



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA



Faculté de Technologie

Département de Pétrochimie

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière: Industries Pétrochimiques

Spécialité: Génie Pétrochimique

Thème:

Optimisation des paramètres de fonctionnements de l'unité de traitement des eaux produites
PWT

Réalisé par:

- MORDI Yamina Sarah
- MESSAOUDI Imene

Encadré par:

Mr. W. BOULTIF

Année Universitaire 2022/2023

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents, vous êtes les piliers de ma vie, votre amour et votre soutien inconditionnels m'ont toujours guidé vers la réussite, vous êtes les meilleurs parents qu'un enfant puisse souhaiter, votre patience et votre encouragement ont été une source d'inspiration tout au long de mon parcours académique. Je vous dédie cette réussite, Sans vous, rien de tout cela n'aurait été possible. Merci du fond du cœur.

À ma sœurs wahiba et mon frère belkacem vous resterez a jamais dans mon cœur.

À mon cher oncle MOHAMED et à mes chères grands- mères Asnia et ma tante adorée Wahiba et tout ma famille. À ma cousines Houda.

À ma binôme MESSAOUDI Imene et toute sa famille.

À mes amis Riad, Imad, Yasmine, Rania.

À tous mes camarades de l'université de 20 aout 1955 SKIKDA.

Sarah

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents, vous êtes les piliers de ma vie, votre amour et votre soutien inconditionnels m'ont toujours guidé vers la réussite, vous êtes les meilleurs parents qu'un enfant puisse souhaiter, votre patience et votre encouragement ont été une source d'inspiration tout au long de mon parcours académique. Je vous dédie cette réussite, Sans vous, rien de tout cela n'aurait été possible. Merci du fond du cœur.

À mes sœurs Rania et Douaa vous resterez à jamais dans mon cœur.

À mon cher oncle Khaider et à mes chères grands- mères Hafsia et ma tante adorée Zahra et tout ma famille. À ma cousines malak.

À ma binôme MORDI Yamina Sarah et toute sa famille.

À mes amis Abd el ghani, Yasmine, Rania.

À tous mes camarades de l'université de 20 aout 1955 SKIKDA.

Imene

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons également à remercier notre encadreur **Mr. Boultif Walid** pour son aide tout au long de la période de travail.

Et nous remercions également **Madame BOULEHNECHE Samia** d'avoir fourni plusieurs conseils précieux qui nous ont aidés à accomplir cette note et nous la remercions de sa patience avec nous malgré son travail dans l'administrateur.

Nous tenons également à remercier l'ingénieur **ARBI Nouredine, METABIS Hamza** qui espère l'encadrer au sein de l'entreprise, nous suivre et nous aider également après avoir terminé la formation et cela malgré son travail.

Nous tenons à remercier aussi les membres de jury qui vont examiner notre travail et de nous donner leurs remarques sur la continuité de ce travail.

Nous remercions également les employés de la station de compression centre phase III de nous avoir présenté les différents aspects du traitement, et nous remercions également les employés du laboratoire qui nous ont enseigné diverses analyses.

En fin de compte, nous remercions tous ceux qui ont contribué à ce travail avec une assistance directe ou indirecte.

ملخص

تنتج وحدات النفط الخام والغاز ومصافي التكرير كمية كبيرة من المياه الملوثة التي لها آثار سلبية على كل من الناس والبيئة، نظرا لأن هذه المياه تحتوي عادة على هيدروكربونات وجسيمات صلبة ومواد عالقة، فيجب معالجتها باستخدام مجموعة متنوعة من الطرق من أجل تحسين جودتها وجعلها متوافقة مع معايير التفريغ أو الاستعمال وهو ما سنعمل عليه في هذه المذكرة.

كانت هذه المياه ملوثة في الطبيعة، وشملت أعمال الصيانة ومعالجة الزيت (تحلية) وترسيب المياه من صهاريج التخزين ومياه الزيت. بناء على مثال لتطبيق الدراسة، يعد هذا العمل مكونا لتحديد عمليات المعالجة المختلفة المستخدمة في منشآت معالجة النفط الخام والغاز، بما في ذلك العوامل الحرجة التي تؤثر على جودة المياه المعالجة.

الكلمات المفتاحية: تقنيات المعالجة، الهيدروكربونات، تقنيات النانو، المواد المهجنة، الامتزاز، تلوث المياه.

Résumé

Les usines de traitement de pétrole brut et du gaz naturel ainsi que les raffineries génèrent de grandes quantités d'eau polluée qui a un impact grave sur l'homme et l'environnement. En général, cette eau contient des hydrocarbures, des particules solides et des matières en suspension ; nécessitant une application de différentes techniques de traitement afin d'améliorer la qualité de ces eaux qui sont rendues compatibles avec les normes de rejet. Ces

eaux produites qui est issu pendant le gisement du gaz naturel et ça compression.

Note travail s'inscrit dans le cadre d'identification les différentes procédures de traitement appliquées aux sites de compression du gaz y compris les paramètres clés qui influés sur la qualité des eaux traités, en se basant sur un exemple d'application des valeurs d'analyse obtenues au niveau de la station de compression de gaz naturel phase 3 centre à Hassi R'mel

Mots clés: Eaux huileuse, Techniques de traitement, hydrocarbures, paramètres physicochimique, matière en suspension, l'eau produite.

Abstract

Crude oil and natural gas processing plants and refineries generate large quantities of polluted water, which has a serious impact on people and the environment. In general, this water contains hydrocarbons, solid particles and suspended solids; requiring the application of various treatment techniques to improve the quality of this water and make it compatible with discharge standards. This water is produced during the deposit of natural gas and is compressed.

This work is part of the identification of the different treatment procedures applied to gas compression sites, including the key parameters that influence the quality of treated water, based on an example of the application of analytical values obtained at the phase 3 natural gas compression station at Hassi R'mel.

Key words: Oily water, Treatment techniques, Hydrocarbons, Physicochemical parameters, Suspended matter, Produced water.

| | |
|------------------------------------|----------|
| Introduction générale | 1 |
|------------------------------------|----------|

Chapitre I : L' épuration des eaux

| | |
|---|----|
| Introduction | 3 |
| I.1 Définition de l'eau | 3 |
| I.2 Définition de l'eau produite | 3 |
| I.3 Composition de l'eau..... | 3 |
| I.4 Les paramètres d'évaluation de la qualité d'eau | 4 |
| I.4.1 Les paramètres organoleptiques | 4 |
| I.4.2 Paramètres physico chimique et microbiologiques | 4 |
| I.5 Traitement physico-chimiques | 10 |
| I.5.1 La Coagulation | 10 |
| I.5.2 Flocculation..... | 12 |
| I.5.3 Rôle de la coagulation - flocculation..... | 13 |
| I.5.4 Influence du pH..... | 13 |
| I.5.5 Emulsion..... | 13 |
| I.5.6 Adsorption..... | 14 |
| Conclusion..... | 15 |

Chapitre II : Diagnostic de l'unité de traitement des eaux produites PWT.

| | |
|---|-----------|
| II. Diagnostic de l'unité de traitement de l'eau..... | 16 |
| II.1 Unité de traitement de l'eau produite PWT..... | 16 |
| II.1.1 La zone de traitement centre..... | 16 |
| II.1.2 Provenance des eaux produites..... | 17 |
| II.2 Fonctionnement de l'unité de traitement de l'eau produite PWT..... | 18 |
| II.2.1 Les équipements de l'unité..... | 18 |
| II.2.2 Mode de fonctionnement de PWT..... | 19 |
| III. Partie expérimental | |
| III.1 Les analyses des eaux produites traités | 32 |
| III.1.1 L'analyse de TOG | 32 |
| III.1.2 L'analyse TSS (MES)..... | 34 |
| III.2 L'interprétation des résultats s d'analyses..... | 37 |

| | |
|---------------------------------|-----------|
| Conclusion générale..... | 41 |
|---------------------------------|-----------|

Liste des Figures

Chapitre I

| | |
|---|----|
| Figure I.1 : schéma de la composition de l'eau | 4 |
| Figure I.2 : stabilité d'une substance colloïdale | 8 |
| Figure I.3 : filière d'épuration | 9 |
| Figure I.4 : théorie de double couche | 11 |
| Figure I.5 : schéma illustrant le procédé de coagulation -floculation | 13 |
| Figure I.6 : schéma explicatif des phases | 14 |
| Figure I.7 : schéma représentative de l'adsorption sur charbon actif | 14 |

Chapitre II

| | |
|--|----|
| Figure II.1 : schéma représentative de l'unité de traitement d'eau produite | 20 |
| Figure II.2 : schéma du séparateur API | 21 |
| Figure II.3 : schéma du séparateur CPI | 22 |
| Figure II.4 : schéma du profil hydraulique | 22 |
| Figure II.5 : schéma du séparateur de flottation IGF | 23 |
| Figure II.6 : coquille de noix de traitement des eaux de support de filtre | 24 |
| Figure II.7 : schéma du filtre à coquille de noix | 25 |
| Figure II.8 : schéma représentative du phénomène d'adsorption sur charbon actif | 26 |
| Figure II.9 : schéma représentative d'un filtre à charbon actif | 27 |
| Figure II.10 : schéma représentative des étapes de centrifugation de la boue..... | 28 |
| Figure II.11 : schéma représentative du décanteur de la boue | 29 |
| Figure II.12 : schéma représentative de la centrifugeuse | 30 |
| Figure II.13 : photo sur la modification du processus | 31 |

Partie expérimentale

| | |
|--|----|
| Figure III.1 : photo du solvant S-360 pour l'extraction d'hydrocarbure dans l'échantillon .. | 33 |
| Figure III.2 : les étape de manipulation d'analyse de TOG. | 34 |
| Figure III.3 : l'appareillage de la distillation sous vide pour l'analyse des TSS. | 36 |
| Figure III.4 : évaluation des valeurs obtenues par l'analyse de TSS après le traitement | 37 |
| Figure III.5 : évaluation des valeurs obtenues par l'analyse de TOG de l'eau traité avant la modificatiot | 39 |
| Figure III.6 : évaluation des valeurs obtenues par l'analyse de TOG de l'eau traité après la modification..... | 40 |

Liste des Tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau I.1 :Les paramètres physico chimiques et microbiologiques des eaux | 5 |
| Tableau I.2 : Temps de décantation de différentes particules..... | 7 |
| Tableau I.3 : Les étapes de l'agrégation..... | 12 |
| Tableau II.4 : La qualité l'eau d'entrée avec la concentration | 16 |
| Tableau II.5 : le point de dosage des produits et leurs fonctionnement..... | 24 |

| | |
|------------|--|
| ACF | Activated Carbon Filters |
| API | American Petroleum Institute |
| CPI | Corrugated Plate Interceptor |
| DCS | Distributed Control System |
| IGF | Induced Gas Flotation |
| FCV | Flow Control Valve |
| FT | Flow Transmitter |
| LCV | Level Control Valve |
| LT | Level Transmitter |
| LV | Level Valve |
| MES | Matière En Suspension |
| MMF | Multi Média Filtre |
| NSF | Nut Shell Filters |
| PCV | Pressure Control Valve (self-regulating) |
| PWF | Produced Water Filtration |
| PWT | Produced Water Treatment |
| RO | Recover Oil |
| SBC | Station Boosting Centre |
| TOG | Total Oil and Graiss |
| TSS | Total Suspended Solid |

Introduction général

L'évolution que connaît l'environnement urbain et industriel pose, dans de nombre pays le problème de l'eau, d'autre part ce qui est sûr que nos besoins en cette ressource vitale ne cesseront de croître, donc il doit être classée comme patrimoine universel qu'il soit protégé, défendue et traitée [1].

L'industrie du pétrole et du gaz naturel produit également une grande quantité d'eaux usées (eaux huileuses) lors de l'extraction du pétrole et du gaz naturel. Les principaux polluants de cette eau sont répartis en plusieurs catégories : métaux lourds, toxines organiques, substances azotées, huiles et graisses. , substances contenant du phosphore, matières organiques et matières en suspension. Ces industries rejettent généralement des eaux polluées (eaux huileuses) directement dans l'environnement (rivière, aquifère, mer), elles doivent donc traiter ces eaux usées pour éviter toute pollution et pour réutiliser cette eau dans d'autre utilisation comme la réinjection dans les puits bourbier ou l'évaporation [2].

La pollution de ce patrimoine par les activités humaine et industrielles constitue un sujet de préoccupation majeur de nos sociétés développée, pour cette raison un vaste sujet d'études pour dépolluer ou réduire cette pollution à la source si possible ou dans les effluents si nécessaire pour satisfaire le décret Algérien du 19 avril 2006 qui stipule les valeurs minimal et maximal des rejets des effluent industriel de l'organisation de la protection de l'environnement.

Les eaux rejetées par les usines industriel pétrolière et gazière sont fortement concentrées par les huiles, graisse, particules solides, matière en suspension et les hydrocarbures qui sont peut dégradable ou même parfois non dégradable, ce qui rend le traitement biologique difficilement applicable.

Dans le cadre de la mise en application de la politique de l'entreprise relative à la protection de l'environnement, le groupe SONATRACH s'est attelé à la mise en œuvre d'un programme ambitieux visant à éliminer si non réduire au maximum tous les impacts environnementaux significatifs liés à ses activités et services, et par ailleurs pour la réutilisation de l'eau dans le futur projet qui est en cours à la sortie de la station de compression centre phase 3.

