plomb dans les carburants.

Ces analyses doivent se faire quotidiennement et doivent être bien suivie pour le bien du processus.

**I.5.3. Politique HSE (Hygiène, sécurité et environnement) de la raffinerie :**

La raffinerie d'Alger traite des produits inflammables et toxiques, il est donc nécessaire d'avoir un département de sécurité, ce dernier est composé de trois services :

**Service prévention :**

Ce service a pour rôle d'établir les statistiques d'accidents, et de surveiller les travaux afin d'éviter tout incident, ce service est géré par 4 éléments : Un chef de service, un inspecteur principal, deux inspecteurs.

**Service intervention :**

Ce service a pour but d'intervenir rapidement dans le cas où la prévention a été insuffisante. Leur rôle est de minimiser les dégâts.

**Service de protection de l'environnement :**

La raffinerie d'Alger et conformément à sa politique QHSE fondée sur le principe de l'amélioration continue a réservé une place pour l'environnement au niveau de son département HSE dite « service de protection de l'environnement » a pour objet de préserver l'environnement de l'entreprise et la qualité de vie de tous ce qui l'entourent. Le volet environnemental est le quatrième élément du HSE-MS du groupe SONATRACH. La cellule environnement dépend hiérarchiquement du département HSE

Elle est constituée par (02) ingénieurs environnement chargées des inspections et du contrôle environnemental sur les différents types de rejet.

Le rôle de la cellule environnement est la gestion, le contrôle et l'élimination des différents déchets :

**Déchets Liquides (effluents liquides industriels) :** Contrôle de la qualité des eaux de rejets conformément au décret 06-141 du 19 avril 2006.

**Déchets solides (Déchets spéciaux, spéciaux dangereux et déchet ménagers) :** Ces déchets sont classés selon le décret exécutif n°06-104 du 28 /02/2006. Fixant la nomenclature des déchets y compris les déchets spéciaux dangereux.

**Déchets Spéciaux :**

- **Déchet ferreux :** Les déchets ferreux sont stockés en attendant la concrétisation d'une convention pour leurs enlèvements.
- **Déchets de soins :** Récupération et destruction de déchets de soins.

**Déchets spéciaux dangereux :**

- **Les boues de fond de bac de Brut :** Les boues de bacs sont recyclées et revalorisées par dopage dans le fuel oil après fluidisation.
- **Les boues plombées :** Issue de nettoyage des bacs d'essences.
- **Laine de verre :** Récupération et stockage de la laine de verre dans de double sacs à l'intérieure d'un conteneur.

**Déchets ménagers :**

Enlèvements des déchets ménagers selon la convention avec la société ENED.

**Les rejets atmosphériques :**

La raffinerie d'Alger ne dispose pas de moyens de contrôle de rejets gazeux atmosphériques

**I.6. Conclusion :**

Dans ce présent chapitre, nous avons présenté la raffinerie de Sidi Rezine à Alger qui mène des activités de raffinage de pétrole brut et de gaz naturel. Nous avons présenté ensuite les différentes informations qui représentent les données de base pour avoir une idée très précise sur notre zone d'étude et élaborer notre travail par la suite.

## Chapitre 2 :

Traitement des effluents liquides de la Raffinerie



## **II.1 Introduction :**

Les principaux procédés de la raffinerie tels que le dessalage et la distillation du brut ainsi que les unités de craquage et d'hydrotraitement contribuent à la contamination des eaux ; on y trouve des débits importants d'eaux usées de même que des concentrations élevées de contaminants qui nécessitent un traitement , ce dernier passe par différentes étapes, qui commence par un prétraitement suivit des traitements physicochimiques puis les traitements biologiques et enfin les traitements d'affinage.

Dans ce chapitre nous allons citer les eaux de rejet de la raffinerie et donner ensuite une description de la nouvelle unité de traitement des effluents ETP unité 850 installée au niveau de la raffinerie de Sidi Rezine.

## **II.2. Définition des eaux résiduaires :**

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

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

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

Ces opérations sont utilisées de différentes manières dans l'épuration des eaux résiduaires.

## **II.3. Origines et nature des eaux résiduaires de la raffinerie :**

La conception des traitements des effluents de raffinage dépend de la structure de la raffinerie, sa capacité, la nature de ses unités, (unité de craquage thermique fabrication des bases d'huiles lubrifiantes, solvants employés), d'une manière générale, les unités de traitement des eaux, pour être efficaces, doivent être aussi proches que possible de l'origine de la pollution. La collecte et l'évacuation des eaux résiduaires sont réalisées par réseau séparatif qui permet de distinguer plusieurs effluents. Les sources de pollution sont énumérées ci-après :

### **II .3.1. Les eaux résiduaires des procédés de raffinage :**

Les eaux des procédés de raffinage sont les eaux huileuses regroupent toutes les eaux qui ont été en contact avec les hydrocarbures, on peut distinguer :

#### **II.3.1.1. Les eaux de dessalage de brut :**

Le dessaleur permet de réduire la teneur en eaux (0,1 à 0,2 %) et en sels (moins de 1 à 10 mg/l) de brut avant le passage en distillation, il procède par lavage à l'eau. Cette eau doit être

faiblement minéralisée, neutralisée et si possible douce. La quantité utilisée est en fonction de la viscosité de brut et de température de dessalage.

#### **II.3.1.2. Les condensats de procédés :**

Ils proviennent de la condensation des vapeurs qui ont été en contact avec les produits pétroliers, le degré de pollution de ces condensats est très faible.

#### **II.3.1.3. Les eaux des bacs de stockage :**

La raffinerie d'Alger dispose de 32 bacs de stockage, dont trois sont réservés pour le stockage de pétrole brut.

Après stockage, il se produit une décantation. L'eau se sépare ainsi du pétrole pour occuper le fond des bacs qui sont purgés régulièrement, les eaux résiduelles issues de cette opération sont riches en hydrocarbures et en sels dissous.

#### **II.3.1.4. Les eaux de reforming catalytique :**

Une séparation complémentaire est effectuée dans une installation spéciale. Dans toutes ces opérations, on consomme d'importants volumes d'eau de refroidissement avec production de condensats de vapeur, renfermant de l'hydrogène sulfuré, et des eaux chaudes.

Les eaux de pluie qui ruissellent sur le dallage des unités et qui sont contaminées par les hydrocarbures. (Lynch, Paris 2001)

#### **II.3.2. Les eaux des services généraux :**

Sont les eaux non huileuses regroupent les eaux qui ne sont pas contaminées par les hydrocarbures.

### **II.4. Paramètres de mesure de la pollution :**

L'estimation d'une pollution industrielle est un problème complexe qui fait appel à des dosages et des tests de différents paramètres servant à caractériser de manière globale et pertinente le niveau de la pollution présente dans les effluents. (Koller ,2004).

Parmi ces paramètres on cite les plus importants :

#### **II.4.1. Paramètres organoleptiques :**

##### **II.4.1.1. Couleur :**

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement.

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. (Rodier et al, 2005).

##### **II.4.1.2. Odeur :**

Les eaux résiduelles industrielles se caractérisent par une odeur de moisi. Toute odeur est

signe de pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition. (Mizi, 2006).

#### **II.4.2. Paramètres physiques :**

##### **II.4.2.1. Température :**

La température joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz. La détermination du pH, la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure sur site.

##### **II.4.2.2. Le potentiel hydrogène (pH) :**

Exprimant l'acidité, la neutralité ou l'alcalinité de la solution aqueuse. Ces derniers sont déterminés par rapport à la concentration en  $H_3O^+$  (noté  $H^+$ ). On utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion  $H^+$  : c'est le pH. (Mathieu et Pieltain, 2003).

##### **II.4.2.3. Turbidité :**

Opacité d'un milieu trouble, causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes ; matières colloïdales d'origine organique ou minérale.

##### **II.4.2.4. Matières en suspension :**

Ce paramètre exprimé en mg/l, c'est la fraction non dissoute (minérale et organique) de la pollution. Les MES contribuent aussi à déséquilibrer le milieu aquatique en accroissant la turbidité.

#### **II.4.3. Paramètres chimiques :**

##### **II.4.3.1. Demande chimique en oxygène (DCO) :**

C'est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions bien définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quel que soit leur origine organique ou minérale. La DCO est la concentration (exprimée en mg/l), d'oxygène équivalente à la quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme.

##### **II.4.3.2. Demande biologique en oxygène (DBO) :**

Pratiquement, la DBO permet d'estimer la charge du milieu considéré en substances putrescibles (Rejsek, 2002), la DBO après 5 jours (DBO5) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.

Pour une épuration biologique aérobie complète d'une eau résiduaire industrielle un temps de 21 jours (DBO 21 dit ultime) est nécessaire pour l'oxydation des composés azotés biodégradables, ou de 28 jours sinon 35 jours, qui représentent le temps de dégradation de certaines familles d'hydrocarbures. (Rodier et all, 1996).

### II.4.3.3. Carbone total organique COT :

La mesure du carbone organique total permet de donner une indication directe de la charge organique d'une eau. Les composés organiques sont d'une part les protéines, les lipides, les glucides et la substance humique, et d'autre part les substances organiques carbonées élaborées ou utilisées par l'industrie pétrolière.

### II.4.4. Autres paramètres :

#### II.4.4.1. Hydrocarbures :

Les hydrocarbures sont des composés constitués de carbone et d'hydrogène ( $C_xH_y$ ) peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables. Leur densité est inférieure à celle de l'eau.

La mesure des hydrocarbures est effectuée par extraction directe en utilisant comme solvant l'éther de pétrole selon la méthode normalisée NF T90-203.

#### II.4.4.2. Les Micropolluants :

Des substances toxiques, sont de nature à engendrer des nuisances même lorsqu'elles sont rejetées en très faibles quantités (Mizi, 2006).

Les principaux micropolluants sont :

- Des métaux lourds et des métalloïdes (Cd, Pb, Cr, Cu, ...Hg) ;
- Composés phénoliques, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques
- Certains dérivés nitrés.

## II.5. Les différents traitements des eaux usées :

En général, le traitement des eaux d'une raffinerie passe par les étapes suivantes :

### II.5.1. Prétraitement :

#### Déshuilage – dégraissage :

On peut considérer que le déshuilage - dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de nature très diverses (huiles, hydrocarbures, graisses...).

Elles peuvent former une émulsion stable entretenue par le brassage de l'eau ou constituer une phase indépendante non émulsionnée.

- **Le déshuilage complet nécessite en fait un traitement en deux stades :** Pré déshuilage, par opération physique gravitaire sans adjonction de réactifs, réduisant la teneur en HC à environ 15 à 100mg/l, il s'effectue par flottation naturelle des vésicules huileuses émulsionnées. Si l'émulsion n'est pas trop fine (particules supérieures à 50 $\mu$ m). Il est réalisé dans différents types d'appareils : déshuileurs longitudinaux conventionnels, à plaques parallèles et circulaires raclés.
- **Déshuilage final :** flottation par air dissous où les bulles d'air augmentent la vitesse de remontée des particules grasses et des huiles lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées, ou coagulation par sels métalliques ou par électrolytes permettant d'obtenir l'épuration complète

### II.5.2. Traitement primaire :

Il consiste en un traitement physico-chimique des effluents pré-déshuilés, cette opération est une phase intermédiaire entre le pré-déshuilage et l'épuration biologique. Parmi ces traitements, nous citons la coagulation-floculation et la décantation. Le procédé de coagulation-floculation, facilite l'élimination des matières en suspensions et des particules colloïdales.

### II.5.3. Traitement secondaire :

Le plus souvent l'épuration biologique constitue le second grand stade de l'épuration des eaux résiduaires du raffinage ou de la pétrochimie, stade destiné initialement à éliminer la DBO<sub>5</sub> et la DCO soluble. la conception des épurations tient compte de la totalité de la DBO<sub>5</sub> sous forme dissoute ainsi que du rapport DCO/ DBO<sub>5</sub> qui caractérise la pollution organique dissoute, on distingue :

- Le système d'épuration biologique aérobie qui nécessite une aération, une décantation, une clarification et une nitrification.
- Le système d'épuration biologique anaérobie qui nécessite une digestion, une méthanisation et un stockage et utilisation de gaz.

Parmi les traitements biologiques nous citons :

- Les cultures libres en boues activées.
- Les cultures fixées sur lits bactériens filtrants.

### II.5.4. Traitement tertiaire :

Les traitements qualifiés de tertiaires en eaux résiduaires, situés immédiatement en aval de l'épuration biologique, ont généralement pour but la réduction des phosphates ou des matières en suspension. 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 : chloration, adsorption sur charbon actif, épuration physicochimique avec préférence donnée aux coagulants minéraux plutôt qu'organique, oxydants divers comme H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>.

## II.6. Description de l'unité 850 :

L'unité de traitement des effluents a pour principale fonction l'extraction des polluants des eaux usées générées par l'exploitation de la raffinerie en vue de permettre le rejet d'une eau suffisamment propre conformément à la réglementation Algérienne en vigueur. Les principaux effluents en provenance de la raffinerie sont :

### Effluents potentiellement pollués par des hydrocarbures :

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

**Effluents continuellement pollués par des hydrocarbures :**

Principales sources :

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

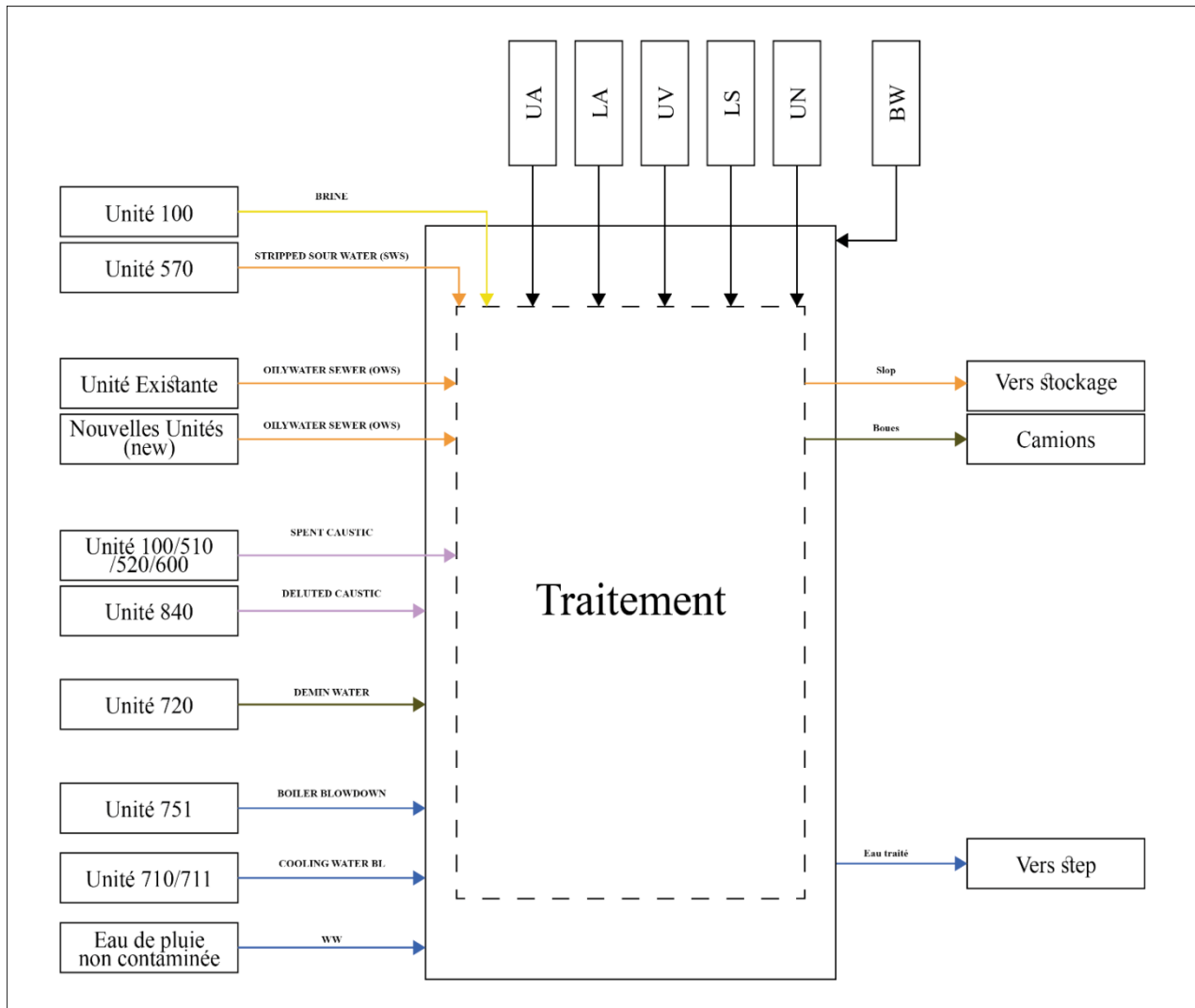
Les effluents sans pollution d'hydrocarbure marqués avec (\*) sont pompés directement dans la nouvelle station de traitement des effluents (850) en vue de leur traitement dans l'ensemble de station de traitement des effluents (850-M-001). Les autres effluents pollués par des hydrocarbures sont collectés avec les effluents potentiellement pollués par des hydrocarbures pour leur traitement dans 850-M-001.

**Effluents sans pollution hydrocarbures :**

Principales sources :

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

Les effluents non pollués par des hydrocarbures marqués avec (\*) sont pompés directement dans la nouvelle station de traitement des effluents (850) en vue du contrôle final de leur qualité avant leur libération hors de la limite de zone



**Figure II. 1 :** Schéma explicatif sur l'origine des effluents entrée ETP ; Destination effluent sortie ETP (schéma synoptique)

### II.6.1. Les étapes de traitement dans l'unité 850 :

Le débit d'admission moyen à la centrale ETP est de 200 m<sup>3</sup>/h par temps sec ; le débit est de 600 m<sup>3</sup>/h par temps humide.

Le débit d'admission au niveau de la centrale ETP augmente jusqu'à 900 m<sup>3</sup>/h par temps sec, et jusqu'à 3 600 m<sup>3</sup>/h pendant une tempête.

Le traitement est constitué des trois lignes de flux principales opérationnelles suivantes :

#### A. Ligne d'eau du processus :

##### 1. Traitement principal :

- a. Réservoir de stockage des eaux de pluie

- b. Réservoir d'égalisation
- c. Séparateur d'eau/d'huile DCI – type DCI
- d. Flottation par air dissous (DAF)

### **2. Traitement biologique :**

- a. Oxydation biologique
- b. Purificateur

### **3. Filtration :**

- a. Filtration du sable à rinçage autonome

### **B. Ligne de boue :**

- 1. Déshydratation des boues avec centrifugeuse

### **C. Produits chimiques et auxiliaires :**

- 1. Produits chimiques : Soude caustique, acide sulfurique, acide phosphorique, chlorure ferrique, urée, peroxyde d'hydrogène, poly électrolyte, pour la déshydratation des boues et la floculation.
- 2. Création d'une atmosphère d'azote.

## **II.6.2. Fonctionnement des unités de traitement :**

### **II.6.2.1. Réservoir des eaux de pluie :**

La centrale abrite deux réservoirs dédiés aux eaux de pluie (850-TK 001 A/B) qui recueillent l'eau en cas de tempête ou dans l'éventualité où le débit alimentant l'ensemble dépasse les 200 m<sup>3</sup>/h. Chaque réservoir est équipé de 3 regards de 24 po et de 3 plaques d'écumage permettant de nettoyer le réservoir de l'huile et des boues polluées.



**Tableau II. 1** : Paramètres de réservoir des eaux de pluie

Paramètres	Unité	Valeur
Réservoirs des eaux de pluie 850-TK-001A/B	Nombre	2
Temps de rétention au taux de remplissage moyen de 400 m <sup>3</sup> / h	hrs	28.5
Matériau de construction		Béton
Forme circulaire, couverte, en béton		
• Diamètre	m	18.00
• Hauteur liquide	m	22.40
• Hauteur totale	m	24.00
Volume utile par réservoir	m <sup>3</sup>	5,700

**II.6.2.2. Réservoir d'égalisation de la soude caustique usée :**

La soude caustique usée est normalement directement injectée dans le réservoir d'égalisation (850-TK-002).

A partir du réservoir d'égalisation de la soude caustique usée, ce flux hautement alcalin est pompé au moyen d'une pompe pneumatique (850-P-008 A/B) à un débit lent (350 l/h). Le débit de retour hautement alcalin est mélangé avec l'effluent déshuilé à des fins d'équilibrage et de neutralisation supplémentaires, le cas échéant, avant de pénétrer dans le réservoir d'égalisation 850-TK-002.

Le mélange final de soude caustique usée et d'effluent déshuilé provenant de l'unité DCI peut être soit acide, soit alcalin. Un circuit de contrôle constitué d'un dispositif de mesure du pH et de pompes de dosage dédiées à l'acide sulfurique (850-P-030) et à l'acide caustique (850-P-018A/B), permet d'effectuer les corrections nécessaires du pH à la valeur du point de consigne du pH comprise dans une plage de 6,9 à 7,2.

**Tableau II. 2 :** Paramètres de réservoir d'égalisation de la soude caustique usée.

Paramètre	Unité	Valeur
Réservoir 850-TK-006	Nombre	1
Matériau de construction		Fibre de verre avec revêtement interne résistant aux produits chimiques
Temps de stockage	Jours	10
Volume utile	m <sup>3</sup>	80
Réservoir fermé de forme circulaire,		
• Diamètre	m	2
• Hauteur liquide	m	6
• Hauteur totale	m	8

### II.6.2.3. Séparateur circulaire :

Le séparateur du DCI fonctionne avec la gravité naturelle et gère les effluents chargés d'hydrocarbures qui arrivent directement sans égalisation préalable.

Le principe de la séparation gravitaire est clairement basé sur la différence de densité entre l'eau et l'huile insoluble. Dans des conditions d'écoulement laminaire qui caractérisent les séparateurs industriels et qui correspondent aux nombres de Reynolds de moins de 800, la vitesse  $v$  en augmentation d'une gouttelette d'huile peut être calculée sur la base de la loi de Stokes.

$$v = \frac{g}{18\eta} d^2 (\rho - \rho') \quad (\text{II.1})$$

Avec :

- Densité  $\rho$  de l'eau
- Densité  $\rho'$  de l'huile
- Accélération de la gravité  $g$ .
- Viscosité dynamique de l'huile  $\eta$
- Le diamètre de la gouttelette  $d$

Une augmentation de la température de l'eau diminue la viscosité et augmente la vitesse. Dans l'unité DCI, comme dans tous les séparateurs de décantation, l'huile est directement recueillie à la surface de l'eau et l'eau traitée est évacuée sous une paroi circulaire périphérique siphonide affichant une grande profondeur, puis est collectée dans un tuyau.