La direction régionale de Hassi R'mel a mis en place 3 unité de traitement des eaux dans chacune de ses zone industrielle (centre, nord et sud) assurent à la fois la récupération des

hydrocarbures et le traitement des eaux produites « trouvé avec le brut », leurs impacts sur les écosystèmes par leurs compositions (matière en suspension et les hydrocarbures) ne sont pas pour autant négligeables d'où la nécessité de s'assurer de la qualité des eaux est donc de l'efficacité du traitement de l'unité .

L'objectif de notre mémoire de fin d'étude consiste donc à proposer les meilleures conditions d'optimiser les paramètres d'efficacité de fonctionnement pour envisager l'influence sur l'exactitude des résultats en tenant compte de l'aspect écologique par le respect des normes contractuels recommandés.

Pour atteindre cet objectif, notre étude comporte quatre principaux chapitres :

- I. L'épuration des eaux :** concerne une recherche bibliographique sur la généralité des eaux et les différentes techniques de traitement appliqué sur ces eaux (physico-chimique).
- II. Diagnostique de l'unité de traitement des eaux produites :** définit les différents équipements utilisés dans le traitement des eaux produites et leurs fonctionnements.
- III. L'interprétation des résultats d'analyses :** dans cette partie les résultats de notre expérience ont été présentés et commentés.
- IV. L'évaporation de l'eau produite traité :** dans cette dernière partie on a suivies le chemin de cette eau traité et ouvert une autre recommandation de nouvelles perspectives qui est présenté à la fin de ce manuscrit.

Chapitre I :

L'épuration des

eaux

I. Chapitre I : Epuration des eaux

Introduction

Les activités industrielles génèrent, selon les types de la production, des rejets polluants continus ou discontinus d'une extrême diversité. La finalité du traitement des eaux résiduaires industrielles est essentiellement la protection du milieu naturel, le respect des normes de rejet édictées par la législation, la bonne gestion de l'eau en milieu industriel et la réutilisation de l'eau traitée en particulier pour la réinjection dans les puits borbier ou l'évaporation [3].

I.1 Définition de l'eau

C'est une Substance naturelle, souvent liquide et inodore, incolore, et sans saveur à l'état pur, de formule chimique H_2O , et peut se trouver dans les trois états de la matière (solide, liquide, ou gazeux), l'eau est l'un des agents ionisants les plus connus, on l'appelle fréquemment le solvant universel [4].

I.2 Définition de l'eau produite

L'eau qui est extraite avec le pétrole ou le gaz naturel pendant la phase de production dans l'industrie pétrolière et gazière. L'eau produite est le terme utilisé pour décrire l'eau qui est naturellement présente dans les réservoirs souterrains avec les hydrocarbures [5].

I.3 Composition de l'eau

La composition chimique de l'eau varie énormément d'une région à l'autre et pour une même région d'une saison à l'autre. Ces variations chimiques dépendent de plusieurs paramètres comme la solubilité des sels constituant l'écorce terrestre ($CaCO_3$, $CaSO_4$, $MgCO_3$, $NaCl$), ainsi la composition physique des roches [6].

Elle est aussi regroupé en plusieurs catégories comme le montrer sur (figure I.1).

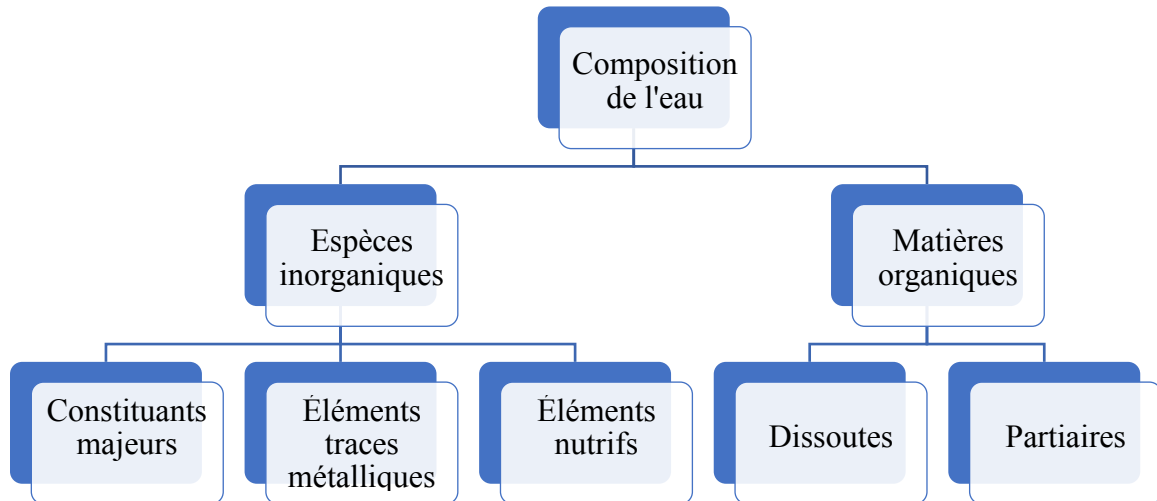


Figure I.1 : Schéma de la composition de l'eau [6].

I.4 Les paramètres d'évaluation de la qualité d'eau

On distingue trois catégories de paramètres d'évaluation de la qualité d'eau qu'ils sont :

I.4.1 Les paramètres organoleptiques

Ces paramètres sont généralement effectués sur le site de prélèvement, ils sont perceptibles immédiatement, ils concernent l'odeur et la couleur de l'eau [7].

• La couleur

La coloration d'une eau est due aux substances dissoutes et/ou aux substances en suspension, ces substances sont le plus souvent d'origine naturelle « végétal et minéral », Elle varie pour les eaux naturelles de jaune pâle au brun rougeâtre selon la nature et la concentration de la matière colorantes [7].

• l'odeur

L'odeur est l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles, En effet, leur présence dans l'eau est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition comme les alcools, le dioxyde de soufre, le chlore [7].

I.4.2 Paramètres physico chimique et microbiologiques

La qualité d'une eau souterraine est caractérisée par un certain nombre de paramètres physico chimiques et organoleptiques comme cité sur (tableau I.1) :

Tableau I.1 :Les paramètres physico chimiques et microbiologiques des eaux [7].

| Paramètres microbiologiques | Paramètres physico-chimique |
|--|---|
| <p>Les microorganismes les plus recherchés sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La flore totale • Les coliformes • Les Clostridium sulfito-réducteurs • les Streptocoques D | <ul style="list-style-type: none"> • Potentiel d'hydrogène • Température • Conductivité • Salinité Totale • La dureté • L'alcalinité • Teneur en chlorure • Teneur en manganèse • Teneur en fer • Teneur en chlore • Teneur en oxygène • Matières en suspensions • Hydrocarbures |

- **Le Potentiel d'Hydrogène (pH)**

Par définition, le pH est égal au cologarithme de l'activité des protons [8].

$$PH = - \log (H_3O^+)$$

Le PH s'exprime selon une échelle logarithmique de 0 à 14 unités. Une eau « neutre » possède un pH de 7 unités. Un pH inférieur à 7 indique que l'eau est acide alors qu'un pH supérieur à cette valeur indique qu'il s'agit d'une eau alcaline [9].

- **La température**

La température influe directement sur les réactions chimiques, et particulièrement la dissolution des gaz et des sels dans l'eau, cette solubilité diminue quand la température augmente. Elle est étroitement liée au pH et à la conductivité électrique [10].

- **Hydrocarbure**

Les hydrocarbures sont des composés chimiques constitués uniquement d'atome de carbone et d'hydrogène. Ils sont la principale composante des combustibles fossiles tels que le pétrole, le gaz naturel et le charbon. Les hydrocarbures peuvent être classés en trois familles en fonction de leur structure et de leurs propriétés chimiques [11].

1. Les paraffines (alcanes)

Ce sont des hydrocarbures saturés ayant la formule C_nH_{2n+2} avec « n le nombre d'atome de carbone dans la chaîne d'hydrocarbures » [11].

2. Les naphènes (cyclo-alcanes)

Ce sont des hydrocarbures cyclique saturés ayant la formule C_nH_{2n} avec « n le nombre d'atomes de carbone dans la chaîne cycliques d'hydrocarbures qu'il commence à partir de 3 atomes » [11].

3. Les aromatiques (hydrocarbures à anneau de benzène)

Ce sont des structures cycliques insaturés avec trois doubles liaisons dans chaque cycle et ayant la formule C_nH_{2n-6} avec « n le nombre d'atome de carbone dans la chaîne d'hydrocarbures » [11].

- **La teneur en Fer**

Le fer peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes. Pour un PH variant entre 4,5 et 9, le fer soluble présent est généralement à l'état ferreux (eaux souterraines). En absence de complexe, le fer ferrique n'est soluble d'une façon significative qu'à des PH inférieurs à 3. Pratiquement, les eaux superficielles n'en contiennent que très peu, rarement plus de 1 mg/l. En effet, sous l'action de l'air, ou par addition d'un oxydant, le fer est oxydé à l'état ferrique et peut être hydrolysé pour donner un hydroxyde de fer insoluble. Ainsi il se trouve à l'état [10].

L'eau contient aussi de nombreux composés qui peuvent se regrouper en trois catégories

- **Matières en suspension**

Ces produits peuvent être d'origine minérale (sables, limons, argiles, ...) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales, acides humiques ou

fliques par exemple). A ces composés s'ajoutent les micro-organismes tels que bactéries, plancton, algues et virus. Ces substances sont responsables, en particulier, de la turbidité et de la couleur [11]. Livre arbi

- **Matières colloïdales (moins de 1micron)**

Ce sont des MES de même origine que les précédentes mais de plus petite taille, dont la décantation est excessivement lente. Elles sont également génératrices de turbidité et de couleur [11].

- **Matières dissoutes (moins de quelques nanomètres)**

Ce sont généralement des cations ou des anions. Une partie de la matière organique est également sous forme dissoute. On trouve aussi des gaz (O₂, CO₂, H₂S, ...) [11].

 Stabilité des suspensions colloïdales

Nécessité de la coagulation. Dans (tableau I.2) sont répertoriés certains matériaux ou organismes avec leur dimension et l'ordre de grandeur du temps nécessaire pour que, sous la seule influence de leur poids, les particules parcourent verticalement, à 20 °C, un mètre d'eau [11].

Tableau I.2 : Temps de décantation de différentes particules [11].

| Diamètre de particule | | Type de Pécule | Temps de décantation pour 1m d'eau | Surface spécifique m ² .m ⁻³ |
|-----------------------|-----------------|----------------|------------------------------------|--|
| Mm | Å | | | |
| 10 | 10 ⁸ | Gravier | 1 seconde | 6.10 ¹ |
| 1 | 10 ⁷ | Sable | 10 secondes | 6.10 ³ |
| 10 ⁻¹ | 10 ⁶ | Sable fin | 2 minutes | 6.10 ⁴ |
| 10 ⁻² | 10 ⁵ | Argile | 2 heures | 6.10 ⁵ |
| 10 ⁻³ | 10 ⁴ | Bactérie | 8 jours | 6.10 ⁶ |
| 10 ⁻⁴ | 10 ³ | Colloïde | 2 ans | 6.10 ⁷ |
| 10 ⁻⁵ | 10 ² | Colloïde | 20 ans | 6.10 ⁸ |
| 10 ⁻⁶ | 10 ¹ | Colloïde | 200 ans | 6.10 ⁹ |

Ce tableau indique également que plus la particule est petite plus sa surface Spécifique est grande.

Les colloïdes sont donc des particules impossibles à décanter naturellement, et pour lesquelles les phénomènes de surface sont primordiaux. Ces phénomènes régissent la stabilité des suspensions colloïdales. En effet, les colloïdes sont soumis à deux grands types de forces **force d'attraction** de Van der Waals, liée à la structure et à la forme des colloïdes ainsi qu'à la nature du milieu (F_A), **force de répulsion** électrostatique, liée aux charges superficielles des colloïdes (F_R) [12]. La stabilité d'une suspension colloïdale dépend du bilan des forces d'attraction et de répulsion, dont le niveau énergétique est donné par :

$$F = F_A + F_R$$

Cette relation est schématisée sur (figure I.2)

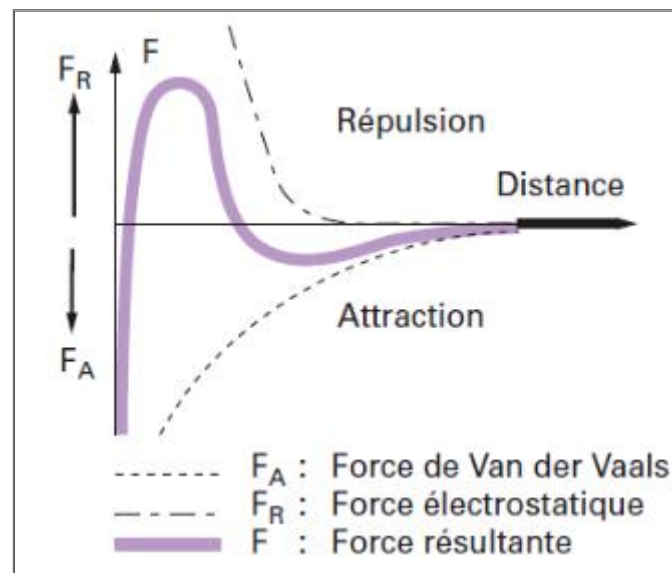


Figure I.2 : Stabilité d'une substance colloïdale [12].

Pour déstabiliser la suspension, il faut franchir la barrière énergétique F_R . Pour cela, et afin de favoriser l'agglomération des colloïdes, il faut diminuer les forces de répulsion électrostatique. C'est la coagulation qui réalise cette déstabilisation [11].

L'épuration des eaux usées passent par plusieurs filières qu'elles sont ordonner sur (figure I.3) [13].

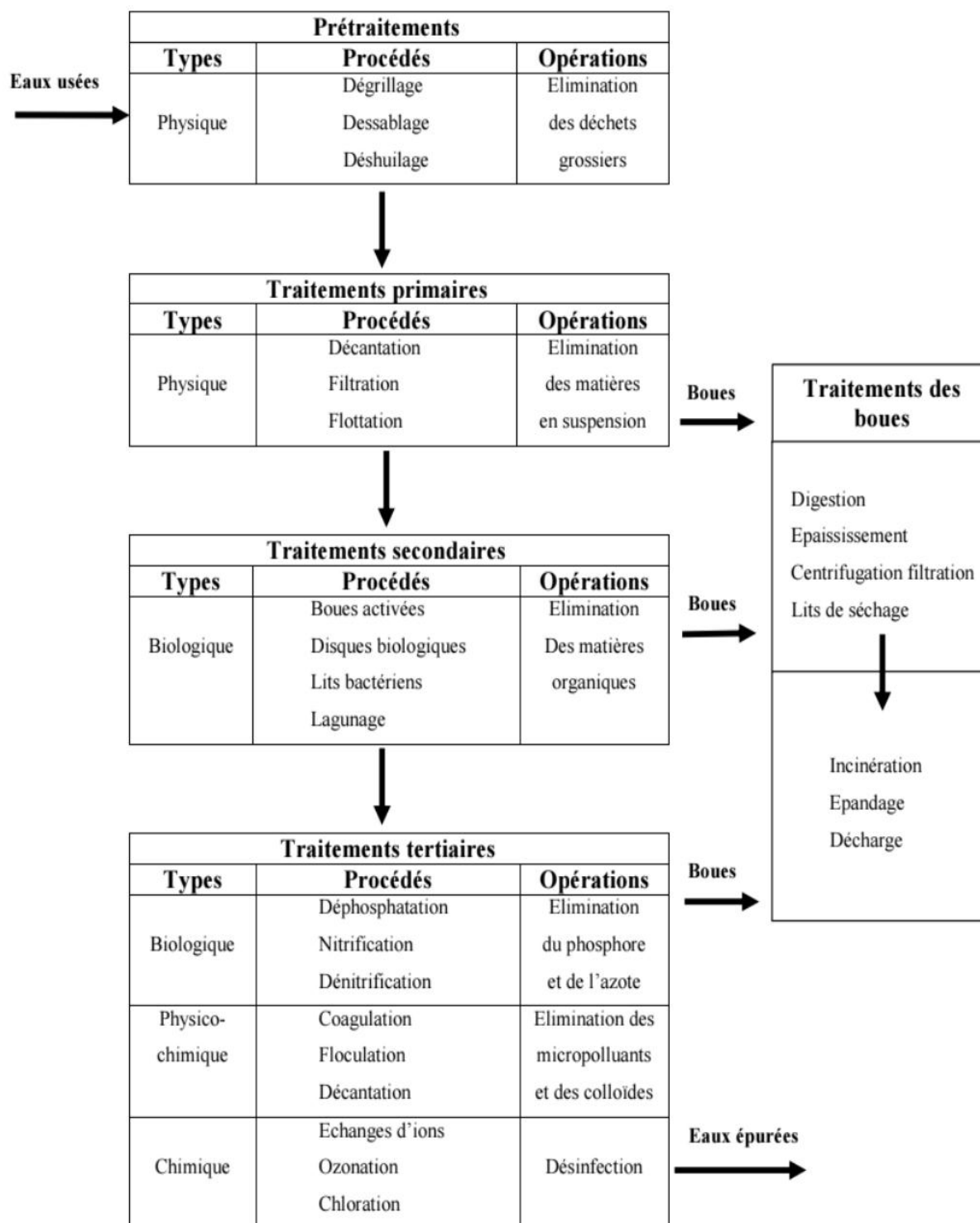


Figure I.3 : Filière d'épuration [13].

I.5 Traitement physico-chimiques

I.5.1 La Coagulation

La coagulation est la déstabilisation des particules colloïdales par addition d'un réactif chimique, appelé le coagulant, c'est aussi le mécanisme permettant l'agglutination de différentes particules qui vont se transformer en floc, plus ou moins compact [14].

Théorie de la double couche

Les colloïdes présents dans l'eau brute sont très généralement chargés négativement (imperfections du réseau cristallin, ionisation des groupements chimiques périphériques, ...). Afin de neutraliser cette charge négative de surface, des ions positifs, présents dans l'eau brute ou ajoutés, viennent former une couche autour du colloïde [11]. Diverses théories ont été avancées (figure I.3).

➤ **Théorie de HELMHOLTZ:**

Une couche d'ions positifs recouvre intégralement la surface du colloïde et assure la neutralité de l'ensemble (couche adhérente) [11].

➤ **Théorie de GOUM-CHAPMAN.**

La couche d'ions positifs est inégalement répartie autour du colloïde; la neutralité est obtenue à plus grande distance (couche diffuse) [11].

➤ **Théorie de STERN**

Qui rassemble les deux précédentes et considère la formation d'une double couche. La première couche est adhérente au colloïde, le potentiel y décroît rapidement. La seconde couche est plus diffuse, avec une diminution plus lente du potentiel [11].

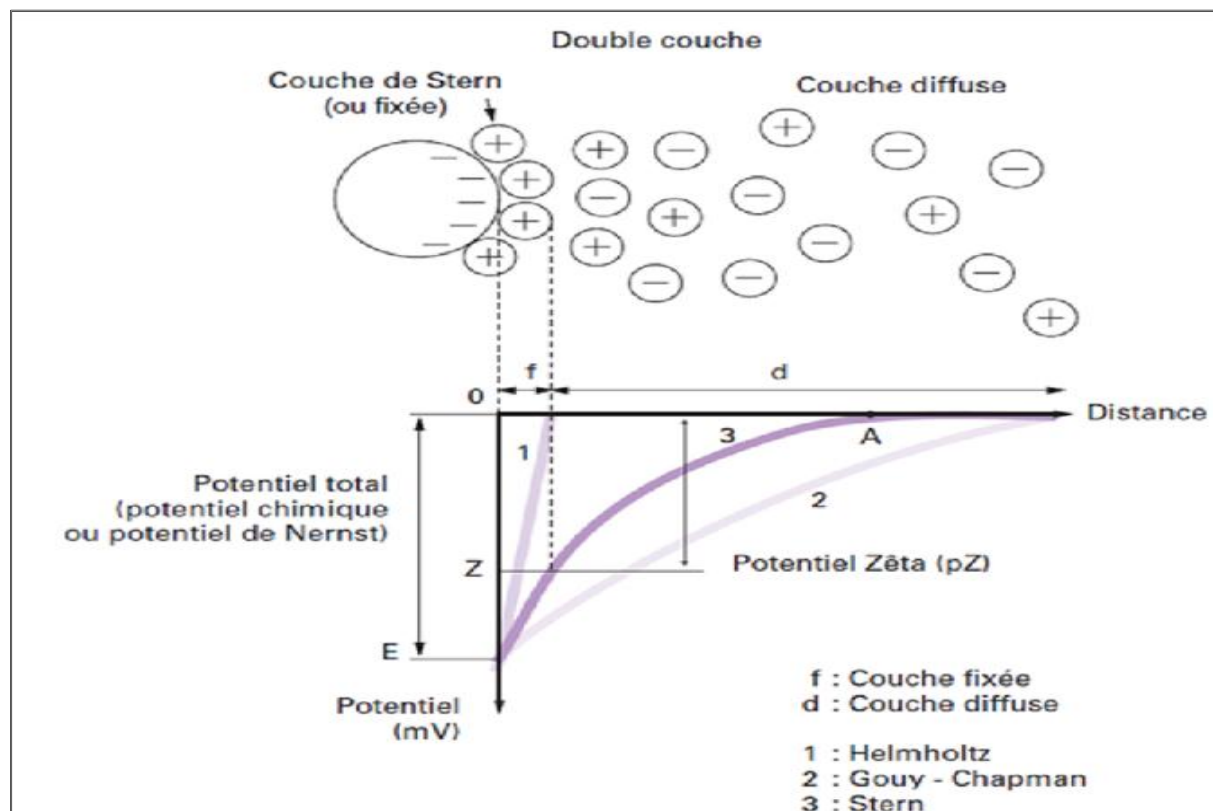


Figure I.4 : Théorie de double couche [15].

✚ Les produits coagulants

Il existe de nombreux agents coagulants. Ils ont tous un point commun, ils possèdent une charge opposée à celle des matières en suspension. Ce sont souvent des sels inorganiques d'aluminium ou de fer. Parmi eux, on trouve le sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$, le sulfate ferrique $Fe_2(SO_4)_3$ et le chlorure d'aluminium $AlCl_3$. Les sulfates ferriques et d'aluminium sont les plus couramment utilisés [14].

Il y a aussi **d'autres produits commerciaux** dont la formule générale de ces produits est:



Ils se caractérisent par un rapport molaire $\frac{OH}{Al}$ compris entre 0,4 et 0,6. Ils sont moins acides que les sels d'aluminium classiques. Leur stabilité est souvent assurée par la présence d'ions sulfates qui inhibent la polymérisation spontanée du produit. Leur utilisation conduit souvent à un taux de traitement inférieur à celui du sulfate d'aluminium (exprimé en Al^{3+}) [11].

I.5.2 Flocculation

La flocculation est l'étape qui suit la coagulation dans le traitement des eaux usées. C'est une action principalement mécanique en appliquant un brassage visant à encourager la rencontre de particule dans un liquide. On l'effectue avec des polymères qui feront office de colle entre les floccs et donc accélérer la manipulation. Ces floccs de particules, formés grâce à la flocculation peuvent précipiter après repos et sont facilement éliminable. Elle est ensuite suivie par une [décantation](#) pour séparer l'eau des impuretés [16].

Tableau I.3: Les étapes de l'agrégation [11].

| Stade | Phénomènes | Terminologie |
|--------------------|--|----------------------------------|
| Ajout du coagulant | Réaction avec l'eau Ionisation, hydrolyse, polymérisation. | Hydrolyse |
| Destabilisation | Compression de la double couche. | Coagulation |
| | Absorption spécifique d'ion du coagulant à la surface de la particule. | |
| | Liaison spécifique d'ion ou d'espèce à la surface de la particule. | |
| | Inclusion du colloïde dans un précipité d'hydroxyde. | |
| | Liaison inter particulaire par des espèces polymérique du coagulant. | |
| Transport | Mouvement Brownien. | Flocculation pré-cinétique. |
| | Energie dissipée (gradient de vitesse). | Flocculation ortho cinétique. |

I.5.3 Rôle de la coagulation - floculation

Les procédés de coagulation et de floculation facilitent l'élimination des MES et colloïdales. Celle-ci est réalisée dans une étape ultérieure de séparation solide liquide: décantation, flottation ou filtration. L'élimination des substances dissoutes nécessite pour chaque espèce un traitement spécifique, précédé ou non d'une coagulation – floculation [11].

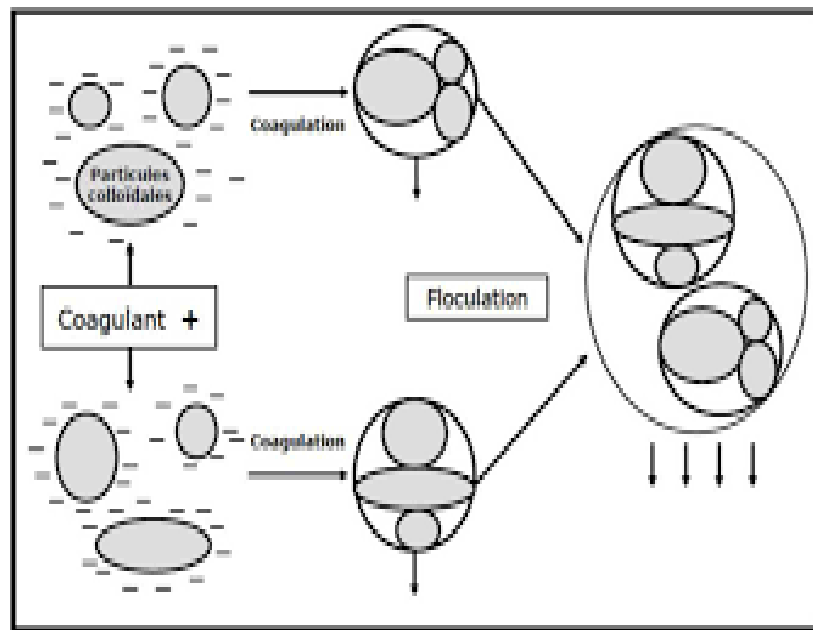


Figure I.5 : Schéma illustrant le procédé de coagulation-floculation [17].

I.5.4 Influence du pH

Le pH est un paramètre primordial pour l'élimination des colloïdes. Le pH optimal constitue un compromis entre le pH nécessaire pour la coagulation (lié à la nature des colloïdes) et le pH nécessaire à la floculation (lié à la croissance du floc d'hydroxyde de fer ou d'aluminium). Il correspond en général au minimum de solubilité de l'hydroxyde considéré (optimisation de la phase floculation). Ce pH et la solubilité minimale sont fortement influencés par la force ionique et la présence de composés organiques tels que les acides humiques [14].

I.5.5 Emulsion

Une émulsion est un mélange hétérogène de deux liquides normalement non miscibles mais qui se mélangent finalement, sous l'effet d'une agitation, dans le

cas d'une émulsion d'eau et d'huile, l'huile se disperse dans l'eau sous la forme de minuscules gouttelettes [18].