- Grâce à sa forme, l'unité DCI peut résoudre un grand nombre de problèmes posés par les séparateurs longitudinaux.
- Le fond du séparateur est complètement raclé et le concentrateur central de boues est partiellement raclé par un pont racleur avec un entraînement central. Le racleur peut

donc couvrir la surface dans son intégralité, même les parties inaccessibles, et n'épargne aucune zone dissimulée.

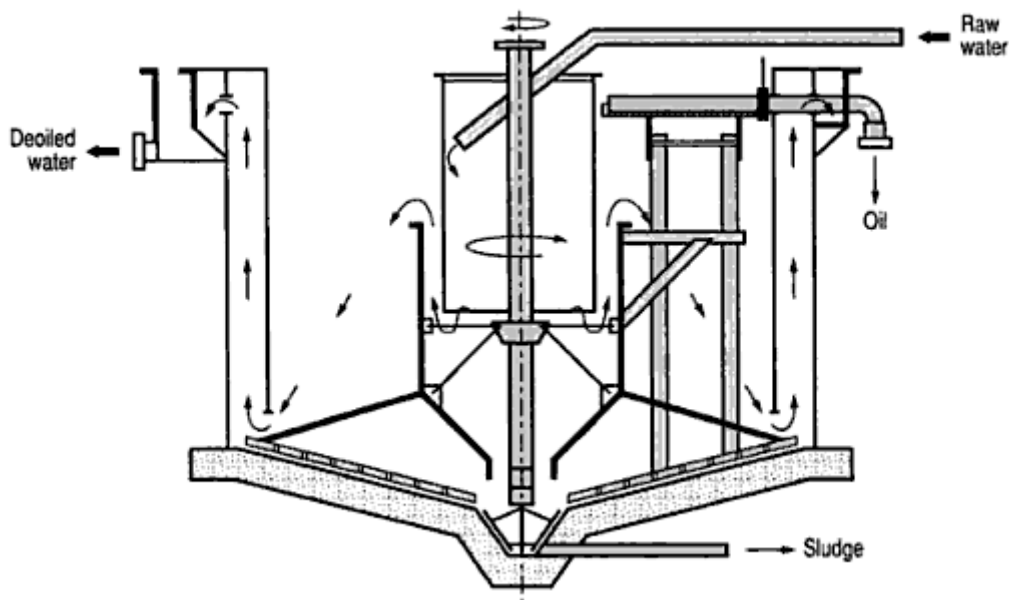
- Le déversoir périphérique a un développement circulaire qui définit les variations de hauteur de la colonne d'eau de quelques centimètres permettant d'obtenir des différences considérables au niveau du débit continu.
- La partie périphérique est utilisée pour décanter la boue et faire flotter l'huile lourde et les surfaces en acier inoxydable recouvertes d'huile.

Le séparateur de type DCI est dimensionné pour la séparation d'huile en utilisant les mêmes principes que ceux d'une unité rectangulaire, mais en offrant les avantages suivants :

La conception intègre les fonctions d'un épaisseur de boues circulaire. La conception est donc non seulement capable de séparer l'huile de manière efficace, mais est également bien adaptée à la décantation et à l'épaississement des matières en suspension entrant dans l'unité.

La profondeur de l'unité est basée sur celle d'un épaisseur de boues et offre donc une capacité de stockage de boues décantées à sa base. La boue est également plus concentrée que celle qui serait normalement produite par une unité rectangulaire équivalente. Ces deux faits permettent de réduire le volume nécessaire pour le stockage des boues en aval.

L'écumeur de surface à entraînement central, et les mécanismes du racleur de fond pour une unité de séparation circulaire sont plus robuste et plus faciles à entretenir que les racloirs à entraînement par chaîne typiques associés à l'utilisation d'unités rectangulaires. Le calcul de la surface de séparation de l'huile pour les séparateurs DCI est basé sur la surface d'un tronc tronqué qui est projeté entre la partie supérieure du séparateur du déflecteur du concentrateur de boues et la base du déflecteur de sortie des effluents traités.



**Figure II. 2 :** Section conceptuelle d'un séparateur d'huile circulaire typique

**II.6.2.4. Réservoir d'égalisation :**

L'eau déshuilée provenant des pompes d'effluent de l'unité DCI, ainsi que l'eau du réservoir dédié aux eaux de pluie et à la soude caustique usée arrivent dans le réservoir d'égalisation qui offre un mélange approprié d'eau afin de maintenir les charges hydrauliques et de masse aussi constante que possible.

**Tableau II. 3 :** Paramètres de réservoir d'égalisation

Paramètre	Unité	Valeur
Réservoir 850-TK-002	Nombre	1
Matériaux de construction		Béton
Temps de rétention à un débit normal de 200 m <sup>3</sup> / h	hrs	15
Volume utile	m <sup>3</sup>	3,000
Forme circulaire, couverte en acier au carbon ou béton		
• Diamètre	m	14.00
• Hauteur liquide	m	19.50
• Hauteur totale	m	21.5
• Hauteur d'eau minimale	m	8.70

**II.6.2.5.DAF :****II.6.2.5.1. Principes physiques et chimiques :**

La flottation par air dissous est utilisée dans les applications où la gravité spécifique des solides ou des contaminants est proche ou inférieure à 1,0.

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

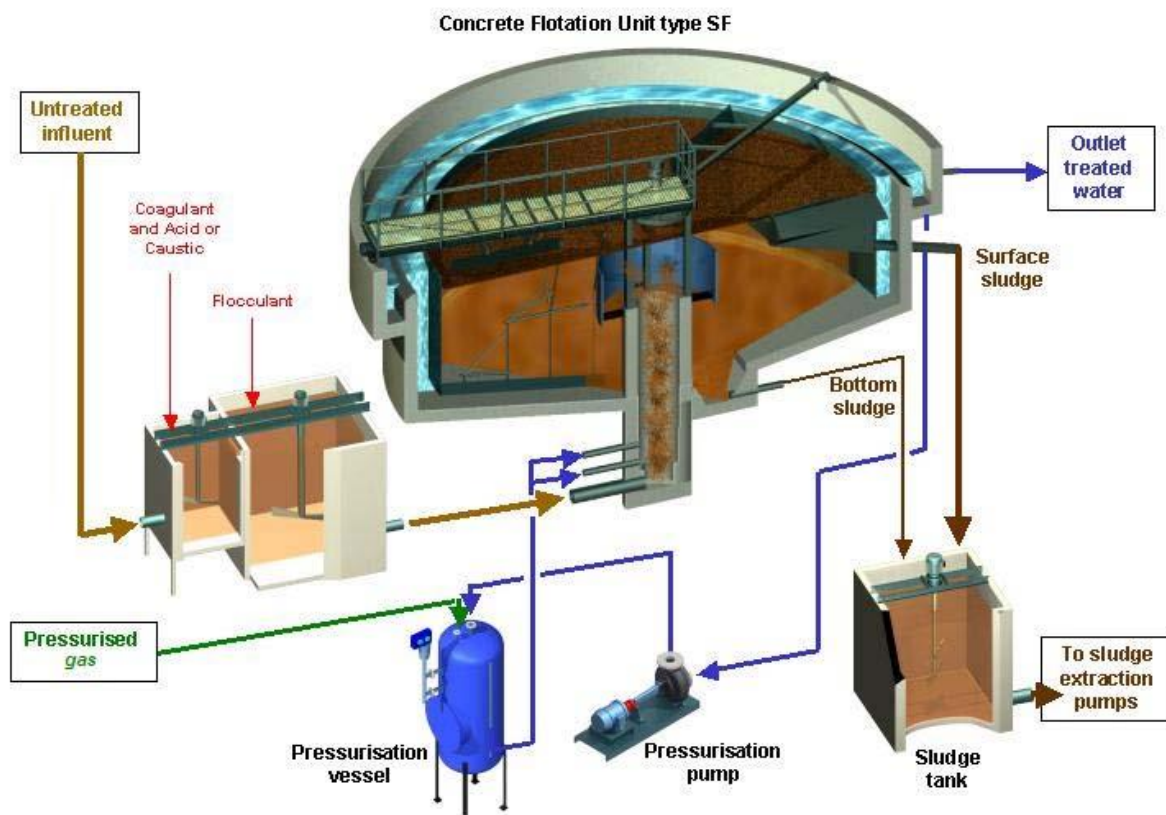
L'air dissous offre la force d'entraînement nécessaire à la séparation. Le gaz est dissous dans l'eau sous pression dans un réservoir de saturation spécialement conçu. Le liquide saturé s'écoule sous pression vers le mécanisme. La pression est relâchée près de l'influent. La libération soudaine de la pression oblige le gaz à quitter la solution et forme des bulles microscopiques. Ces bulles microscopiques adhèrent aux matières entrantes et forment une couche flottante qui remonte à la surface à des fins d'élimination par des moyens mécaniques.

**II. 6.2.5.2. Description technique :**

L'élimination de l'huile émulsionnée par un processus physico-chimique est une étape cruciale dans le processus global de traitement. Son efficacité détermine le succès du traitement biologique en aval, ce qui élimine la pollution soluble et biodégradable. L'unité de flottation Ondeo IS (FAD) est de forme circulaire et comprend les étapes suivantes de traitement principales :

- Alimentation stable par un fonctionnement contrôlé des pompes d'alimentation
- Coagulation avec un coagulant approprié ( $\text{FeCl}_3$ ) et une énergie de mélange adéquate
- Floculation avec un polymère approprié et une énergie de mélange adéquate
- Flottation (FAD) avec une surface, un mécanisme racleur de fond et éventuellement un couvercle (si nécessaire)
- Système de pressurisation de recyclage à la pression correcte avec un dispositif de relâchement de pression dédié
- Réservoirs d'écume et de boues
- Pompes et instruments de dosage

Les eaux usées qui ont été préalablement traitées par les séparateurs de l'unité DCI et équilibrées dans le réservoir d'égalisation subissent un traitement ultérieur dans les unités FAD pour éliminer les matières en suspension et l'huile qui n'ont pas été éliminées par les séparateurs DCI



**Figure II. 3 :** Schéma unité de flottation en béton type SF

**II.6.2.6. Traitement biologique :**

Le processus d'aération prolongée appliqué ici est un traitement fonctionnant avec des boues activées à faible charge. Cela signifie que la quantité de micro-organismes est très importante par rapport à la quantité de nourriture.

Par conséquent, les bactéries doivent prendre l'énergie nécessaire à leur activité et à leur reproduction en utilisant leurs propres membranes cellulaires : cette phase d'auto oxydation est connue sous le nom de respiration endogène.

Elle permet à la matière organique apportée par l'effluent d'être entièrement utilisée par la solubilisation et l'adsorption des solides en suspension et colloïdes, tandis que les substances carbonées et azotées sont dégradées. Les boues sont minéralisées dans une large mesure et la stabilisation obtenue les rendent inoffensives.

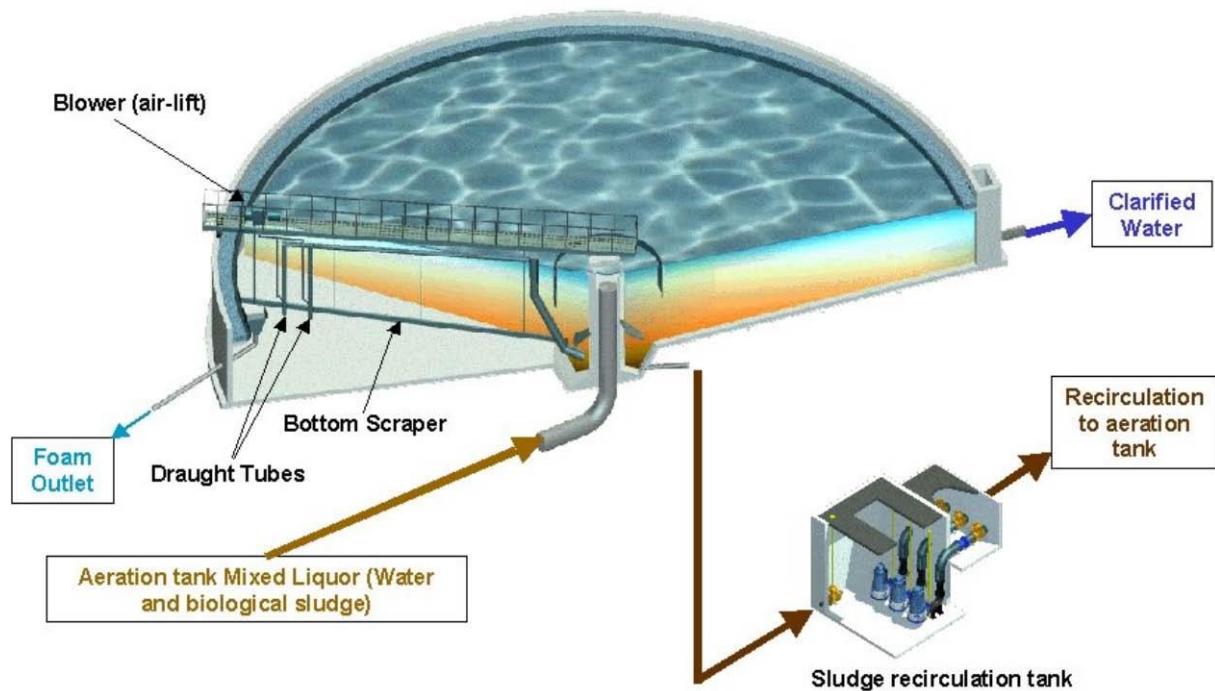
L'unité de traitement biologique est alimentée par gravité dans un réservoir de mélange où les flux suivants sont réunis :

- Dans l'eau traitée de l'unité FAD
- Dans les réactifs pour le substrat des microorganismes ( $H_3PO_4$  et l'urée)
- Les boues recyclées du purificateur secondaire

**Tableau II. 4 :** Paramètres de traitement biologique

Paramètre	Unité	Valeur
Train de traitement biologique	Nombre	2
Débit normal, chaque train/total	m <sup>3</sup> /h	100 / 200
Flux de conception, chaque train / total / hydraulique	m <sup>3</sup> /h	200 / 400 / 600
Charge DCO, normale / conception pour les deux trains	kg/jour	1584 / 3168
Charge DBO, normale / conception pour les deux trains	kg/jour	756 / 1536
Température de fonctionnement	°C	≤ 32
Bassin d'aération 850-X-002A / B volume de travail pour chaque réservoir (deux réservoirs)	m <sup>3</sup>	1150
Diamètre interne (utile) du bassin d'aération	m	17.0
Hauteur de l'eau du bassin d'aération	m	5.0
Hauteur totale du bassin d'aération	m	Approx. 5.8
Clarificateur 850-X-003A / B diamètre (utile) interne (deux clarificateurs)	m	23.0
Hauteur totale du clarificateur	m	Approx. 4.0

Volume du clarificateur pour chaque réservoir (deux réservoirs)	m <sup>3</sup>	20
---	----------------	----



**Figure II. 4 :** Schéma d'une installation de clarificateur à aspiration

#### II.6.2.7. Filtration à sable avec FLA :

Des filtres de lavage autonome sans clapet de type VSWF67 sont utilisés comme une filtration tertiaire, lorsque la charge de solides de ces filtres est généralement déjà trop faible avec une acceptation de décharge de matières de 25mg/l. Le système de filtration tertiaire a donc un niveau relativement bas. Le filtre à trois lavages autonomes (850-ST-003 A/B/C) fonctionne de manière totalement indépendante et automatique, à la fois en mode de filtration et en mode de lavage. L'eau pour la filtration provient d'une bêche de tête et, ensuite la filtration se fait à travers une fine couche de granulométrie, pour remonter dans le réservoir supérieur d'eau filtrée. Lorsque le réservoir est rempli, l'eau sort par gravité vers le bassin d'observation.

Ce type de filtre offre la garantie que le colmatage anormal du lit filtrant ne se produise jamais, puisque le lavage a lieu automatiquement à une valeur de perte maximum fixe et prédéterminée.

Ces filtres sont appropriés pour une eau avec des niveaux de matières en suspension allant de faibles à moyens.

**Tableau II. 5** : Paramètres de filtration à sable

Paramètres	Unités	Valeur
Filtres a rétro lavage automatique	Nombre	3
Matériaux de construction		Acier Carbone
Capacité nominale par filtre à rétro lavage automatique	m <sup>3</sup> /h	200
Capacité de fonctionnement par filtre à rétro lavage automatique	m <sup>3</sup> /h	67
Diamètre du filtre	M	6.7
Surface filtrante par filtre à rétro lavage automatique	m <sup>2</sup>	35.2
Vitesse de filtration au débit normal de 200 m <sup>3</sup> /h (3 filtres)	m/h	1.9
Vitesse de filtration au débit maximum de 600 m <sup>3</sup> /h (3 filtres)	m/h	5.7
Filtre à rétro lavage automatique hauteur cylindrique	M	4.6
Hauteur totale du filtre à rétro lavage automatique	M	Approx. 7.0
Hauteur du lit de sable	M	0.6
Type de sable (TEN)	Mm	0.55
Hauteur de la couche de sable de support	M	0.1
Type de couche support (TEN)	Mm	1.35
Durée du lavage à contre-courant (approx.)	Min	5
Volume d'eau de lavage par rétro lavage du filtre	m <sup>3</sup>	98



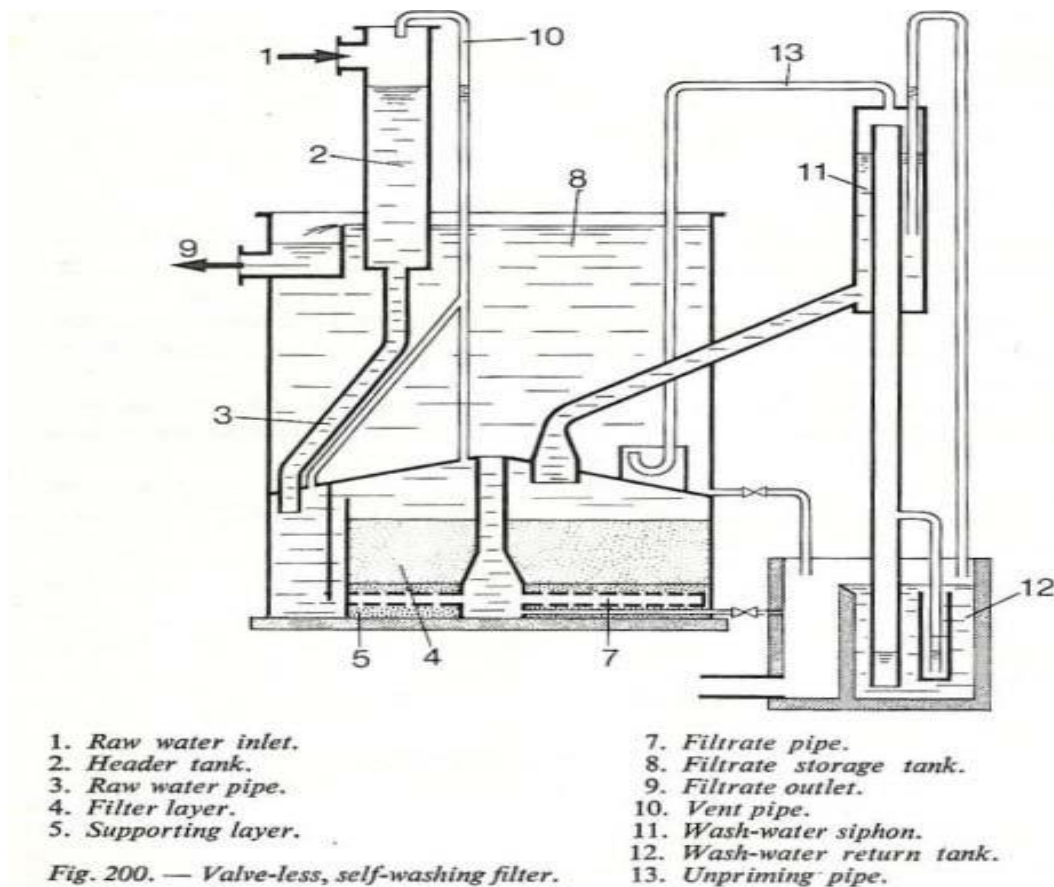


Figure II. 5 : Schéma filtre auto-lavant

#### II.6.2.8. Unité de déshydratation des boues :

La boue est floculée par des polymères et injectée dans le centre de la centrifugeuse, où elle tourne. La force centrifuge amène la boue à former un anneau liquide. La boue se dépose sur les parois de la centrifugeuse (cuvette). L'eau clarifiée reste dans la partie supérieure de l'anneau. La centrifugeuse comprend une cuvette cylindro-conique (en bleu) et une vis centrale (en vert foncé), qui tous deux tournent. La boue floculée est introduite à l'intérieur à travers la vis centrale.

La boue est évacuée du tube d'alimentation, une partie fixe (en rouge). Elle prend de l'élan de rotation et est projetée à grande vitesse contre les parois de la cuvette. La boue se dépose sur les parois de la cuvette rotative. Elle est propulsée vers la partie conique, principalement grâce à l'action de la vis (flèche rouge). C'est là que la boue est "déshydratée".

L'eau clarifiée dans la partie supérieure de l'anneau liquide est retirée par débordement (les fentes de collecte dans la plaque fixée à la cuvette en haut de la section cylindrique, cercle bleu).

Le gâteau déshydraté émerge par les fentes, à l'extrémité de la section conique (cercle rouge).

#### **II.6.2.9. Système de dosage des produits chimiques :**

Les procédés de traitement des produits physico-chimiques et biologiques afin d'être plus efficaces, ont besoin de l'ajout de plusieurs produits chimiques.