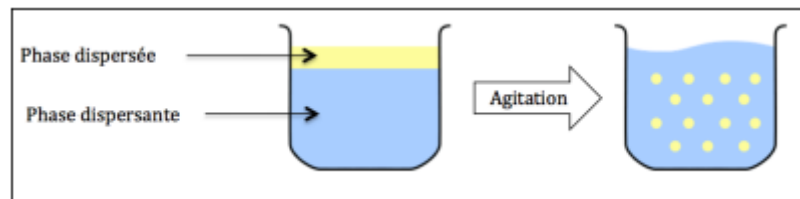


Figure I.6 : Schéma explicatif des phases [19].

I.5.6 Adsorption

L'adsorption correspond à la fixation de molécules à la surface d'un matériau de manière réversible. C'est donc un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules de gaz ou de liquides (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant) selon divers processus. Ce phénomène peut être représenté à l'aide du schéma de (figure I.7). On distingue l'adsorption physique (physisorption) et l'adsorption chimique (chimisorption) [20].

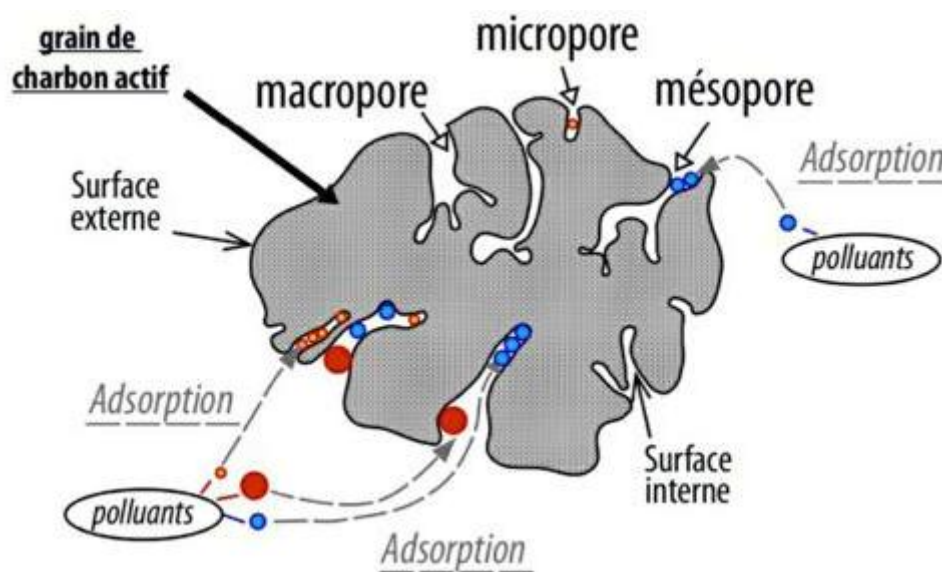


Figure I.7 : schéma représentative de l'adsorption sur charbon actif [20].

Conclusion

Dans ce chapitre l'eau produite qui est issue pendant l'extraction du gaz naturel est considérée comme eau usée industriel, dont leurs caractéristiques est présent. Lorsqu'on a précisé les propriétés de ces eaux on a pu préciser le type de traitement d'eau produite, il est clair que le traitement existant peuvent réduire les concentrations de polluants selon les normes de production à des niveaux acculements considéré comme non dangereux.

**Chapitre II : Diagnostic de l'unité
de traitement des eaux produites
PWT.**

I. Diagnostic de l'unité de traitement de l'eau

Il existe deux unités de traitement d'eau selon la catégorie du polluant, les contaminants dégradables passent par le premier traitement si non l'eau produite qui est contaminée par les polluants peut ou même parfois plus dégradables passent par le deuxième traitement :

- a. Unité de traitement biologique de l'eau d'assainissement.
- b. Unité de traitement (physico-chimique) de l'eau produite.

I.1 Unité de traitement de l'eau produite PWT

Hassi R'mel compte trois unités implantées dans les Zones centre, nord et sud. Réalisée en collaboration par JGC japonaise et unidiro italienne en 2019 a été mise en service en 2021 avec des capacités différentes entre les trois zones de traitement.

I.1.1 La zone de traitement centre

Toute l'eau qui se trouve dans la station de compression est traitée au niveau de l'unité de traitement centre d'une capacité de traitement de 1800 m³/Jour, avant qu'elle soit ritualisée ou envoyée vers les bassins d'évaporation ou l'unité de réinjection « qui est le projet en cours ».

Tableau II.1 : La qualité l'eau d'entrée avec la concentration [14].

| Qualité d'eau d'entrée | Concentration | |
|--|-------------------|-----------|
| Hydrocarbure | mg/l | 1200 |
| Total dissolved solids (TDS) Solide dissous total | mg/l | 224200 |
| Sodium (Na) | mg/l | 70700 |
| Chlorite (Cl) | mg/l | 141200 |
| Iron (Fe) | mg/l | 2900 |
| Manganese (Mn) | mg/l | 160 |
| Strontium (St) | mg/l | 1300 |
| Mercure (Mg) | mg/l | Trace |
| Potassium (K) | mg/l | 220 |
| Sulfate (SO4) | mg/l | 50 |
| Bicarbonate (HCO3) | mg/l | 170 |
| Calcium (Ca) | mg/l | 6600 |
| Magnésium (Mg) | mg/l | 870 |
| Ph | - | 4.5 – 6.5 |
| Suspension solide | mg/l | 120 |
| Nitrogène (N2) | mg/l | 30 |
| Total phosphore | mg/l | 10 |
| Densité | kg/m ³ | 1150 |

Le rôle de cette unité consiste à traiter l'eau usée industrielle récupérée dans la station de compression du gaz naturel phase 3 que sa majorité a été issue des ballons de séparations triphasiques « gaz, condensat, eau » de l'entrée de la station D-901 et d'autres arrivées résultant pendant la compression du gaz. On doit traiter cette eau avant d'être évaporée ou réinjecter dans les puits bourbiers, et ce afin de [14] :

- Protéger la nappe phréatique.
- Eviter la prolifération des maladies à transmission hydrique.
- Eviter les désagréments pouvant altérer le milieu récepteur (sol, plantations, population,).
- Se conformer à la législation et réglementation en matière de protection de l'environnement [14].

I.1.2 Provenance des eaux produites

L'eau produite en entrée est fournie par plusieurs sources qui sont estimées à 9 entrées dans le premier ballon de séparation API qui sont :

- 1) Les vannes de niveau LV-9061 des Ballons de séparations triphasiques de l'entrée de la station de compression phase 3 D-901 (A/H)
- 2) La ligne des pompes P-961 A/B du Bassin de drainage ouvert « open drain » et P-964 qui est connecté avec le bassin de rétention
- 3) la pompe (P-006 A/B) de la ligne du Décanteur de la boue « sludgeseparator » (3009-Z-961-D001A/B)
- 4) collecteur du réservoir sous pression du drainage fermés « close drain » (D-914)
- 5) la ligne des Coalescent liquide-liquide DC902 (A/B)
- 6) La pompe (P-968 A/B) du bac de stockage de l'eau traité hors les normes « Off spec » 3009-T-963
- 7) La pompe de recyclage de l'eau IGF (P-008 A/B)
- 8) La ligne du Ballon de l'eau récupéré de la centrifugeuse D002 par (P007A/B)
- 9) La pompe (P-001 A/B/C/D) qui aspire de IGF l'eau pré traité

I.2 Fonctionnement de l'unité de traitement de l'eau produite PWT

I.2.1 Les équipements de l'unité

Les équipements qui composent cette unité se partagent entre trois parties du processus de traitement (physique, chimique et filtration). Ces équipements sont les suivants :

I.2.1.1 Unité de traitement physico-chimique

- Les ballons de séparation API (Z001 A/B)
- Les ballons de séparation CPI (Z002 A/B)
- Les séparateurs de flottation IGF (Z003 A/B)
- Les réservoirs d'huiles récupérées RO (D-003 A/B)
- Le ballon vertical de décantation de la boue (3009-Z-961-D001A/B)
- La centrifugeuse de la boue (3009-Z-961-DE-001 A/B)
- Réservoir d'eau de décharge de déshydratation dans la centrifugeuse (D-002 A/B)
- Les bacs de stockages T-961 et T-963 de l'eau traité dans les normes et hors la norme.

I.2.1.2 Unité de filtration PWF

- Filtre à coquille de Noix NSF (Z-004 A/B/C/D)
- Filtre à charbon actif ACF (Z-005 A/B/C/D)
- Coalescent liquide-liquide DC-902
- Autres équipements de filtration pour la réinjection

I.2.1.3 Unités d'injection de produits chimiques

- piègeur d'oxygène
- brise-émulsion
- NaOH
- coagulant (polymère)
- Poly électrolyte

I.2.2 Mode de fonctionnement de PWT

L'unité de traitement des eaux produite de la station SBC phase III se divise en deux parties selon la nature de traitement appliqué, dont la première partie PWT ou se déroule les traitements physico-chimique dans les séparateurs (API, CPI et IGF) et la deuxième partie PWF la où se passe l'adsorption dans les filtres (NSF, ACF et MMF), comme montre (**figure II.1**)

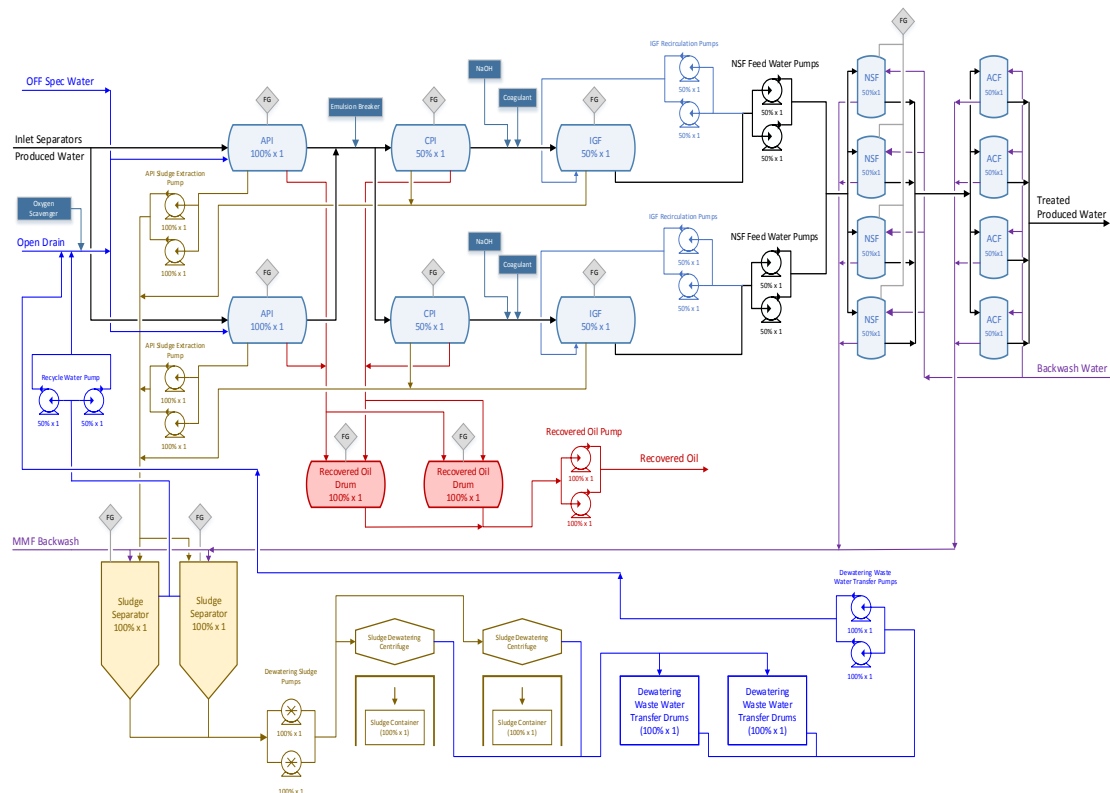


Figure II.1 : Schéma représentative de l'unité de traitement d'eau produite [19].

I.2.2.1 Unité de traitement physico-chimique

I.2.2.1.1 Séparateurs API (Z-001 A/B)

Les séparateurs API (Z-001 A/B) représentent la première étape du processus de déshuilage effectué par l'ensemble PWT. L'eau d'entrée provient de plusieurs sources qu'elles sont citées précédemment dont les vannes (LCV-9061 A-H) placés près de la limite de la batterie afin d'optimiser le processus, ces séparateurs sont équipés par des PCV pour contrôler et maintenir la pression de fonctionnement et des PSV en cas de surpression dans le séparateur et de transmetteur de niveau (LT-9631 A/B) pour la surveillance du niveau, ainsi d'autres sources comme le réservoir Off-Spec (T-963) et le réseau du drainage ouvert « ce qui nous a poussés à faire l'injection du piègeur d'oxygène pour protéger nos équipements ».

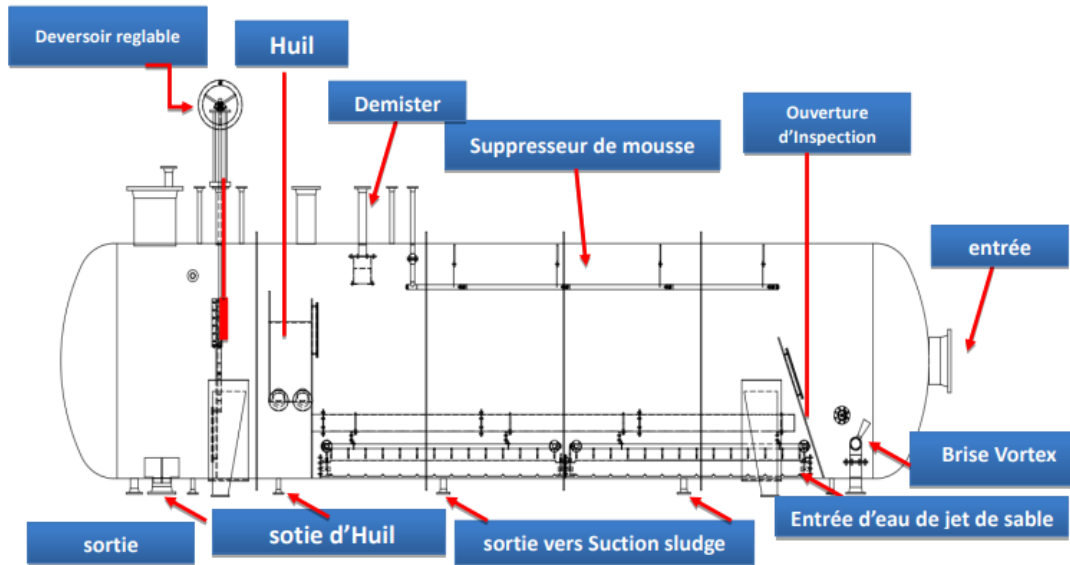


Figure II.2 : Schéma du séparateur API [20].

À l'intérieur du séparateur API, l'huile coalescente écrémée est piégée dans le déversoir d'huile à la surface de l'eau et transférée dans le réservoir d'huile de récupération (D-003 A/B). L'eau produite s'écoule par gravité de la cuve vers le séparateur CPI au moyen d'un collecteur dédié. L'excès de gaz libéré par l'eau produite est évacué vers la torche LP. Un système automatique de jet de sable est prévu au fond de la cuve. La boue se dépose au fond de la zone calme et une séquence automatique est périodiquement lancée de manière à ce que les solides soient aspirés par (P-009 A pour Z-001 et P-009B pour Z-001B.).

I.2.2.1.2 Séparateur CPI (Z002 A/B)

La deuxième étape de déshuilage a lieu dans le séparateur CPI (Z-002 A/B). Après l'injection d'un briseur d'émulsion, les données de débit utilisées pour calculer la quantité requise de briseur d'émulsion sont obtenues à partir du (FT-9633 A/B) placé à la sortie du séparateur CPI. Le niveau liquide dans la section des séparateurs CPI est défini par l'altitude des déversoirs. Le transmetteur de niveau (LT-9633A/B) fournit un signal de niveau de liquide au système DCS si un haut ou très haut niveau de liquide est détecté l'alarme associée apparaît dans le système et la pompe off-spec pour l'eau produite (P-003 A/B) est démarrée en conséquence. Et si le système indique que le niveau est bas les pompes d'Off-spec s'arrêtent automatiquement. L'huile écrémée au sommet s'écoule par gravité vers le réservoir d'huiles récupérées (D-003 A/B), tandis que l'eau produite est envoyée par gravité dans le Séparateur

IGF. Le volume libre est rempli de fuel gaz comme pour les séparateurs API (Z-001 A/B) dont l pression est mesurée par le manomètre locale (PG-9637).

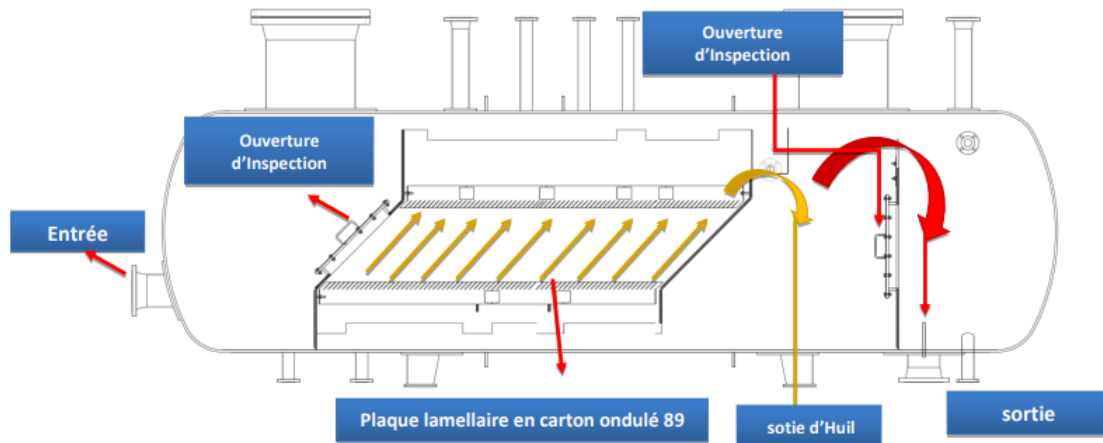


Figure II.3 : Schéma du séparateur CPI [20].

Les séparateurs CPI (Z-002 A/B) sont connectés au même réseau avec les autres séparateurs (séparateurs API, séparateurs IGF et réservoir d'huiles récupérés) afin de maintenir un parfait écoulement par gravité comme montré sur (figure II.4).

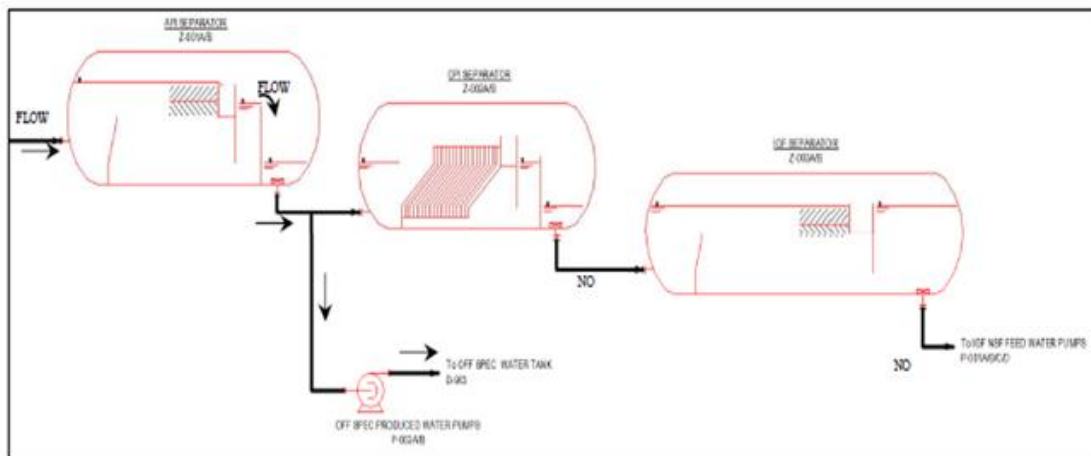


Figure II.4 : Schéma du profil hydraulique[20].

I.2.2.1.3 Séparateurs IGF (Z-003A/B)

Les séparateurs IGF (Z-003 A/B) permettent de poursuivre le déshuilage et la séparation des solides. Ils sont équipés d'un PH-mètre qui permet de mesurer le pH de l'eau produite. Si le PH n'est pas neutre on doit injectée du NaOH afin d'augmenter son pH à 7-7,5 car le PH de fonctionnement du coagulant utilisé est dans le milieu

neutre. Une fois que les conditions nécessaires sont satisfaites on fait l'injection du coagulant afin de promouvoir la coagulation et la floculation des solides.

À l'intérieur du séparateur IGF, la flottation se produit afin d'éliminer l'huile et les solides s'accumule au fond de la cuve. Des pompes de recirculation IGF (P-004A/B/C/D) sont prévues pour recycler une partie du flux de sortie dans le flux d'entrée pour assurer l'agitation. Ces pompes ont la capacité de générer et de disperser des microbulles de gaz dans le flux d'eau. Une fois que l'eau recyclée pénètre dans la cuve par une buse, les bulles provoquent la flottaison des contaminants vers la surface, formant une écume qui est écrémée et recyclée vers le séparateur API au moyen des pompes (P-008A/B). Ces pompes fonctionnent selon un principe de marche/arrêt.

L'eau produite est ensuite pompée vers l'étape de traitement par adsorption dans les filtres à coquille de noix NSF (Z-004A/B/C/D) par les pompes (P-001A/B). On fait la régulation du contrôle de débit et du niveau par les vannes de régulation de débit (FCV-9636A/B) et LIC-9636A/B en cascade dans les séparateurs IGF.

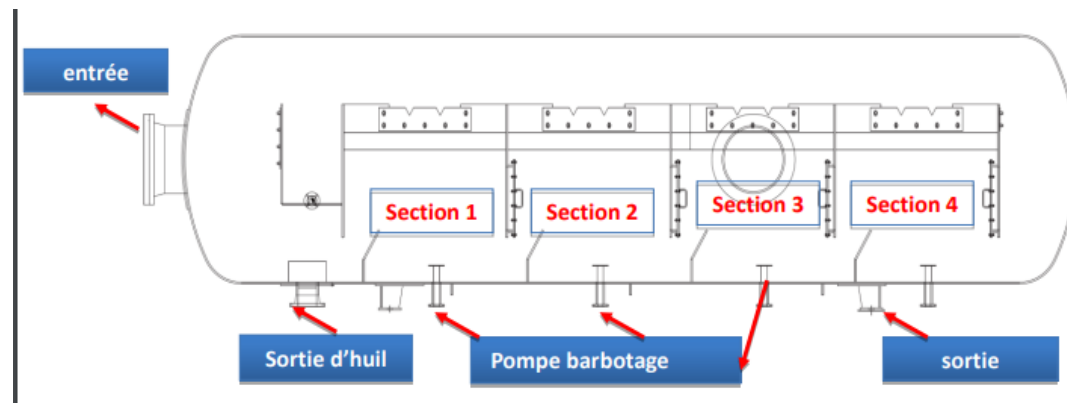


Figure II.5 : Schéma du séparateur de flottation IGF [20].

I.2.2.2 L'unité d'injection des produits chimique
le dosage des produits est ordonnées sur (tableau II.1)

Tableau II.2 : le point de dosage des produits et leurs fonctionnement.

| <i>PRODUIT</i> | <i>POINT DE DOSAGE</i> | <i>FONCTION</i> |
|-------------------------------------|--|---|
| Oxygen Scavenger | Collecteur du Drainage Ouvert | Enlèvement de l'oxygène dissous dans l'eau que viens du Drainage Ouvert |
| Polyélectrolyte | Collecteur d'alimentation des Sludge Centrifuges | Facilitation de la séparation entre l'huile et la fraction solide |
| Emulsion Breaker | Collecteur d'alimentation commun des CPI | Rupture de l'émulsion entre l'huile et l'eau |
| Coagulant et Soude Caustique | Alimentations des IGF | Facilitation de la floculation entre les IGF |

I.2.2.3 L'unité de filtration

I.2.2.3.1 Filtre à coquilles de Noix NSF (Z-004 A/B/C/D)

L'eau pompée des séparateurs IGF entre dans les filtres Nuthel (Z-004A/B/C/D) pour subir une étape de filtration.. Le média est constitué de particules de coquilles de noix qui favorisent la coalescence et la séparation des huiles, ainsi que la filtration.



Figure II.6 : Coquille de noix de traitement des eaux de support de filtre [21].

Le fonctionnement de ces filtres est contrôlé automatiquement par les séquences implémentées dans la logique du DCS. La durée de service est réglée par une minuterie, ce qui signifie que le lavage à contre-courant est lancé après un temps déterminé estimé à 12h. La pression différentielle

Si le Delta-P dépasse une valeur définie avant la fin de la minuterie, une alarme est émise pour avertir qu'un lavage à contre-courant est nécessaire même si la durée de service prévue n'est pas encore écoulée.

Pour garantir un fonctionnement continu du processus de traitement, quatre unités NSF (Z-004A/B/C/D) sont fournies dans l'ensemble. Alors qu'au moins deux unités NSF sont en mode service (avec un filtre périodiquement en lavage à contre-courant, l'autre unité reste en attente ou en maintenance, ou peut être mise en service si nécessaire.

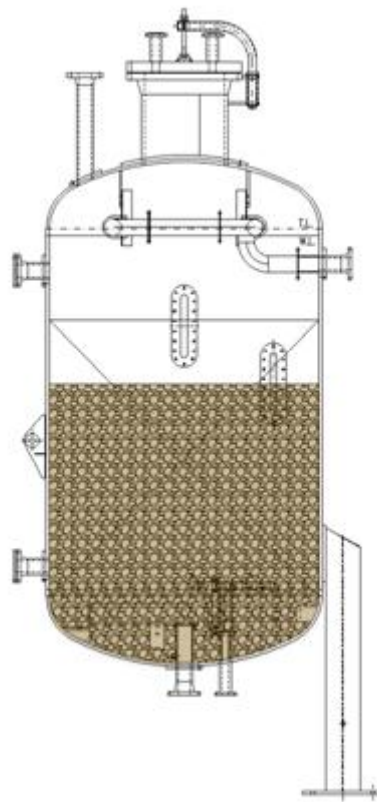


Figure II.7 : Schéma du filtre à coquille de noix [20].

Une ligne de gaz combustible dédiée est connectée aux unités NSF et utilisée pendant les séquences de lavage à contre-courant. En particulier, le gaz combustible est utilisé pour effectuer le décapage du média, de sorte que les contaminants puissent être éliminés. L'eau de lavage à contre-courant est fournie par une pompe de transfert (P-965A/B) qui aspire du bac de stockage T-961 de l'ensemble PWF.