On utilise particulièrement :

- Du chlorure ferrique pour la coagulation
- Du chlorure ferrique pour le catalyseur
- Du peroxyde d'hydrogène pour l'oxydation des sulfures
- De l'hydroxyde de sodium pour la rectification de pH
- De l'acide sulfurique pour la rectification de pH
- Du polymère pour la floculation
- Du polymère pour la centrifugeuse des boues mélangées
- Du polymère pour la centrifugeuse des boues inférieure par DCI
- De l'urée comme un nutriment pour le traitement biologique
- De l'acide phosphorique comme un nutriment pour le traitement biologique



**II.7. Conclusion :**

Ce chapitre nous a permis d'exploiter les données théoriques afin de maîtriser les origines et les principaux paramètres pouvant caractériser les effluents liquides de la raffinerie, nous avons ensuite donné une description de l'unité de traitement existante. Dans le chapitre qui suit nous allons faire une étude analytique afin d'évaluer les paramètres physicochimiques et les paramètres spécifiques à la raffinerie et donc avoir une idée précise sur l'efficacité de ce traitement.

### Chapitre 3 :

Etude analytique des eaux de rejet de la raffinerie

### III.1. Introduction :

Ce chapitre consiste à faire une étude d'analyse physico-chimique et biologique des eaux traitées par l'unité de traitement de la raffinerie de Sidi Rezine U850 et ensuite une comparaison des résultats obtenus avec les normes des rejets industriels et les normes de réutilisation.

### III.2. Nature et composition physico-chimique et biologique des effluents :

La qualité des eaux usées à l'entrée de la station de traitement des effluents d'après les informations fournies tableau III.1

**Tableau III. 1 :** La qualité des eaux usées à l'entrée de l'ETP (Manuel Raffinerie d'Alger, 2014)

Paramètres	IU	Effluent par temps sec	Effluent par temps humide
Q	mc/h	200	600
Température, °C	°C	30-32	30
pH		6-9	6-9
COD	mg/l	660	220
DBO	mg/l	315	105
Total de sulfures pour S2-	mg/l	5-50	2-17
Huile totale	mg/l	1000	333-1000
Huiles et graisses libres	mg/l	600	200-600
MEST	mg/l	400	133-400
Ammoniac N-NH <sub>3</sub>	mg/l	10-50	4-17
Phénols (phénols libres)	mg/l	<10	<10
Sans hydrocarbures	mg/l	600	200-600
Hydrocarbures émulsifiés	mg/l	400	133-400
Total hydrocarbures	mg/l	1000	333-1000
Cyanures CN- (cyanures libres)	mg/l	1-2	0-3-0.5
MDT	mg/l	2000- 5000	2000- 2500
Aluminium	mg/l	3	3

Ion	mg/l	3	3
Manganèse	mg/l	1	1
Cadmium	mg/l	0,2	0,2
Nickel total	mg/l	0,5	0,5
Zinc total	mg/l	3	3
Cuivre Total	mg/l	0,5	0,5
Mercuré total	mg/l	0,01	0,01

### III.3. Règlementation sur les effluents liquides des raffineries de pétrole :

Décret exécutif N°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, définissant les Règlements sur les effluents liquides des raffineries de pétrole vise à limiter les charges des contaminants les plus susceptibles de se retrouver dans les effluents finaux des raffineries de pétrole ainsi que les charges et les concentrations des contaminants pouvant se retrouver dans leurs eaux pluviales, si ces dernières sont évacuées séparément. De plus, le pH de tout effluent final doit être maintenu entre 5,5 et 8,5.

Les normes relatives aux charges 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.

Le tableau suivant regroupe les normes relatives aux charges maximales permises.

**Tableau III. 2 :** Les normes relatives aux charges maximales permises, normes algériennes (JORADP, 2006)

Paramètre	Unité	Valeur maximale
Températures	°C	30
Ph	---	5,5 à 8,5
MES	mg/l	25
DBO5	mg/l	25
DCO	mg/l	100
Azote Kjeldhal	mg/l	20
Phosphates	mg/l	10
Cadmium	mg/l	0,2
Chrome 3+	mg/l	0.05
Mercure	mg/l	0,01
Plomb	mg/l	0.5
Cuivre	mg/l	0.5
Zinc	mg/l	3
Teneur en hydrocarbures	mg/l	15
Phénols	mg/l	0,25

#### III.4.Paramètres d'analyse :

Les paramètres suivants font l'objet d'une surveillance continue à la sortie du traitement final par des tests :

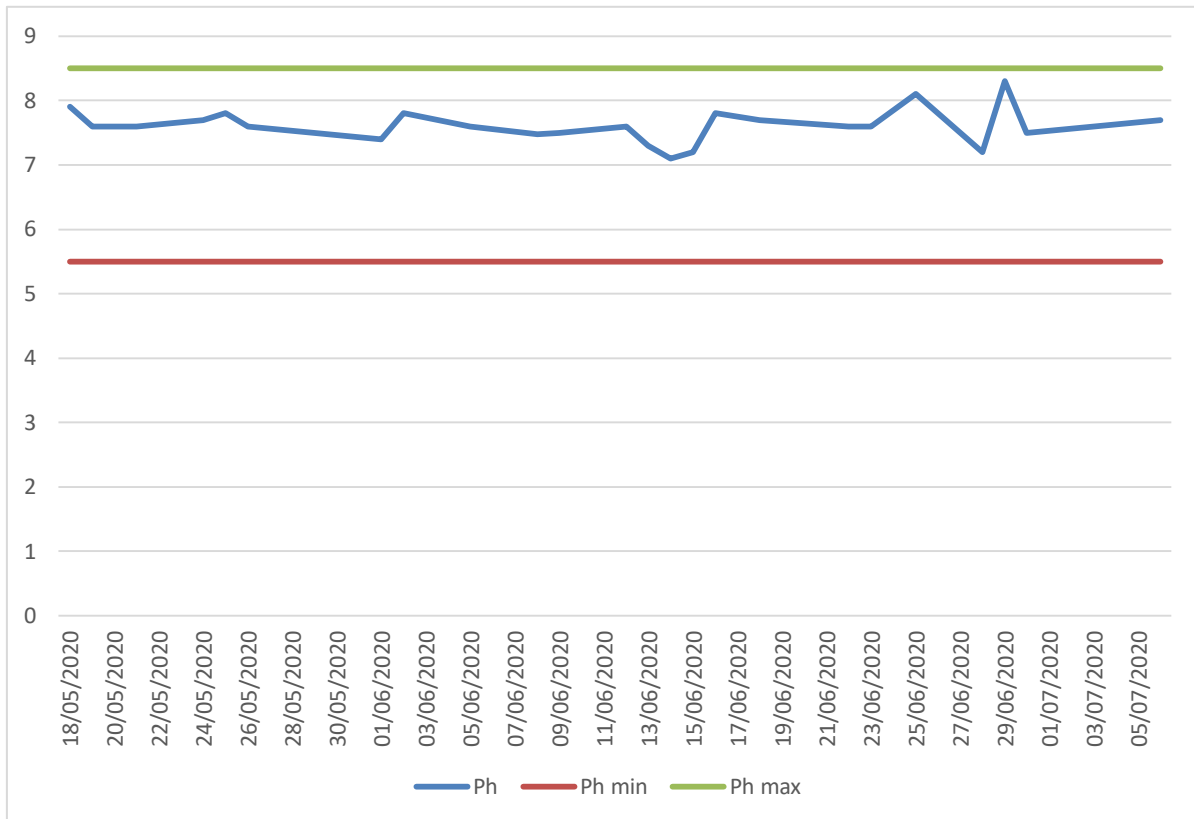
- Journaliers (le potentiel d'hydrogène pH, teneur en hydrocarbures Hc, matières en suspension MES).
- Hebdomadaires (demande chimique en oxygène DCO, demande biologique oxygène DBO<sub>5</sub>).

Les tableaux III.3, III.4 résument les résultats obtenus par analyses d'échantillons des principaux caractères physico-chimiques et biologiques des eaux traitées par l'unité de traitement (unité 850)

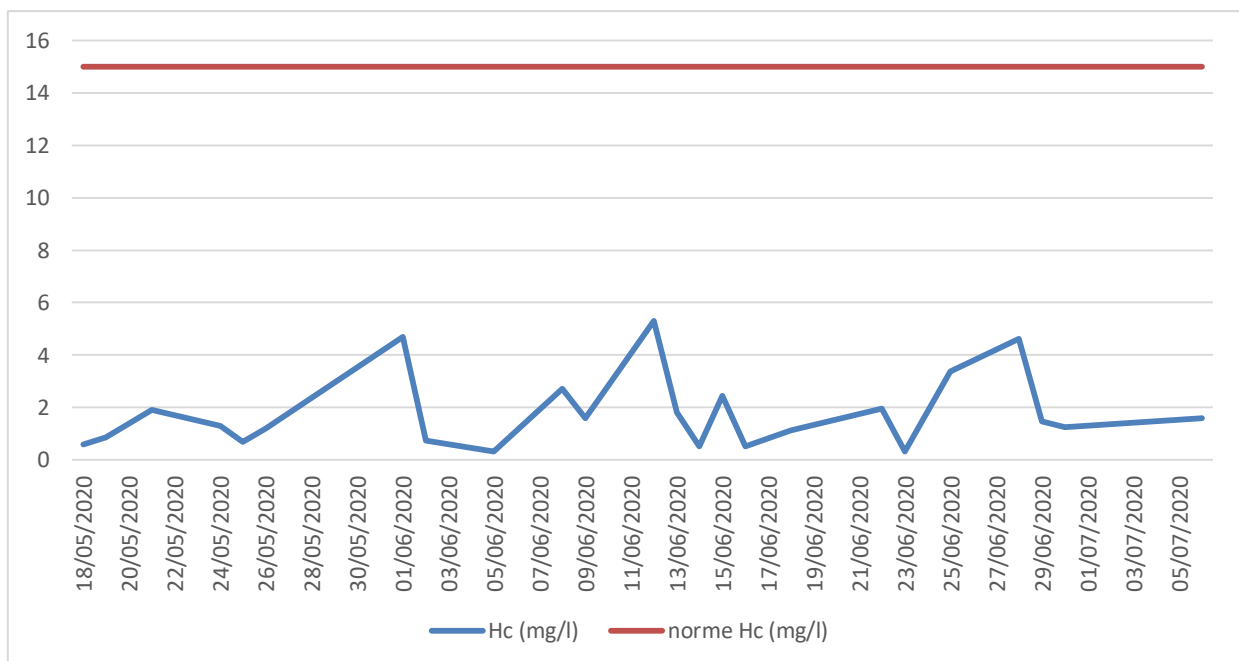


**Tableau III. 3** : Résultats des paramètres de PH, MES et teneur en hydrocarbures HC

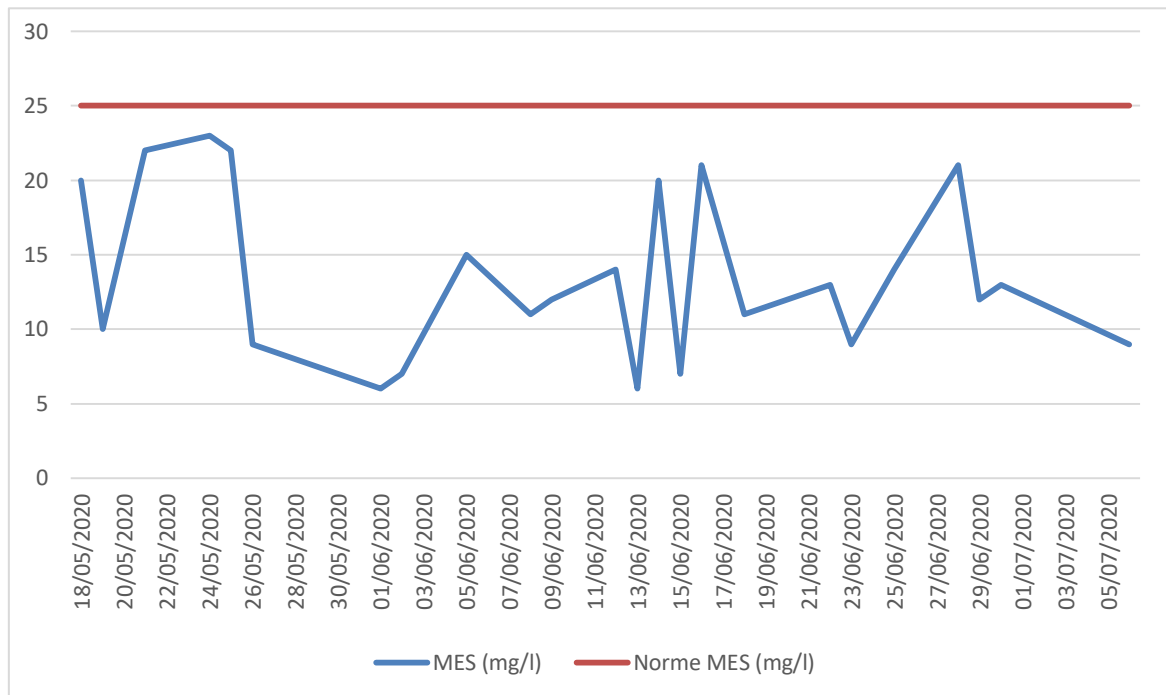
Date	Paramètres		
	Ph	Les hydrocarbures (Hc)	MES (mg/l)
		(mg/l)	
18/05/2020	7.9	0.6	20
19/05/2020	7.6	0.86	10
21/05/2020	7.6	1.9	22
24/05/2020	7.7	1.3	23
25/05/2020	7.8	0.68	22
26/05/2020	7.6	1.2	9
01/06/2020	7.4	4.69	6
08/06/2020	7.48	2.72	11
09/06/2020	7.5	1.6	12
12/06/2020	7.6	5.3	14
13/06/2020	7.3	1.8	6
14/06/2020	7.1	0.52	20
15/06/2020	7.2	2.45	7
16/06/2020	7.8	0.52	21
18/06/2020	7.7	1.12	11
22/06/2020	7.6	1.96	13
23/06/2020	7.6	0.32	9
25/06/2020	8.1	3.37	14
28/06/2020	7.2	4.62	21
29/06/2020	8.3	1.46	12
30/06/2020	7.5	1.24	13
02/06/2020	7.8	0.73	7
05/06/2020	7.6	0.33	15
06/07/2020	7.7	1.6	9



**Figure III. 1 :** Variation de PH des eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de rejet.



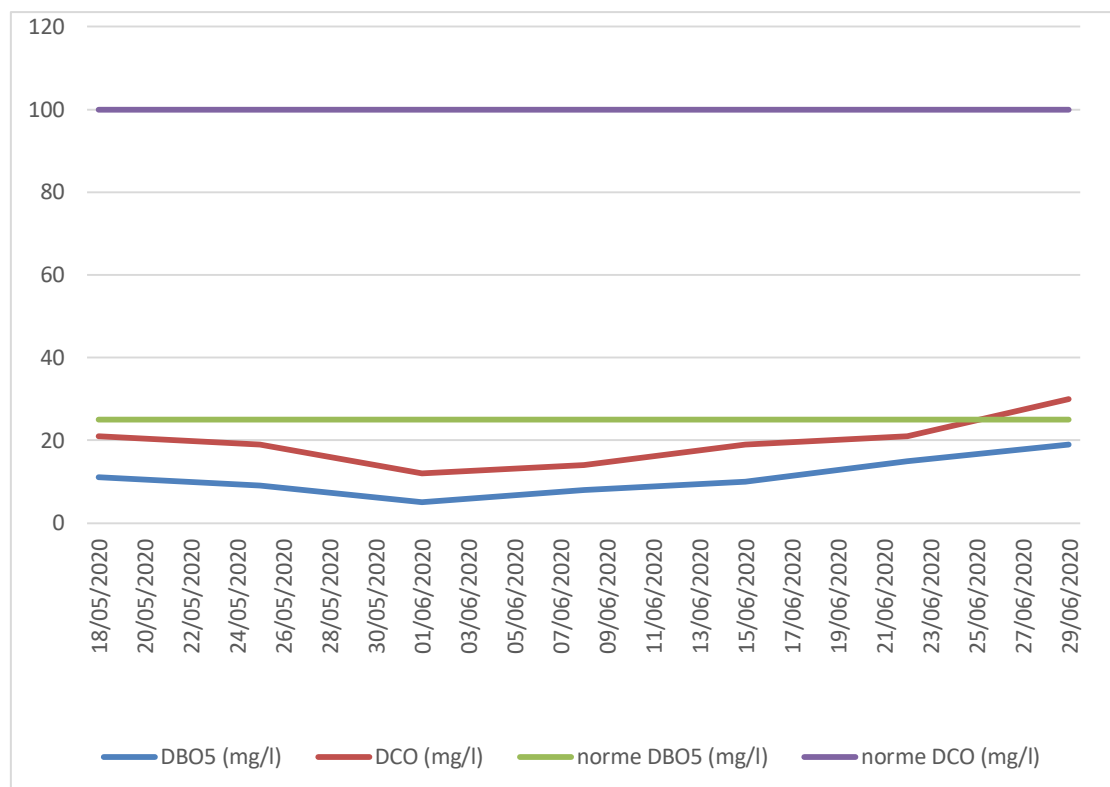
**Figure III. 2 :** Variation de la teneur en hydrocarbures des eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de rejet



**Figure III. 3 :** Variation des matières en suspension des eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de rejet.

**Tableau III. 4 :** Résultats de mesure des paramètres de DCO et DBO5

Date	DBO 5 (mg/l)	DCO (mg /l)
<b>18/05/2020</b>	11	21
<b>25/05/2020</b>	9	19
<b>01/06/2020</b>	5	12
<b>08/06/2020</b>	8	14
<b>15/06/2020</b>	10	19
<b>22/06/2020</b>	15	21
<b>29/06/2020</b>	19	30



**Figure III. 4 :** Variation de la DBO5 et la DCO des eaux épurées en fonction du temps par rapport aux normes de rejet.

#### Interprétation des résultats :

**PH :** Les valeurs de Ph des eaux traitées sont comprises entre 7,1 et 8,3 il est légèrement basique. Tous les échantillons ont des valeurs de pH comprises dans la gamme des eaux usées conformément au nouveau décret (5,5-8,5) (conforme aux normes de rejet).

**Teneur en hydrocarbures :** Par comparaison aux valeurs initiales, on remarque que la teneur en HC à l'entrée est très élevée cela est dû à la source de notre effluent. La valeur moyenne de la teneur en hydrocarbures à la sortie est de l'ordre de 2.36 mg/l, elle a diminué de 1000 fois d'environ, et cette valeur est conforme à la norme de rejet « 15mg/l ». Cela indique une bonne élimination d'HC et donc un bon fonctionnement de notre unité.

**Matières en suspension :** Les valeurs des matières en suspension sont inférieures à la valeur de la norme de rejet « 25mg/l ».

**DBO5 et DCO :** Les valeurs de la DBO5 et la DCO obtenus sont inférieures à Les valeurs de la DBO5 et la DCO obtenus sont inférieures à la valeur de la norme de rejet 25mg/l pour la DBO5 ainsi que celles de la DCO qui sont inférieures à la norme 100mg/l.

Les analyses effectuées sur les effluents liquides de l'unité 850 (Ph, Hc, MES, DBO5 et DCO) sont conformes à la norme d'où la performance de l'unité, ces eaux peuvent être rejetés directement dans le réseau d'assainissement ou ils vont subir un autre traitement au niveau de la STEP de Baraki. Nous constatons aussi que cette eau est de très bonne qualité, d'après les

graphes on remarque un grand écart entre les valeurs et les normes, ce qui nous permettra par suite de faire une étude de possibilité de réutilisations de ces eaux comme eau d'appoint.

### III.5. Etude de la réutilisation :

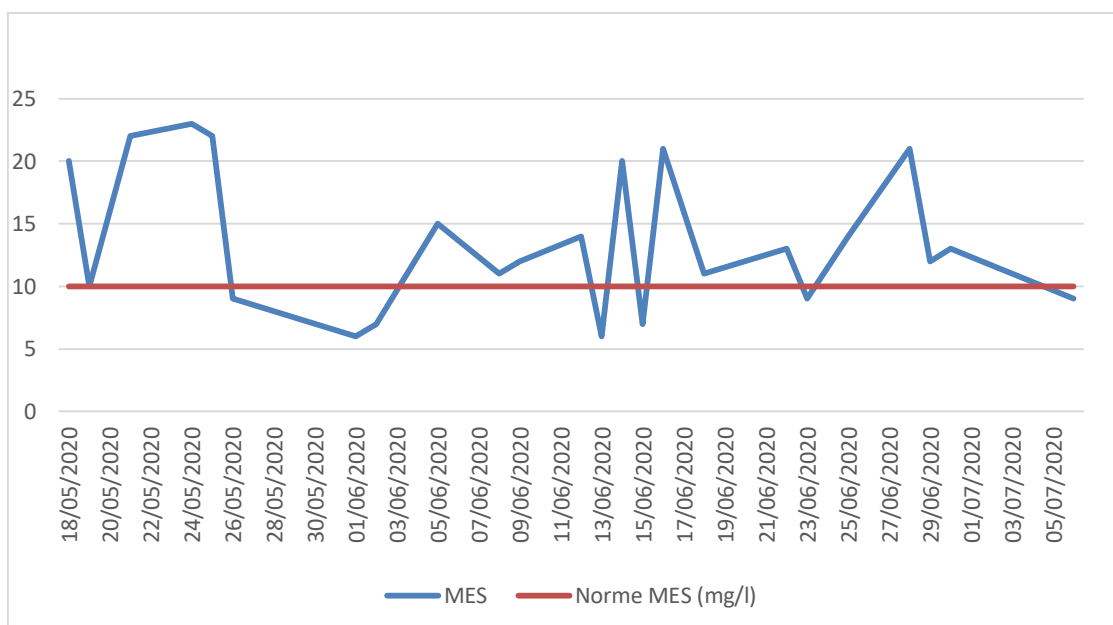
#### III.5.1 Caractéristiques des eaux dans le but de la réutilisation :

Nous allons voir dans cette partie si les eaux traitées répondent aux critères de qualité d'eau pour la réutilisation.