I.2.2.3.2 Filtre à charbon actif ACF (Z-005 A/B/C/D)

La dernière étape du traitement qui est défini par l'adsorption réalisée dans des filtres à charbon actif (Z-005A/B/C/D). L'objectif est d'éliminer les hydrocarbures dissous restants afin de répondre aux exigences de qualité de l'eau traitée qui est estimé à un TOG inférieur à 10ppm.

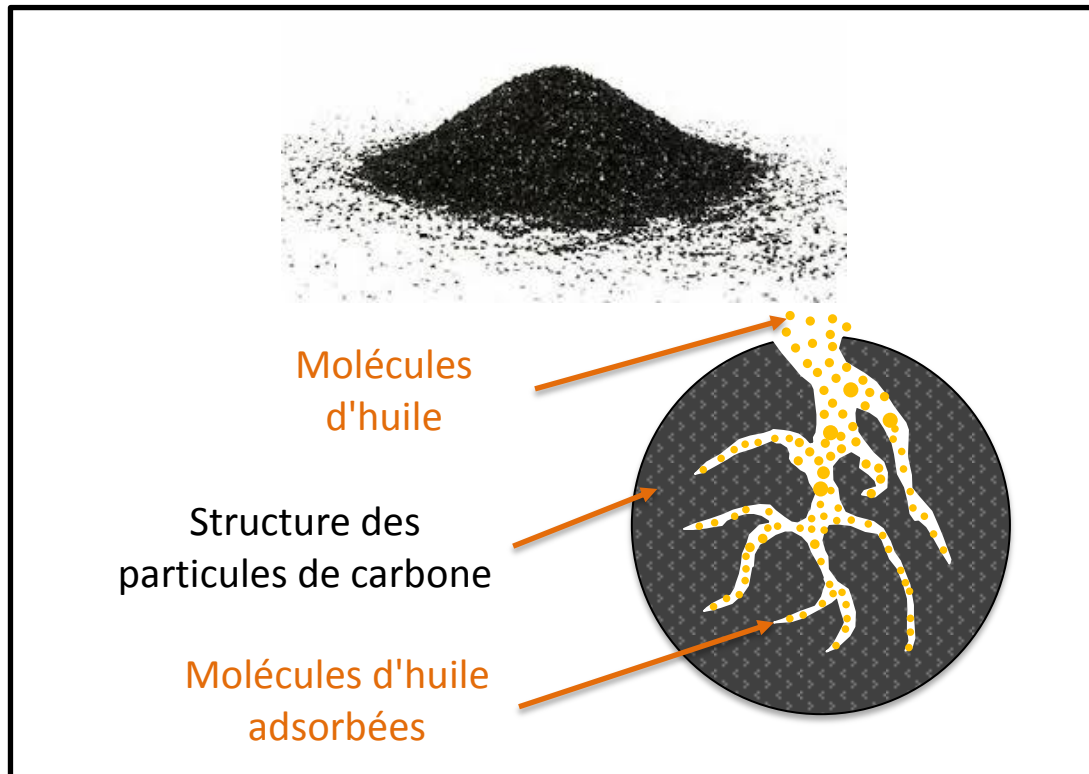


Figure II.8 : Schéma représentative du phénomène d'adsorption sur charbon actif [20].

Cette section est composée de quatre filtres, organisés en parallèle. Il est recommandé de maintenir trois unités en service le maximum afin d'éviter la stagnation de l'eau. En cas de faible débit d'eau produite à l'entrée du PWT l'opérateur doit réduire le nombre de filtres actifs afin d'assurer une vitesse de filtrage linéaire adéquate et de garantir une bonne qualité de l'eau.

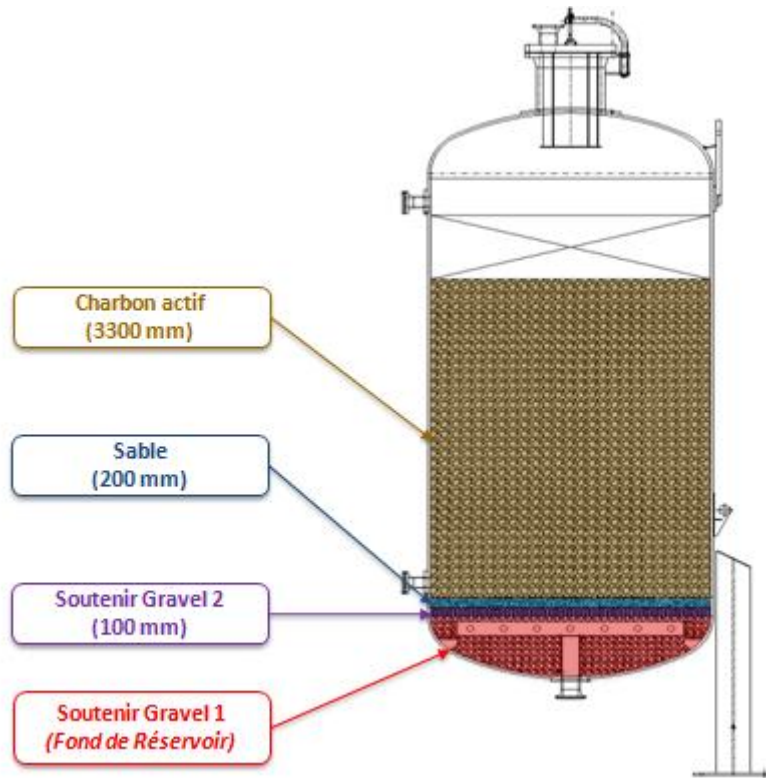


Figure II.9 : schéma représentative d'un filtre à charbon actif [20].

Un lavage à contre-courant est effectué manuellement chaque 6h afin d'éliminer les fines saletés dispersées dans le média. L'eau de lavage à contre-courant est fournie par les pompes (P-965) qui ont aspiré de l'eau traité du bac de stockage (T-961).

Après avoir suivi le chemin du traitement hydraulique, on va suivre le chemin de récupération de l'eau trouvé avec la boue qui été récupéré dans le séparateur API.

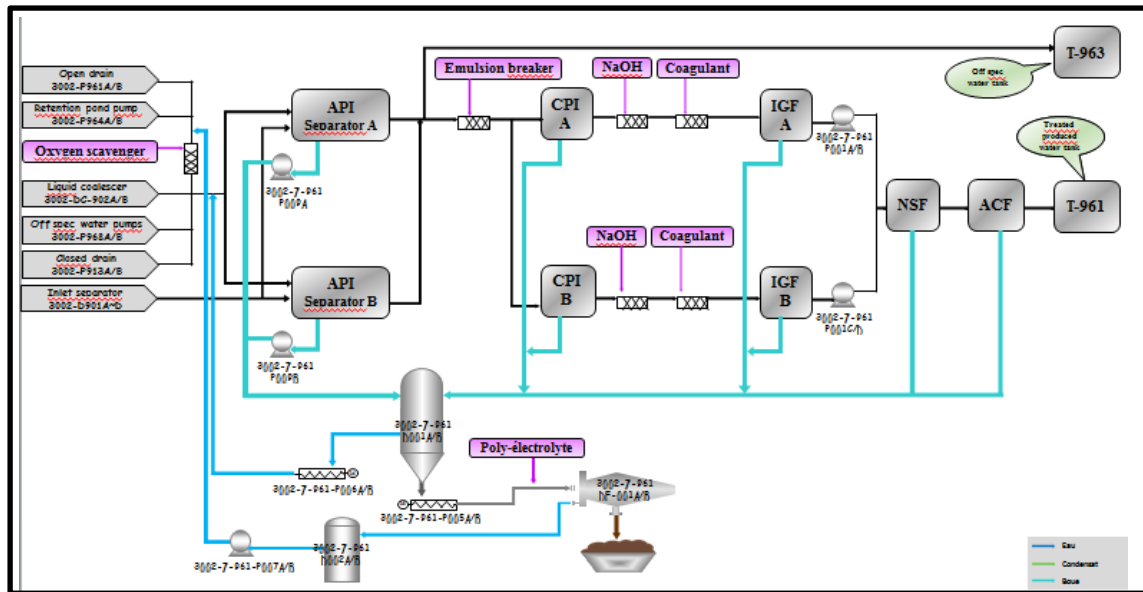


Figure II.10 : schéma représentative des étapes de centrifugation de la boue [22].

I.2.2.3.3 Séparateurs de boue (D-001 A/B)

Les séparateurs de boues sont des cuves cylindriques verticales à fond conique. Ces cuves sont remplies de gaz combustible. La section Traitement des boues est consacrée au traitement des flux de déchets générés par l'ensemble PWT ainsi que de l'effluent de lavage à contre-courant de l'ensemble PWF. En particulier, les effluents livrés à cette section :

- Eaux usées de lavage à contre-courant des FNS
- Eaux usées de lavage à contre-courant des ACF
- Eaux usées de lavage à contre-courant provenant des MMF de l'ensemble PWF
- Jet de sable automatique à partir des pompes d'extraction des boues API (P-009A/B)

Après un temps de décantation déterminé, la boue s'accumule au fond, tandis que l'eau de la partie supérieure est recyclée envoyé vers les séparateurs API par la pompe (P-006).

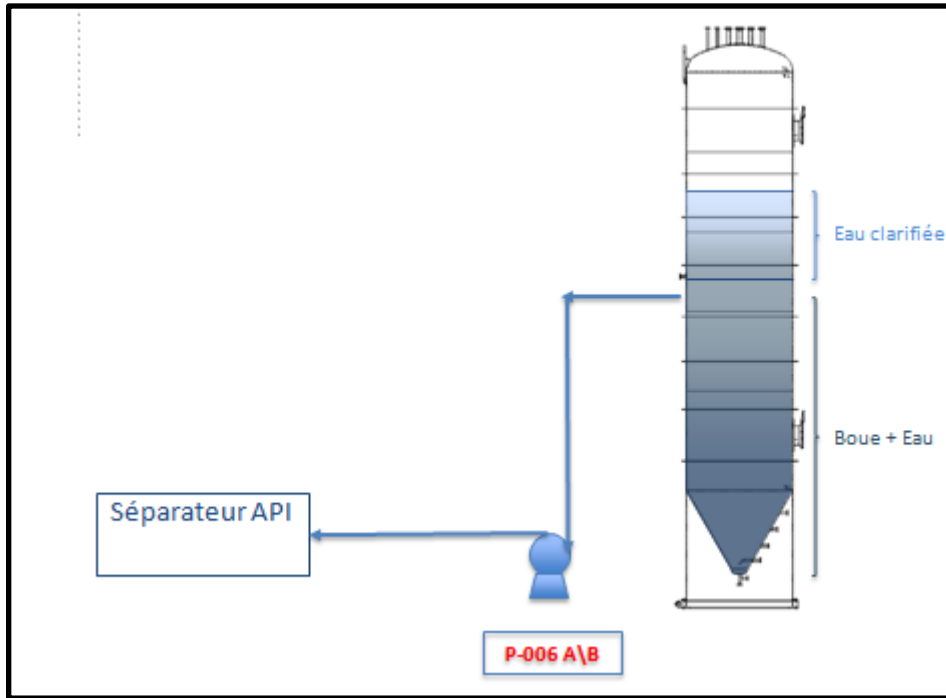


Figure II.11 : Schéma représentative du décanteur de la boue [20].

En dernier lieu, une fois que l'alarme de haut niveau de la boue s'affiche sur le système autorise l'opérateur a démarré manuellement la séquence de déshydratation des boues dans Les centrifugeuses de déshydratation des boues (DE-001A/B) ainsi que la pompe de préparation du poly électrolyte (P-013) démarre afin de transféré une quantité appropriée de produit chimique poly électrolyte dans le réservoir de préparation de poly électrolyte (T-015) qu'elle soit préparé grâce au mélangeur placé dans le réservoir (il faut que le poly électrolyte soit dilué).

Lorsque le poly électrolyte est prêt, il doit être injecté dans la boue avant son entrée dans la centrifugeuse par l'une des pompes sélectionnées (P - 005 A/B), ils contribuent à la formation de floccs plus grands et plus denses. Ces floccs facilitent la séparation de l'eau des particules solides pendant la centrifugation.

La centrifugeuse de déshydratation des boues se compose généralement d'un bol ou d'un tambour rotatif qui tourne à grande vitesse. Les boues ou les sédiments de l'eau produite sont introduits dans la centrifugeuse et la force centrifuge générée par le mouvement de rotation fait migrer les solides vers les parois du bol.