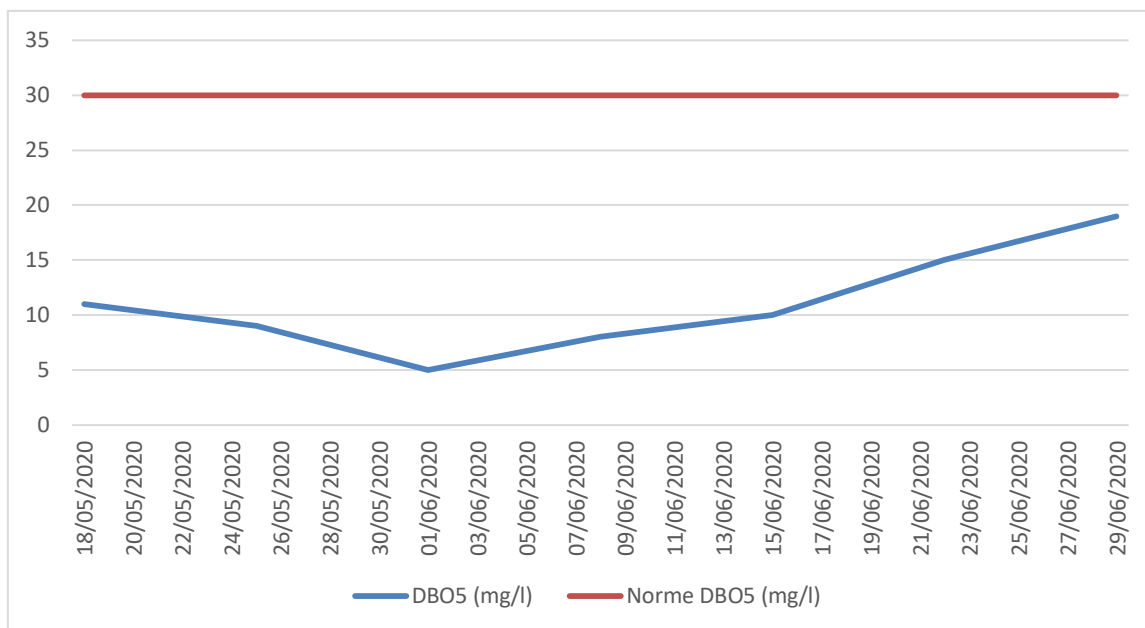
**Tableau III. 5 :** Caractéristiques des eaux à réutilisé comme eau d'appoint (USEPA,2012 )

Paramètres	Valeur maximale
MES	< 10mg/l
DBO <sub>5</sub>	< 30 mg/l
DCO	<140 mg/l
Hydrocarbures	< 3 mg/l

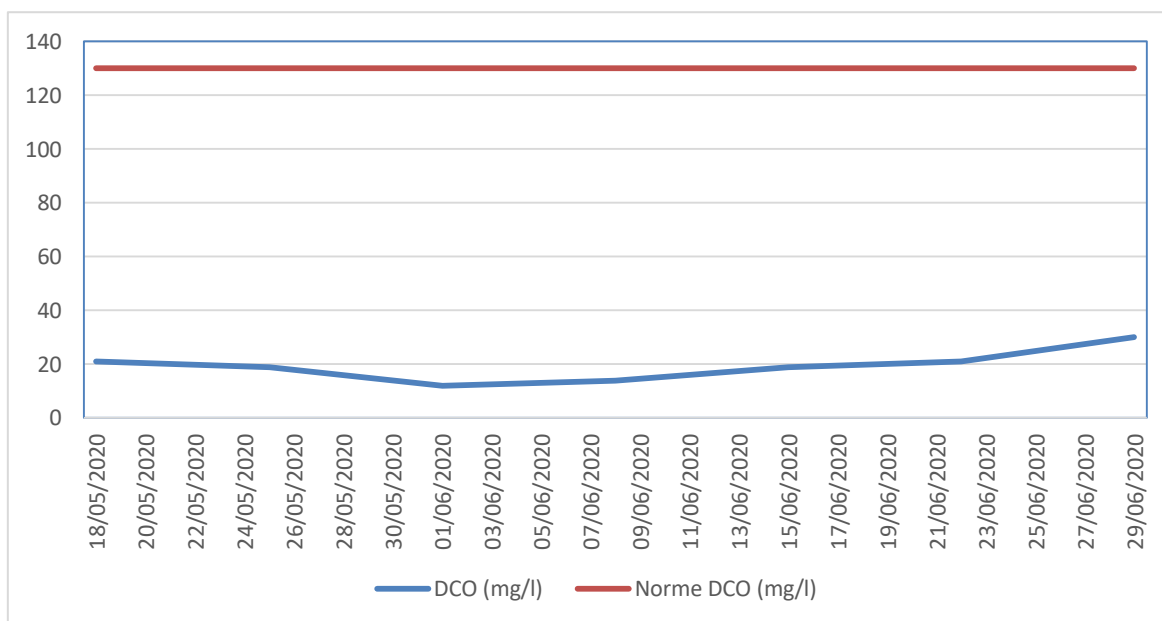
Les figures présentées ci-dessous montrent la variation des paramètres en fonction du temps par rapport aux normes de réutilisation cités dans le tableau III.5



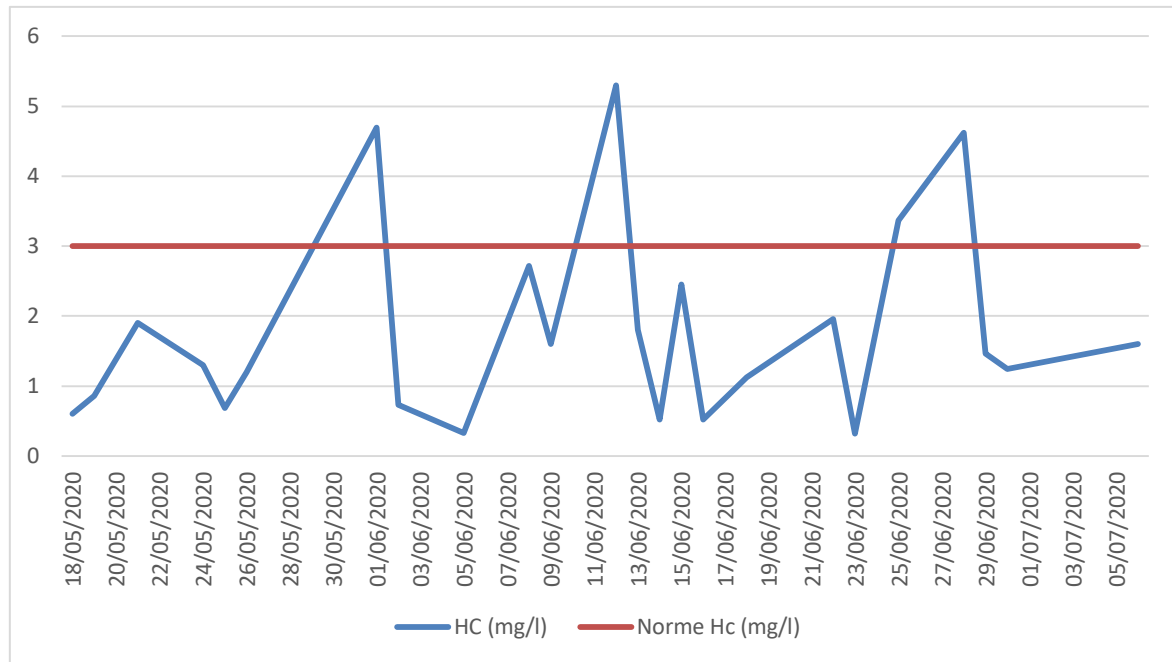
**Figure III. 5 :** Variation des matières en suspension des eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de réutilisation.



**Figure III. 6 :** Variation de la DBO5 eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de réutilisation.



**Figure III. 7 :** Variation de la DCO des eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de réutilisation.



**Figure III. 8 :** Variation des hydrocarbures des eaux épurées en fonction du temps par rapport à la norme de réutilisation.

**Interprétation :** Selon les figures de variation des paramètres des eaux épurées, on remarque clairement que ces eaux correspondent parfaitement aux normes de la réutilisation pour la DBO5, DCO, contrairement les valeurs des matières en suspension et hydrocarbures qui dépassent de loin la norme.

Pour cela on doit éliminer ces derniers en ajoutant une filtration sur charbon actif granulé placé juste après la filtration sur sable FLA afin de compléter notre traitement et avoir une meilleure qualité d'eau traitée qui va être refoulée par une conduite vers la déminéralisation U720.

**Tableau III. 6** : Les résultats des paramètres de mesure

Date	Paramètres				
	pH	Conductivité (µS/cm)	TAC (°F)	Fe (mg/l)	Chlorure (mg/l)
18/05/2020	7.9	1640	9.7	0.06	121
19/05/2020	7.6	925	8.1	0.03	70
21/05/2020	7.6	1875	10.1	0.03	132
24/05/2020	7.7	652	6.3	0.01	10
25/05/2020	7.8	1233	9.1	0.05	112
26/05/2020	7.6	741	7.1	0.01	50
01/06/2020	7.4	851	7.9	0.02	60
08/06/2020	7.5	952	8.6	0.03	85
09/06/2020	7.5	1922	10.3	0.05	221
12/06/2020	7.6	874	7.7	0.03	69
13/06/2020	7.3	725	7	0.01	13
14/06/2020	7.1	833	7.6	0.01	56
15/06/2020	7.2	1120	10	0.06	10
16/06/2020	7.8	736	7	0.05	40
18/06/2020	7.7	892	8	0.02	70
22/06/2020	7.6	1425	9.3	0.075	132
23/06/2020	7.6	932	8	0.022	80
25/06/2020	8.1	865	7.6	0.02	68
28/06/2020	7.2	758	7.4	0.01	50
29/06/2020	8.3	859	8	0.03	65
30/06/2020	7.5	1320	10.2	0.07	120
02/06/2020	7.8	934	8.7	0.014	70
05/06/2020	7.6	970	8.92	0.022	90
06/07/2020	7.7	852	7.81	0.01	60

Afin de confirmer la constatation, on a fait l'étude d'autres analyses de paramètres de qualité et les comparer ensuite avec la qualité d'eau d'alimentation de la chaudière.

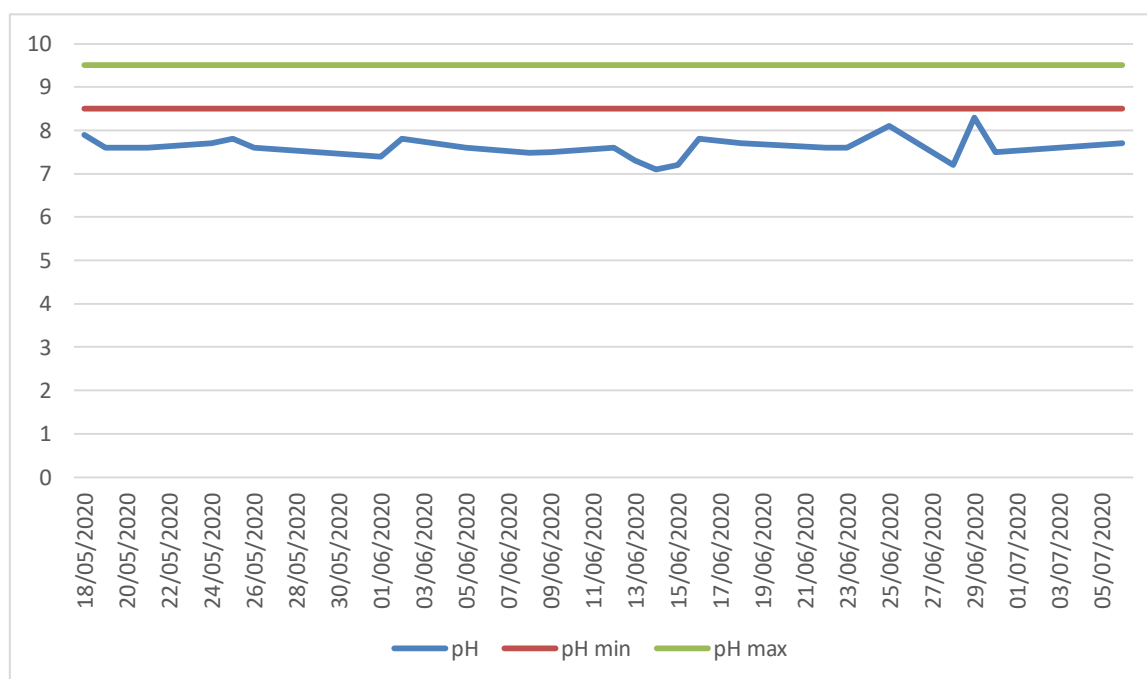
Les paramètres à suivre sont les suivants : pH, conductivité, le titre alcalimétrique complet TAC, Fer total en Fe et le chlorure.



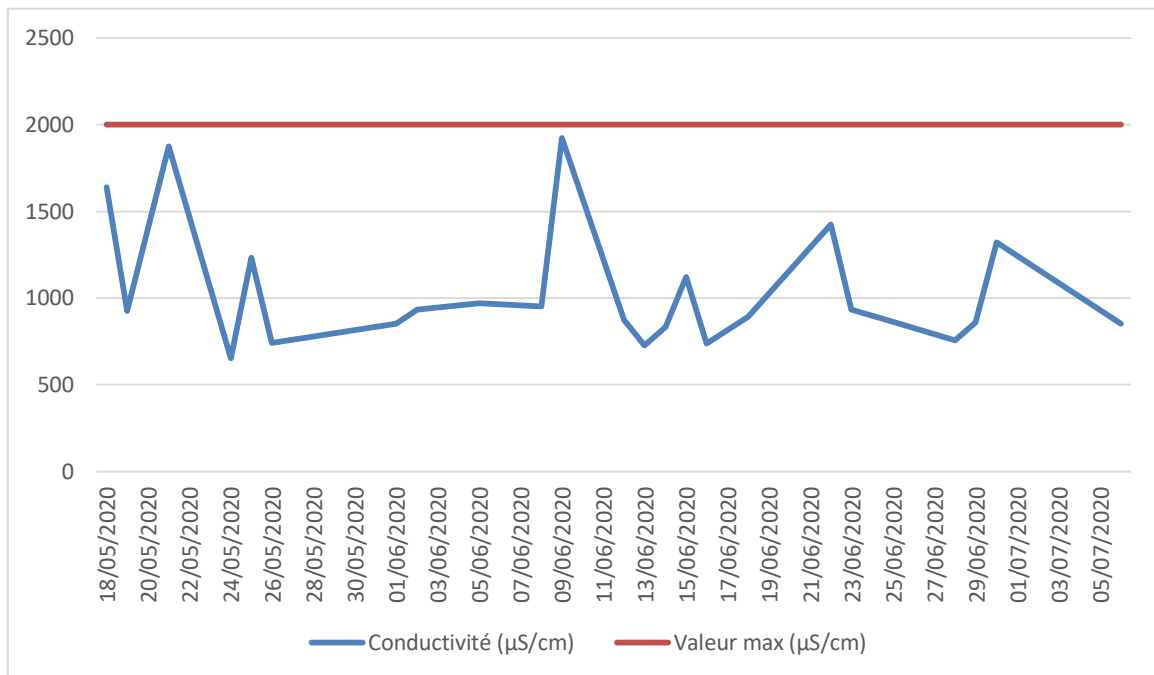
**Tableau III. 7 :** Spécifications techniques envisagées par le design des eaux d'appoint pour les chaudières de la raffinerie d'Alger (Manuel Raffinerie d'Alger, 2014)

Paramètres	Eau brute				
	PH à 25°c	Conductivité (µS/cm)	TAC (°F)	Fe Total (mg/l)	Chlorure (mg/l)
Design	8.5-9.5	Max 2000	Max 22	Max 0.02	Max 400

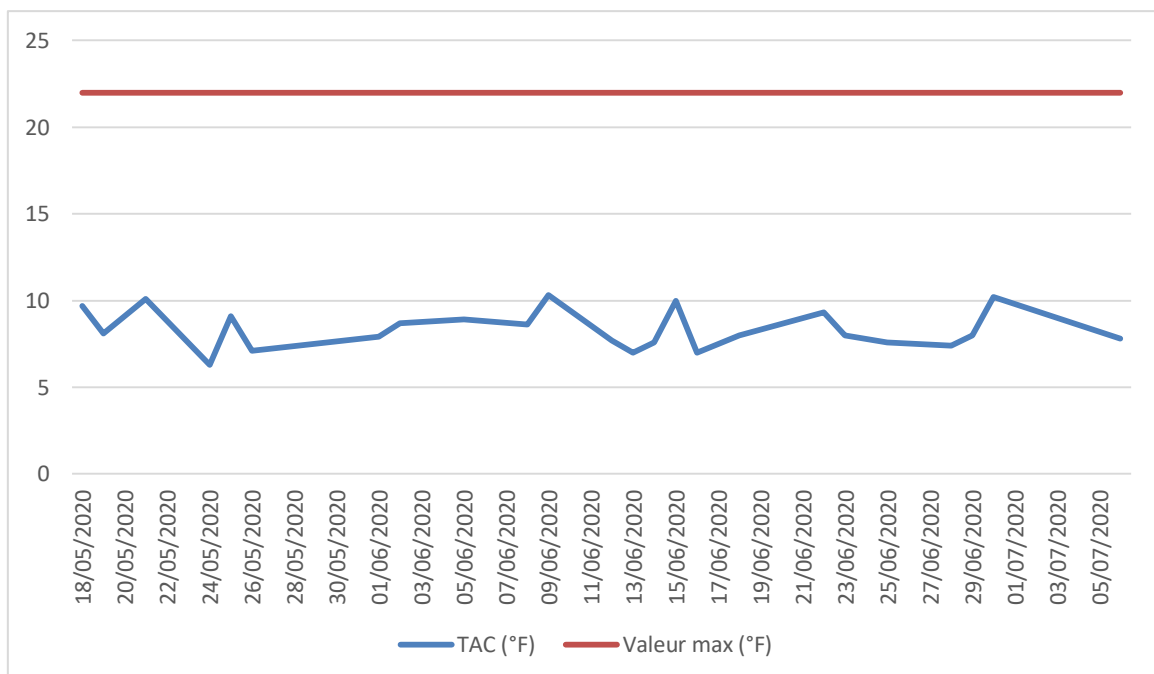
Les figures présentées ci-dessous montrent la comparaison des valeurs des paramètres déterminant la qualité des eaux épurées avec la qualité la qualité d'eau d'alimentation de chaudière.



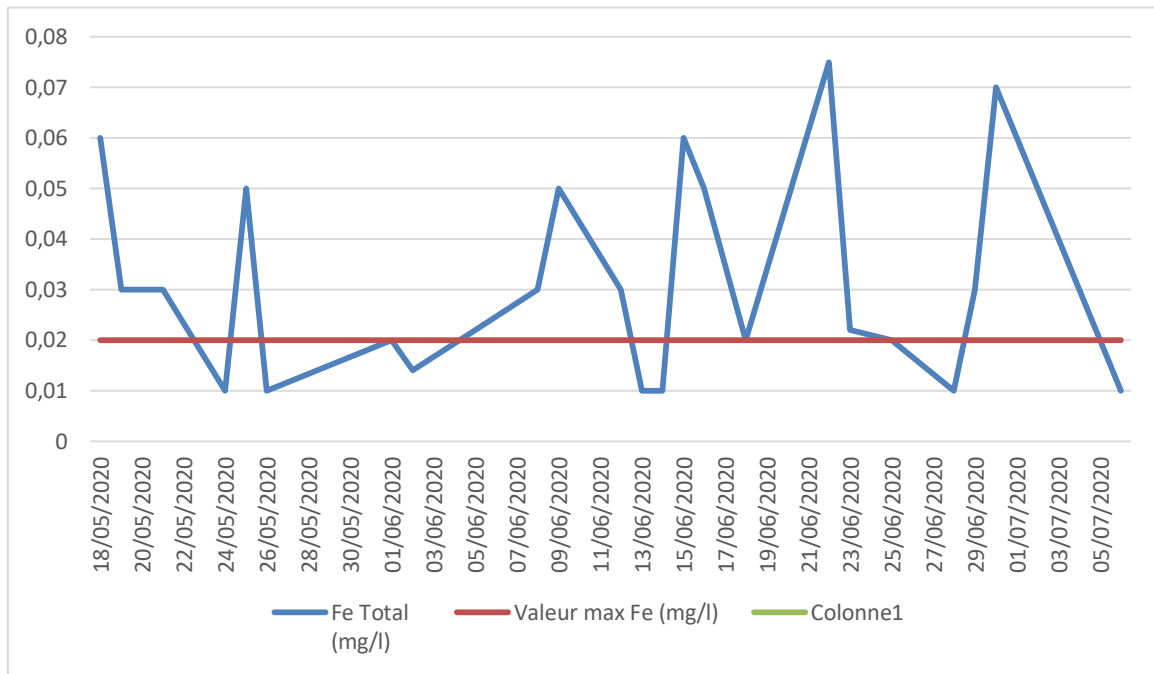
**Figure III. 9 :** Variation de pH des eaux épurées en fonction du temps par rapport au pH de l'eau brute



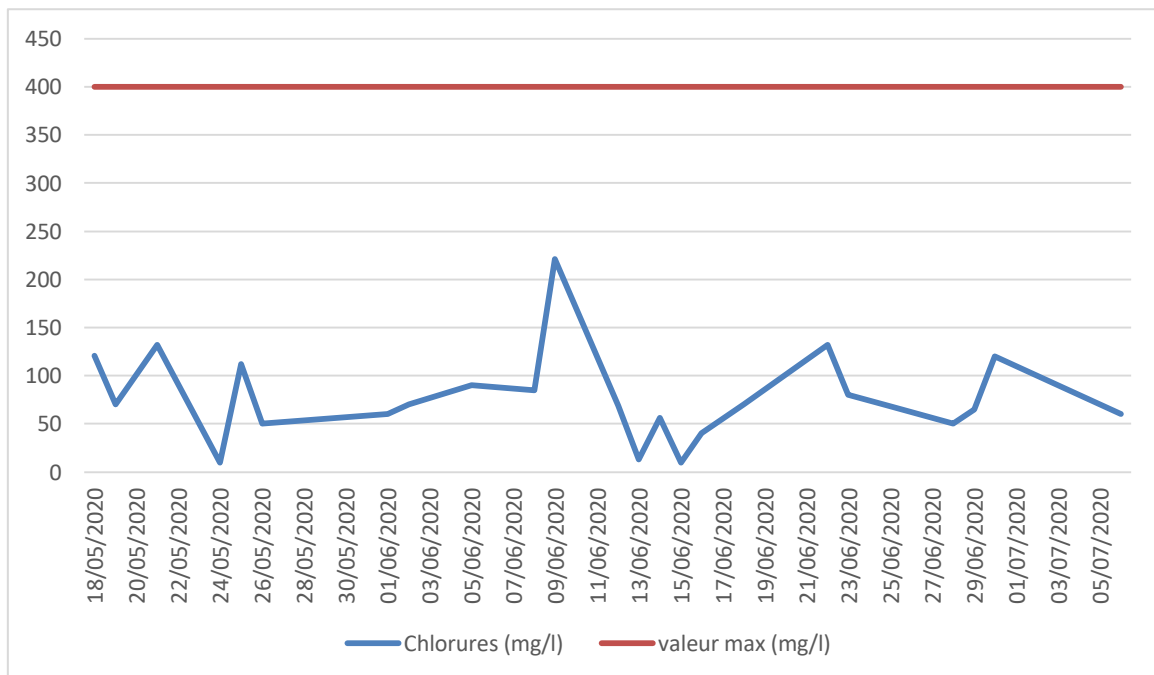
**Figure III. 10 :** Variation de la conductivité des eaux épurées en fonction du temps par rapport à celle de l'eau brute



**Figure III. 11 :** Variation de TAC des eaux épurées en fonction du temps par rapport au TAC de l'eau brute



**Figure III. 12 :** Variation de Fe des eaux épurées en fonction du temps par rapport au Fe l'eau brute

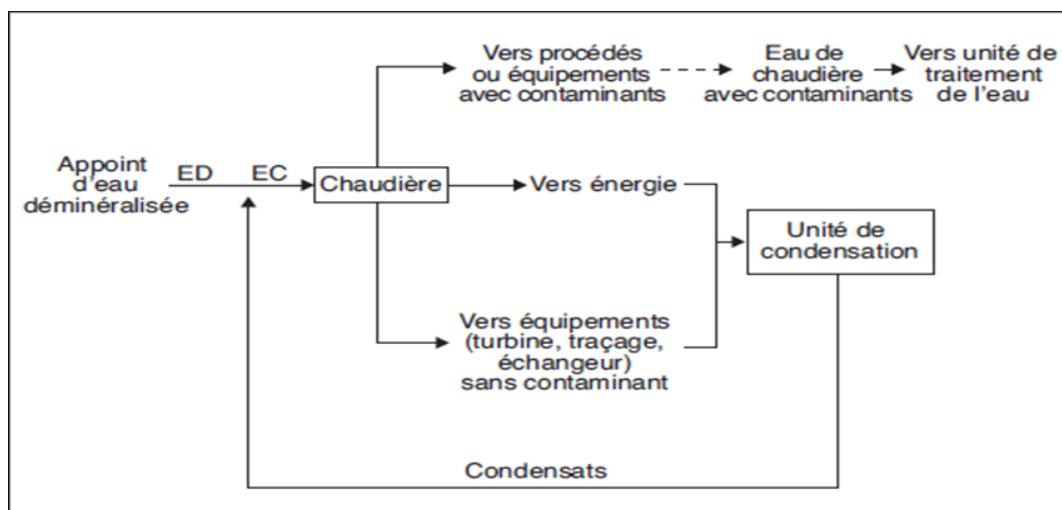


**Figure III. 13 :** Variation de chlorures des eaux épurées en fonction du temps par rapport à celui l'eau brute.

**Interprétation :**

D'après les figures on remarque que les paramètres (pH, conductivité, TAC et chlorures) des eaux traitées présentent des allures de courbe inférieures à celles exigées par norme de qualité de l'eau brute de notre chaudière.

Pour le Fe il dépasse la norme cela peut causer de dépôts en grande quantité dans la chaudière et inhiber le transfert de chaleur, une aération filtration ou résines d'échange d'ions peut le réduire. En constatation on peut confirmer la possibilité de réutilisation de cette eau pour l'alimentation des chaudières.

**III.6. Les eaux de chaudière :**

**Figure III. 14 :** Réseau d'eau de chaudière (technique de l'ingénieur, 2009)

Dans une raffinerie, la vapeur a de nombreuses utilisations, de sorte que la vapeur indispensable est générée dans une chaudière à l'intérieur de la raffinerie sous forme de surchauffe sous haute pression. Elle fournit ensuite plusieurs types pour permettre les différentes applications.

La vapeur d'eau a un pouvoir calorifique et une capacité thermique élevés qui la rendent capable d'absorber ou de restituer de la chaleur de manière très efficace. Le réseau d'eau de chaudière ou Boiler Feed Water (BFW) est un circuit semi-fermé. L'eau se compose des condensats (recyclage de vapeur) et de l'eau d'appoint qui est injectée pour combler les pertes du circuit. Ces pertes sont provoquées par la vapeur polluée par un fluide procédé. Celle-ci ne

peut pas être recyclée directement et est envoyée, le plus souvent, dans un système de traitement des eaux avant rejet.

La présence d'impuretés peut diminuer significativement cette capacité et par conséquent l'efficacité du réseau vapeur. La corrosion, le moussage, les dépôts, l'entartrage, etc., sont autant de désagréments dont il faut tenir compte. Les chaudières sont soumises à des conditions d'exploitation très sévères. D'où la nécessité d'assurer un contrôle rigoureux durant leur démarrage ainsi que leur fonctionnement normal. C'est pour cela l'eau brute subit plusieurs traitements avant être utilisée comme eau d'appoint pour l'alimentation des chaudières.

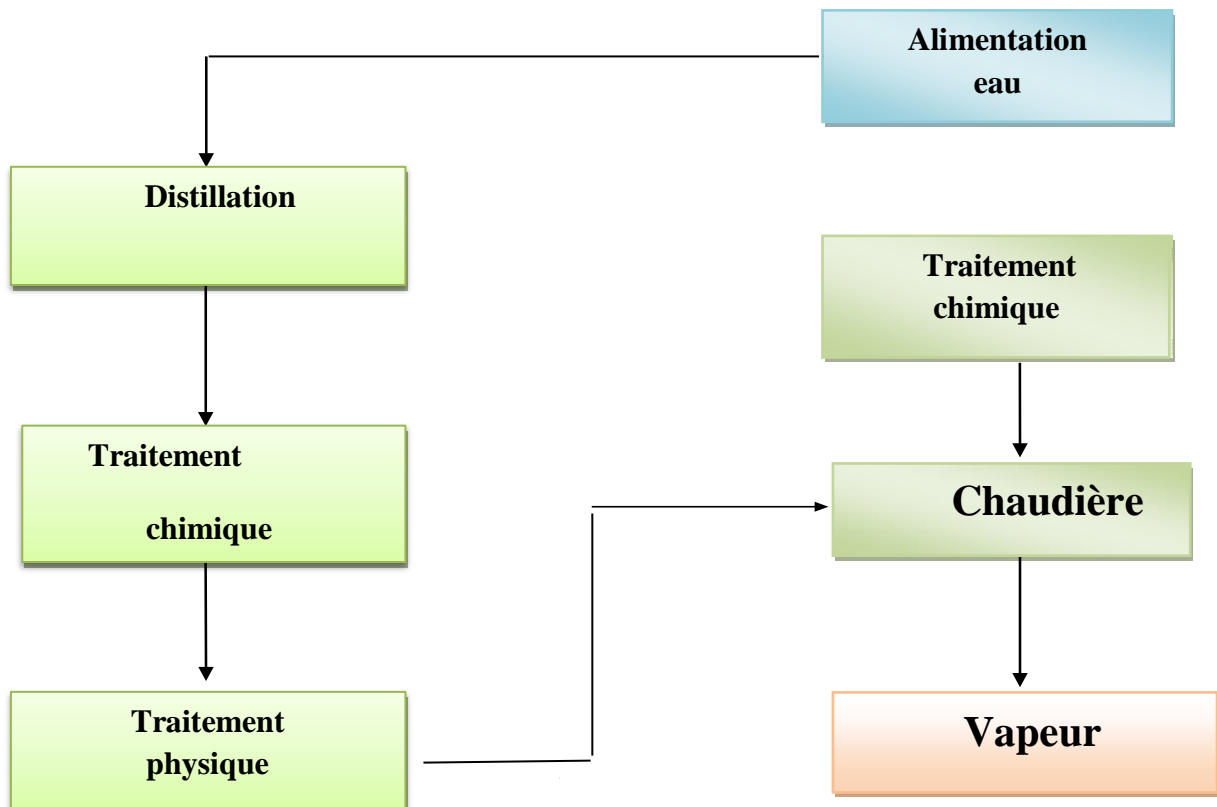


Figure III. 15 : Traitement des eaux pour la production de vapeur

### III.7. Conclusion :

L'étude analytique des eaux épurées nous a permis de conclure que notre eau non seulement répond aux normes de rejet industriel, mais aussi c'est une eau de bonne qualité qui peut être réutilisée en ajoutant un traitement d'affinage.

Nous allons donc ajouter une filtration sur charbon actif granulé après les filtres à sable pour l'élimination de polluants organiques dissouts. On va ensuite envoyer ces eaux traitées pour subir une déminéralisation au niveau de l'unité 720.

Dans le chapitre qui suit, nous allons dimensionner la filtration sur charbon actif granulé et la conduite d'adduction.

Chapitre 4 :  
Partie dimensionnement

## Chapitre 4

### IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre on va faire le dimensionnement de la filtration sur charbon actif pour avoir une meilleure qualité d'eau réutilisable, ensuite on va étudier l'alimentation de réservoir de neutralisation qui se trouve dans l'unité de déminéralisation U720. On opte à exploiter le bassin d'observation OBS 850-CC-019. Le réseau d'adduction est par refoulement par l'action de pompe.

### IV.2. Filtration sur charbon actif granulaire CAG :

#### IV.2.1. L'adsorption :

L'adsorption est un traitement efficace pour enlever la matière organique, particulièrement quand la charge moléculaire est importante et la polarité est faible.

Le charbon actif peut donc être utilisé pour enlever les phénols, les hydrocarbures saturés qui sont des molécules insolubles difficilement attaquables par l'ozone, les pesticides, les métaux lourds, les agents tensio-actifs.

Il existe deux formes de charbons actifs : le charbon actif en poudre (PAC) et le charbon actif granulaire (GAC).

Le GAC est la forme utilisée dans notre cas, la plupart du temps, il est employé dans le traitement de l'eau, il peut adsorber les substances solubles suivantes :

- Adsorption des substances organiques et non polaires comme les huiles minérales, les BTEX, les poly-hydrocarbures aromatiques, les phénols (chlorure).
- Adsorption de substances halogénées : I, Br, Cl, H et F
- Odeur
- Goût
- Levures
- Divers produits de fermentation
- Substances non polaires (non solubles dans l'eau).

Exemples d'application :

- Traitement des eaux souterraines polluées
- Traitement contre les micropolluants, adsorption des traces de certains métaux lourds
- Rétention de chlore
- Filtration fine pour piscines
- Filtration finale pour le rejet d'effluents

## Chapitre 4

### IV.2.2. Principe de fonctionnement d'un filtre à charbon actif :

Le CAG est posé sur un plancher, qui laisse passer les eaux filtrées. Les filtres sont alimentés en partie haute à l'aide d'un dispositif adapté. L'eau traverse le filtre de haut en bas, traverse le plancher filtrant.

Au cours de la filtration, la quantité de matières en suspension retenue augmente progressivement. Le filtre se colmate, et la vitesse d'écoulement de l'eau diminue. Pour maintenir une vitesse de filtration constante tout au long du cycle de filtration, un dispositif de régulation est installé à l'aval du filtre.

Une fois le filtre colmaté, il faut procéder à son lavage. Il se fait à contre-courant (du bas vers le haut), en utilisant conjointement de l'eau et de l'air.

### IV.2.3. Caractéristiques du charbon actif en grain :

Le charbon actif est un terme très général regroupant une très large gamme de substances carbonées présentant une porosité et une surface développée très importantes (500 à 1 500 m<sup>2</sup>/g). La fabrication du charbon comprend généralement trois étapes :

- Le séchage de la matière première
- La carbonisation sous atmosphère contrôlée (absence d'air) à une température de l'ordre de 400 à 600° C (élimination des matières organiques volatiles)
- L'activation par oxydation ménagée, qui permet de développer la surface interne du matériau carbonisé en éliminant les résidus de pyrolyse responsables du colmatage des pores

On distingue habituellement 3 types de porosité :

- Les macropores (les plus grosses - > 500 Å) qui ne jouent pas de rôle important sur les capacités d'adsorption
- Les micropores (les plus petites - < 20 Å) qui représentent 95 % de la surface développée par le charbon
- Les méso pores (taille intermédiaire)

Les propriétés de surface du charbon jouent un rôle essentiel dans sa capacité d'adsorption. Il existe deux grandes familles de CAG selon qu'ils sont ou non réutilisables :

- Le charbon actif non régénérable ou non ré activable qui, une fois sa capacité de traitement épuisée, doit être purement et simplement remplacé par du charbon neuf.
- Le charbon actif régénérable ou ré activable auquel il est possible, par un traitement approprié, de restituer ses propriétés d'origine et qui, de ce fait, est réutilisable.

La régénération (ou réactivation) du charbon actif épuisé est réalisée à l'extérieur des filtres dans lesquels il est mis en œuvre, selon un processus dont les conditions sont analogues à celles de son activation initiale.

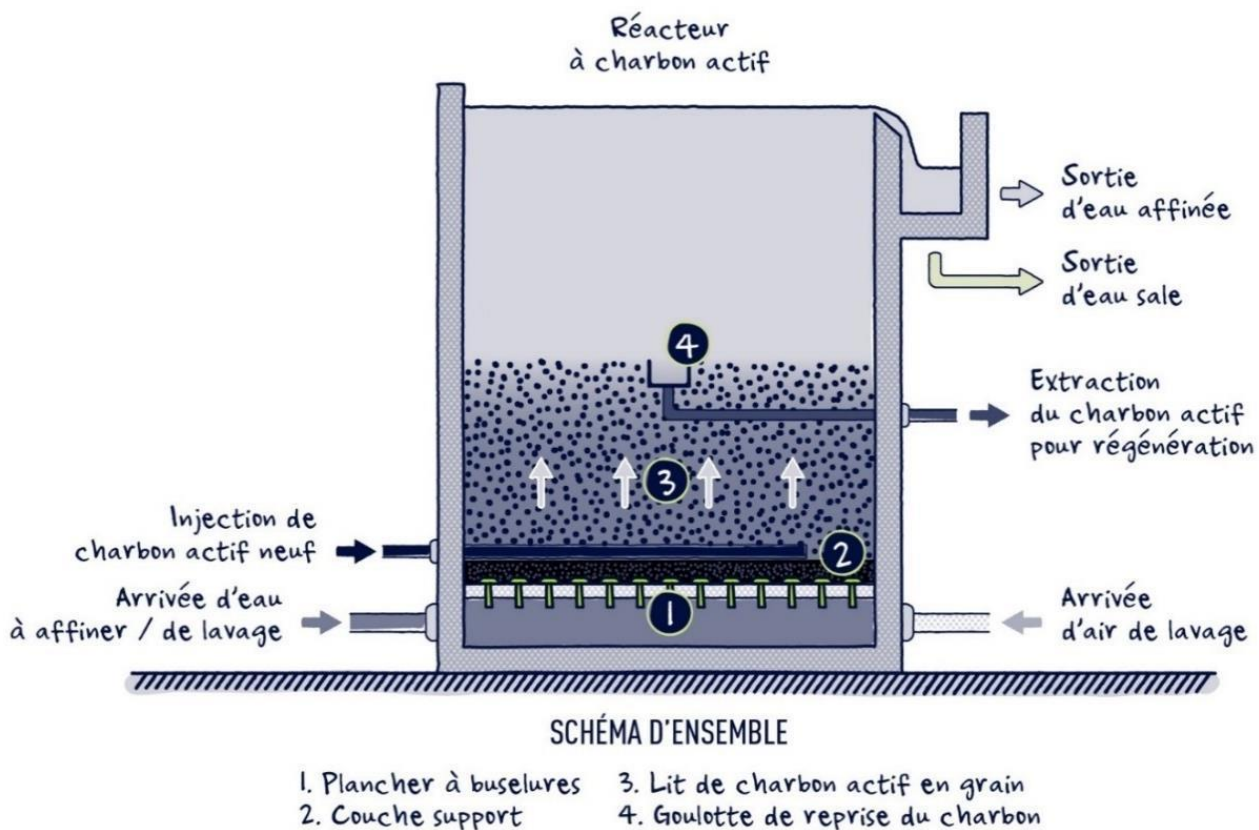


## Chapitre 4

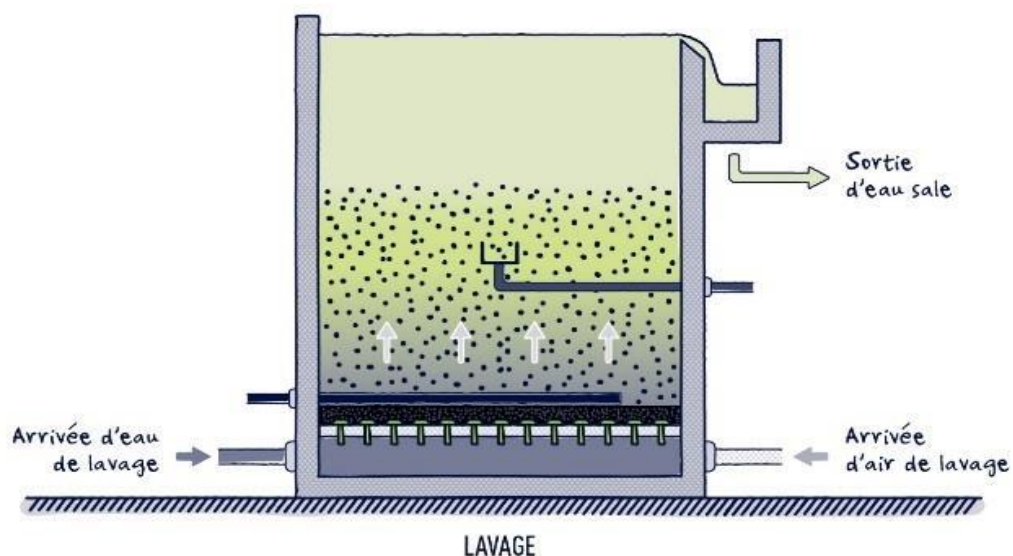
Il est à noter que l'action du charbon actif, ainsi que sa durée de vie, sont accrues par une forte oxydation à l'ozone en amont, notamment :

- En restituant la surface oxydante du charbon lors de la destruction des composés chlorés de l'azote ammoniacal
- En oxydant les micros polluants organiques
- En renforçant l'activité biologique sur le charbon

La durée de vie d'un charbon dépend de sa capacité d'adsorption. Il ne faut jamais atteindre la capacité maximale d'adsorption du charbon car il y a un risque de relargage du charbon. Une fois cette durée de vie atteinte, il est nécessaire de régénérer / changer le charbon.



**Figure IV. 1 :** Schéma d'un réacteur à charbon actif granulé (SUEZ, 2018)



**Figure IV. 2 :** Schéma lavage filtre charbon actif granulé (SUEZ, 2018)

#### IV.2.4. Dimensionnement de la filtration a charbon actif :

Le débit de dimensionnement est de  $200 \text{ m}^3/\text{h}$ .

##### IV.2.4.1. La vitesse de filtration :

La vitesse de filtration est le paramètre le plus important dans le dimensionnement, elle est déterminée à partir de la figure IV. 3

**Table 11-44**  
**Typical design values**  
**for GAC contactors<sup>a</sup>**

Parameter	Symbol	Unit	Value
Volumetric flowrate	$V$	m <sup>3</sup> /h	50–400
Bed volume	$V_b$	m <sup>3</sup>	10–50
Cross-sectional area	$A_b$	m <sup>2</sup>	5–30
Carbon depth	$D$	m	1.8–4
Void fraction	$\alpha$	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.38–0.42
GAC density	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	350–550
Approach velocity	$v_f$	m/h	5–15
Effective contact time	$t$	min	2–10
Empty bed contact time	EBCT	min	5–30
Operation time	$t$	d	100–600
Throughput volume	$V_L$	m <sup>3</sup>	10–100
Specific throughput	$V_{sp}$	m <sup>3</sup> /kg	50–200
Bed volumes <sup>b</sup>	$BV$	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	2000–20,000

<sup>a</sup> Adapted from Sontheimer et al. (1988).

<sup>b</sup> Total volume of water processed expressed in terms of the reactor bed volume.

**Figure IV. 4** : Valeurs de conception typiques pour les contacteurs GAC (Metcalf & Eddy, 1994)

D'après la figure on voit bien que pour un débit de  $Q=200 \text{ m}^3/\text{h}$  qui appartient à l'intervalle ( $50 \text{ m}^3/\text{h} - 400 \text{ m}^3/\text{h}$ ), la valeur de la vitesse de filtration est comprise entre ( $5 \text{ m/h} - 15 \text{ m/h}$ )

On essaye de prendre une vitesse adéquate comprise dans cette fourchette qui n'est pas élevée en général et pas faible une valeur de  $10 \text{ m/h}$  est moyenne et courante, on peut prendre une valeur de  $8 \text{ m/h}$  mais il faut tenir compte de l'effet économique pour ne pas avoir un coût élevé.

On prend une valeur de  $v = 10 \text{ m/h}$  (Metcalf & Eddy, 1994).

## Chapitre 4

## IV.2.4.2. La surface filtrante :

$$Q = S \times v \quad (\text{IV.1})$$

Avec :

**Q** : Le débit d'eau en entrée de la batterie de filtres en m<sup>3</sup>/h

**S** : La surface en m<sup>2</sup>

**v** : La vitesse de filtration en m/h

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{200}{10} = 10 \text{ m}^2$$

$$S = 10 \text{ m}^2$$

## IV.2.4.3. Nombres de filtres :

Le charbon actif est un produit relativement coûteux, mais il présente l'avantage de pouvoir être régénéré.

On propose 3 filtres 2 en fonctionnement et un pour la régénération, donc **n = 3**

## IV.2.4.4. Surface filtrante pour un seul filtre :

$$S_i = \frac{S}{n}$$

$$S_i = \frac{10}{3} = 6,67 \text{ m}^2$$

$$S_i = 6,67 \text{ m}^2$$

## Chapitre 4

## IV.2.4.5. Diamètre du filtre :

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 6,67^2}{3,14}} = 2,91 \text{ m}$$

Diamètre choisis : **D = 3 m**

Donc on peut conclure la surface du filtre réelle :  **$S_i = 7,065 \text{ m}^2$**

## IV.2.4.6. Lit filtrant :

Les caractéristiques physiques du matériau filtrant sont primordiales pour le bon fonctionnement du filtre : pour qu'il soit efficace, les matières doivent être retenues à la fois en surface du filtre et en profondeur.