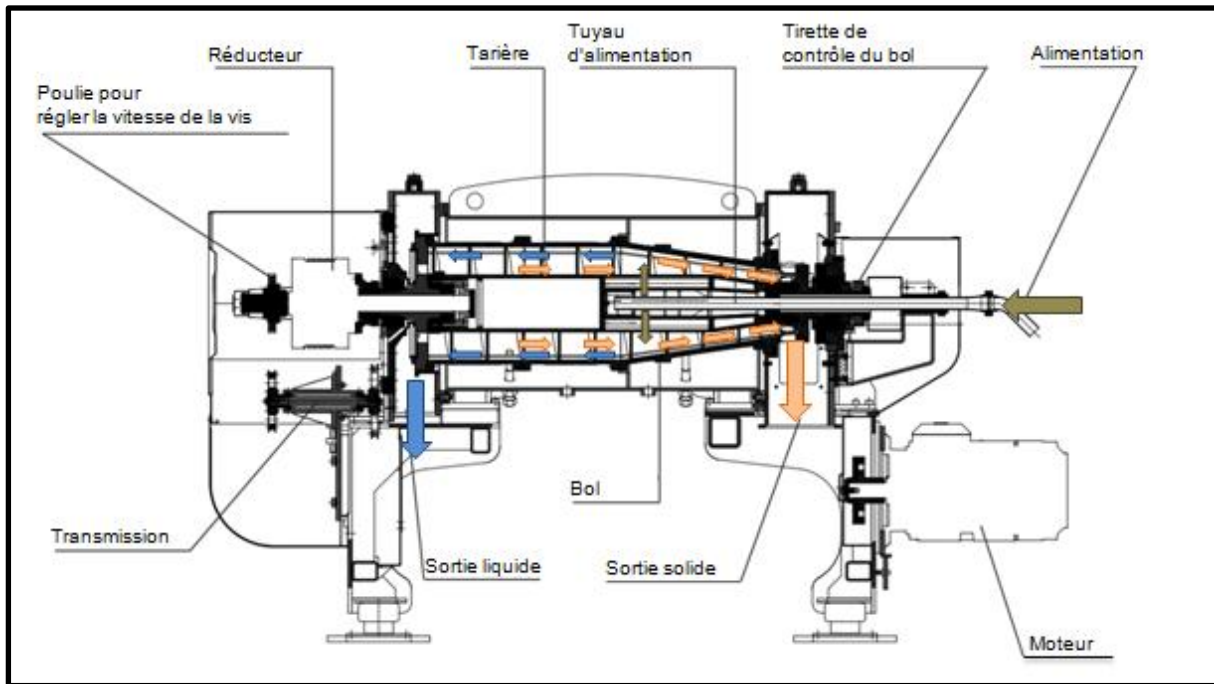


Figure II.12 : Schéma représentative de la centrifugeuse [20].

tandis que l'eau résultante est collectée dans les fûts d'eaux usées de déshydratation (D-002A/B), d'où elle est recyclée vers l'entrée des séparateurs API, au moyen de pompes de transfert des eaux usées de déshydratation (P-007A/B).

Problématique

Après avoir suivi le procédé pendant plusieurs mois on a constaté que les résultats n'étaient pas stables donc on a proposé d'optimiser des paramètres d'efficacité de fonctionnement de l'unité de traitement des eaux produites.

Modification

Pour atteindre cette optimisation on a suivi les paramètres de fonctionnement de ce traitement alors on a constaté que la température varie entre 10 à 60°C qui est une température du gisement, et concernant la pression elle est inférieure à 1bar selon les capacités des séparateur, alors on a confirmé que le paramètre qui influence ce traitement est le débit car il y'a plusieurs entré comme cité précédemment, donc on a proposé de fixé la valeur de ce débit à 12,5m³/h en utilisant la pompe de recyclage

P-968.

Ce changement d'alimentation de la charge a provoqué tout un changement sur le processus de traitement, alors on a utilisé le premier séparateur API comme réservoirs de l'eau produite et le deuxième comme séparateur.

Donc les réactions de traitement de cette eau devenu optimale et on a eu de bon résultats comme indique sur la partie expérimentale.

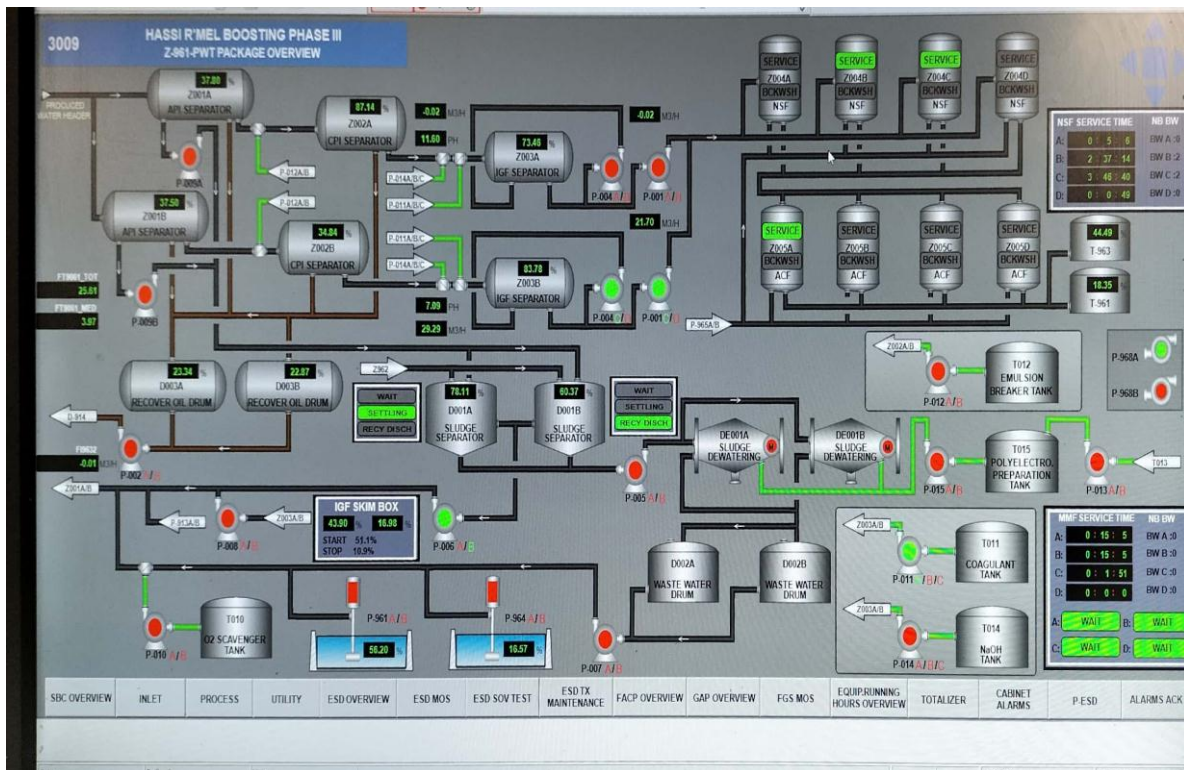


Figure II.13 : Photo sur la modification du processus

Partie expérimentale

Après avoir fixé le débit dans la valeur de 12,5 m³/h de la pompe P 096 quelle a aspiré du back de stockage « off spec T-963 » qui est hors les normes exigé. En utilisant le premier ballon de séparation API comme réservoir

Pour confirmer notre étude et garantir les exigence de la qualité de l'eau produite demandé on doit se référencié à la réglementation algérienne selon le décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels qui a été mentionné dans JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26 , les chiffres de garantie pour le traitement de l'eau sont désignent pour le TOG selon la norme OSPAR GC-FID (ISO 9377-2 et pour le TSS selon la norme APHA 2540 D sont les suivantes :

Pour la vidange de bassin d'évaporation

- Totale des Hydrocarbures « Total oil & graisse » TOG \leq 10 mg/L
- Totale des solides en suspensions « Total suspended solids » TSS \leq 30 mg/L

Pour la réinjection

- Le taux d'oxygène \leq 20 PPb
- Diamètre des particules \leq 5 micron

I.1 Les analyses des eaux produites traités

I.1.1 L'analyse de TOG

I.1.1.1 Objectif

Cette méthode permet de mesurer la quantité des huiles graisses et les hydrocarbures totaux en mg/L (ppm) contenus dans les eaux produites traité, cette méthode est réalisée par l'appareil HORIBA OCMA 500, selon la norme OSPAR GC-FID (ISO

- L'eau distillée ultra pure
- L'échantillon à analyser « eau produite traité »

I.1.1.2 La méthode

Les matières TOG sont extraites par le solvant **S316** (tetra chloro hexa fluoro butane) après l'extraction la phase solvant est séparée et dirigée vers la cellule de mesure de l'analyseur à InfraRouge **OCMA 500**.



Figure III.1 : Photo du solvant S-360 pour l'extraction d'hydrocarbure dans l'échantillon [23].

Formule chimique de solvant extractant

- $CClF_2CClFCClFCClF_2$ “ $C_4Cl_4F_6$ ” .
- 2,2,3,3 tetrachlorohexafluorobutane.
- 2,2,3,3 Trifluorchloroéthylène polymère.
- 2,2,3,3 Chlorotrifluoroéthylène homopolymère.

I.1.1.3 Mode Opérateur

Blanc

1. On injecte 8 ml de solvant S316
2. On ajoute Une goutte de HCL (1 :1)
3. On ajoute 16 ml de l'eau pur distillé deux fois pour avoir une conductivité presque neutre



Figure III.2 : Les étapes de manipulation d'analyse de TOG

Mesure

1. Cliquer sur le bouton start
2. 8 ml du solvant
3. Une goutte de HCL (1 :1) pour favoriser l'extraction
4. 16 ml de l'eau traité (l'échantillon a mesuré)

I.1.2 L'analyse TSS (MES)

I.1.2.1 Objectif

Total suspended Solids dites TSS sont des particules solides insolubles présentes dans les eaux usées industriel (produite) pour suivre la qualité de l'eau en mesurant la concentration des TSS en utilisant la méthode sur filtre en fibre de verre pour réaliser cette analyse on utilise la formule suivante :

$$TSS = \frac{m_2 - m_1}{v} * 10^6$$

TSS : total suspended solids (mg/l)

m_1 : masse initiale du filtre en fibre de verre (g)

m_2 : masse de filtre après séchage (g)

V : Volume d'échantillon (ml)

I.1.2.2 L'appareillages et Réactifs

- Coupelles
- Filtre de fibre en verre de dimension des micros pores (1 μ m_2 μ m)
- Dessiccateur
- Une balance électronique de précision à 0,1 milligrammes près
- Entonnoir
- Rampe de filtration
- Erlenmeyer
- Eprouvette
- L'eau distillé type 3 (ultra pure)
- Une pompe à vide
- Pince à extrémités plates
- Une étuve réglée 104 °C

- L'échantillon à analyser « l'eau produite traité »

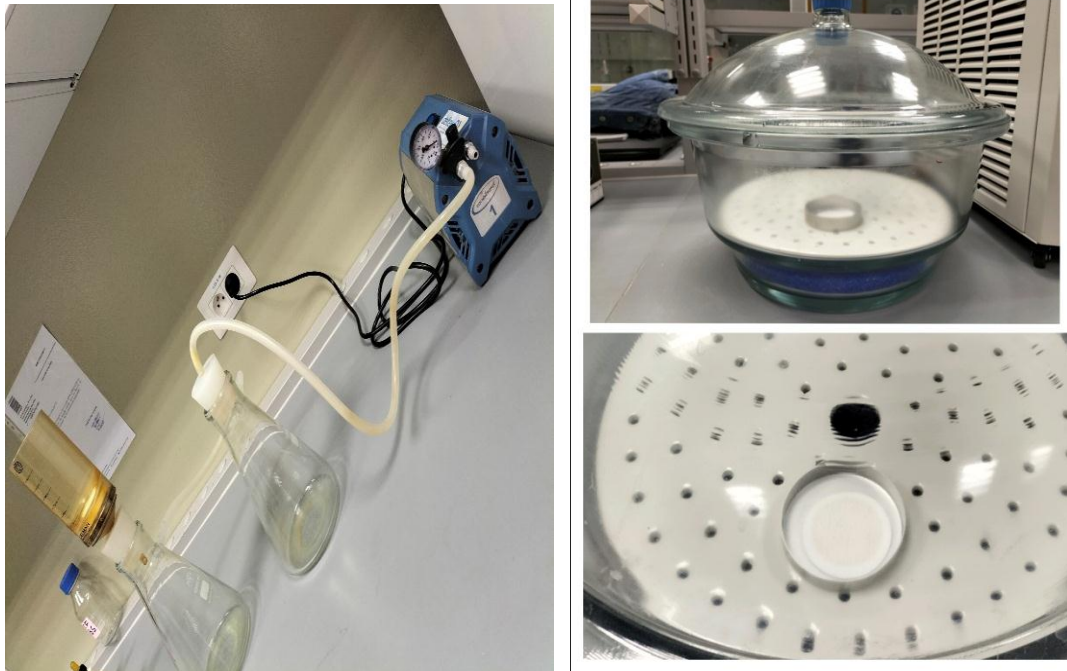


Figure III.3 : L'appareillage de la distillation sous vide pour l'analyse des TSS.

I.1.2.3 Mode Opérateur

1. On met le filtre en fibre de verre dans la balance de précision pour identifier la masse initiale du filtre et la notant par m_1 .
2. On installe le filtre par l'entonnoir de filtration, en plaçant la face rugueuse en contact avec l'échantillon et partie lisse vers le bas, en allumant la pompe à vide.
3. En utilisant l'éprouvette, on verse d'abord le volume 60 ml de l'eau distillée ultra pure pour ouvrir les pores du filtre, en suite on ajoute les 100 ml de l'échantillon, en fin rajoute d'autre 60 ml d'eau distillé ultra pure pour le rinçage de l'éprouvette et l'entonnoir et pour avoir une fiabilité de l'identification de la masse des matières en suspension.
4. Après que tout le volume de l'échantillon est passer à travers le filtre. On arrête la pompe à vide. On retire le filtre par la pince.
5. On place le filtre dans la coupelle pour le mettre dans l'étuve qui est réglé en 104°C selon la norme cité précédemment pendant 1heure.