**Tableau IV. 1** : caractéristiques de lit filtrant

Lit filtrant	Valeur	Unité
Charbon actif	1250	Mm
Sable (0,5-1)	75	Mm
Gros Sable (3-1mm)	75	Mm
Gravier (3-6mm)	75	Mm
Gravier (6-12mm)	100	Mm
Nombre de busettes/m <sup>2</sup>	50	

Nombre de busettes par filtre = surface du filtre réelle  $\times$  nombre de  $\frac{\text{busettes}}{\text{m}^2}$

$$= 7,065 \text{ m}^2 \times 50 = 353,25 \text{ busettes}$$

## Chapitre 4

On prend le nombre de busettes par filtre = **353 busettes**

**IV.2.4.7. Vérification de calculs :****IV.2.4.7.1. Empty bed contact time (EBCT) :**

$$EBCT = \frac{\text{Volume du lit}}{\text{Débit}} \quad (\text{IV.2})$$

$$EBCT = \frac{V_1}{\underline{Q}} = \frac{S_i \times Hc}{\underline{Q}} \quad n$$

Avec :

**Q** : Le débit d'eau en entrée de la batterie de filtres en m<sup>3</sup>/min

**S<sub>i</sub>** : La surface unitaire (surface d'un seul filtre) en m<sup>2</sup>

**Hc** : La hauteur lit charbon actif en m

**n** : nombre de filtres

**AN :**

$$EBCT = \frac{7,065 \times 1,25}{\frac{200}{3}}$$

$$EBCT \approx 7,96 \text{ minutes}$$

On prend **EBCT = 8 minutes**

D'après la figure IV. 5 cette valeur appartient à l'intervalle (5 min– 30 min) donc c'est vérifié. (Metcalf &Eddy, 1994).

## Chapitre 4

## IV.2.4.7.2. Vitesse :

Vérification de la vitesse de filtration au cours de lavage d'un filtre

$$v = \frac{Q}{\frac{(n-1)}{S_i}} \quad (\text{IV.3})$$

Avec :

**Q** : Le débit d'eau en entrée de la batterie de filtres en m<sup>3</sup>/h

**S<sub>i</sub>** : La surface unitaire du filtre en m<sup>2</sup>

**n** : nombre de filtres

AN :

$$v = \frac{200}{\frac{(3-1)}{7,065}}$$

$$v = 14,15 \text{ m/h}$$

D'après le tableau IV.1 cette valeur appartient à l'intervalle (5 m/h-15 m/h) donc c'est vérifié.

## IV.2.4.8. Hauteur de filtre :

$$\text{Hauteur sable + charbon} = 75\text{mm} + 1250\text{mm} = 1325\text{mm}$$

$$\text{Expansion de 50 \%} = 1325\text{mm} \times 0,5 = 662,5 \text{ mm}$$

$$\text{Hauteur du support de lit filtrant} = 100\text{mm} + 75\text{mm} + 75\text{mm} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Hauteur utile} = 1325 \text{ mm} + 662,5 \text{ mm} + 250 \text{ mm} = 2237,5 \text{ mm}$$

$$\text{Hauteur choisie} = 2250 \text{ mm}$$

## Chapitre 4

**IV.2.4.9. Le lavage des filtres :****IV.2.4.9.1. Vitesse de lavage :**

$$v_1 = 20 \text{ m/h}$$

La vitesse de lavage est prise suivant l'expérience, elle est prise inférieure à celle du filtre à sable pour éviter l'entraînement du charbon. (Metcalf & Eddy, 1994).

**IV.1.4.9.2. Débit de lavage :**

$$Q_1 = v_1 \times S_i$$

Avec :

$Q_1$  : Débit de lavage en  $\text{m}^3/\text{h}$

$v_1$  : vitesse de lavage en  $\text{m/h}$

$S_i$  : surface unitaire (d'un seul filtre) en  $\text{m}^2$

AN :

$$Q_1 = 20 \times 7,065$$

$$Q_1 = 141,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

**IV.2.4.9.3. Temps de lavage :**

$$t_1 = 5 \text{ minutes}$$



## Chapitre 4

## IV.2.4.9.4. Volume de lavage :

$$V_1 = Q_1 \times t_1 \quad (\text{IV.4})$$

Avec :

$V_1$  : volume de lavage en  $\text{m}^3$

$Q_1$  : débit de lavage en  $\text{m}^3/\text{h}$

$T_1$  : temps de lavage en h

AN :

$$V_1 = 141,3 \times 0,083$$

$$V_1 = 11,8 \text{ m}^3$$

## IV.2.4.9. Diamètre conduite :

Le débit  $Q=0,055 \text{ m}^3/\text{s}$

On suppose une vitesse  $V=1,5 \text{ m/s}$

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

Avec :

$D$  : diamètre du tuyau en(m).

$V$  : vitesse d'écoulement en (m/s).

$Q$  : débit en ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,055}{1,5 \times \pi}} = 0,216 \text{ m} .$$

On opte pour une conduite de diamètre DN200 en fonte ductile

Le tableau IV.3 résume les Caractéristiques principales des filtres à CAG

## Chapitre 4

**Tableau IV. 2 :** Caractéristiques principales des filtres à CAG

Paramètres	Unité	Valeur
Débit	m <sup>3</sup> /h	200
Vitesse de filtration	m/h	10
Surface filtrante	m <sup>2</sup>	20
Nombre de filtres	/	3
Surface unitaire (du filtre)	m <sup>2</sup>	6,67
Diamètre du filtre	m	2,91
Diamètre choisis	m	3
Surface unitaire réelle	m <sup>2</sup>	7,065
Lit filtrant		
Charbon actif	mm	1250
Sable (0,5-1mm)	mm	75
Gros sable (3-1mm)	mm	75
Gravier (3-6mm)	mm	75
Gravier (6-12mm)	mm	100
Nombre de busettes/m <sup>2</sup>	/	50
Nombre de busettes par filtre	/	353
EBCT	min	8
Vitesse de filtration (cas lavage d'un filtre)	m/h	14,15
Hauteur de filtre utile	mm	2237,5
Hauteur choisis	mm	2250
Vitesse de lavage	m/h	20
Débit de lavage	m <sup>3</sup> /h	141,3
Temps de lavage	Min	5
Volume de lavage	m <sup>3</sup>	11,8

## Chapitre 4

**IV.3. l'Adduction :**

D'après leur fonctionnement, les adductions peuvent être classées en trois groupes :

- ✓ Adduction gravitaire
- ✓ Adduction par refoulement
- ✓ Adduction mixte.

Dans notre cas l'adduction est par refoulement, un écoulement qui se fait sous l'action d'une force à l'aide des machines hydroélectriques (pompe). Ce cas la source d'eau doit se situer à une cote inférieure à la cote piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

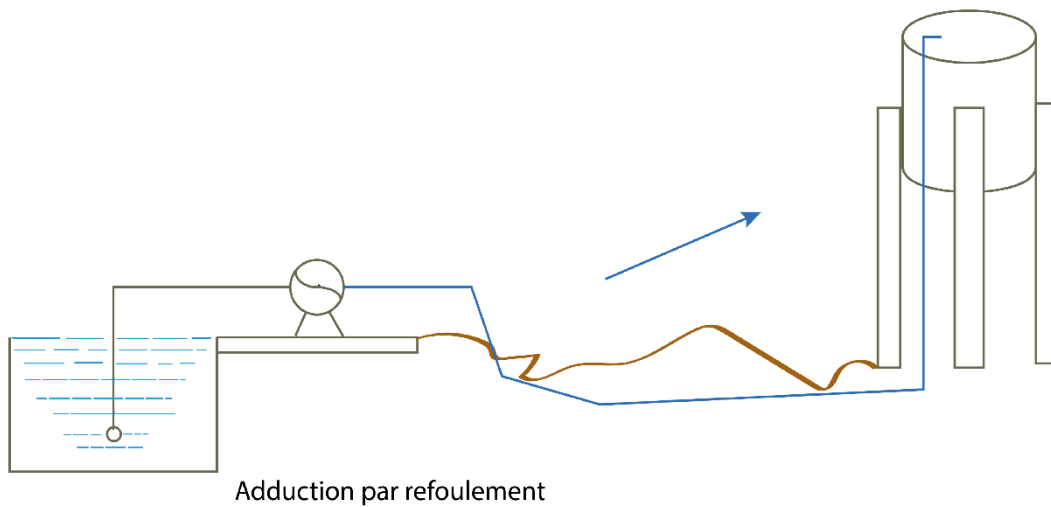
**Tableau IV. 3 :** Caractéristique de Bassin enterré 850-CC-019

Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Cote TN
17	7,8	2.2	10,8

**Tableau IV. 4 :** Caractéristique de réservoir de stockage

Volume (m <sup>3</sup> )	Diamètre (m)	Hauteur de Remplissage (m)	Cote TN
30 000	66	9	13,5

## Chapitre 4



**Figure IV. 6 :** Adduction par refoulement

### IV.3.1. Méthodologie de conception :

Le réseau d'adduction par refoulement est dimensionné sur la base des données suivantes :

Longueur de la conduite :  $L = 145 \text{ m}$

Débit refoulé :  $Q = 180 \text{ m}^3/\text{h}$

Cote de départ :  $10.80 \text{ m}$

Cote d'arrivé :  $13.50 \text{ m}$

Hauteur max de remplissage de réservoir :  $9 \text{ m}$

#### IV.3.1.1. Le choix du matériau :

De nombreux types de tuyaux sont disponibles pour constituer une conduite. On peut classer en fonction des matériaux avec lesquels ils sont fabriqués : fonte, acier, PEHD...etc. Le choix des tuyaux utilisés est fonction de la pression et de la nature du terrain, des coûts de fourniture et de mise en œuvre, mais aussi de la facilité à réaliser les raccordements, les prises de branchement, les réparations en cas de fuite, et en fonction de tracé.

Dans l'industrie de raffinage la tuyauterie est de matière acier ou en fonte ductile. Dans notre étude, on opte pour les conduites en fonte ductile avec brides boulonné étant donné que c'est les matériaux utilisés au niveau de notre raffinerie

## Chapitre 4

### Tuyaux en fonte ductile :

Les tuyaux en fonte ductile présentent un comportement à mi-chemin entre celui des matériaux flexibles et celui des matériaux rigides. Ses caractéristiques mécaniques peuvent profiter des avantages des deux types. Contrairement à la fonte grise normale, la fonte ductile est un matériau malléable. Lorsqu'elle est soumise à des contraintes excessives ponctuelles, par des facteurs intérieurs ou extérieurs, elle se déforme au lieu de se rompre. La norme NF EN 545 définit différents types de pressions admissibles :

- PFA, pression de fonctionnement admissible, est la pression interne en régime permanent. Cette pression varie en fonction du diamètre de la conduite et des pièces de raccordement utilisées, de 16 à 64 bars ;
- PMA, pression maximale admissible, est la pression supportable de façon sûre en service, y compris le coup de bélier ;
- PEA, pression d'épreuve admissible, est la pression hydrostatique maximale supportable par un composant nouvellement mis en œuvre pendant un temps relativement court :  $PEA = PMA + 5$  bars en général.

### Résistance mécanique :

L'excellent comportement mécanique des conduites de tuyaux en fonte ductile, qui leur permet de résister à de fortes contraintes mécaniques (poids du terrain, trafic routier, affaissements ou petits mouvements de terrain, pointes de charge imprévues, etc.), s'explique par les trois caractéristiques suivantes :

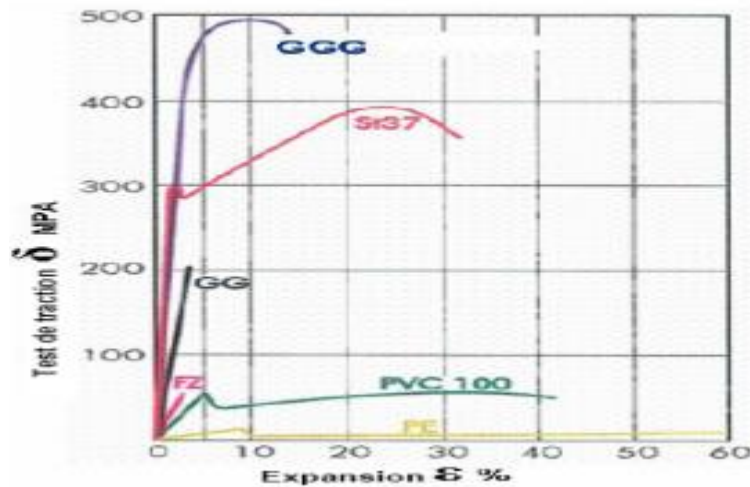
- La ductilité du matériau : la fonte peut s'étendre sur sa zone élastique et dispose d'une grande capacité d'absorption d'énergie.
- La flexibilité des joints en élastomère permet à la conduite de suivre les petits mouvements de terrain sans concentrer les contraintes sur les tuyaux.
- De hauts coefficients de sécurité sont la règle pour le calcul de l'épaisseur de paroi des tuyaux et des raccords. La pression de fonctionnement admissible (PFA) pour les conduites en fonte ductile dispose d'un coefficient de sécurité de 3 entre la pression de service admissible souhaitée et la pression d'éclatement calculée.

### Matériaux comparés pour le test de traction au laboratoire

- GGG : Fonte ductile
- GG: Fonte grise
- St37: Acier 37
- FZ: Tuyaux en ciment (Eternit)
- PVC : PVC

## Chapitre 4

- PE : Polyéthylène



**Figure IV. 7 :** Les courbes de traction pour différents matériaux.

(Technique eau, 2009)

#### **Pression intérieure :**

Les tuyaux en fonte ductile conviennent à toutes les pressions utilisées dans l'adduction d'eau. Les pressions d'éclatement élevées qu'ils peuvent atteindre leur procurent d'excellentes réserves de sécurité.

#### **Résistance aux contraintes :**

Les contraintes extérieures proviennent essentiellement du matériel de remplissage recouvrant le tuyau (contrainte permanente) et des vibrations du trafic routier. Le travail en chantier va de pair avec des hauteurs de recouvrement faibles ou très élevées et un passage fréquent de véhicules motorisés.

#### **Déviations des assemblages auto-étanches :**

Il est possible de faire effectuer des virages à une telle conduite sans recourir à des raccords ou à des corrections de profil, ce qui facilite d'autant la pose et la compensation de mouvements de terrain.

## Chapitre 4

**IV.3.1.2. Calcul de la vitesse :**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \quad (\text{IV.5})$$

Avec :

**D** : diamètre du tuyau en(m).

**V** : vitesse d'écoulement en (m/s).

**Q** : débit en (m<sup>3</sup>/s).

On prend une vitesse de  $V = 1,5$  m/s et on fait le calcul de diamètre à partir de l'équation précédente

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,05}{1,5 \times \pi}} = \mathbf{0,206 \text{ m.}}$$

On prendra tous les diamètres normalisés disponibles au marché, mais notre choix final se portera sur le diamètre pour lequel le cout sera minimal et la vitesse d'écoulement sera comprise entre 1 et 2 (m/s).

**Tableau IV. 5 :** Les dimensions de la conduite

Pour une conduite en fonte ductile				Vitesse (m/s)
DN	Diamètre extérieur (mm)	Epaisseur (mm)	Diamètre intérieur (mm)	
200	222	6,3	209,4	1.45
250	274	6,8	260,4	0,94

On opte à utiliser des conduites en fonte ductile avec un diamètre DN200 et PN16.

**IV.3.1.3. Hauteur manométrique totale :**

A partir du calcul des pertes de charge linéaires, singulières et de la conduite de refoulement et les caractéristiques géométriques, la hauteur manométrique totale (HMT) est égale à la somme de celles-ci, soit :

## Chapitre 4

$$H_{mt} = H_g + \Delta H \quad (\text{IV.6})$$

Avec :

**H<sub>g</sub>** : Hauteur géométrique entre le plan d'eau de la bêche et le point haut a refoulé (m) ;

**ΔH** : Perte de charge totale de la conduite de refoulement (en m) ;

### Estimation des pertes de charges :

Les pertes de charges présentent une portion de l'énergie mécanique de l'eau qui se transforme en chaleur sous l'effet des frottements entre les particules de l'eau et les parois des canalisations, les pertes de charges sont liées à la longueur de la conduite, à son diamètre ainsi qu'au singularité (vannes, coudes, tés, clapets et raccords), elles se présentent sous deux formes :

#### Pertes de charge linéaires :

Les pertes de charge sont des pertes d'énergie hydraulique essentiellement dues à la viscosité de l'eau et au frottement de celle-ci contre les parois.

Elles sont déterminées par la formule universelle de Darcy-Weisbach :

$$HL = J \times L \quad (\text{IV.7})$$

$$J = \frac{\lambda \times V^2}{2 \times g \times D} \quad (\text{IV.8})$$

Avec :

**J** : pertes de charge par frottement en (m.c.e/m) en mètre colonne d'eau par mètre de conduite.

**λ** : coefficient de pertes de charges.

**D** : Diamètre du tuyau(m).

**V** : Vitesse d'écoulement en (m/s).

**g** : Accélération de la pesanteur en (m/s<sup>2</sup>).



## Chapitre 4

Pour Calculer le coefficient de perte de charge  $\lambda$  on doit calculer le nombre de Reynolds pour savoir le type de régime :

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad (\text{IV.9})$$

Avec :

**V** : Viscosité cinématique de l'eau à 20°C =  $1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  ;

**D** : Diamètre choisi (D=0.2094 m) ;

**V** : La vitesse (V=1.45m/s).

AN

$$Re = 0,3036 \times 10^6$$

Le régime est turbulent rugueux, on utilise la formule de *Colebrook-White* Etablie en 1939 qui est largement adoptée pour le calcul du coefficient de perte de charges  $\lambda$ . Celui-ci s'exprime par :

$$\lambda = \left[ -2 \log \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt{\lambda}} \right) \right] \quad (\text{IV.10})$$

Depuis de la publication de l'équation de Colebrook, plusieurs chercheurs ont travaillé et publié des relations qui sont ou bien plus précises mais plus complexes ou bien simples mais moins précises

**K=  $\varepsilon D$**  : Coefficient de rugosité pour les tubes en fonte ductile **K=0,002 mm**

**Re** : Nombre de Reynolds.

Ou bien on peut utiliser l'abaque de Moody (Annexe 1)

### Pertes de charge singulières :

Les singularités rencontrées sur les canalisations sont généralement des changements de la section de la conduite (élargissements, rétrécissements, diaphragmes, ...) ou des changements de la direction de l'écoulement (coudes, dérivations, robinets, vannes,). Ces singularités se comportent comme des "ouvrages courts" et provoquent des pertes de charges locales.

Elles sont estimées en majoration à 13% des pertes charges linéaires pour les tubes en fonte ductile

$$H_s = 0,13 \times H_L \quad (\text{IV.11})$$

## Chapitre 4

### Pertes de charge totales :

Elles présentent la somme des pertes de charge linéaires et singulières, pour chaque conduite.

$$\Delta H = H_s + H_L \quad (\text{IV.12})$$

### IV.3.2. Choix des pompes :

#### Application :

Pour le calcul de la hauteur manométrique total on utilise la base des données suivante :

- Longueur de la conduite :  $L = 145 \text{ m}$
- Débit refoulé :  $Q = 180 \text{ m}^3/\text{h}$
- Cote de départ :  $10,80 \text{ m}$
- Cote d'arrivée :  $13,50 \text{ m}$
- Hauteur max de remplissage :  $9 \text{ m}$
- Hauteur de refoulement :  $H_r = (13,5 + 9) - 10,8 = 11,7 \text{ m}$

**Tableau IV. 6 :** Les Résultats de calculs de la Hauteur manométrique

L (ml)	D (m)	V (m/s)	Re $10^6$	$\lambda$	j (m/m)	HL (m)	Hs (m)	$\Delta H$ (m)	Hg (m)	$H_{MT}$ (m)
145	0,2094	1,45	0,304	0,023	0,01177	1,7066	0,2218	1,9284	11,7	13,6284

### IV.3.3. Calcul de la pression nominale de la conduite :

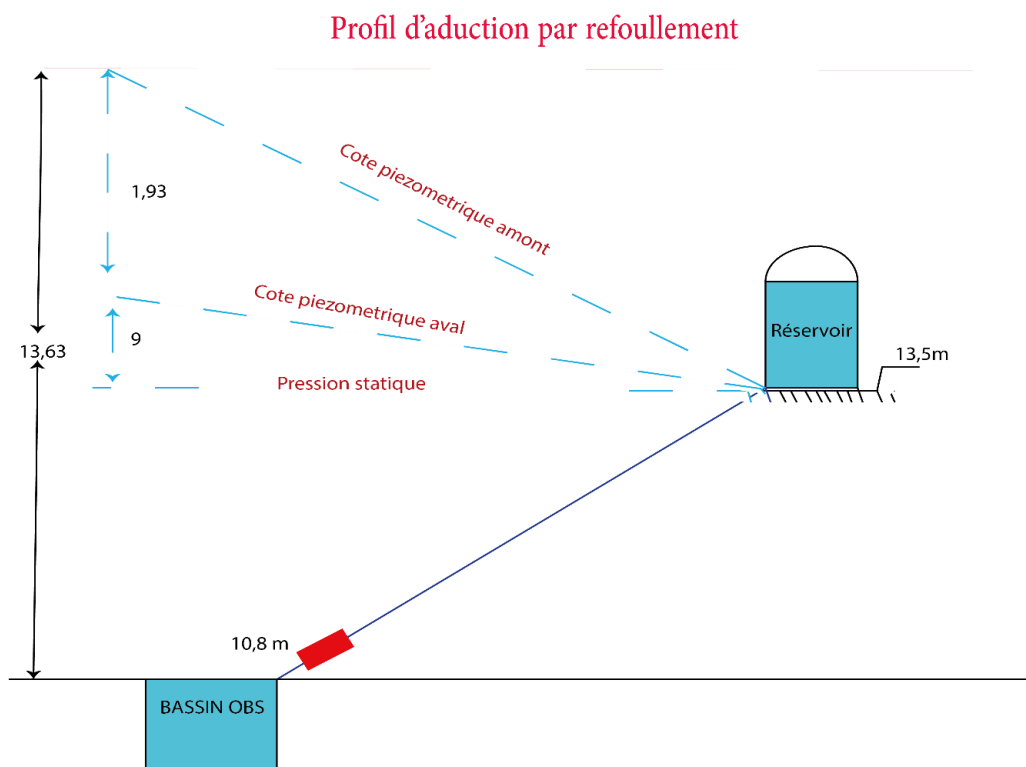
Côte piézométrique amont = Côte terrain naturel + Hauteur manométrique,

Côte piézométrique aval = Côte piézométrique amont – Perte de charge totale,

Pression statique = Côte piézométrique aval – Côte aval de terrain naturel.

**Tableau IV. 7** : Résultats de calcul de la pression nominale de la conduite

Conduite en fonte ductile												
Tronçon	Cote TN (m)		Q (m <sup>3</sup> /h)	L (m)	D (mm)	V (m/s)	$\Delta H$ (m)	$H_g$ (m)	$H_{MT}$ (m)	Cote piézométrique		$P_s$ (m)
	Amont	Aval								Amont	Aval	
OBS-R	10,8	13,5	180	145	0,2094	1,45	1,9284	11,7	13,6284	24,4284	22,5	9

**Figure IV. 8** : Schéma de profil d'aduction par refoulement vers le réservoir

On cherche dans le marché les pompes disponibles et qui ont les mêmes caractéristiques de notre pompe soit ( $H_{MT} > H_{MT}$  calculé). ( $Q \geq Q$  projeté).

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour faire le choix du type des

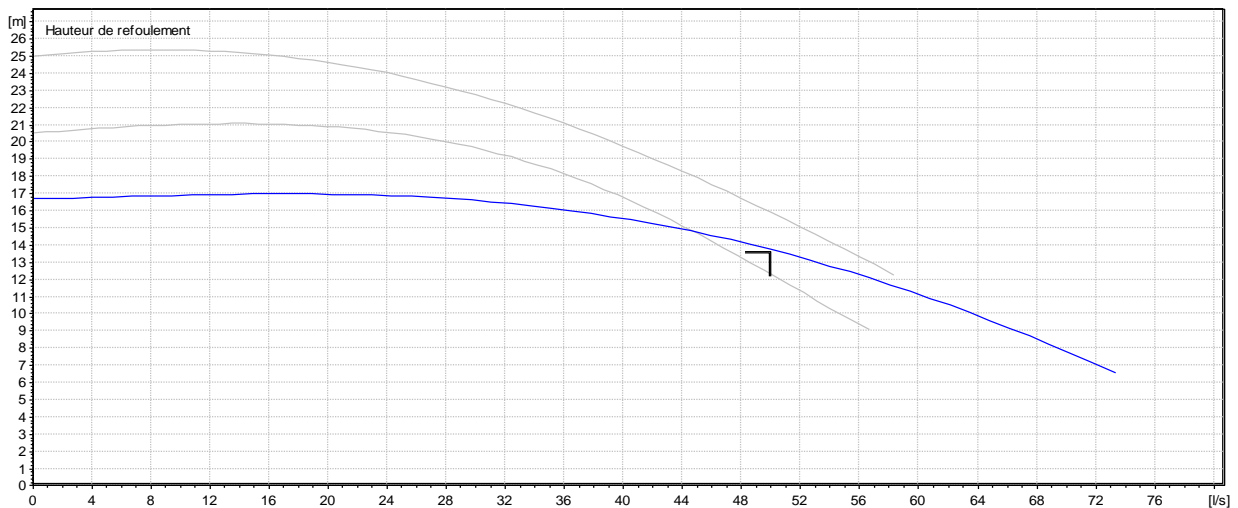
## Chapitre 4

Pompe. Dans le cas d'un débit de 50 l/s et une  $H_{MT}$  de 13,63 m.

A partir la courbe de point de fonctionnement et les courbes techniques fournis par le constructeur, on opte à utiliser cette pompe de type CAPRARI avec les caractéristiques de fonctionnement suivantes :

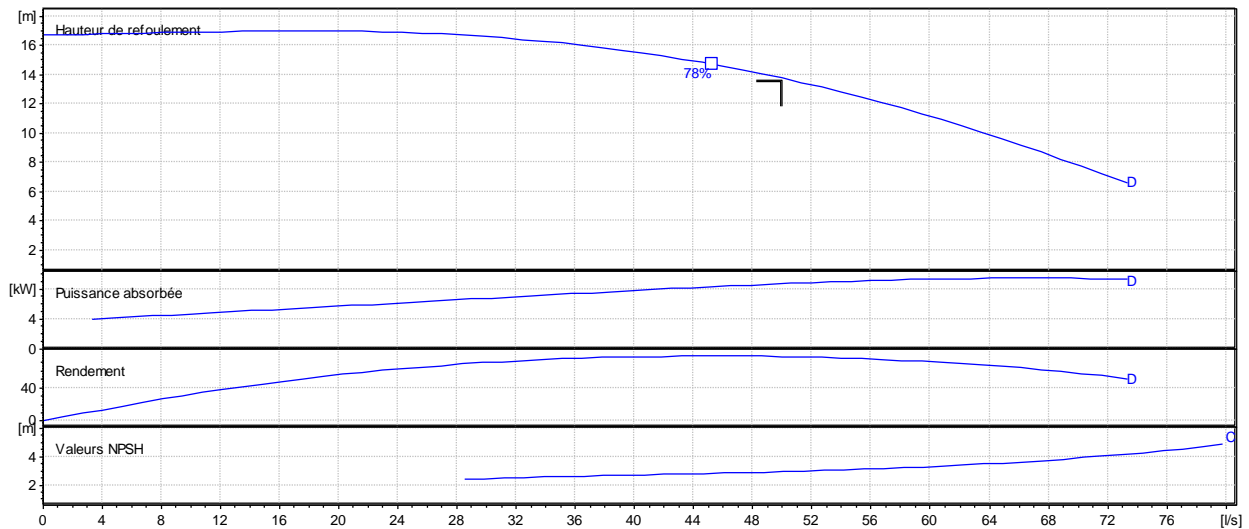
**Tableau IV. 8** : Caractéristiques de fonctionnement de la pompe

Q (l/s)	H (m)	P (KW)	Rendement (%)	NPSH (m)
50,4	13,7	8,72	77,2	2,97



**Figure IV. 9** : Courbe de point de fonctionnement de la pompe

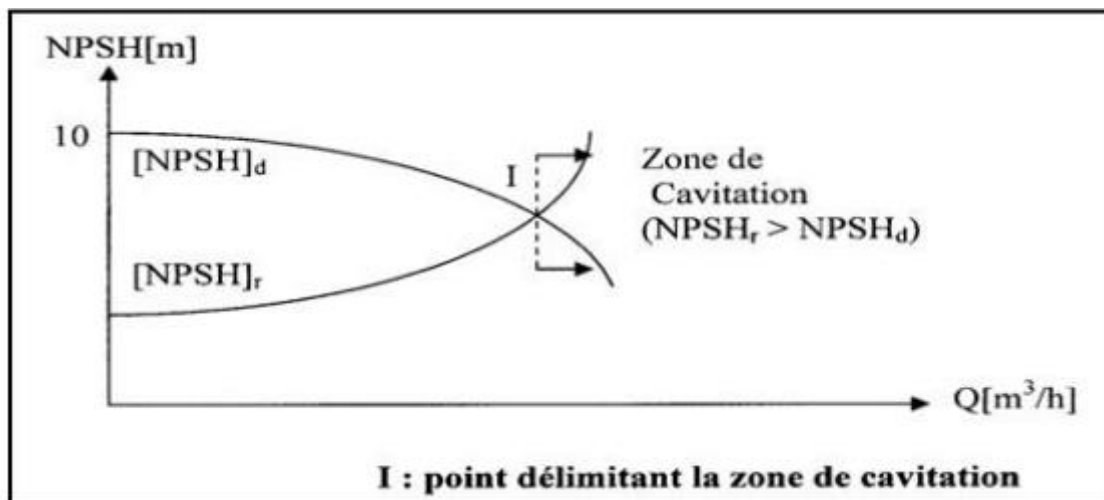
## Chapitre 4



**Figure IV. 10 :** Courbes caractéristiques de la pompe

#### IV.3.4. Etude de la cavitation :

On appelle cavitation la naissance et l'oscillation radiale de bulles de gaz et de vapeur dans un liquide soumis à une dépression. Si cette dépression est suffisamment élevée, la pression peut devenir inférieure à la pression de vapeur saturante, et une bulle de vapeur est susceptible de se former. Qui vont changer complètement le comportement du liquide. La cavitation hydrodynamique détruit le rendement de l'hélice ou de la pompe.



**Figure IV. 11 :** Graphe des courbes NPSH requis et disponible

Le seul moyen d'empêcher les effets indésirables de la cavitation c'est de s'assurer que le NPSH disponible dans le système est plus élevé que le NPSH requis par la pompe.

$(NPSH)_d > (NPSH)_r$ .

$(NPSH)_r$  : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur ;

## Chapitre 4

(NPSH) d : Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur.

Dans notre cas le bassin est plein donc la hauteur d'aspiration est nulle.

$$NPSH \text{ disp} = 10^5 \times \frac{(P' - P_t)}{\rho \times g} - H_{asp} - \Delta h$$

Avec :

**P'** : Pression sur la surface d'aspiration (bar abs)

**P<sub>t</sub>** : La tension de vapeur du liquide à pomper (l'eau bout à une température de 20 °c dans un vide de 0,023 bars abs).

**ρ** : Poids spécifique du liquide à pomper (Kg/m<sup>3</sup>).

**H<sub>asp</sub>** : La hauteur d'aspiration (la pompe est au niveau de plan d'eau H<sub>asp</sub>=0).

**Δh<sub>asp</sub>** : Les pertes de charge dans la conduite d'aspiration (m). Δh<sub>asp</sub> = 0

**g** : Accélération de la chute g=9.81 m/s<sup>2</sup>

**Application :**

$$NPSH \text{ disp} = 10^5 \times \frac{(1 - 0,023)}{1000 \times 9,81}$$

$$NPSH \text{ disp} = 9.95 \text{ m}$$

Pour notre pompe le NPSH = 2,97 m

Donc pour cette pompe y'as pas risque de la cavitation.

### IV.3.5. Etude de coup de bélier :

Lors de la conception d'un réseau, les risques éventuels de coups de bélier doivent être étudiés et quantifiés, afin de mettre en œuvre les protections qui s'imposent, notamment dans le cas de canalisations de refoulement. Lorsque les dispositifs de protection n'ont pas été prévus, les canalisations en fonte ductile présentent une réserve de sécurité souvent utile face aux surpressions accidentelles

Lorsque l'on modifie brutalement la vitesse d'un fluide en écoulement dans une canalisation, il se produit un violent changement de pression. Ce phénomène transitoire, appelé coup de bélier, apparaît généralement lors d'une intervention sur un appareil attenant au réseau (pompes, vannes...). Des ondes de surpression et de dépression se propagent le long de la canalisation à une vitesse "a" appelée célérité de l'onde.

Les coups de bélier peuvent prendre naissance aussi bien dans les conduites gravitaires que dans les refoulements. Ils ont pour origine quatre causes principales :

## Chapitre 4

- Le démarrage et l'arrêt des pompes,
- La fermeture des vannes, bornes, appareils d'incendie ou de lavage,
- La présence d'air,
- La mauvaise utilisation des appareils de protection

Les surpressions peuvent entraîner dans des cas critiques la rupture de certaines canalisations ne présentant pas de coefficients de sécurité suffisants. Les dépressions peuvent créer des poches de cavitation dangereuses pour les canalisations et pour les appareils de robinetterie.

### IV.3.5.1. Célérité de l'onde élastique :

La célérité de l'onde élastique  $a$  est fonction du fluide écoulé (ici de l'eau) et des caractéristiques de la conduite (diamètre et épaisseur) et du sol.

$$a = \sqrt{\frac{1}{\rho \left( \frac{1}{\varepsilon} + \frac{D}{Ee} \right)}} \quad (\text{IV.13})$$

Où :

$a$  : célérité de l'onde (m/s)

$\rho$  : masse volumique de l'eau (1 000 kg/m<sup>3</sup>)

$\varepsilon$  : module d'élasticité de l'eau (2,05.10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup>)

$E$  : module d'élasticité du matériau (fonte : 1,7.10<sup>11</sup> N/m<sup>2</sup>)

$D$  : diamètre intérieur (m)

$e$  : épaisseur de la canalisation (m)

AN:

$$a = 1403,92 \text{ m/s}$$

## Chapitre 4

## IV.3.5.2. Valeur numérique de coup de bélier :

Supposons que la vitesse moyenne dans la conduite (de longueur L) avant la fermeture d'une Vanne (ou l'arrêt d'une pompe) est  $V_0$ . La valeur du coup de bélier dépend du type de fermeture :

a) Cas d'une fermeture brusque :

Si le temps de fermeture est inférieur à  $\frac{2L}{a}$ , la valeur maximale du coup de bélier est :

$$b = \frac{a \times V_0}{g} \quad (\text{IV.14})$$

**b** : Valeur du coup de bélier (m).

**V<sub>0</sub>** : Vitesse d'écoulement (m/s).

**a** : Célérité de l'onde (m/s).

**g** : Accélération de la pesanteur  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ .

b) Cas d'une fermeture lente :

Si le temps de fermeture est supérieur à  $\frac{2 \times L}{a}$  c'est-à-dire il est supérieur à un aller et retour d'onde, la valeur du coup de bélier est donnée par la formule de Michaud :

$$b = \frac{2 \times L \times V_0}{g \times T} \quad (\text{IV.15})$$

$$T = \frac{2 \times 145}{1403,92}$$

$$T = 0,206 \text{ s}$$

Dans notre cas on a une fermeture de 30 secondes, supérieur à 0.206 s, c'est une fermeture lente donc :

$$b = \frac{2 \times 145 \times 1,45}{9,81 \times 30}$$



## Chapitre 4

$$b = 1,428 \text{ m}$$

c) La valeur de pression-surpression :

$$H_s = Z_0 + b = 23,128 \text{ m}$$

d) La valeur de pression-dépression :

$$H_d = Z_0 - b = 21,7 - 1,428 = 20,272 \text{ m}$$

Avec :

**Z<sub>0</sub>** : Pression absolue au point le plus haut de la conduite en (m), elle est donnée par la formule suivante :

$$Z_0 = H_g + 10$$

$$Z_0 = 21,7 \text{ m}$$

Où

**H<sub>g</sub>** : Hauteur géométrique de refoulement  $H_g = 11,7 \text{ m}$

**10m** : Pression atmosphérique.

**Tableau IV. 9** : Résultats de calculs

<b>Adduction</b>	D (m)	L (m)	V (m/s)	E (m)	a (m/s)	H <sub>g</sub> (m)	Z <sub>0</sub> (m)	b (m)	H <sub>s</sub> (m)	H <sub>d</sub> (m)	T (s)	PN (m)
	0,2094	145	1,45	0.063	1403,92	11,7	21,7	1,428	23,128	20,272	30	160

Dans notre cas on n'a pas un risque de coup de bélier car :  $H_s < A_{\text{admissible}}$  et  $H_d > 0$

$$23,128 \text{ m} < 160 \text{ m}$$

$$20,272 \text{ m} > 0$$

Donc : on ne construit pas un anti-bélier.



## Chapitre 4

### IV.4. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons dimensionné les filtres à charbon actif granulé on a opté pour trois filtres, deux en fonctionnement et un pour la régénération. Passant à l'adduction on a calculé le diamètre de la conduite d'adduction qui emmène l'eau de bassin OBS vers le réservoir de stockage sous l'action d'une pompe cette dernière a été choisie selon les caractéristiques (débit et  $H_{MT}$ ), on a choisi une pompe horizontale et une pompe de secours e on a fait l'étude de cavitation et de coup de bélier afin d'éviter tout risques éventuels.

Chapitre 5 :  
Etude technico-économique

## Chapitre 5

### V.1. Introduction :

L'étude du devis quantitatif et estimatif nous permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation du projet de réutilisation, ce calcul consiste à déterminer les quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à effectuer sur le terrain. Pour notre projet on a les travaux suivants :

- La filtration sur charbon actif granulé
- La conduite d'adduction

L'objectif de ce chapitre est donc l'évaluation du coût estimatif de notre projet.

### V.2. Bilan économique de l'eau :

Après avoir étudié la qualité d'eau traitée, la raffinerie d'Alger semble être en mesure de réutiliser une grande quantité d'eau rejetée dans l'alimentation en eau d'appoint des circuits de chaudières.

- Débit d'appoint en eau brute = 200 m<sup>3</sup>/h.
- Consommation annuelle (appoint annuel) = 1752000 m<sup>3</sup>/an.
- Débit de l'eau recyclée après traitement préalable = 180 m<sup>3</sup>/h
- Débit d'annuel de l'eau traitée = 1576800 m<sup>3</sup>/an.

L'eau déminéralisée est traitée sans l'unité de déminéralisation U720, La raffinerie achète de l'eau brute de SEAAL La consommation d'eau en m<sup>3</sup> ainsi que la collecte et le traitement des eaux usées

Tarif de l'eau potable : 43,95 DA par m<sup>3</sup> d'eau consommé

Tarif de l'assainissement par la STEP de Baraki : 15,28 DA par m<sup>3</sup> d'eau consommé.

**Tableau V. 1:** Bilan économique de l'eau par an

	<b>Eau brute</b>	<b>Eau recyclée</b>	<b>Gain réalisé</b>
<b>Débit annuel (m<sup>3</sup>/an)</b>	1752000	1576800	<b>175200,00</b>
<b>Coût (DA /an)</b>	71744400	64569960	<b>7174440,00</b>

De plus on a le gain de débit rejeté dans le réseau d'assainissement et traité dans la STEP par SEAAL qui coute 15,28 DA /m<sup>3</sup> :

## Chapitre 5

Tableau V. 2 : Gain total de l'eau par an

	Eau rejetée	Gain réalisé	Gain total		
<b>Débit annuel (m<sup>3</sup>/an)</b>	1576800	175200			
<b>Coût (DA /an)</b>	24093504	7174440	<b>41012568</b>		
				<b>Total HT</b>	41012568,00
				<b>TVA 7%</b>	2870879,76
				<b>Total TTC</b>	43883447,76

## V.3.Filtration charbon actif granulé :

Tableau V. 3 : Devis de la filtration sur charbon actif

	Unité	Quantité	P/U	Montant
Citerne charbon actif	U	3	4000000	12000000
Conduite en fonte ductile DN 200 et PN16 Bars	M	5	6146,43	30732,15
Vanne manométrique en fonte de diamètre 200PN 16 Bars	U	6	80000,00	480000,00
			<b>Total HT</b>	12510732,15
			<b>TVA 19 %</b>	2377039,11
			<b>Total TTC</b>	14887771,26

## Chapitre 5

### V.4. Conduite d'adduction :

Il est important que la pose de conduite soit avec méthode, en respectant les règles qui garantissent un service sans défaillance, quelles que soit les conditions initiales d'environnement et du marché de réseau.

Dans notre projet, la pose de conduite est ordinaire vu que le sol ne présente pas d'anomalie.

#### V.4.1. Exécution des travaux de pose de conduite :

##### V.4.1.1. Travaux préliminaires :

Avant de commencer on doit procéder aux opérations de piquetage et de jalonnement qui permettent :

- De matérialiser sur le terrain le tracé et le profil en long de canalisation.
- De reporter la position de tous les ouvrages enterrés (réseaux d'assainissement, câbles électriques et PTT, canalisation de gaz).

La vérification et la manutention des canalisations (Les quantités, L'aspect et le contrôle de l'intégrité, Le marquage en cas de défaut) sont des étapes nécessaires avant la mise en pose de conduite.

##### V.4.1.2. Excavation de tranchée :

Selon les caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement. La profondeur minimale de la tranchée à excaver est de 1 m pour :

- Garder la fraîcheur de l'eau pendant les grandes chaleurs.
- Ne pas gêner le travail de la terre (exploitation).
- Protéger la canalisation contre le gel.

La largeur de la tranchée doit être telle qu'un homme puisse travailler sans difficulté et elle augmente avec les diamètres des conduites à mettre en place.

**La largeur de la tranchée** est évidemment en fonction du diamètre de la conduite. Elle varie aussi selon la nature du sol, le matériau constituant la conduite, le type de joint et les conditions de pose. La tranchée devra présenter en son fond une largeur au moins égale au diamètre extérieur du tuyau avec 30 cm d'espacement sur chaque côté de la conduite.

Avec :  $b = D + 0,6$  (m)

b : largeur de la tranchée (m).

D : diamètre de la conduite (m)

Dans notre cas :

$$b = 0.222 + 0.6 = 0,822\text{m}$$

## Chapitre 5

**La profondeur de tranchée** est en général donnée par la relation suivante :

$$\mathbf{Htr = D+h+e (m)}$$

**D** : diamètre de la conduite (m) ;

**h** : hauteur de la génératrice supérieure de conduite à la surface du sol, elle est variée entre 80 et 120cm. Dans notre projet on prend :  $h=0.5m$

**e** : épaisseur du lit de pose ( $e = 0,2 m$ ).

$$\mathbf{Htr = 0,222 + 0,5 + 0,2 = 0,922m}$$

**La section de tranchée** est donnée par la formule :

$$\mathbf{Str = Htr \times b}$$

**Htr** : profondeur totale de la tranchée (m).

**b** : largeur du fond de la tranchée (m).

$$\mathbf{Str = 0,758 m^2}$$

### V.4.1.3. Aménagement du lit de sable :

Le lit de pose a pour fonction première d'assurer une répartition uniforme des charges sur la zone d'appui, il y a donc lieu de poser les tuyaux de manière à ce qu'il n'y ait ni appui linéaire, ni appui ponctuel. Avant la pose des conduites on procède aux opérations suivantes :

- Éliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée.
- Respecter les côtes du profil en long.
- Niveler soigneusement le fond de la tranchée.
- Etablir une suite le fond de la fouille en confectionnant un lit de pose (Sable).

Il a une épaisseur de 15cm à 20cm nivelée suivant les côtes du profil en long ; On va utiliser du Gravier car on a un terrain ordinaire

### V.4.1.4. La mise en place :

La mise en place de conduite répond aux opérations suivantes :

- Les éléments sont posés à partir de l'aval et l'emboîture des tuyaux est dirigée vers l'amont.
- Chaque élément doit être posé avec précaution dans la tranchée et présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé.
- Réaliser un fond de fouille bien rectiligne pour que les tuyaux y reposent sur toute leur longueur et éliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée.
- Creuser le fond de fouille à côté de l'emboîtement de façon à éviter que celui-ci ne se pose pas sur le sol.