6. Après le séchage dans l'étuve on fait sortir la coupelle avec le filtre tout en les laissant refroidir dans le dessiccateur pendant 20 min.
7. On pèse à nouveau la masse du filtre qui contient de sa part la masse des TSS en la notant m_2

I.2 L'interprétation des résultats s d'analyses

I.2.1 L'analyse des TSS

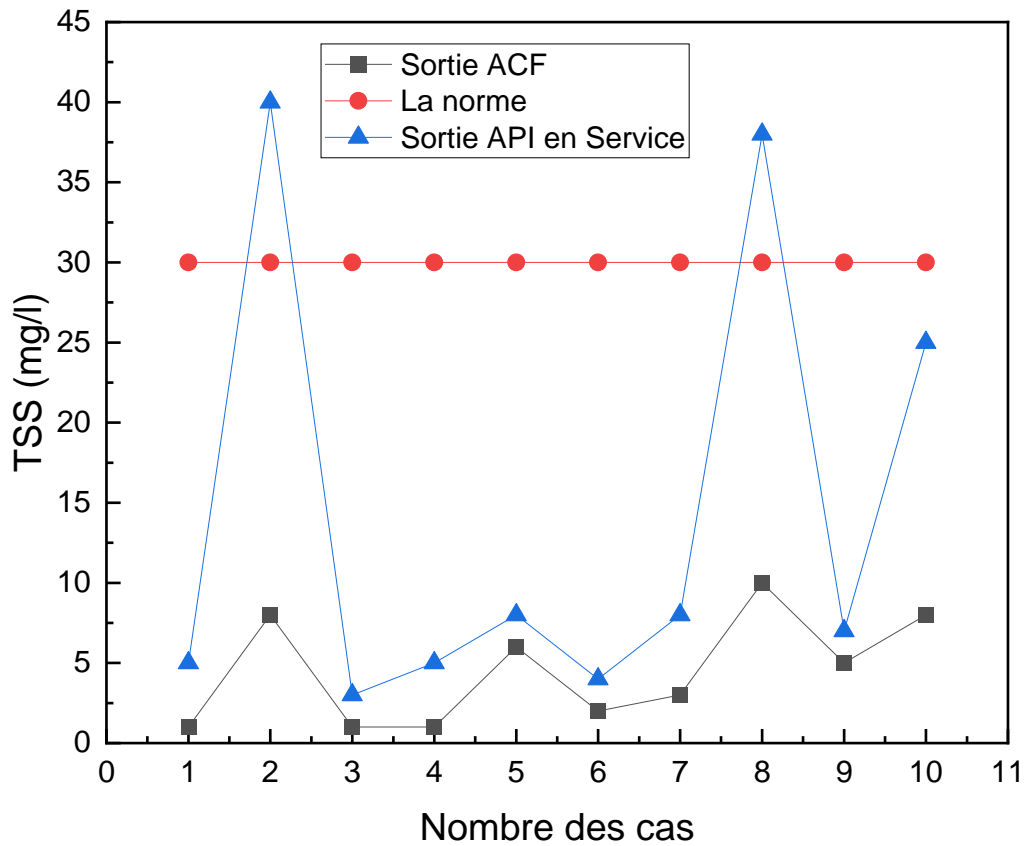


Figure III.4 : Evaluation des valeurs obtenues par l'analyse de TSS après le traitement.

D'après les résultats obtenues nous considérons que les valeurs des TSS pour cette eau traitée est bien inférieure à la valeur de la norme algérienne du rejet qui est estimée à 30 ppm et

on explique les résultats des deux cas 2 et 8 successivement dans la sortie de séparateur API qu'ils ont les valeurs 40 et 38 ppm successivement par un petit bouchage de canalisation donc il faut démarré l'éjecteur.

Après le démarrage d'éjecteur on a atteint de bon résultats qui conformer au règlementatio de la norme algérienne.

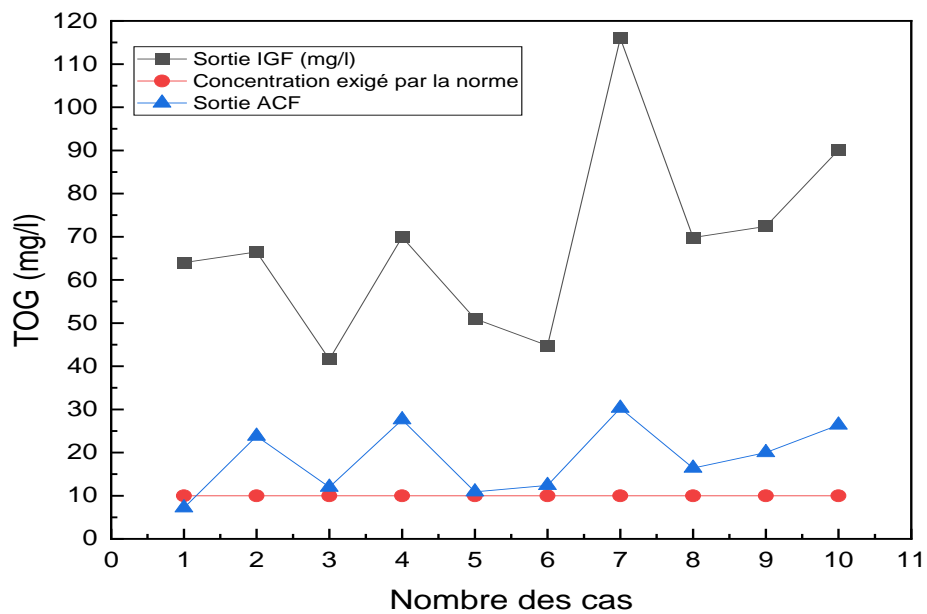


Figure III.5 : Evaluation des valeurs obtenues par l'analyse de TOG de l'eau traité avant la modification.

D'après les résultats obtenus nous considérons que les valeurs des TOG pour cette eau traité est hors les spécifications exigé par la norme algérienne, à cause des différents débits qui alimentent notre unité précisément le premier séparateur API.

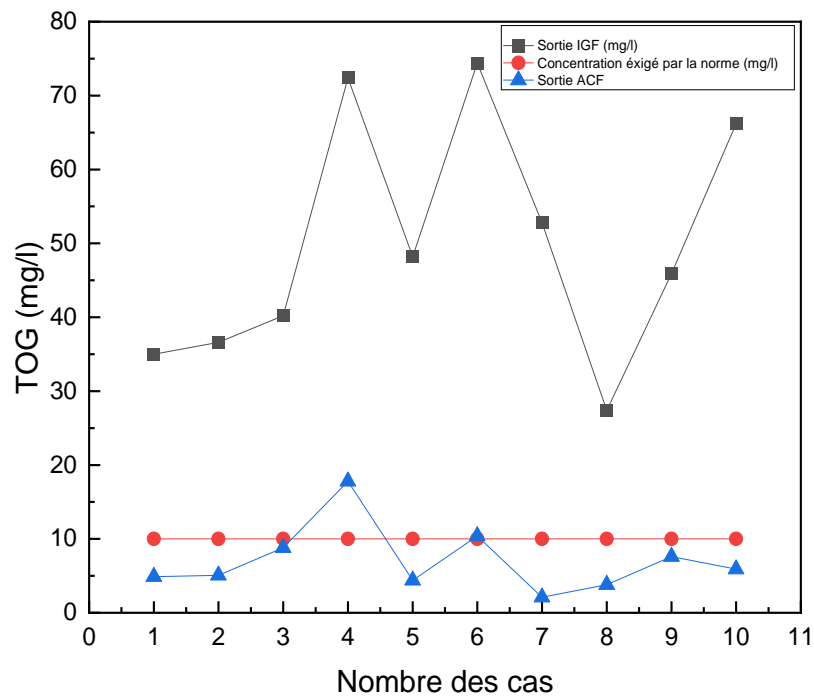


Figure III.6 : Evaluation des valeurs obtenues par l'analyse de TOG de l'eau traité après la modification.

Après la modification et d'après la courbe obtenue, nous constatons que les valeurs de l'analyse des TOG ont confirmé la norme souhaité qui est estimé par 10ppm.

Et la valeur du 4ème cas explique que le filtre à charbon actif est saturé donc il faut lancer un démarrage d'un lavage contre-courant du filtre.

Conclusion générale

Notre étude vise à examiner les méthodes de traitements des eaux usées industriels issue de l'extraction du gaz naturel au niveau de la station de compression de gaz naturel phase III à Hassi R'mel.

Après avoir comparé les résultats obtenus de laboratoire avec la norme du rejet algérien on peut conclure que : la valeur TOG et TSS est dans la norme, et tout ça est effectué par la modification qui a eu lieu sur ce processus.

D'autre part après qu'on a atteint les spécifications exigées par la norme algérienne on peut envoyer cette eau traitée au bassin d'évaporation pour la protection de notre écosystème, ou de la réinjecter dans les puits bourbiers pour pomper l'eau dans le réservoir et augmenter ou maintenir la pression du réservoir et augmenter la production des puits, et ainsi maintenir un taux d'extraction économiquement viable.

Référence bibliographiques

- [1] **TAKABAÏT Fatah**, Traitement de l'Eau de Forage par Osmose Inverse au Niveau du Complexe Agroalimentaire Cevital, Master en Chimie, Université A. MIRA - Bejaïa Faculté des Sciences Exactes Département de Chimie, Soutenu le : 23/06/2012 page 2.
- [2] **Fatima Zohra, Z. and H. Loubna**, Traitement des eaux contaminées par les Produits pétroliers: cas du complexe DE RHOURE-NOUSS. 2016, Mémoire master, Université Larbi ben m'hidi, Oum el bouaghi. p. 1, 12.
- [3] **Daoudi Abdallah, Dridi abdelkarim, Nadjia abdelhak**, Evaluation des paramètres de fonctionnement au niveau de l'unité de traitement des eaux huileuses, master en Génie de raffinage, Université Echahid Hama lakhdar, faculté technologie, Département de Génie des Procédés et Pétrochimie, Soutenu le : 17/06/2021 page 1.
- [4] Encyclopédie. (2006). L'eau. Edition. Encarta.
- [5] **René Lefebvre et Mélanie Raynauld**, Revue de littérature scientifique et réglementaire des normes du chapitre V du Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP), Institut national de la recherche scientifique Centre Eau Terre Environnement, août 2017, page 20.
- [6] **TAKABAÏT Fatah**, Traitement de l'Eau de Forage par Osmose Inverse au Niveau du Complexe Agroalimentaire Cevital, Master en Chimie, Université A. MIRA - Bejaïa Faculté des Sciences Exactes Département de Chimie, Soutenu le : 23/06/2012.
- [7] **Tardart M**, La chimie de l'eau, Edition Griffon d'argile, (1994), Québec, page 130.
- [8] **Arrigon J**, Aménagement écologique et piscicole des eaux douces, Edition Lavoisier, (1991), France, page 63.
- [9] Ministère de l'environnement 2004, Le potentiel d'hydrogène (PH), disponible en ligne, https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/lacs_acides/2004/echelle-ph.htm#:~:text=Une%20eau%20%C2%AB%20neutre%20%C2%BB%20poss%C3%A8de%20un,agit%20d'une%20eau%20alcaline.ministère , consulté le 15/06/2023 à 10 :50.

- [10] **Rodier J**, L'analyse de l'eau : eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. Edition Dunod, (1996) France, page 1384.
- [11] **Bernard LEGUBE, Nicole MERLET et coll**, processus élémentaire du génie physico-chimique du traitement de l'eau, 9^{ème} édition, entièrement mise à jour, page 1_17.
- [12] **Hadbi taib**, stabilité d'une substance colloïdale, disponible en ligne, https://www.researchgate.net/figure/Stabilite-dune-suspension-colloïdale-Theorie-de-la-double-couche-Les-colloïdes_fig4_364627929 , consulté le 19/04/2023 à 22 :15.
- [13] **S.BOULAHNECHE**, cours de traitement des effluents industrielle, master 2 Génie Pétrochimie, université de 20 aout 1955 Skikda, L'année universitaire 2022_2023.
- [14] **Nicolas MEUDAL**, la coagulation, disponible en ligne <https://www.1h2o3.com/apprendre/traitement-physico-chimique/la-coagulation/> , consulté le 18/05/2023 à 15 :01.
- [15] **Hadbi taib**, théorie de double couche, disponible en ligne, https://www.researchgate.net/figure/Evolution-du-potentiel-electronegatif-en-fonction-de-leloignement-de-la-particule-dans_fig5_364627929 , consulté le 19/04/2023 à 23 :35.
- [16] **Nicolas MEUDAL**, la floculation, disponible en ligne, <https://www.1h2o3.com/apprendre/traitement-physico-chimique/la-floculation/> , consulté le 18/05/2023 à 15 :46.
- [17] **I. Belkhiar**, Contribution à l'étude comparative de deux coagulants de la graine de Moringa Oleifera et le sulfate d'aluminium dans le traitement des eaux de surface du barrage de Tichy-Haf et des eaux usées de la STEP de Souk-El-Tenine-Bejaia, Thème de master, Université de Bejaia, 2019.
- [18] **Jeunes Pousses**, émulsion d'huile dans l'eau, disponible en ligne, <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-emulsion-3304/> , consulté le 29/05/2023 à 12 :00.
- [19] **M.L.Dupasquier, A.NAZARI et all**, les émulsions, université de Nice Sophia Antipolis https://ressources.unisciel.fr/formulation_cosmetique/co/1-1.html
- [20] **Nadia Morin-Crini , Grégorio Crini**, Chapitre VIII. Les charbons actifs pour le traitement des eaux usées, disponible en ligne, <https://books.openedition.org/pufc/11077> , consulté le 05/07/2023 à 10 :10.

[21] **Machinery Data Sheet** - Dosing Pumps for 3003-Z-961 Doc. no. V-215A-801-A-101L
Control Narrative for 3003-Z-961 Doc. no. V-215A-801-A-601L.

[22] **Vessel Data Sheet** - CPI SEPARATOR for 3003-Z-961 doc. no. V-215A-801-A-031L –
Unidro doc. no. 1375-31-D111-02

Annexe

CPI



IGF