## Chapitre 5

- Réaliser si possible un appui de manière à ce que le tuyau repose sur un arc égal au moins au quart de sa circonférence extérieure.

### V.4.2. Devis quantitatif et estimatif :

Diamètre extérieur de la conduite :  $D_{ext} = 222 \text{ mm}$

Longueur de la trace :  $L = 145 \text{ m}$

Profondeur de la tranche :  $H_{tr} = 0,992 \text{ m}$

Largeur de la tranche :  $b = 0,822 \text{ m}$

Épaisseur du lit de pose :  $e = 0,15 \text{ m}$

- Volume de déblai :

$$V_d = L \times b \times H_{tr} = 145 \times 0,822 \times 0,992$$

$$\mathbf{V_d = 109,89 \text{ m}^3}$$

- Volume de lit de pose :

$$V_{lp} = L \times b \times e = 145 \times 0,822 \times 0,15$$

$$\mathbf{V_{lp} = 17,88 \text{ m}^3}$$

- Volume de remblai de protection :

$$V_{conduite} = \frac{\pi \times D_{ext}^2}{4} \times L = \frac{\pi \times 0,222^2}{4} \times 145$$

$$\mathbf{V_{conduite} = 5,61 \text{ m}^3}$$

$$V_{rp} = (L \times b \times (D_{ext} + 0,1) - V_{conduite})$$

$$V_{rp} = 145 \times 0,822 \times (0,222 + 0,1) - 5,61$$

$$\mathbf{V_{rp} = 32,77 \text{ m}^3}$$

- Volume de la couverture :

$$V_c = L \times b \times (H_{tr} - 0,1 - 0,1 - D_{ext})$$

$$V_c = 145 \times 0,822 \times (0,922 - 0,1 - 0,1 - 0,222)$$

$$\mathbf{V_c = 59,595 \text{ m}^3}$$

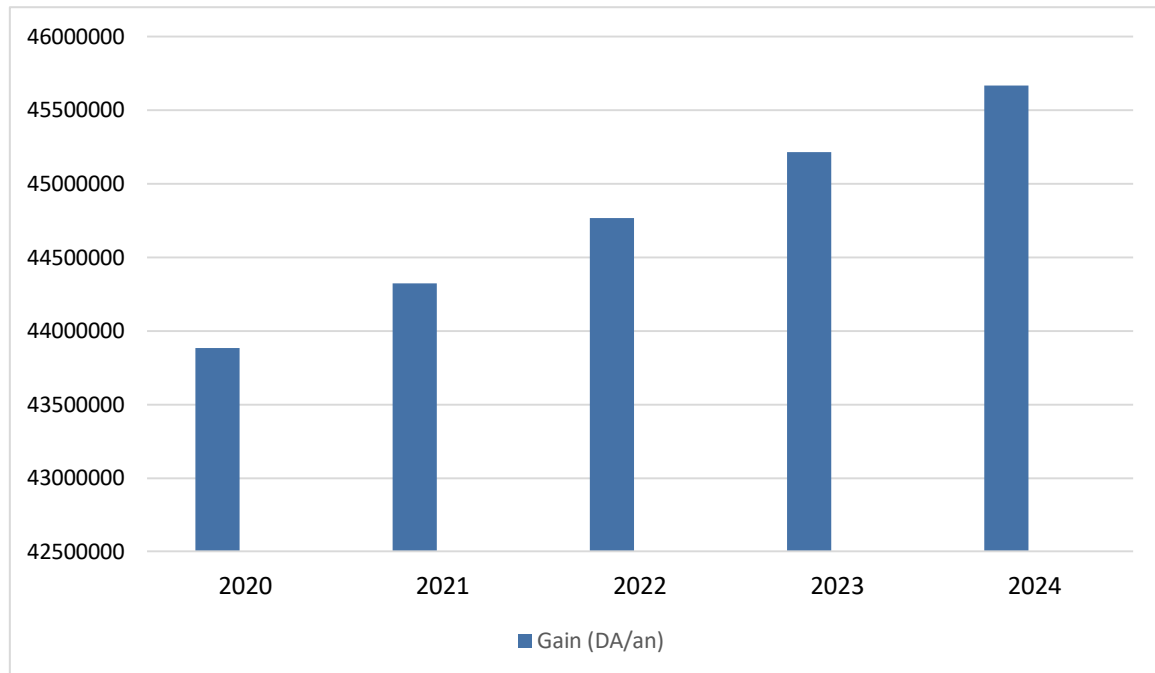
## Chapitre 5

Tableau V. 4 : Devis estimatif de l'adduction par refoulement

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	P/U	Montant HT (DA)
1	Déblai	m <sup>3</sup>	109,89	600,00	65 934,00
2	Lit de pose en sable	m <sup>3</sup>	17,88	1000,00	17 880,00
3	L'enrobage	m <sup>3</sup>	32,77	800,00	26216,00
4	Couverture en terre	m <sup>3</sup>	59,595	600,00	35757,00
5	Grillage avertisseur bleu	ml	150	20,00	3000,00
6	Conduite en fonte ductile DN 200 et PN16 Bars y compris toutes sujétions.	ml	145	6146,43	891232,35
7	Coude en fonte DN 200 et PN16 Bars de 45°	U	4	13897,1	55588,4
8	Pompe horizontale de débit 180 M <sup>3</sup> /h et HMT 16,5 m y compris toutes sujétion	U	2	717945,00	1435890,00
9	Clapet anti retour diamètre 200 PN 16 Bars	U	1	40000,00	40 000,00
10	F/P compteur DN 200 PN 16	U	1	80000,00	80 000,00
11	F/P de joint démontage DN 200 PN 16	U	4	30000,00	120 000,00
12	F/P Robinet vanne en fonte de diamètre 200 PN 16 Bars	U	1	80000,00	80 000,00
13	F/P vanne manométrique en fonte de diamètre 200PN 16 Bars	U	1	80000,00	80 000,00
14	Raccordement au réservoir	U	1	30000,00	30 000,00
<b>Total H. T</b>					219 802,689
<b>TVA 19%</b>					41 762,5109
<b>Total TTC</b>					261565,2

## Chapitre 5

Le coût total du projet TTC est de l'ordre : Quinze millions cent quarante-neuf mille trois cent trente-six Dinars Algérien



**Figure V. 1 :** Estimation des gains du procédé de réutilisation sur une période quinquennale

### V.5. Conclusion :

Dans ce chapitre on a défini les étapes nécessaires de pose des canalisations, une pose bien faite influe positivement sur la canalisation qui va devenir un excellent outil de transport, sûr, économique et durable.

Ensuite on a fait une estimation de notre projet de réutilisation ; La raffinerie d'Alger rejette une grande quantité d'eau traitée vers la station d'épuration de Baraki de l'ordre de 4500 m<sup>3</sup>/j coutant environ 44 million de dinars annuellement , cette eau pourra être recyclée pour alimenter les chaudières en réalisant un investissement d'environ 15 million de dinars qui inclus la filtration sur charbon actif granulé et l'acheminement de cette eau traitée de l'unité 850 vers l'unité 720 de déminéralisation.

## CONCLUSION GENERALE

La réutilisation des eaux résiduaires après leur épuration à des fins domestiques, agricoles ou industrielles est devenue l'une des solutions qui peut répondre aux problèmes de pénurie de l'eau dans le monde, et les besoins croissants en cette matière.

Dans ce contexte cette étude a pour objectif principal l'amélioration de la qualité des eaux usées traitées au niveau de l'unité de traitement U850 de la raffinerie de Sidi Rezine dans le but de leur réutilisation comme eau d'appoint pour l'alimentation des chaudières.

L'eau recyclée doit répondre à certaines normes dont dépend le choix des phases d'épuration ou le traitement que subit l'eau polluée. Pour répondre à cette problématique, cette étude a été développée selon les axes suivants :

L'étude analytique des eaux traitées par U850, la qualité de ces eaux répond aux normes Algériennes des rejets industriels, contrairement aux normes de réutilisation ,ou il y'a un dépassement dans les valeurs des hydrocarbures et des matières en suspension, on a donc ajouté une filtration sur charbon actif granulé, afin d'avoir une meilleure qualité d'eau réutilisable, ensuite on a fait le dimensionnement de la filtration sur charbon actif granulé , et la conduite d'adduction ; et au final une évaluation économique a été effectuée , dans le but de déterminer le gain réalisé après l'opération du recyclage d'une quantité appréciable d'eau traitée qui est de l'ordre de 4500 m<sup>3</sup>/j coûtant environ 44 millions de dinars annuellement.

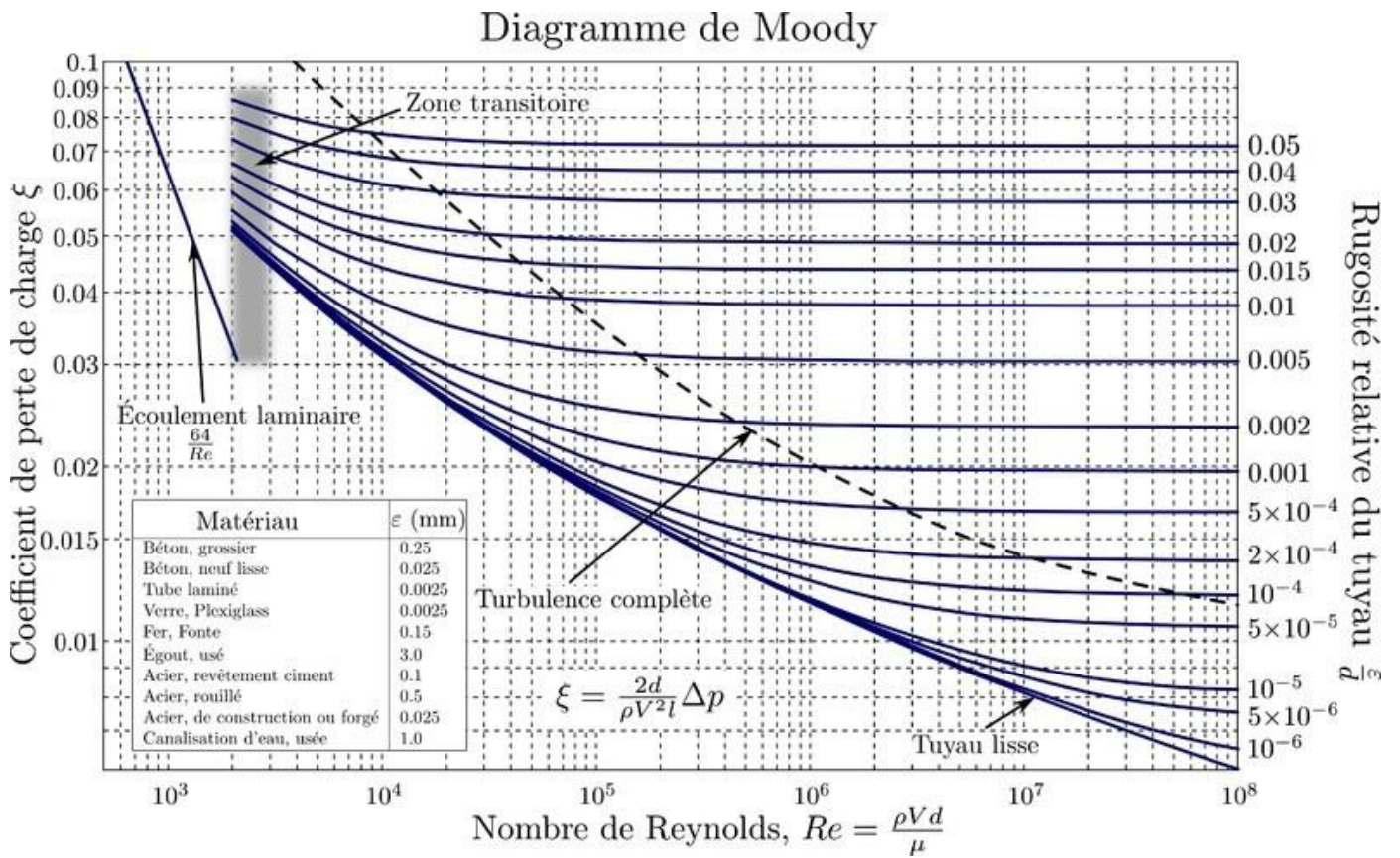
Les résultats ont montré qu'il était avantageux de réutiliser les eaux traitées par la station d'épuration « unité 850 » comme une source d'appoint vers l'ensemble des chaudières, en réalisant un investissement afin d'acheminer cette eau traitée de bonne qualité de l'unité 850 vers l'unité 720.

## REFERENCES

- **ANRH Alger**, les données climatologiques.
- **(JORADP)**, Journal officiel de la république algérienne, "Réglementant les rejets d'effluents liquides industriels", Décret exécutif N° 06-141 du 19 avril 2006.
- **USEPA ( 2012 )** , United States Environmental Protection Agency.
- **Degremont (1989)**. Mémento technique de l'eau, neuvième édition, édition Degremont.
- **F. MEKHALIF (2009)**.Mémoire de Magister en Chimie, l'Université du 20 Août 1955 SKIKDA.
- **Lynch (2001)**. Analyse physico-chimique des catalyseurs industriels, Edition Technip.
- **Rodier et al (2005)** . L'analyse de l'eau: Contrôle et interprétation 10 ème Edition .
- **Mizi (2006)**. Mémoire de doctorat, département chimie faculté des sciences Annaba.
- **Metcalf & eddy (1994)**. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.
- **K.BEN CHABANE (2017)**. Modélisation des pertes de charge dans une conduite munie des nervures inclinées,Master en génie mécanique , Université de Biskra.
- **D. Huilier (2009)** .Ecoulement en fluide-Généralités
- **A.cauvin,H.guerrée (1978)** , élément d'hydraulique , Edition EYROLLES
- Tuyaux et raccords fonte ductile adduction, irrigation et assainissement (2009)  
Electrosteel europe s.a. – France
- <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/processus-industriels-et-traitements-des-effluents-residuaires/industrie-du-petrole/raffinage> , consulté le 19 Avril 2020.
- <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/processus-industriels-et-traitements-des-effluents-residuaires/industrie-du-petrole/raffinerie-Sichuan-Petro-Chengdu-Chine> , consulté le 19 Avril 2020

- <https://www.lenntech.fr/francais/charbonactif-grain-poudre.htm> , consulté le 24 juillet 2020

## ANNEXE 1 : Diagramme de Moody.

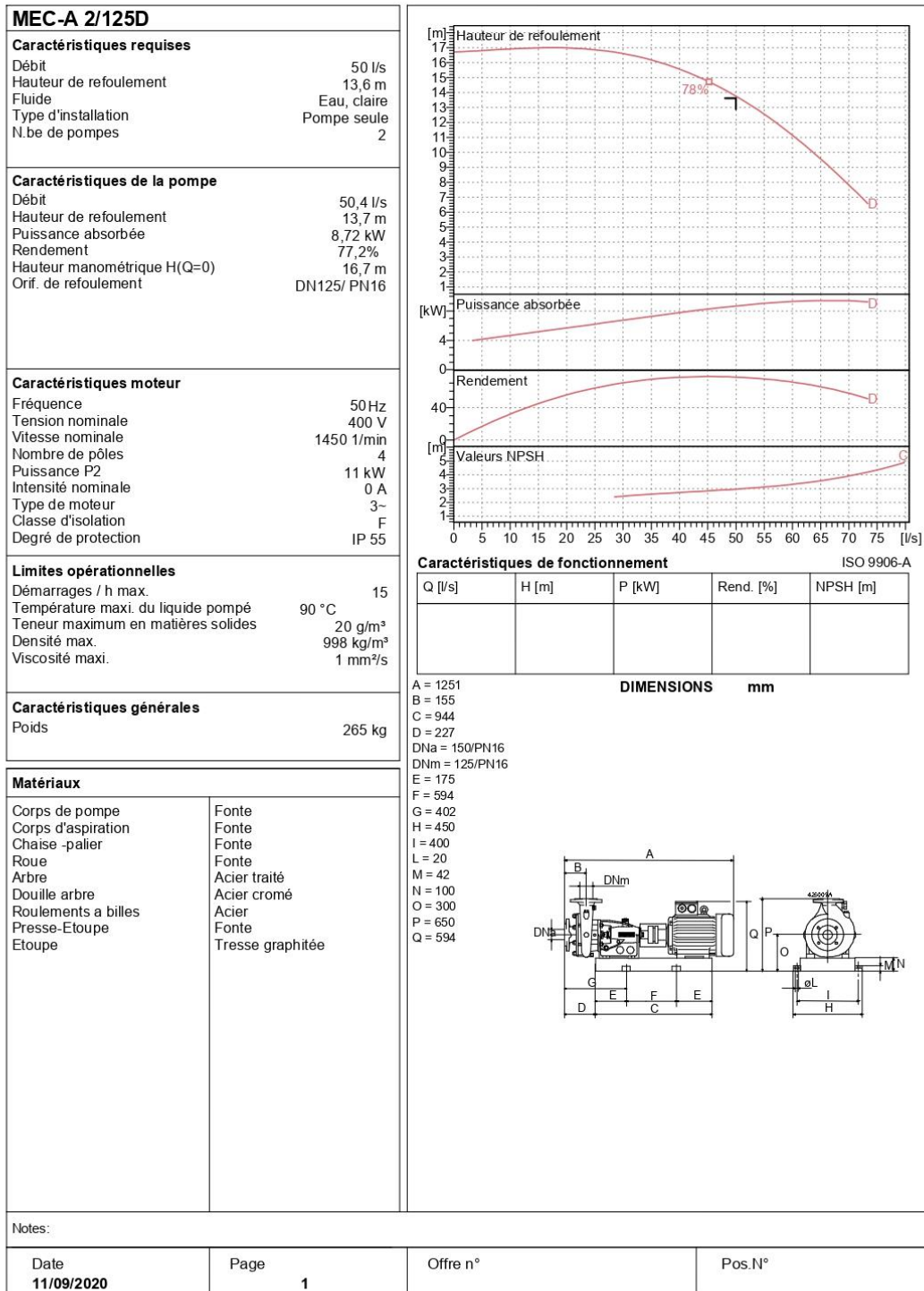


## ANNEXE 2 : Caractéristiques techniques pompe.



## Caractéristiques techniques

COMPANY WITH INTEGRATED  
MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV  
= ISO 9001:2004 =  
ISO 14001:2004





## ANNEXE 3 : Valeurs CAG Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.

**Table 11-44**  
Typical design values  
for GAC contactors<sup>a</sup>

Parameter	Symbol	Unit	Value
Volumetric flowrate	$Q$	$m^3/h$	50-400
Bed volume	$V_b$	$m^3$	10-50
Cross-sectional area	$A_c$	$m^2$	5-30
Carbon depth	$D$	$m$	1.0-4
Void fraction	$\alpha$	$m^3/m^3$	0.38-0.42
GAC density	$\rho$	$kg/m^3$	350-550
Approach velocity	$v_1$	$m/h$	5-15
Effective contact time	$t$	$min$	2-10
Empty bed contact time	EBCT	$min$	5-30
Operation time	$t$	$d$	100-600
Throughput volume	$V_s$	$m^3$	10-100
Specific throughput	$V_w$	$m^3/kg$	50-200
Bed volume <sup>b</sup>	BV	$m^3/m^3$	2000-20,000

<sup>a</sup>Adapted from Southair et al. [1988].

<sup>b</sup>Total volume of water processed expressed in terms of the reactor bed volume.

If it is assumed that the mass of the adsorbate in the pore space is small compared to the amount adsorbed, then the term  $QC, t$  in Eq. (11-60) can be neglected without serious error and the adsorbent usage rate is given by:

$$\frac{m_{GAC}}{Q} = \frac{C_1}{\alpha} \quad (11-61)$$

To quantify the operational performance of GAC contactors, the following terms have been developed and are used commonly:

1. Empty bed contact time (EBCT)

$$EBCT = \frac{V_b}{Q} = \frac{A_c D}{v_1 A_c} = \frac{D}{v_1} \quad (11-62)$$

where EBCT = empty bed contact time, h

$V_b$  = volume of contactor occupied by GAC,  $m^3$

$Q$  = volumetric flowrate,  $m^3/h$

$A_c$  = cross-sectional area of GAC filter bed,  $m^2$

$D$  = depth of GAC in contactor,  $m$

$v_1$  = linear approach velocity,  $m/h$

2. Activated carbon density.

The density of the activated carbon is defined as

$$\rho_{GAC} = \frac{m_{GAC}}{V_b} \quad (11-63)$$

where  $\rho_{GAC}$  = density of granular activated carbon,  $g/L$

$m_{GAC}$  = mass of granular activated carbon,  $g$

$V_b$  = volume of contactor occupied by GAC,  $L$

## ANNEXE 4 : Devis pompe.



## EURL Génie Hydraulique &amp; Climatique

Lot n°13 Groupe E Camps Dar El Beïda Alger  
 Téléphone : +213 23 800 666 +213 23 800 668  
 Fax : E-mail : commercial@ghc-algerie.com  
 N° de RC : 99 B 000 6348  
 NIF : 099 916 000 634 885  
 Art. Imp. : 16 202 016 933  
 NIS : 099 916 211 144 133  
 N° de compte bancaire : SGA 021 00001  
 1130031720



Page : 1 / 1

**DEVIS****N° 1143/2020**

Date : 31/08/2020

**CLIENT**

SAMIRA BERBACHI  
 Alger  
 Alger

Code	Désignation	Qté	Prix Unitaire HT	Montant HT
03397	POMPES MONOBLOC TYPE : NB 80-160/177 A-F2-A-E-BQQE	1	717 945,00	717 945,00

Taux	Montant HT	Montant TVA
19 %	717 945,00	136 409,55

Total HT :	<b>717 945,00 DA</b>
------------	----------------------

Net HT :	<b>717 945,00 DA</b>
Total TVA :	136 409,55 DA
Total TTC :	<b>854 354,55 DA</b>

**Arrêter la somme du présent devis :**

*Huit cent cinquante quatre mille trois cent cinquante quatre Dinars Algériens et Cinquante cinq Centimes*

CONDITIONS COMMERCIALES  
 Produits disponibles sauf vente entre temps  
 Validité de l'offre 07 jours  
 Paiement à l'enlèvement  
 ci-joint fiche technique  
 bonne réception

**Cachet et signature**